ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 691

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОХРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА(II)

Абросимова Лилия Федоровна[1], Шакирова Ольга Григорьевна[2]

[1]Аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре,
[2]Доцент, к.х.н., Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре,

Комплексные соединения железа(II), в которых наблюдается спин-кроссовер $^1A_1 \Leftrightarrow {}^5T_2$, сопровождающийся термохромизмом, представляют интерес в качестве термохромных материалов. *Трис*(пиразол-1-ил)метан (**HC(Pz)$_3$**) является перспективным лигандом для получения комплексов с такими свойствами.

Ранее нами синтезированы новые координационные соединения гидрофталата, нафталинсульфоната и лаурилсульфата железа(II) с **HC(Pz)$_3$** состава $[Fe(HC(Pz)_3)_2](C_8H_5O_4)_2 \cdot C_8H_6O_4$ (**I**), $[Fe(HC(Pz)_3)_2](C_{10}H_7SO_3)_2 \cdot 2H_2O$ (**II**), $[Fe(HC(Pz)_3)_2](C_{12}H_{25}SO_4)_2$ (**III**). Соединения изучены методами ИК- и электронной спектроскопии. Методом РСА определена кристаллическая и молекулярная структура I-III. Термическое исследование I–III в интервале 390–500 К показало, что они обладают высокотемпературным обратимым спиновым переходом и термохромизмом (изменение цвета пурпурный ↔ белый). Температуры перехода составляют 380 К, 440 К и 420 К для I-III соответственно.

Полученные соединения I, II и III были введены в состав акриловых лакокрасочных материалов (ЛКМ) для более удобного нанесения на подложку. На основе ЛКМ, содержащих координационные соединения железа (II) получены термохромные лакокрасочные покрытия (ЛКП). Изучено влияние введения координационных соединений железа (II) с *трис*(пиразол-1-ил)метаном на физико-химические свойства ЛКМ и ЛКП.

Экспериментальная часть

Образцы ЛКМ готовили двумя способами:

Способ 1. Координационные соединения (КС) I, II и III смешали с краской (pH<7, содержанием рутильной формы TiO_2 6 %) на основе акриловых сополимеров в пропорциях (растворитель – вода): m(краски)=10 г., m(КС I)=0,150 г, m(КС II)=0,100 г, m(КС III)=0,100 г.

При смешении компонентов получили суспензии (Образец ЛКМ №1, № 2, №3 соответственно для КС I, II, III). Отметим, что при смешении краски и КС II наблюдали выделение газа и загущение массы.

Полученные образцы ЛКМ разделили на две равные части каждый, одну часть смешали со стеклянными микросферами (СМС) в соотношении 0,87:0,13 по массе.

Для проверки термохромных свойств образцы ЛКМ №1-3 нанесли на металлическую пластинку и нагрели. Наблюдали следующие изменения: ЛКМ №1 – вкрапления посветлели в интервале t=150-160 ˚С, поверхностный слой окислился; образец с микросферами окислился интенсивнее. ЛКМ №2 – окисление поверхностного слоя под воздействием t˚С интенсивнее, чем в ЛКМ №1. В ЛКМ №3 окисления не произошло.

Способ 2. Координационные соединения I, II и III смешали с краской (pH<7), не содержащей TiO_2, на основе акриловых сополимеров в пропорциях (растворитель – вода): m(краски)=10 г., m(КС I)=0,100 г, m(КС II)=0,100 г, m(КС III)=0,100 г.

При смешении компонентов наблюдали: I образует однородную массу с розовым оттенком; хорошо вымешивается, II и III образуют суспензии с розоватым оттенком ЛКМ № 4, 5, 6 соответственно).

Полученные образцы, как и в способе 1, разделили на две равные части каждый, одну часть смешали со стеклянными микросферами в соотношении 0,87:0,13. Отметим, что образцы ЛКМ с КС и СМС гуще, чем без КС.

Для проверки термохромных свойств образцы ЛКМ №4-6 нанесли на металлическую пластинку и нагрели горячим воздухом (t=150˚С). При этом розовый оттенок покрытий бледнел, переходя в серый. На образце ЛКМ №5 кристаллы светлели, на других – полностью обесцвечивались. Окисление поверхностного слоя не происходило в отличие от образцов ЛКМ №1-3, содержащих 6 % TiO_2(Ru). Однако происходило окисление подложки.

Для оценки внешнего вида ЛКМ наносили кистью на деревянные пластины, зачищенные шлифовальной шкуркой до гладкой поверхности и очищенные от пыли. Перед нанесением ЛКМ тщательно перемешали.

Эластичность покрытия определяли следующим образом. Подготовленные образцы – пластинки из тонкой полированной жести с нанесенным ЛКП – накладывали на стержень диаметром 20 мм покрытием наружу, затем, плотно прижимая ее к стержню, плавно изгибали в течение 2 с на 180 ˚ вокруг стержня, затем покрытие рассматривали в лупу на наличие трещин и отслаивания. При отсутствии дефектов производили изгибание пластинки каждый раз в другом месте последовательно от стержня большего диаметра к меньшему до тех пор, пока не обнаруживали указанные дефекты.

Адгезию ЛКП определяли методом решетчатых надрезов. На подготовленные образцы – пластины из листовой стали с нанесенным ЛКМ – наносили решетчатые надрезы скальпелем по линейке на расстоянии 1 мм друг от друга в продольном и поперечном направлениях. После нанесения надрезов для удаления отслоившихся кусочков покрытия проводят мягкой кистью по поверхности решетки в диагональном направлении по пять раз в прямом и обратном направлении. Затем визуально оценивали состояние покрытия по четырехбальной шкале в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1.

Состояние покрытия

Балл	Описание поверхности лакокрасочного покрытия после нанесения надрезов в виде решетки	Внешний вид покрытия
1	Края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки	
2	Незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решетки. Нарушение наблюдается не более, чем на 5 % поверхности решетки	
3	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов решетки или в местах их пересечения. Нарушение наблюдается не менее, чем на 5 % и не более, чем на 35 % поверхности решетки	
4	Полное отслаивание покрытия или частичное, превышающее 35 % поверхности решетки	

Массовую долю нелетучих веществ определяли следующим образом. Пробу лакокрасочного материала нагревали при температуре 105 ˚С до достижения постоянной массы, массовую долю нелетучих веществ определяли по разности результатов взвешивания до и после нагревания.

pH водного раствора определяли с помощью электронного pH-метра «Checker» (Маврикий). Раствор готовили путем смешения навески ЛКМ, равной 0,04 г, и воды в количестве 8 мл.

Результаты и их обсуждение

Исследованы физико-механические свойства полученных образцов ЛКМ в сравнении с исходной краской: внешний вид (табл. 2), эластичность покрытия (табл. 3), адгезия (табл. 4), массовая доля нелетучих веществ (табл. 5), pH водного раствора ЛКМ (табл. 6).

Таблица 2.

Внешний вид ЛКМ

Номер	Покрытие	Внешний вид
1	Краска с содержанием рутильной формы TiO_2 6 %.	Гладкое, однородное, матовое, белого цвета, без посторонних включений
2	ЛКМ №1	Гладкое, однородное, с хаотично расположенными вкраплениями малинового цвета
3	ЛКМ №2	Гладкое, однородное, с хаотично расположенными вкраплениями малинового цвета
4	ЛКМ №3	Гладкое, однородное, без посторонних включений
5	Краска с 6 % TiO_2+ СМС.	Шероховатое, однородное, без посторонних включений
6	ЛКМ №1 + СМС.	Шероховатое, однородное, без посторонних включений
7	ЛКМ №2 + СМС.	Шероховатое, однородное, с хаотично расположенными вкраплениями малинового цвета
8	ЛКМ №3 + СМС.	Шероховатое, однородное, с редкими хаотично расположенными вкраплениями малинового цвета.
9	Краска без TiO_2	Гладкое, однородное, матовое, серо-белого цвета.
10	ЛКМ №4	Гладкое, однородное, матовое, с розоватым оттенком. По всей поверхности ЛКП расположены кристаллы КС.
11	ЛКМ №5	Гладкое, однородное, матовое. Имеются поры. Покрытие имеет розоватый оттенок
12	ЛКМ №6	Гладкое, однородное, матовое, с розоватым оттенком. По поверхности ЛКП расположены редкие кристаллы КС.
13	Краска без TiO_2 + СМС	Шероховатое, однородное, матовое, серо-белого цвета.

Номер	Покрытие	Внешний вид
14	ЛКМ №4 + СМС	Шероховатое, однородное, матовое, с розоватым оттенком. По всей поверхности хаотично расположены включения малинового цвета
15	ЛКМ №5 + СМС	Шероховатое, однородное, матовое, с редкими включениями КС. На покрытии имеются мелкие поры, заметные при увеличении
16	ЛКМ №6 + СМС	Шероховатое, однородное, матовое, розоватого цвета

Таблица 3.

Эластичность покрытий

№ образца	Эластичность, мм	№ образца	Эластичность, мм
1	1-2	9	1
2	3	10	1
3	3	11	1
4	1	12	1
5	1	13	3
6	2	14	4
7	2	15	4
8	1	16	4

Таблица 4.

Адгезия покрытий

№ образца	Адгезия, баллы	№ образца	Адгезия, баллы
1	1	9	1
2	1	10	1
3	2	11	1
4	3	12	1
5	1	13	1
6	1	14	1
7	2	15	1
8	1	16	1

Таблица 5.

Массовая доля нелетучих веществ в покрытиях

№ образца	Массовая доля нелетучих веществ, %	№ образца	Массовая доля нелетучих веществ, %
1	54,16	9	58,57
2	51,58	10	62,73
3	63,89	11	61,00
4	55,69	12	61,82
5	66,73	13	64,66
6	58,63	14	65,97
7	50,57	15	66,20
8	64,35	16	67,22

Таблица 6.

pH водного раствора ЛКМ

№ образца	pH, усл. Ед.	№ образца	pH, усл. Ед.
1	8,35	9	6,93
2	8,28	10	6,63
3	8,34	11	6,87
4	8,16	12	6,87
5	9,04	13	7,87
6	8,46	14	7,28
7	8,71	15	7,57
8	8,88	16	7,75

Таким образом, изучены механические характеристики термохромных ЛКМ и ЛКП. Показано, что использование краски на основе акриловых сополимеров в пропорциях (растворитель – вода, pH<7), не содержащей TiO_2, более предпочтительно для получения ЛКМ и ЛКП, содержащих термохромный компонент – координационные соединения железа(II) с трис(пиразол-1-ил)метаном и различными органическими анионами.

ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК БЫСТРЫХ НЕЙТРАЛОВ

Барченко Владимир Тимофеевич
канд. техн. наук, доцент Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», Санкт-Петербург
Бабинов Никита Андреевич
студент Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», Санкт-Петербург

При технологической обработке поверхностей изделий, нанесении покрытий различного функционального назначения, создании изделий нано- и микроэлектроники в настоящее время широко применяются ионно-пучковые технологии, в которых используются пучки ускоренных ионов, нейтральных атомов или молекул. Пучки быстрых частиц используются для очистки, активации и травления поверхности, ассистирования при нанесении покрытий.

Обработка диэлектриков и полупроводников вносит ограничение на использование ионных пучков, поскольку в этом случае необходима компенсация заряда, вносимого на поверхность. В противном случае, обрабатываемая поверхность заряжается до потенциала, соответствующего энергии ионов, и дальнейшая обработка прекращается. Кроме того, использование пучков заряженных частиц ведет к образованию на обрабатываемой поверхности дополнительных дефектов, вызванных зарядовыми эффектами.

В связи с этим, широкое распространение получило применение пучков быстрых нейтральных частиц. Их использование снимает необходимость компенсации заряда, уменьшает зарядовые дефекты, возникающие при обработке.

В настоящее время, разработаны различные конструкции источников быстрых нейтральных частиц. Из требований, предъявляемых к источникам быстрых нейтральных частиц, можно назвать следующие: низкое рабочее давление, отсутствие в пучке заряженных частиц, простота конструкции и низкая стоимость.

Снижение давления в области обработки позволяет уменьшить поток примесных частиц на обрабатываемую поверхность и улучшить ее качество, а отсутствие ионов в пучке исключает появление дефектов, связанных с зарядовыми эффектами.

В настоящей работе описывается источник быстрых нейтральных частиц, отличительной чертой которого является отсутствие в выходном пучке ионов с высокой энергией, при сохранении простоты конструкции источника.

Функционально в плазменном источнике быстрых нейтральных частиц можно выделить четыре области: генерации ионов, их ускорения, перезарядки и транспорта сгенерированного пучка нейтральных частиц. Конструкционно частей может быть меньше, поскольку некоторые из них могут выполнять несколько функций.

В большинстве случаев [1, 2] генерация ионов происходит в объеме плазмы, затем происходит экстракция и ускорение потока ионов. Области ускорения и перезарядки ионов пространственно разделены, генерация быстрых нейтральных частиц осуществляется за счет резонансной перезарядки ионов на газовой мишени, которая происходит в эквипотенциальном пространстве. Данная конструкция источника быстрых нейтральных частиц позволяет генерировать поток нейтральных частиц с узким энергетическим спектром, при этом средняя энергия легко регулируется ускоряющим напряжением.

Однако, данная конструкция обладает и рядом недостатков. Перезарядка ионов, как правило, осуществляется вне газоразрядной камеры источника. Таким образом, эффективность перезарядки ионов зависит от давления в вакуумной камере, поскольку доля неперезарядившихся частиц определяется давлением в области перезарядки и ее протяженностью, она может быть вычислена по соотношению $\exp(-l/\lambda)$, где l – длина области перезарядки; λ - длина свободного пробега ионов относительно процесса резонансной перезарядки. Длина свободного пробега зависит от рода газа и обратно пропорциональна давлению в области перезарядки. Так, при давлении 0,1 Па длина свободного пробега ионов относительно процесса перезарядки составляет 33,4 см [3]. Для обеспечения достаточной эффективности перезарядки потока частиц, длина пролета частиц в газовой мишени должна не менее чем в 3–5 раз превышать длину свободного пробега относительно процесса резонансной перезарядки. Таким образом, снижение рабочего давления в источнике быстрых нейтралов ведет к увеличению его габаритов, что делает невозможным эксплуатацию источников такого типа в технологических установках небольшого размера.

Кроме того, данная конструкция источника быстрых нейтралов не может обеспечить полную перезарядку ионов. При доле ионов 3–5 % от общего числа частиц в пучке, создаваемая ими плотность тока может быть достаточна для накопления на обрабатываемой поверхности значительного поверхностного заряда, особенно при длительном времени обработки и высокой плотности частиц в пучке. Поверхностный заряд и наведенный им потенциал может вести к нежелательным изменениям свойств обрабатываемой поверхности, пробоям тонких диэлектрических пленок. В связи с этим, в некоторых случаях важно обеспечить полное отсутствие быстрых ионов в потоке частиц.

Для обеспечения отсутствия быстрых ионов в потоке частиц и, вместе с тем, сохранения простоты конструкции, предложена конструкция источника быстрых нейтралов, показанная на рис. 1. Источник состоит из трех электродов: катода, выполненного в виде набора пластин, анода, опоясывающего катод и полого дополнительного катода. Анод заземляется, а на основной и дополнительный катоды подается отрицательное напряжение.

Основной и дополнительный катоды образуют квазизамкнутый объем, в котором происходит осцилляция электронов, таким образом, реализуется эффект полого катода. За счет этого плазма газового разряда концентрируется в области, образованной катодами, увеличивается ее плотность, что позволяет увеличить плотность частиц в выходном пучке. Кроме того, за счет эффекта полого катода снижается минимальное давление, при котором возможно горение разряда.

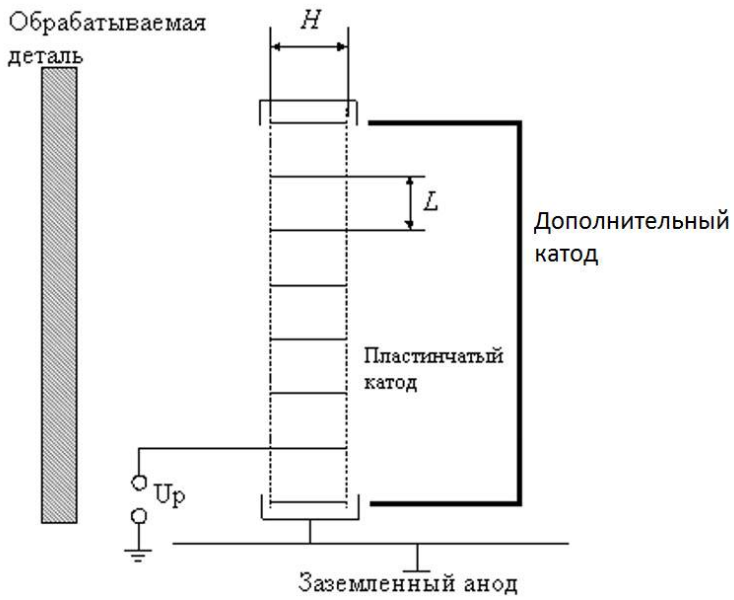


Рис. 1. Источник быстрых нейтральных частиц

После зажигания разряда потенциал плазмы приближается к потенциалу анода (и, следовательно, «земли») и отличается от него не более чем на 10–20 В. При этом вокруг пластинчатого катода образуется потенциальная яма.

Ионы, генерируемые в объеме плазмы, извлекаются из нее и ускоряются в катодном падении напряжения. Их нейтрализация происходит посредством резонансной перезарядки на газовой мишени в пределах катодной потенциальной ямы, а также на пластинах катода в процессе упругого отражения с нейтрализацией. При этом энергия сгенерированных нейтральных частиц определяется разностью потенциальных энергий в точке рождения иона и точке его нейтрализации.

Таким образом, энергетический спектр пучка быстрых нейтральных частиц не является моноэнергетичным и зависит от давления в прикатодной области, геометрической формы и размера катода, материла, из которого изготовлены пластины катода.

Главным достоинством данной конструкции источника быстрых нейтральных частиц является полное отсутствие быстрых ионов в выходном пучке. Это достигается за счет того, что ионы, не прошедшие перезарядку, не могут покинуть катодной потенциальной ямы с энергией больше энергии, определяемой потенциалом плазмы относительно «земли». Таким образом, потенциал, образуемый на обрабатываемой поверхности значительно ниже средней энергии бомбардирующих поверхность частиц. Как правило, этого потенциала недостаточно, чтобы привести к нарушению свойств структуры.

Таким образом, перезарядка ионов внутри потенциальной ямы позволяет применять источник быстрых нейтральных частиц в тех случаях, когда наличие даже небольшого количества быстрых ионов в пучке способно вызвать значительное ухудшение свойств поверхности.

В дальнейшем, для расширения границ применения источника быстрых нейтральных частиц, необходимо существенно снизить давление в технологической камере, при котором возможна его эксплуатация.

Поскольку при снижении давления значительно уменьшается эффективность резонансной перезарядки ионов на газовой мишени, необходимо увеличить количество ионов, прошедших нейтрализацию в процессе упругого отражения от пластин катода с нейтрализацией. Показано [4], что наиболее эффективна перезарядка на катоде в случае, если расстояние между пластинами равно удвоенной ширине катодного падения напряжения.

Список литературы:

1. Shimokawa F., Tanaka H., Uenishi Y., Sawada R. // J. Appl. Phys. 1989. V. 66. №6. P. 2613 – 2618.
2. Маишев Ю.П., Шевчук С.Л., Матвеев Т.Н. // Квантовые компьютеры, микро- и наноэлектроника (физика, технология, диагностика и моделирование). М.: Наука, 2008. С. 69 – 77 (Тр. ФТИАН. Т. 19).
3. В.Л. Грановский // Электрический ток в газе. Установившийся ток. М.: Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1971.
4. Ионно-плазменные технологии в электронном производстве / В.Т. Барченко, Ю.А. Быстров, Е.А. Колгин – СПб: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 2001. 332 с.: ил.

ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТКИ ПРОГРАММ ОТВЕТСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Барышева Дарья Артемовна
магистр 2-го года обучения, кафедры «Автоматики», Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, инженер-программист 3к.,ОАО НПО автоматики, г. Екатеринбург.
Чебанов Евгений Евгеньевич
Начальник группы, ОАО НПО автоматики, г. Екатеринбург.

НПО автоматики занимается созданием встраиваемой техники реального времени для авиационных и космических объектов. Это род деятельности и процесс создания и поддержания работоспособности, качества и надежности создаваемых устройств, используя технологии, методологию и практики из информатики, управления проектами, математики, инженерии и других областей знания.

Предприятие занимается разработкой космических объектов ответственного применения, это возлагает большую экономическую, политическую и социальную ответственность на производимый продукт. В связи с этим, требования к надежности создаваемых систем очень высокие. Это является первым основополагающим фактором в процессе разработки.

Надежность создаваемой системы заключается в снижении вероятности непредвиденных недопустимых изменений ее качества в процессе эксплуатации.

Вторым важным фактором в создании встраиваемой техники, является, необходимость работы системы в режиме реального времени.

Подавляющая часть систем, с которыми приходится иметь дело –системы реального времени. Это означает, что реакция, которую формирует цифровая управляющая система в ответ на события, происходящие в объекте, должна быть сформирована в рамках определенных временных ограничений. Реакция управляющего устройства с небольшой задержкой часто рассматривается как фатальный отказ системы. Сложность систем реального времени обусловлена необходимостью оценивать время реакции системы на изменение состояния объекта управления. Кроме того, необходимо учитывать время работы всех компонентов системы и обеспечивать их взаимодействие с учётом накладываемых на них временных ограничений.

Третьим фактором при разработке встраиваемой техники реального времени является необходимость соответствия установленным стандартам, например таким как:

- ГОСТ РВ 50674-94 Аппаратура систем управления ракет, ракет-носителей и космических аппаратов. Виды испытаний и требования к программам испытаний

- ГОСТ В 21256-89 Комплексы ракетные, космические системы и комплексы. Порядок проведения работ по надежности

- ОСТ 92-0021-87 Отраслевая система технологической подготовки производства. Порядок разработки и применения документов технологических процессов

Соответствие указанным стандартам влечет за собой необходимость соблюдать регламентированный порядок разработки, отработки и документирования программ с соблюдением всех технических требований, а так же требований надёжности.

Для того чтобы реализовать все три условия в разрабатываемых системах необходимо проверить создаваемый продукт на всех этапах. На НПО автоматики существует целое направление посвящённое отработке создаваемого программного обеспечения.

Отработка программ ответственного применения является одним из наиболее сложных и трудоемких компонентов создания встраиваемой техники реального времени.

В связи с повышенными требованиями к рассматриваемым программам, отработка делится на несколько последовательных этапов, которые выполняются на разных отработочных позициях, начиная от рабочего места программиста и заканчивая полной аппаратной реализацией системы управления.

Такой подход к отработке позволяет обеспечить необходимую надежность, точность и соответствие установленным нормам.

Существующая на сегодняшний день система успешно применяется на всех штатных заказах более десяти лет. С точки зрения обработки и передачи данных все процессы на каждом этапе в большой степени автоматизированы. Автоматизированы все рутинные операции, влияние человеческого фактора сведено к минимуму.

Передача информации от одного этапа разработки к другому происходит вручную. При этом программы передаются в виде отдельных исполняемых модулей. Идентификация программ основана на имени файла и дате его создания. На каждом этапе отработки ведется своя «история разработки». Такой подход при своей работоспособности может привести к ряду нежелательных последствий.

- Поскольку программные модули комплектуются отдельно для каждой отработочной позиции, не гарантируется идентичность программ. Для разных позиций могут использоваться разные версии отдельных программных модулей.
- Ручные операции при передаче программ могут привести к несоответствию фактического состава комплекта программ и информации, занесенной в журнал.
- Ручные операции по формированию комплектов программ и передаче на различные отработочные позиции требуют существенных временных затрат.
- При выполнении ручных операций возможны ошибки, связанные с человеческим фактором.

Автоматизация процессов взаимодействия *необходима для повышения качества отработки штатного программного обеспечения.*

Новая система должна быть разработана с учетом существующих недостатков. Решение этих вопросов позволит снизить вероятность внесения ошибок во время комплектования программ на отработочных позициях, а также позволит сделать процесс отработки штатного программного обеспечения более контролируемым.

Поставленные задачи предлагается решить следующим образом:

- Организовать одновременное формирование комплектов программ для всех отработочных позиций. Состав комплектов определять настройками. Это даст возможность получать комплекты автоматически.
- Гарантировать целостность комплекта. После формирования комплекта файлы, входящие в его состав не должны меняться.
- Обеспечить комплект уникальным идентификатором, который позволит отслеживать историю отработки каждой программы на всех этапах.

При разработке встраиваемой техники реального времени ряд факторов значительно усложняет разработку программного обеспечения. Это требует поиска подходов и решений, не встречающихся в практике разработки программ общего назначения.

В настоящее время в НПО автоматики ведется работа по автоматизации процессов взаимодействия.

Это позволит уменьшить количество ручных операций. Гарантировать целостность комплекта. Организовать одновременное формирование комплектов программ для всех отработочных позиций. *И уменьшить вероятность внесения ошибок, связанных с человеческим фактором. В свою очередь, это положительно повлияет на степень надежности всего программного продукта, необходимую при условии работы в режиме реального времени, а так же позволит в большей степени соответствовать существующим стандартам разработки.*

Список литературы:

1. Богданова Т. А., Шумихин А. В. Диалоговая система описания документации на ПО ЦВС// Ракетно-космическая техника: Межотраслевой сборник статей, вып. 1: ФГУП НПОА, Екатеринбург 2002-345с.
2. Филькин А. С., Самсонов Е. В., Леонтьев А. К., Дерюгин С. Ф., Бельский Л. Н. Развитие вычислительной техники НПОА. // Ракетно-космическая техника: Межотраслевой сборник статей, вып. 1: ФГУП НПОА, Екатеринбург 2002-345с.
3. Система качества. Программно-математическое обеспечение ЦВС. Порядок проектирования, разработки и оформления. РД 551.04.005–2008: ФГУП НПОА, Екатеринбург 2008-66с.
4. Котрякова Н. А., Малых О. И. Система отладки штатного программного обеспечения ЦВМ (сервисное ПО САО). // Ракетно-космическая техника: Межотраслевой сборник статей, вып. 1: ФГУП НПОА, Екатеринбург 2002-345с.

МИКРОФОКУСНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ – НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОМИНИАТЮРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Бессонов Виктор Борисович, Ободовский Анатолий Владимирович, Клонов Владимир Валерьевич, Кострин Дмитрий Константинович

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

В настоящее время томография – бурно развивающийся класс рентгеновской аппаратуры. Области его применения достаточно широки – это и медицина, и горнодобывающая промышленность, и археология и многие другие. Однако, основной проблемой современных томографов является сравнительно низкая детализация (разрешения) при реконструкции трехмерных изображений. [1]

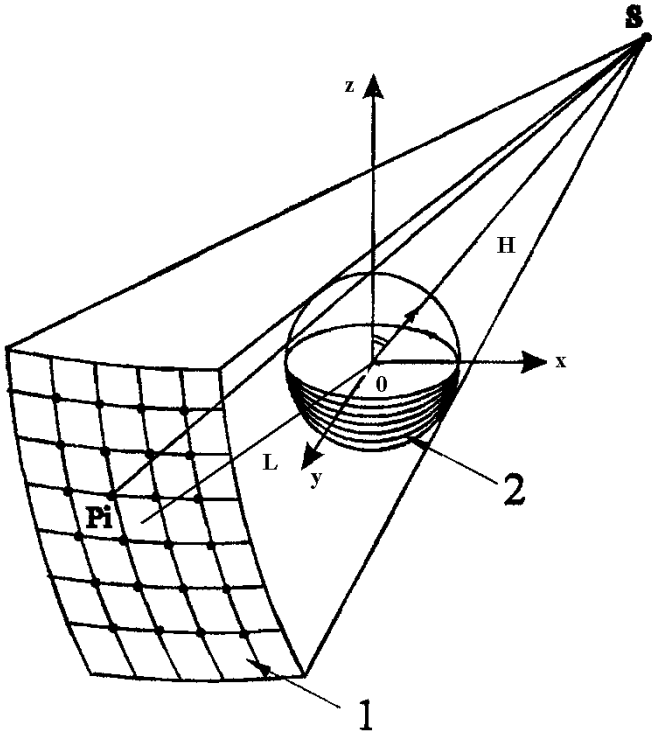


Рисунок 1 – Трёхмерная схема сканирования: S - источник; 1 – матрица детекторов; 2 – объект контроля

Наиболее перспективный способ получения томографических изображений микроминиатюрных объектов – трехмерная томография.

Очевидно, что при таком способе качество получаемых проекционных данных будет в первую очередь зависеть от разрешающей способности системы визуализации. Современные цифровые системы регистрации рентгеновских изображений, производимые промышленностью, например твердотельные плоскопанельные детекторы имеют сравнительно низкую разрешающую способность. [2] Характерные значения элементарного участка детектора (пикселя) составляет приблизительно 125 мкм.

Для четкой визуализации таких дефектов существует два пути – экстенсивный и интенсивный. Экстенсивный путь заключается в уменьшении размеров пикселя изображения до требуемых 5-10 мкм. Однако, этот путь приводит к значительному удорожанию панелей и такие панели на рынке неконкурентоспособны, поэтому промышленностью практически не выпускаются. Интенсивный же заключается в реализации метода съемки с увеличением объекта исследования [3]. При этом предъявляются особые требования уже не к приемнику, а к источнику рентгеновского излучения.

В настоящее время в России получил широкое распространение метод микрофокусной рентгенографии, позволяющий получать рентгеновские снимки с большим коэффициентом прямого геометрического увеличения.

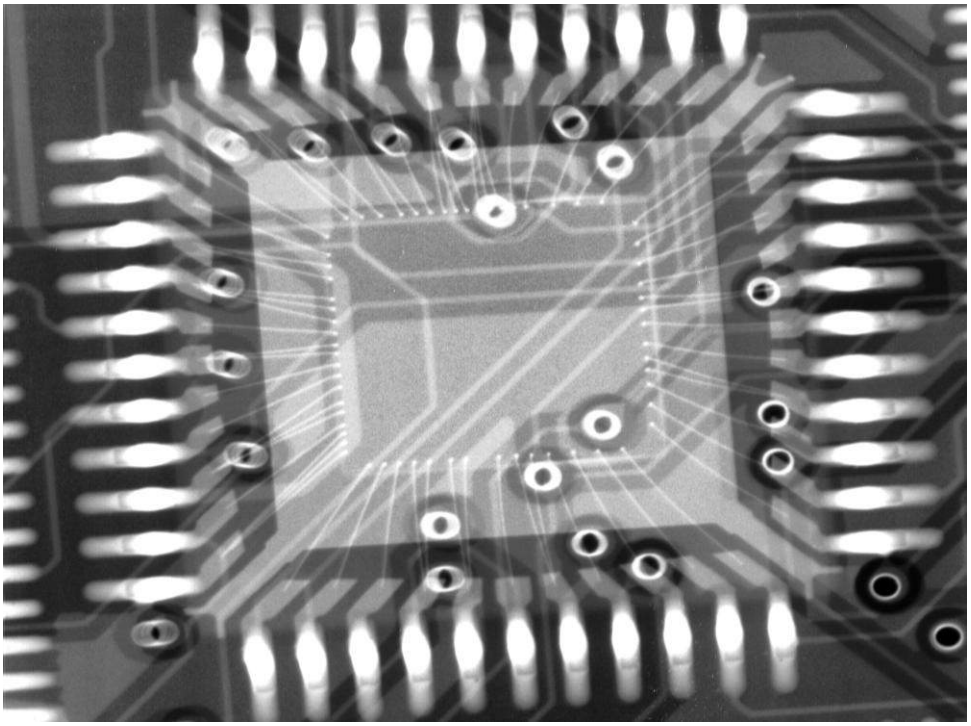


Рис. 2. Рентгенограмма микросхемы, полученная методом микрофокусной рентгенографии

В качестве примера реализации метода микрофокусной рентгенографии можно привести рентгеновский снимок тест-объекта (микросхема), представленный на рисунке 2.

На представленном выше снимке размеры проводников, идущих от кристалла к выводам микросхемы имеют размера порядка 10-20 мкм.

Очевидно, что комбинация метода микрофокусной рентгенографии и классической трехмерной компьютерной томографии позволит получать информацию о внутреннем строении микроминиатюрных объектов с детализацией на порядок выше, чем распространенные в настоящее время томографы. При этом, использования отечественных разработок в рентгеноаппаратостроении позволит создать сравнительно недорогой инструмент для исследований внутреннего строения микроминиатюрных объектов. [4]

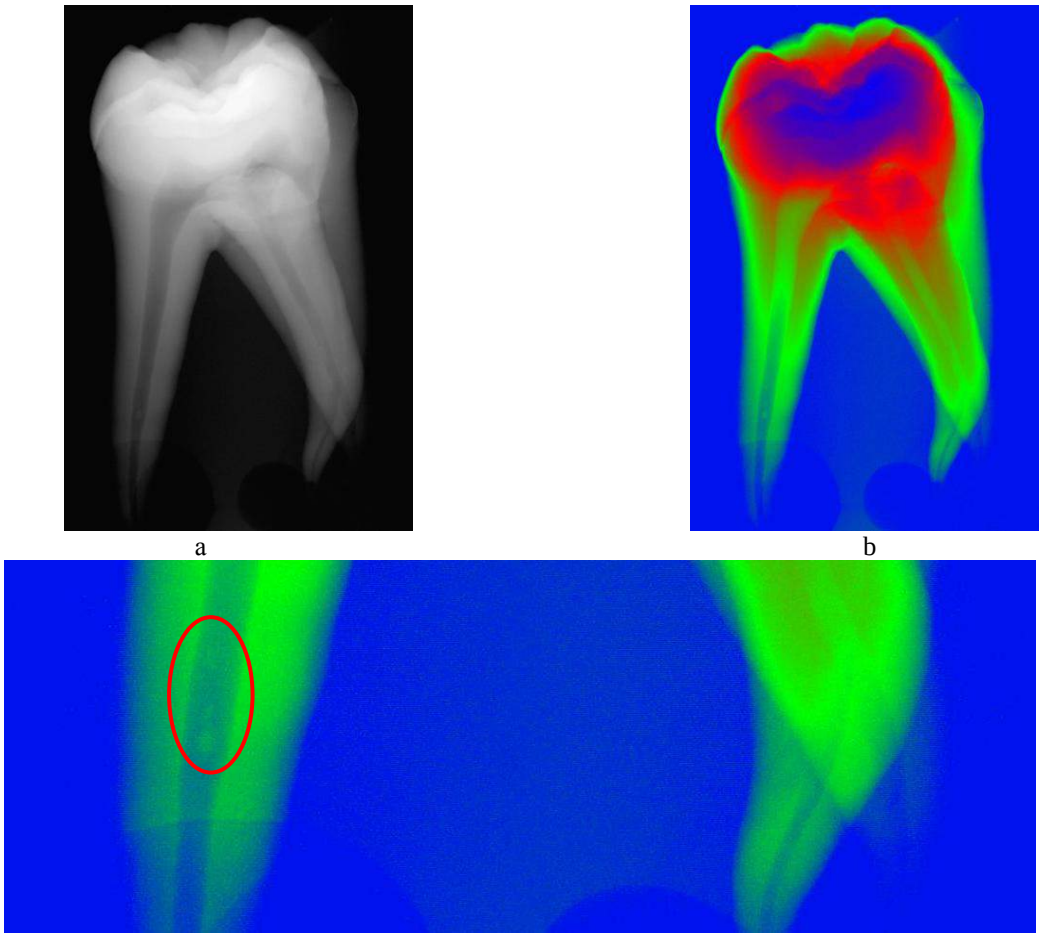
Таким образом, целью исследований являлась апробация разработанного на кафедре электронных приборов и устройств СПбГЭТУ программно-аппаратного комплекса для микрофокусной компьютерной томографии микромииаюрных объектов.

Экспериментальная установка включает в себя специализированный рентгенозащитный бокс, микрофокусный рентгеновский аппарат типа РАП-150М (аппарат моноблочного типа на основе отпаянной микрофокусной рентгеновской трубки с анодом прострельного типа, максимальное ускоряющее напряжение – 150 кВ, анодный ток – 100 мкА, размер фокусного пятна – 10 мкм), систему регистрации рентгеновских снимков на основе многокамерной системы экран-оптика-ПЗС (разрешающая способность – 7 пар линий на мм) и систему позиционирования и вращения объекта исследования.

В качестве объекта исследования был использован трехкорневой зуб, залитый в специальную форму из силиконового компаунда (тканеэквивалентный имитатор мягких тканей). [5]

Первый этап исследований определялся необходимостью получения информативных рентгенограмм объекта исследования и локализации инородных предметов в корневых каналах зуба (рисунок 3). [6]

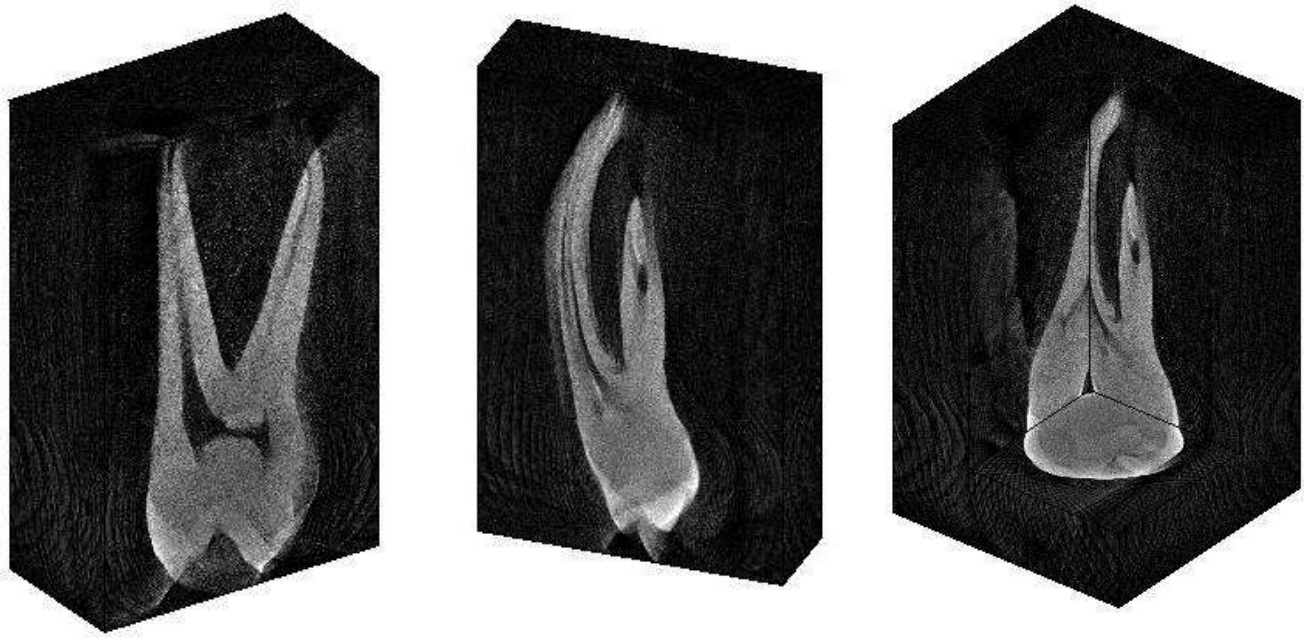
Как видно из приведенных рисунков, в одном из каналов имеется небольшое скопление пломбировочного материала, что говорит о недостаточно качественной очистке канала.



a b c

Рис. 3. Трехкорневой зуб с дефектом в пломбировочном канале

Для лучшей локализации дефекта были произведены томографические исследования. На рисунке 4 приведены срезы зуба в нескольких проекциях, позволяющие оценить глубину залегания дефектов.



a b c

Рис. 4. Сечения объекта исследования в различных плоскостях

Построенные на основе полученных проекционных данных сечения объекта исследования позволили визуализировать дефекты очистки корневого канала с контрастностью на порядок выше чем при традиционных рентгенографических исследованиях (рисунок 5).

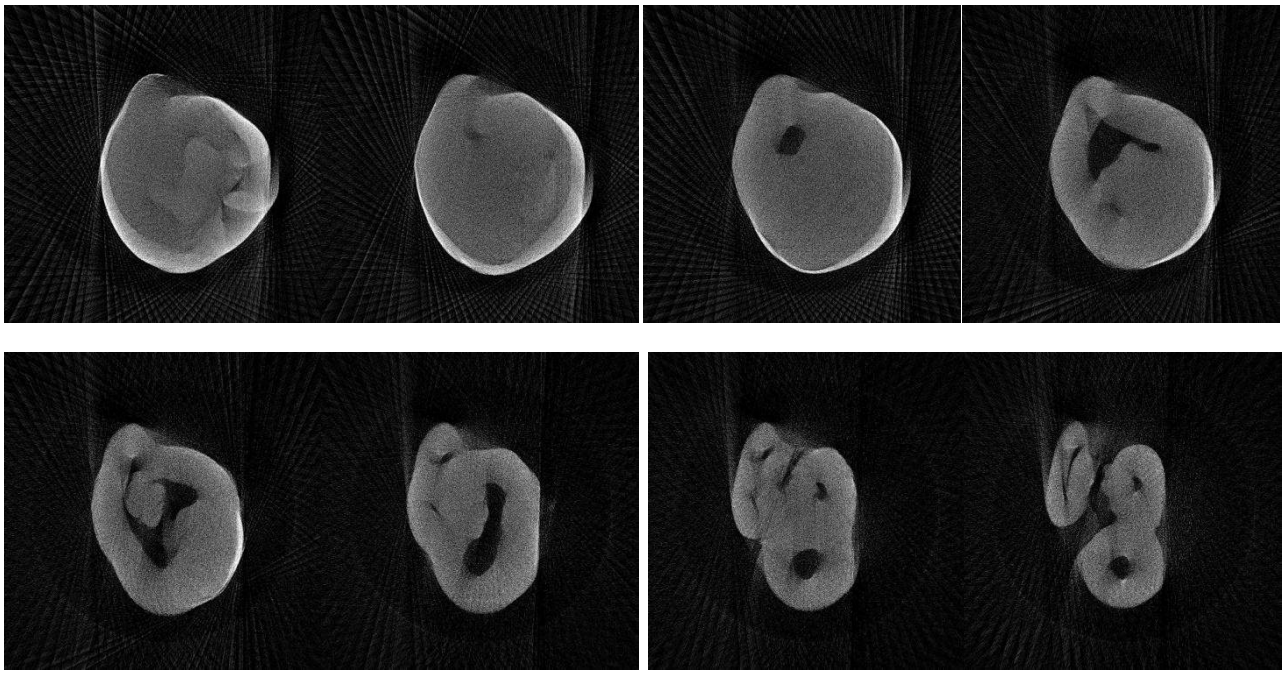


Рис. 5. Сечения объекта исследования на разной глубине

По итогам исследований можно сделать вывод о том, что использование методики микротомографии при оценке качества очистки корневого канала позволяет визуализировать дефекты с контрастностью на порядок выше, чем при традиционной рентгенографии и мультиспиральной томографии, а также появляется возможности определения объемов материала, оставленного в канале.

Список литературы:

1. В.Б. Бессонов, А.Ю. Грязнов. Методика микрофокусной компьютерной томографии в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии // Материалы VI международного конгресса «Невский радиологический форум-2013». – 2013.
2. А.Ю. Грязнов, К.К. Жамова, В.Б. Бессонов. Метод формирования псевдообъемных изображений в микрофокусной рентгенографии [текст] // Биотехносфера. – 2013. – №4 (28). – С. 51 – 55.
3. В.Б. Бессонов, А.Ю. Грязнов, Е.Н. Потрахов, Н.Н. Потрахов. Микрофокусная рентгенография - новое направления развития медицинской диагностики [текст] // 13-я НТК «Медико-технические технологии на страже здоровья»: Сб.трудов. – Москва. – 2011. – С. 237-241.
4. М.Б. Медникова, Н.Н. Потрахов, В.Б. Бессонов. Применение микрофокусной рентгенографии в разграничении ископаемых представителей рода Homo с архаической и современной морфологией [текст] // Биотехносфера. – 2013. – №4 (28). – С. 56 – 59.
5. Патент на полезную модель № 136318. А.Ю. Васильев, Ю.А. Васильев, В.Б. Бессонов, А.Ю. Грязнов, К.К. Жамова, Н.Н. Потрахов. «Тест-объект для оценки диагностических возможностей рентгенографических систем» от 26. 07.2013 г.
6. Н.Н. Потрахов, Е.Н. Потрахов, К.К. Жамова, В.Б. Бессонов, Д.А. Шишов, А.Ю. Грязнов. Микрофокусная рентгенография: опыт внедрения разработки ВУЗа в производство [текст] // XI Всероссийская научно-практическая конференция «Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона»: Материалы конференции. – СПб. – 2012. – С. 85-90.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНОЙ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЁМЕ

Бузаев Евгений Владимирович

Аспирант кафедры ГиВР, ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», г. Москва

Загуменников Руслан Андреевич

Адъюнкт Академии ГПС МЧС России, г. Москва

При аварийных утечках углеводородных соединений в жилом секторе и на производственных объектах формируется взрывопожароопасная смесь. Последствиями таких аварий являются человеческие жертвы и материальный ущерб. Для прогнозирования аварийных ситуаций и сведения к минимуму последствий необходимо исследовать физику явления данного процесса.

Экспериментальные исследования проводились в кубическом объеме с ребром 1м. На одной грани куба имелось сбросное отверстие размером 100х700мм. В центре нижней грани куба подавался метан через трубку (эксперимент №1 и №2). Трубка диаметром 4 мм. А также через

форсунку (эксперимент №3). Форсунка: трубка диаметром 20 мм, заполненная стальными шариками. Имелся постоянно действующий источник зажигания (в точке 1 и 2, рис.1). Источник зажигания: автомобильная свеча зажигания. Заполнение сбросного проема: дверца, открывающаяся на навесных петлях. В процессе истечения метана из трубки (форсунки) дверца закрыта и открывается под действием избыточного давления, возникающего при взрывном горении смеси. Расположение трубки (форсунки): по центру пола камеры, направлена вверх, срез находится на расстоянии 130 мм от пола. Источник №1 зажигания находится на расстоянии 300мм от потолка, 200мм справа от оси центра камеры, а источник №2 – на расстоянии 500 мм от потолка. Схема экспериментальной камеры приведена на рис.1.

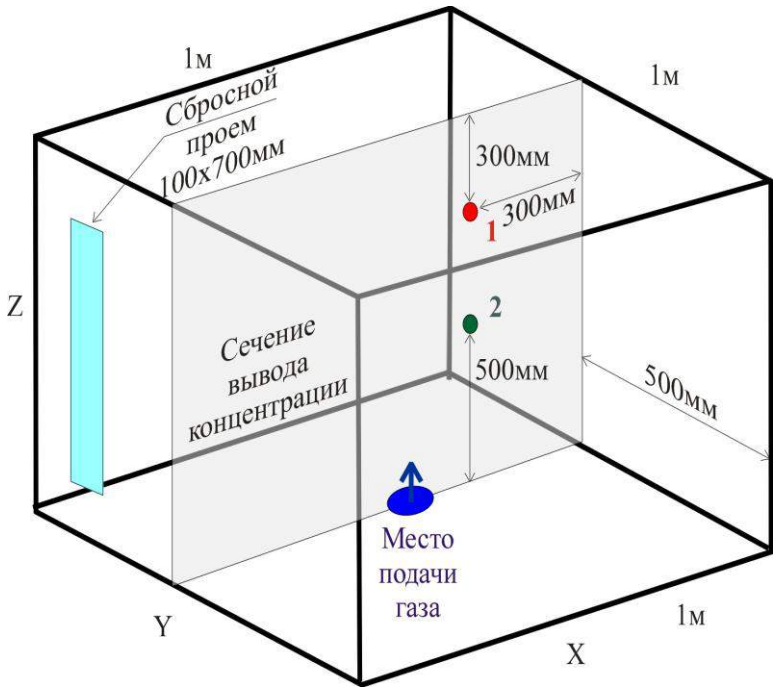


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

В эксперименте №1 через трубку диаметром 4 мм. подавался метан с расходом q=0,274 л/с. Через 151 сек. после начала подачи газа началось взрывное горение смеси. Количество газа, вышедшего в куб, на момент воспламенения: 44 л. Температура воздуха: 16˚С. На рис.2 показана покадровая съёмка эксперимента №1.

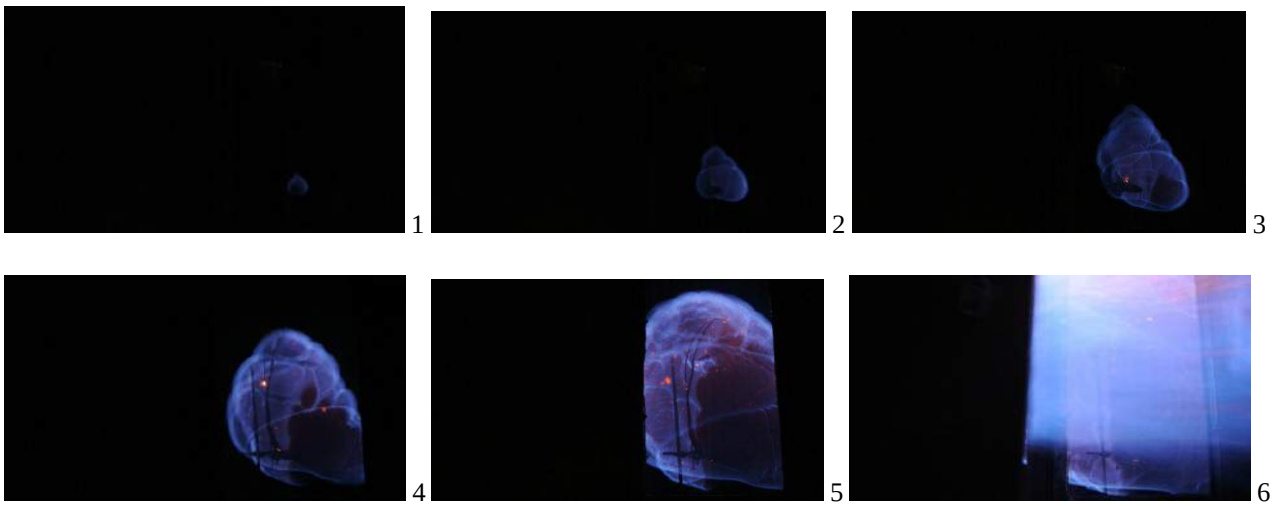


Рис.2. Покадровая съёмка эксперимента №1.
1 – через 0,083 сек; 2 – через 0,167 сек; 3 – через 0,25 сек; 4 – через 0,333 сек; 5 – через 0,417 сек; 6 – через 0,5 сек;

В эксперименте №2 через трубку диаметром 4 мм. подавался метан с расходом q=0,274 л/с. Через 201 сек. после начала подачи газа началось взрывное горение смеси. Количество газа, вышедшего в куб, на момент воспламенения: 52 л. Температура воздуха: 16˚С. На рис.3 показана покадровая съёмка эксперимента №2.

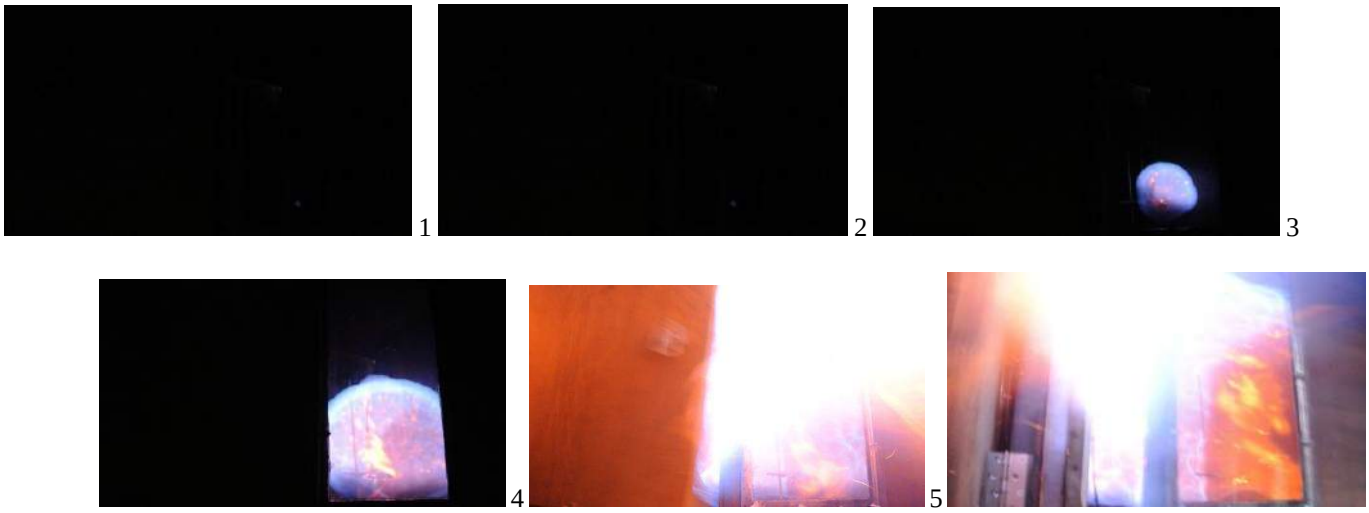


Рис.3. Покадровая съёмка эксперимента №2.
1 – через 0,083 сек; 2 – через 0,167 сек; 3 – через 0,25 сек; 4 – через 0,333 сек; 5 – через 0,417 сек; 6 – через 0,5 сек;

Процесс формирования взрывоопасного облака моделировался путем численного интегрирования уравнения диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + \frac{\partial Q}{\partial V}, \quad (1)$$

где $C(x,y,z,t)$ - объемная концентрация вещества в смеси; D_X, D_Y, D_Z – коэффициенты турбулентной диффузии для различных направлений; Q - объемный расход вещества; x, y, z - координаты; t - время; V - объем. [3, с. 788]

Расчетная область (внутренний объем камеры) была разделена на 49x50x48 расчетных ячеек с размером x_0=0.02м=2см.

На стенах камеры принималось условие непротекания жидкости: $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$, где n – нормаль к поверхности. Предполагается, что струйными течениями при данном анализе эксперимента мы пренебрегаем.

Анализ свойств метана производился в работе [2, с. 91]. Он относится к легким газам («лёгкий газ» – газ с плотностью меньшей, чем плотность воздуха, то есть при формировании взрывопожароопасных облаков в атмосфере он стремится переместиться в верхние слои) $D_X=D_Y < D_Z$. [1, с. 282]

После вычисление в программе математического моделирования MATLAB получили следующие значения коэффициента турбулентной диффузии: $D_Z=4.26\cdot10^{-4}$ м^2/с, $D_X=D_Y=3.88\cdot10^{-4}$ м^2/с. При данных коэффициентах турбулентной диффузии через 151 сек. (201 сек.) после начала подачи газа в точке 1 (2) наблюдается концентрация, близкая к нижнему концентрационному пределу воспламенения, т.е. в этот момент смесь должна воспламениться, что наблюдалось в эксперименте №1 и №2 соответственно. На рис.4 приведены линии равной концентрации смеси (в сечении y=const=500мм – 25 ячейка по оси y, см. рис.1) через 151 и 201 сек. после начала подачи газа.

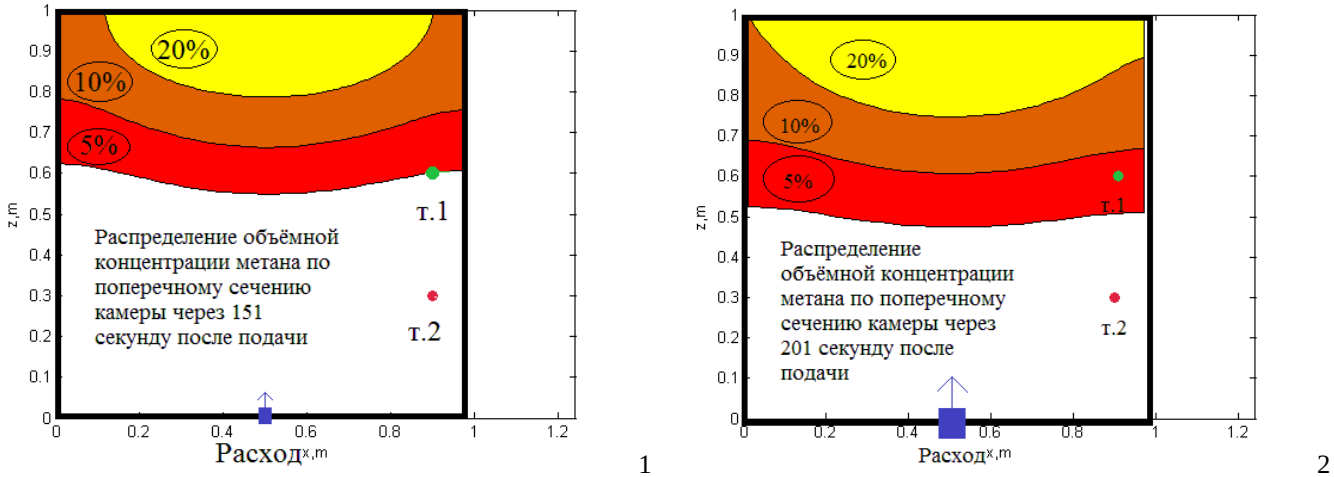


Рис.4. Линии равной концентрации после начала подачи газа.
1 – через 151 сек; 2 – через 201 сек;

В эксперименте №3 через форсунку диаметром 20 мм. подавался метан с расходом q=0,578 л/с. Через 80 сек. после начала подачи газа началось взрывное горение смеси. Количество газа, вышедшего в куб, на момент воспламенения: 46,3 л. Температура воздуха: 16˚С. На рис.5 показана покадровая съёмка эксперимента №3.

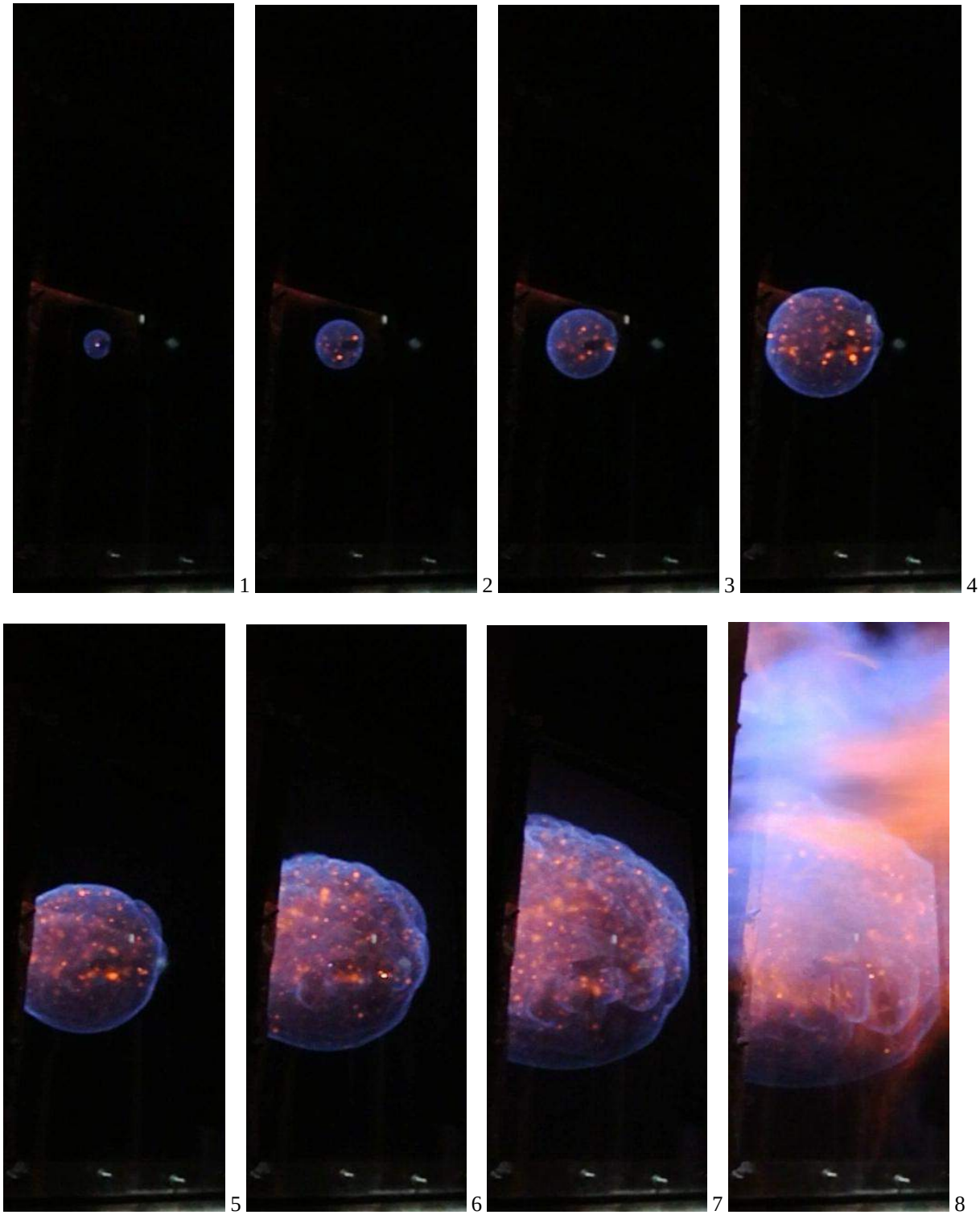
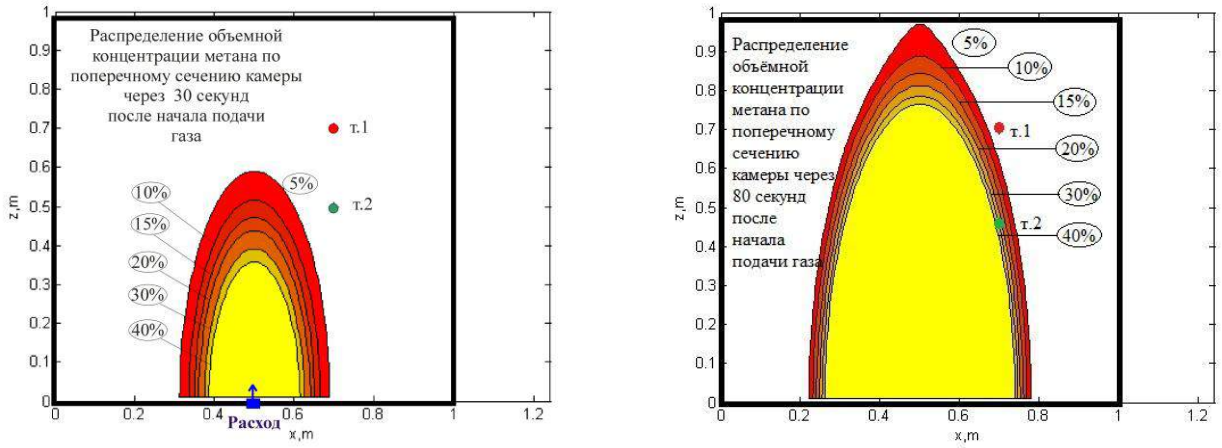


Рис.5. Покадровая съёмка эксперимента №3.
1 – через 0,1 сек; 2 – через 0,113 сек; 3 – через 0,125 сек; 4 – через 0,15 сек; 5 – через 0,175 сек; 6 – через 0,2 сек; 7 – через 0,225 сек; 8 – через 0,25 сек;

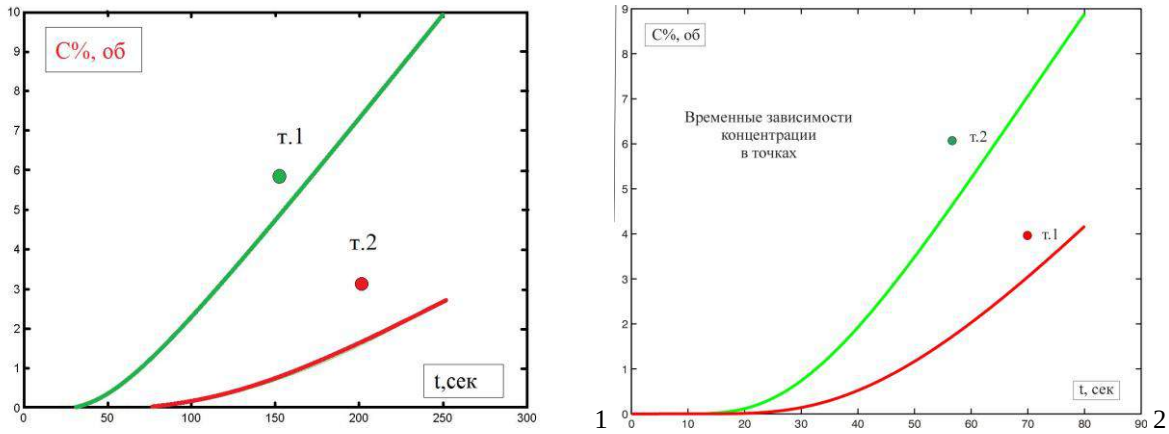
После вычисление в программе математического моделирования MATLAB получили следующие значения коэффициента турбулентной диффузии: $D_Z=1.47\cdot10^{-3}$ $м^2/с$, $D_X=D_Y=D_Z/10=1.47\cdot10^{-4}$ $м^2/с$. При данных коэффициентах турбулентной диффузии через 80 сек. после начала подачи газа в точке 1 наблюдается концентрация, близкая к нижнему концентрационному пределу воспламенения, т.е. в этот момент смесь должна воспламениться, что наблюдалось в эксперименте №3. На рис.6 приведены линии равной концентрации смеси (в сечении y=const=500мм – 25 ячейка по оси y, см. рис.1) через 30 и 80 сек. после начала подачи газа.



1 2

Рис.6. Линии равной концентрации после начала подачи газа.
1 – через 30 сек; 2 – через 80 сек;

На рис.7 изображены для сравнения зависимости объемной концентрации метана от времени для двух точек для проводимых экспериментальных исследований.



1 2

Рис.7. Временные зависимости объемной концентрации метана от времени для двух точек.
1 – эксперимент №1 и №2; 2 – эксперимент №3;

Результаты, полученные в программе математического моделирования MATLAB, схожи с результатами экспериментального исследования. Данный косвенный метод определения коэффициента турбулентной диффузии можно считать достаточно достоверным.

Для уточнения соотношения между вертикальной (D_Z) и горизонтальными (D_X=D_Y) составляющими коэффициента диффузии необходимо проведения аналогичных опытов и расчетов при других положениях источника воспламенения.

На основании полученных экспериментальных данных можно описать процесс формирования взрывоопасной смеси. А как следствие устанавливать не только ход аварии, определять последствия, но и прогнозировать взрывные нагрузки.

Список литературы:

1. Бузаев Е.В. Формирование взрывопожароопасных облаков тяжёлых и лёгких углеводородных соединений на примере взрывной аварии: Материалы международной научно-практической конференции 20 марта 2012 «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации», с.282.
2. Загуменников Р.А. Анализ исследований пожаровзрывоопасности метана: Материалы 2-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2013», с.91.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц У.М. Механика сплошных сред. М. Издательство технико-теоретической литературы, 1953. С.788.

СУШИЛКА УНИВЕРСАЛЬНАЯ С ДВУХКАРЕТОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ ОТСЕЧКИ В ОСНОВЕ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОГО ТРАВЯНОГО КОРМА И ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Чеботарев Илья Анатольевич
Мол. ученый, к.ф.х. «Чеботарево» инженер, Рыбинский р-н, Ярославская обл.

По энергосберегающей технологии поточная линия (рисунок 1) производит высококачественные семена всех полевых культур и сухой травяной корм с производительностью 0,8 т/ч по готовой продукции с июня по сентябрь[1].

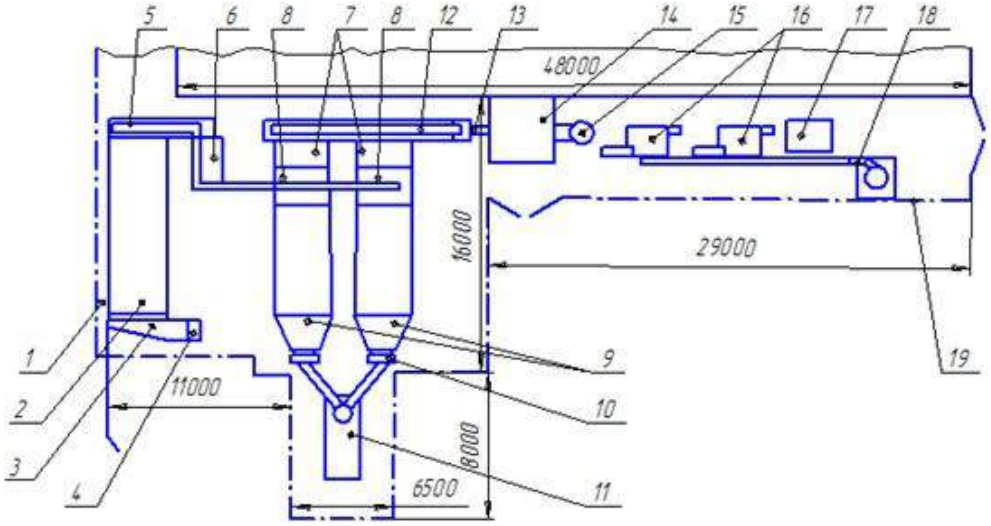


Рисунок 1. Схема поточной линии для производства сухого травяного корма и семян полевых культур
1-пандус; 2-приемное отделение; 3-коллектор; 4-вентилятор; 5-лоток;6-машина ОВС-25; 7-сушилка; 8-механизм загрузки; 9-диффузор; 10-вентилятор сушильной камеры; 11-топка кирпичная; 12-транспортер отгрузочный; 13-нория; 14-бункер высушенного материала; 15-клеверотерка К-0,5; 16-семяочистительные машины МС-4,5; 17- блок триерный К-553; 18-пневмотранспортер; 19-контур здания.

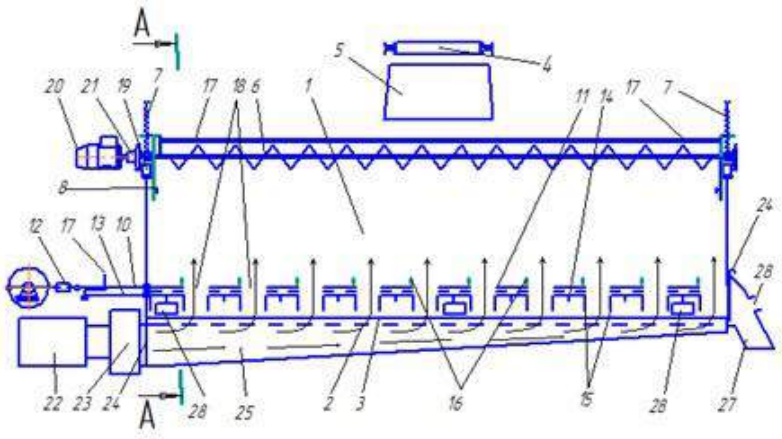
Основу поточной линии составляет сушилка 7 с двухкареточным устройством отсечки нижнего высушенного слоя. На сушилку получен патент на изобретение в 2013 году № 2499212 «Аэрожелоб с двухкареточным устройством отсечки для сушки несыпучих и сыпучих материалов» Уменьшенный опытный вариант сушилки изготовлен в условиях крестьянского хозяйства «Чеботарево» Рыбинского М.Р. Ярославской области для проведения необходимых исследований.

Сушилки содержит камеру 1 (рисунок 2), днище из воздухораспределительных решеток 2 и рассекателей 3, транспортер 4 и лоток 5 для подачи исходного материала, реверсивный разравнивающий шнек 6 с механизмом 7 регулирования его по высоте и датчиками 8 уровня материала сушки 9. Между шнеком 6 и воздухораспределительными решетками 2 установлено устройство отсечки высушенного нижнего слоя, включающее верхнюю каретку 10 с двухъярусными полками 11, нижний ярус полок 11 состоит из двух частей с продольным симметричным промежутком в средней части яруса, механизм 12 возвратно-поступательного движения каретки 10, нижнюю каретку 13 с полками 14, с нижней стороны полок 14 установлены прутковые ворошители-разравниватели 15. В камере 1 над каждой двухъярусной полкой 11 неподвижно установлены скребки 16. Привод на нижнюю каретку 13 от верхней 10 включается механизмом 17, который обеспечивает их неподвижное соединение только в одном положении, когда нижние полки 14 заходят под верхние полки 11 и окна 18 между полками 11 и 14 двухкареточного устройства отсечки максимально открыты. Шнек 6 установлен на тележечном конвейере 19 и приводится от реверсивного мотор-редуктора 20 через муфту управления 21. Топочный блок 22 и вентилятор 23 служат для подачи сушильного агента через заслонки 24 по каналу 25 в камеру 1, которая имеет заслонку 24 окна 26 для выгрузки высушенного материала в лоток 27 со смотровым окном 28, которое закрывается прозрачным стеклом.

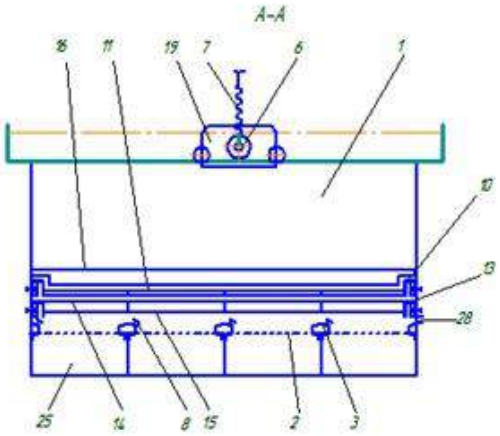
Рабочий процесс сушки основан на противотоке: несыпучий или сыпучий влажный материалы движутся сверху из зоны влажного материала вниз в зону высохшего материала, а сушильный агент – снизу вверх из зоны сухого материала в зону влажного материала, нагревая материал и испаряя из него влагу, полностью насыщаясь ею. Такой рабочий процесс самый экономичный.

Модернизированная сушильная камера работает следующим образом. Разравнивающий шнек 6 вместе с датчиками 8 уровня материала устанавливается на оптимальную высоту механизмом 7.

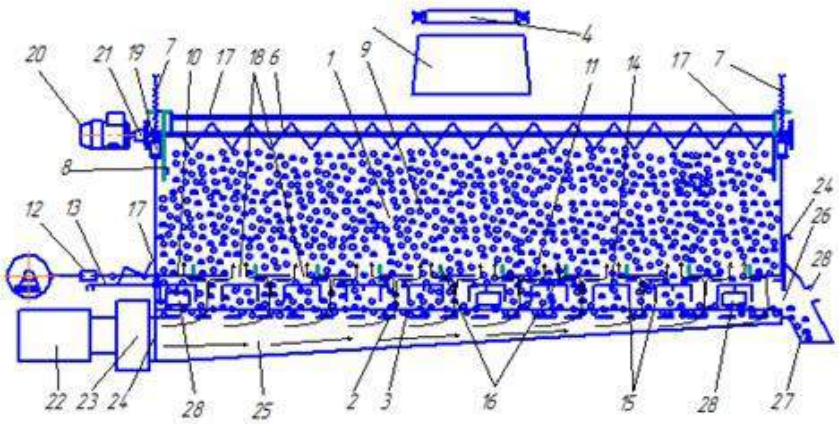
Механизм 17 соединяют каретки 10 и 13, затем включают транспортер 4 и шнек 6. Как только влажный материал достигнет уровня, например, датчика 8 на задней стенке, мотор-редуктор 20 переключается на обратное вращение для направления материала к передней стенке. При срабатывании датчика 8 от контакта с влажным материалом у передней стенки аэрожелоба управляемая муфта 21 переводит тележечный конвейер 19 на фиксированное расстояние в поперечном направлении камеры 1 для поэтапной загрузки всей сушильной камеры 1. По окончании загрузки отключают мотор-редуктор 20 и транспортер 4.



Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3

Рисунок 2. Схема сушильной камеры с двухкареточным устройством отсечки нижнего высушенного слоя.

фиг. 1- схема сушильной камеры, с положением двухкареточного устройства отсечки для сушки или загрузки материалом нижнего объема сушильной камеры под устройством отсечки; фиг. 2 разрез по А – А (фиг. 1); на фиг. 3 – схема камеры с положением двухкареточного устройства отсечки при охлаждении и выгрузке нижнего высушенного слоя материала сушки после отсечки его от верхнего; 1 – камера; 2 – решетка воздухораспределительная; 3 – рассекатель; 4 – транспортер; 5 – лоток; 6 – шнек; 7 – механизм винтовой; 8 – датчик; 9 – материал сушки; 10 – каретка верхняя; 11 – ярус нижний; 12 – механизм движения; 13 – каретка нижняя; 14 – полка; 15 – разравниватель; 16 – скребок; 17 – механизм соединения; 18 – окно; 19 – конвейер; 20 – мотор-редуктор; 21 – муфта; 22 – топка; 23 – вентилятор; 24 – заслонка; 25 – канал; 26 – окно выгрузки; 27 – лоток; 28 – окно смотровое.

Затем включают привод 12 возвратно-поступательного движения кареток 10 и 13. Полки 11 и 14 перемещаются из правого положения относительно скребка 16 в левое положение, а затем наоборот. Скребки 16 исключают перемещение материала вместе с полками 11 и 14. Поэтому происходит гравитационная загрузка несыпучего и сыпучего материала вниз к воздухораспределительным решеткам 2 по всей площади сушильной камеры 1. При этом компоненты материала перемещаются вниз по вертикальному направлению без образования застойных зон. Ворошители-разравниватели 15 способствуют полному заполнению материалом объема сушильной камеры 1 между воздухораспределительными решетками 2 и каретками 10 и 13. Процесс заполнения контролируется датчиками 8 и через смотровые окна 28, которые установлены с обеих боковых сторон сушильной камеры 1. После заполнения нижнего объема сушильной камеры 1 отключают привод 12 кареток 10 и 13.

С помощью топочного блока 22 и вентилятора 23 начинается подача сушильного агента по каналу 25 в камеру 1 через воздухораспределительные решетки 2. Происходит нагревание материала 9 и удаление испарившейся влаги вместе с отработанным сушильным агентом из верхнего слоя материала 9 – наружу.

В процессе сушки и усадки материала каретки 10 и 13 периодически перемещаются из одного крайнего положения в другое противоположное крайнее положение. При этом максимально открытые окна 18, через которые движется вверх сушильный агент, меняют свое положение для равномерной сушки материала. Одновременно происходит пополнение материалом 9 нижней части сушильной камеры 1 между воздухораспределительными решетками 2 и каретками 10 и 13.

Как только нижний слой материал 9 достигает кондиционной влажности, которую определяют влагомером при оперативном контроле, в любом крайнем положении двухкареточного устройства отсечки, отключается привод на нижнюю каретку 13 механизмом 17, а верхняя каретка 10 перемещается в противоположное положение для отсечения высушенного нижнего слоя материала. Топочный блок 22 отключается, вентилятором 23 подается не нагретый окружающий воздух по каналу 25 в камеру 1. Этим воздухом, выходящим из воздухораспределительной решетки 2, осуществляется охлаждение и выгрузка нижнего высушенного слоя через окно 26, открытое заслонкой 24, в приемный лоток 27. Отработанный воздух уходит вверх в слой материала 9 камеры 1 через промежутки между частями у нижнего яруса полок 11 и между ярусами этих полок. В конце выгрузки заслонка 24 окна 26 закрывается. Верхняя каретка 10 перемещается в противоположное крайнее положение, механизмом 17 включается привод на обе каретки 10 и 13. От синхронной работы двух кареток 10 и 13 и скребков 16 обеспечивается быстрое вертикальное перемещение слоя материала 9 вниз по всей площади сушильной камеры до полного заполнения объема между воздухораспределительными решетками 2 и каретками 10 и 13. В конце загрузки каретки 10 и 13 останавливают в любом крайнем положении. Транспортер 4 и шнек 6 формирует новый ровный заданный слой материла 9 в камере 1, а потом включается топочный блок 22 для продолжения сушки [2].

По результатам экспериментального исследования были выявлены следующие преимущества модернизированной сушильной камеры:

1) строго вертикальное перемещение вниз компонентов несыпучего и сыпучего материалов при загрузке объема камеры под устройством отсечки обеспечено тем, что удалены жалюзийные короба;
2) высокая скорость загрузки объема камеры под устройством отсечки обеспечена тем, что на время загрузки полки нижней каретки находятся под двухъярусными полками и обе каретки с полками совершают совместные одинаковонаправленные возвратно-поступательные движения при максимально возможном открытии окон устройства отсечки;
3) скребки, установленные над двухъярусными полками, способствуют перемещению вниз к воздухораспределительной решетке всего слоя материала по всей площади сушильной камеры;
4) на время сушки максимально открытое устройство отсечки совместным движением верхней и нижней кареток периодически меняет положение окон, через которые движется вверх сушильный агент. Такое перемещение кареток способствует более равномерной сушке и постоянному пополнению материалом объема камеры под устройством отсечки;
5) двухкареточное устройство отсечки успешно работает на несыпучем и сыпучем материале, исключает применение жалюзийных коробов и пассивного ворошителя, снижает общую массу аэрожелоба, удешевляет и упрощает конструкцию [3].

Список литературы:

1.Дианов, Л.В. Энергосберегающая сушильная камера для сушки сыпучих и несыпучих материалов: статья, «Вестник АПК Верхневолжья». – 2010.-№4.-С-42-44.

2. Дианов Л.В. Чеботарев И.А. Результаты сравнительного испытания сушильных камер имеющих разные устройства отсечки нижнего высушенного слоя. «Вестник АПК Верхневолжъя» №2 (18) июнь 2012г. – С. 62 – 65

3. Аэрожелоб с двухкареточным устройством отсечки для сушки несыпучих и сыпучих материалов: пат. № 2499212 (RU), Дианов Л.В., Чеботарев И.А. (Россия); заявл. 08.12.2011; опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32, Приоритет 08.12.2011, № 2499212 (RU). 7с.

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕНСИОННОГО ФОНДА И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Черных Павел Николаевич
аспирант, Байкальский Государственный Университет Экономики и Права, Иркутск

Отделение Пенсионного фонда по Иркутской области образовано 27 февраля 1991 года. Отделение ПФР обслуживает более 700 тысяч пенсионеров. В системе персонифицированного учета зарегистрировано 2 млн. 640 тысяч индивидуальных лицевых счетов застрахованных лиц.Сегодня на территории Иркутской области работают 28 территориальных Управлений Пенсионного фонда.

Сейчас информационная система каждого управления ПФР по иркутской области включает в себя сервер с базой данных выплатных дел страхователей, проживающих в данном районе, и 3 типа автоматизированных рабочих места (АРМ): АРМ работника клиентской службы, АРМ работника отдела назначения и АРМ работника отдела выплаты. Каждое АРМ оснащено DOS-приложением с соответствующим функционалом, написанном на Clipper и работающим с «местной» базой. Казалось бы, что MS DOS прекратил свое существование, но он до сих пор используется в государственных учреждениях. Срок жизни приложений для DOS оказался больше, чем срок жизни платформы. На современных компьютерах DOS-версии прекрасно работают под управлением Windows 98 и выше. Ежемесячно осуществляется выгрузка всей базы управлений в базу отделения ПФР по Иркутской области, и ежедневно управления обмениваются пенсионными делами по тем застрахованным лицам, кто переехал в другой район.

Процесс обработки выплатного дела можно разделить на 3 этапа, каждый из которых выполняют определенный отдел с использованием соответствующего приложения.

1 этап: клиентская служба. Сотрудники этой службы ведут прием населения, собирают документы, оформляют дело и заносят данные по страхователю в базу. Недостатки: низкая скорость работы сотрудников клиентской службы из-за:

- частого «зависания» базы, что в свою очередь происходит из-за нехватки мощностей;
- клавиатурного управления программой;
- отсутствие возможности выбора из списка постоянно вводимой информации.

Обработка одного выплатного дела на данном этапе в среднем составляет 20 мин.

2 этап: отдел назначения. После того, как специалисты клиентской службы приняли документы и ввели данные о страхователе, они передают документы в отдел назначения пенсий. Сотрудники отдела назначения рассматривают документы и на основании статей закона о выплате пенсий выносят решение о выплате либо отказе. При положительном решении вручную высчитывают стаж и средства, заработанные пенсионером, рассчитывают размер полагающейся пенсии и заносят ее в базу. Недостатки: приложение автоматически не рассчитывает размер пенсии, это приходится делать сотрудникам отдела назначения пенсии, что не исключает ошибки при расчете;

Обработка одноговыплатного дела на данном этапе в среднем составляет 40 мин.

3 этап:отдел выплаты. После того, как специалист отдела назначения обработал документы страхователя и назначил размер пенсии, он передаёт данное дело в отдел выплаты. Сотрудники данного отдела проверяют расчет пенсии, определяют способ выплаты пенсии и отправляют на выплату. Недостатки:

- из-за возможности допущения ошибки сотрудниками отдела назначения приходится перепроверять расчет пенсии;
- иногда происходит «потеря» дела после его обработки в отделе назначения, и дело не видят из приложения работника отдела выплат, это происходит при одновременной передачи 2 и более дел специалистами из приложений отдела назначения из-за однозадачности DOS. Случается это с 1-2 делом из 100.

Обработка одного выплатного дела на данном этапе в среднем составляет 30 мин. В случае потери дела + 40 мин.

Проанализировав все вышесказанное, можно сделать вывод, что у данной информационной системы имеются большие недостатки. Самые главные из них это:

- дублирование базы выплатных дел на серверах управлений и отделения по Иркутской области, у сотрудников отделения и других управлений нет оперативного доступа к выплатным делам рассматриваемого управления;
- использование устаревшего программного и аппаратного обеспечения, которое уже не только не может удовлетворить потребность в расширении функциональных возможностей, в том числе автоматизация приема решения о выплате пенсии и определения размера полагающейся пенсии, но и не справляется с объемами обрабатываемой информации и одновременным многопользовательским доступом;
- очень много времени тратится у работников управлений на решение тех задач, которые можно автоматизировать, вследствие чего увеличивается время на обработку выплатного дела и снижается качество предоставляемых услуг.

Для решения этих проблем: сокращения трудовых и материальных затрат, а также оптимизации рабочего процесса, - целесообразно сделать централизованную базу данных в отделении с возможностью удаленного доступа для работников управлений через специальные модернизированные АРМ, адаптированные к работе в современных условиях и расширенным функционалом.

Для этого необходимо будет заменить DOS-приложения, так как они уже не способны решать поставленные задачи по расширению и улучшению функционала информационной сети ПФР.

Конечно, у DOS приложений есть свои достоинства. Программа для DOS - это почти самодостаточная ра-

бочая среда, включающая в себя все необходимое для полноценного автономного функционирования. Благодаря своему "эксклюзивному" однозадачному положению DOS-версия работает быстро даже на очень слабых компьютерах, так как нетребовательна к ресурсам вычислительной техники.

Но у DOS-приложений есть недостатки, с которыми уже невозможно примириться:

- однозадачная среда - действительно большое неудобство, так же как и отсутствие встроенной возможности переносить данные из одной задачи в другую. Проблемы, возникающие из-за этого недостатка, мы уже описали выше;
- отсутствие графического интерфейса. Конечно, привыкших к дружественному графическому интерфейсу работников раздражают "неэстетичные" меню, необходимость пользоваться клавишами дополнительной клавиатуры и тому подобные непременные атрибуты DOS-программ. Среди нового персонала возникают недоумения в использовании такой «старины» и нежелание с ней работать;
- отсутствие комфортных условий для высококачественного оформления печатных форм документов. Трудность создания аутентичных форм документов установленного образца. Это связано с ограничениями текстового редактора бланков, настройкой печати принтера.

Переход же от DOS к Windows позволит также организовать эффективное взаимодействие и интеграцию приложений, например с бухгалтерскими и офисными программами.

Сформулируем общий вывод: переходить на Windows-версии программ придется. Дело не в том, что DOS-версии программ плохи, просто требования к функциональным возможностям ПО постоянно растут, и соответствовать им программы, работающие вне Windows, уже не в состоянии.

Рассчитаем, насколько сократится обработка пенсионного дела с приходом Windows:

1. Обработка дела в клиентской службе сократится в среднем на 5 мин за счет устранения «зависания» системы и за счет удобства пользования новым приложением;
2. Обработка дела в отделе назначения сократится на 20 мин в основном за счет автоматизации функции расчета пенсии;
3. Обработка дела в отделе выплат сократится на 10 мин в основном за счет отсутствия необходимости проверять расчет пенсии.
4. Перестанут «пропадать» дела.

Итого: обработка одного пенсионного дела сократится в среднем с 90 мин до 55, то есть на 39%!

Переход от DOS к Windows не был осуществлён ранее, потому что до недавнего времени DOS-приложения вызывали только небольшие неудобства и были неприхотливы к аппаратному обеспечению (как и в большинстве бюджетных организациях, в управлениях ПФР используется устаревшая техника). Но сейчас DOS уже не может удовлетворить все потребности, и появилась возможность обновить устаревшее оборудование и разработать новое обеспечение, так как на это наконец-то стали выделять достаточно средств.

Для организации новой системы потребуется разработать новое программное обеспечение и реорганизовать взаимодействие. Обозначим основные этапы работы:

№	Наименование этапа	Длительность, дней
1	Составление ТЗ на проект	28
2	Проведение конкурса и выбор разработчика	30
3	Разработка приложений	21
4	Настройка СУБД	10
5	Обеспечение удаленного доступа	14
6	Опытная эксплуатация и исправление недочетов	60
7	Приемка работ	7
8	Ввод в действие, обучение сотрудников	28

В итоге получается, что реализация проекта займет не менее 198 дней. Теперь обозначим затраты: так как база пенсионных дел уже хранится на серверах в отделении, необходимо только организовать удаленный доступ к ней из районных управлений, поэтому затраты на дополнительное оборудование будут минимальны – в основном замена устаревшего. Покупка дополнительного сервера нам обойдется в 60 тыс. руб. + прочие расходы в районе 20 тыс. руб. Аренда (покупка) и ремонт помещения также не требуется, действующая серверная отвечает необходим требованиям. Поэтому основная доля расходов придется на оплату разработчикам.

Проектную бригаду рекомендуется составлять в следующем составе:

1. Руководитель проекта– 100 тыс. руб. за проект;
2. Программист для разработки приложений – 2 чел. * 80 тыс. руб. за проект;
3. Программист СУБД – 2 чел. * 80 тыс. руб. за проект;
4. Консультант – работник ПФР.

Расходы на з/п на время создания проекта составят 100000 +2*80000 +2*80000 = 420000 руб. Отчисления с з/п сотрудников составляют 30,2%. 420000*0,302+420000=546840.

+ Затраты на составление ТЗ и проведения конкурса – 20 тыс. руб.

Итого: округлим сумму и ориентировочно стоимость проекта равна 650 тыс. руб.

Создание централизованной базы в отделении и разработка новых приложений дляАРМ положительно отразится в целом на работу всех управлений по Иркутской области:

- высвобождение оборудование: на 50% сервера в управлениях загружены именно базой выплатных дел, после создания централизованной

базы, высвобожденная мощность будет обеспечивать быстродействие локальных приложений;

- значительно облегчит работу сотрудников: автоматизация расчета пенсии и других функций, не будет необходимости выгружать базу в отделение и пересылать дела в другие управления, оптимизация приложений – быстрота, удобство, привлекательность;
- повышение привлекательности пенсионного фонда в глазах население: документы в клиентской службы будут приниматься быстро, сократятся очереди, сократится время на принятие решения о выплате пенсии, расчет пенсии и перечисление.

Данный проект обновления информационной системы применителен не только к Иркутской области, его можно использовать и в других регионах, так как там сложилась аналогичная ситуация.

Делая вывод к вышесказанному: мы видим, как отстала в развитии информационная система ПФР от существующего уровня развития информационных технологий. До сих пор используется "древнее" программное обеспечение, написанное под DOS.

Сравнивая пенсионные информационные системы США, Канады и стран Европы с информационной системой Пенсионного Фонда РФ можно увидеть следующие различия:

1) при подаче заявления на оформление пенсии нет необходимости личного присутствия заявителя, документы присылаются в электронном виде. В России же обязательно личное присутствие заявителя;
2) возможность отслеживать состояние своего заявления удаленно - через сайт. В России через портал госуслуг можно посмотреть только отчисления в пенсионный фонд;
3) при отсутствии какого-либо необходимого документа пенсионные фонды в других странах помогают его восстановить с помощью своих каналов связи - отправляют запросы в другие государственные службы, предприятия. В России все документы собирает заявитель;
4) облегченный пакет предоставляемых документов: благодаря интеграции всех государственных информационных систем - создание единого информационного пространства. К чему Россия тоже двигается, но очень медленно, поэтому сейчас заявитель собирает полный пакет документов.

В итоге хочу сказать, что мало усовершенствовать информационную систему ПФР и других государственных органов, нужно еще и повышать информационную образованность населения. Потому что у нас уже создан портал гос.услуг, где можно удаленно узнавать свою персональную информацию (штрафы, налоги, пенсионные отчисления ит.д.), подавать заявления на предоставление услуг, но используют его всего около 15% населения! (по данным Минкомсвязи 07.2013). В других же развитых странах аналогичные порталы используют около 50% населения.

Список использованной литературы:

1. АгееваЕ. В. Пенсионный фонд России/ Е. В. Агеева. — Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2013. — 111 с.
2. БратищенкоВ. В. Базы данных/ В. В. Братищенко. — Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2006. — 98 с.
3. ВдовенкоЛ. А. Информационная система России: прошлое, настоящее и будущее/ Л. А. Вдовенко // Информационные ресурсы России. —2006. — №2. — С. 37-39.
4. ДигоС. М. Базы данных: проектирование и использование/ С. М. Диго. — М.: Финансы и статистика, 2005. — 591 с.
5. СуетенД. Е. Пенсионный фонд проанализировал итоги и перспективы развития российской пенсионной системы/ Д. Е. Суетен // Юридический консультант. — 2011. — № 2. — С. 18–37.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАЗЕМНОЙ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С БОРТОВОЙ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ РАКЕТЫ НОСИТЕЛЯ СОЮЗ-2

Чиркова Наталья Сергеевна
магистрант кафедры Автоматики ИРИТ-РТФ УрФУ, г. Екатеринбург
Уманский Алексей Борисович
канд., техн., наук, начальник сектора НПО автоматики, г. Екатеринбург

На сегодняшний день актуальной проблемой в организации взаимодействия «борт-земля» объектов ракетно-космической техники является перераспределение задач как средство разрешения противоречия между возрастанием объема передаваемой информации, обусловленной ростом сложности объектов ракетно-космической техники, и повышением требований к скоростям и контролю правильности передаваемой информации. Следовательно, одной из обязательных задач является обеспечение достоверности передаваемой информации при взаимодействии наземной аппаратуры системы управления (НАСУ) с бортовой цифровой вычислительной системой (БЦВС) ракеты носителя (РН) на всех этапах подготовки к пуску.

В настоящее время, в связи с предстоящим вводом в эксплуатацию космодрома «Восточный», ведется модернизация РН Союз-2, в которой одним из новых элементов системы управления является БЦВС на базе семейства модулей «Малахит-7». БЦВС нового поколения «Малахит-7», разработанная на НПО автоматики, с учетом возмож-

ностей современной отечественной элементной базы, реализована как многомашинная резервированная вычислительная система (рисунок 1). Система строится по магистрально-модульному принципу [1]. В состав системы входят следующие модули:

- трехканальный 16-разрядный системный модуль, предназначенный для решения задач управления внешним обменом, а также контроля и диспетчирования потоков информации внутри вычислительной системы;
- 32-разрядные вычислительные модули для решения задач навигации, наведения и стабилизации;
- модули внешнего интерфейса с периферийными системами – модули связи.

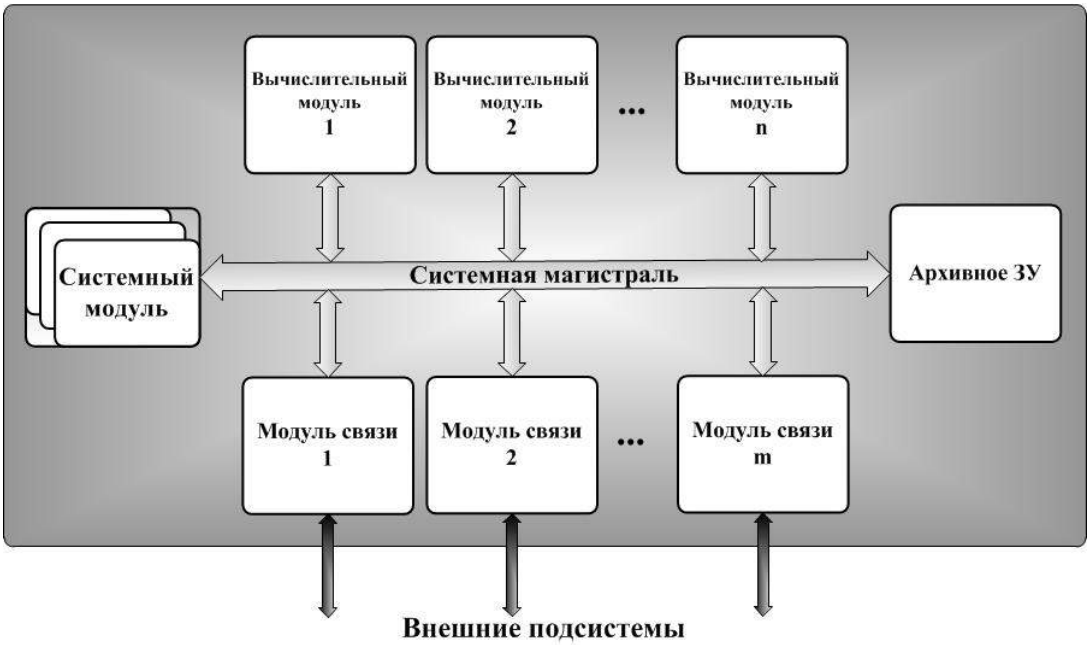


Рисунок 1. Структура БЦВС семейства «Малахит-7»

Обмен информацией БЦВС-НАСУ осуществляется через модули связи по дублированной кодовой линии связи (КЛС), выполненной в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52070 [2, с. 16].

НАСУ выполняет функции контроллера и осуществляет контроль обмена и выбор рабочего модуля связи (канала обмена), работающего в режиме оконечного устройства (ОУ). При этом НАСУ обеспечивает следующие режимы взаимодействия с БЦВС:

- проверка резерва линии связи;
- ввод массива (сегмента массива) в БЦВС;
- вывод массива (сегмента массива) из БЦВС;
- передача команды на повтор операции ввода-вывода.

Информация массива (файла), передаваемого в БЦВС, разделяется на сегменты объемом 1984 16-разрядных слов. Массивы (сегменты) передаваемой информации сопровождаются контрольной суммой, состоящей из двух 16-разрядных слов и передаваемой в конце массива (сегмента) в инверсной форме. Контрольная сумма массива (сегмента) подсчитывается путем суммирования всех слов данных массива (сегмента) по модулю 2^{32}.

Ввод сегментов массивов в ЦВС осуществляется в формате 1 согласно ГОСТ Р 52070 [2, с. 12]. Каждый пакет сегмента массива передается в сопровождении командного слова (КС) "Ввод информации в ЦВС".

После передачи последнего пакета сегмента НАСУ выдает КС "Вывод информации из ЦВС", на который БЦВС отвечает ответным словом (ОС) в сопровождении диагностического массива (ДМ). ДМ состоит из 32-х 16-разрядных слов, в первое слово записывается код нормы, в случае успешного ввода массива (сегмента) в БЦВС, или любой другой код в противном случае. ДМ сопровождается контрольной суммой, состоящей из двух 16-разрядных слов (31 и 32 слова ДМ) и передаваемой в конце массива в инверсной форме. Контрольная сумма подсчитывается путем суммирования всех слов данных массива по модулю 2^{32}. Оставшиеся слова ДМ – частные параметры для фиксирования ошибок обмена.

НАСУ осуществляет анализ полученного ДМ на соответствие 1-го слова ДМ эталону. При положительном результате контроля ДМ НАСУ осуществляет ввод в БЦВС очередного сегмента массива. При отрицательном результате контроля ДМ НАСУ осуществляет повтор ввода массива (сегмента) с выводом соответствующего ДМ.

БЦВС в соответствии с выполняемой программой производит вывод нужного массива (или его сегмента) объемом 1984 16-ти разрядных слов. НАСУ выдает КС "Вывод информации из ЦВС" в формате 2 для списывания первого пакета информации запрашиваемого массива или его сегмента. Выдача КС должна повторяться до тех пор, пока не будет переписан весь сегмент массива. Последние два слова массива сегмента – контрольная сумма сегмента.

При получении команды “Повторить ввод (вывод)” БЦВС прерывает выполнение текущей операции и подготовиться к повтору операции ввода-вывода. НАСУ может выдать команду “Повторить ввод (вывод)” в любой момент времени на операции ввода или вывода массива (сегмента массива) после завершения обмена текущим пакетом информации.

НАСУ организовывает повтор выдачи команд управления и повтор режимов вывода (ввода) массивов

(или сегментов) при фиксации ошибок кодового взаимодействия при следующих условиях.

1. НАСУ не получает ОС после завершения посылки КС или СД;
2. при наличии "1" в 9-м разряде ОС (контроль передаваемых сообщений средствами БЦВС в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52070) [2, с. 15];
3. НАСУ получает СД или ОС, не удовлетворяющие критериям достоверности согласно ГОСТ Р 52070 [2, с. 9];
4. НАСУ получает ОС с недостоверным адресом ОУ;
5. НАСУ получает ВС (формат 5), не соответствующее кодировке СД команды управления (формат 6);
6. НАСУ получает массив (сегмент массива) с недостоверной контрольной суммой;
7. НАСУ получает ДМ с отрицательным результатом контроля ввода массива (сегмента массива).

При положительных результатах контроля обмена (по контролю ОС) в обоих каналах НАСУ продолжает режим на рабочем канале КЛС. В случае отрицательного результата контроля ОС в каком либо канале связи НАСУ повторяет по этому каналу выдачу КС "Передать ОС" и контроль ОС. При однократном отрицательном результате контроля ОС в одном или в обоих каналах линии связи НАСУ запоминает результат контроля ОС по каждому критерию и по каждому каналу и продолжает режим на рабочем канале линии связи. В случае отрицательного результата контроля ОС и при второй выдаче КС в любом одном канале дублированной линии связи НАСУ запоминает результат контроля ОС по каждому критерию и номер канала с неисправностью. НАСУ продолжает режим на исправном канале.

В случае отрицательных результатов контроля ОС при первой и при второй выдаче КС в обоих каналах резервирования линии связи НАСУ запоминает результат контроля ОС по каждому из критериев и по каждому каналу и решает задачу отмены режима.

Повтор выдачи КС на повтор ввода (вывода) пакета массива или команды управления производится и при получении ОС с "1" в 16-ом разряде (занятость ОУ). При трократном получении ОС с признаком занятости на рабочем канале линии связи НАСУ бракует канал связи, запоминает номер линии связи и результат контроля ОС (занятость ОУ). Дальнейший обмен с БЦВС НАСУ осуществляет на резервной линии связи. При получении ОС с признаком занятости на три повторных выдачи КС по резервной линии НАСУ производит отмену режима. Если одна из линий связи ранее по результатам контроля или проверок была забракована, то повторы по ней не производятся.

Максимальное количество повторов в одном канале КЛС при ошибках обмена для исправных линий во время проведения одной операции обмена – передача команды управления или ввод (вывод) массива (сегмента массива) – два, в ситуациях с одним забракованной линией связи – три. Если после двух повторов в каждом канале КЛС на одной любой операции обмена не удалось организовать обмен информацией, НАСУ производит отмену режима.

В случае нарушений обмена вследствие сбоев в работе НАСУ организуется повтор сбойного участка временной диаграммы обмена с запоминанием причины повтора. Максимальное количество повторов по причине сбоев в работе НАСУ на одной любой операции обмена – два. При превышении допустимого количества повторов в ситуациях НАСУ должна перейти к отмене режима.

Разработанный алгоритм взаимодействия со встроенными средствами контроля и парирования сбоев позволяет обеспечить обмен НАСУ-БЦВС РН достоверной информацией, исключая появление ошибок, вызванных различными искажениями в кодовых линиях связи. Данная технология была апробирована при испытании ракеты носителя Союз 2-1в и будет развиваться в дальнейшем, в частности, при модернизации системы управления ракеты носителя Союз 2-1а(б) для космодрома «Восточный».

Список литературы:

1. Уманский А.Б. Бортовые цифровые вычислительные системы семейства «Малахит» для работы в экстремальных условиях / В.М. Антимиров, А.Б. Уманский, Л.Н. Шалимов // Вестник СГАУ. 2013. №4(42). С.19-27.
2. ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный электронных модулей. М.: Госстандарт России. – 23 с.

УДК 681.7.064.454

МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПЯТИСЛОЙНОЙ ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

До Тай Тан
аспирант НИУ ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Анализ работы современных оптических приборов показывает, что часто для эффективного использования некоторых оптических элементов необходимо, чтобы они обладали максимальным пропусканием на разных длинах волн, в разных областях спектра или при различных условиях работы [1]. Оптические просветляющие покрытия используются в оптических и оптико-электронных устройствах для уменьшения коэффициента отражения на границе раздела двух сред с различными показателями преломления. В зависимости от назначения оптической системы требования к просветляющим покрытиям различаются. Так, для лазерных систем требуются покрытия, имеющее нулевое отражение в одной или нескольких длинах волн [2], для наблюдательных систем покрытия, имеющее минимальное отражение, часто, близкое к нулю в нескольких спектральных диапазонах [3,4].

Целью данной работы являются созданием многозональных просветляющих покрытий на подложках с

большим показателем преломления, анализ зависимости спектральных характеристик отражения пятислойной четвертьволновой диэлектрической системы от показателя преломления слоев, формирующих систему.

Пятислойная диэлектрическая система, слои которой характеризуется показателями преломления (n_1, n_2, n_3, n_4, n_5), оптическими толщинами (n_1d_1, n_2d_2, n_3d_3, n_4d_4, n_5d_5). Световое излучение с длиной волны λ падает из среды с показателем преломления n_0, а диэлектрическая система сформирована на подложке с показателем преломления n_m. Все показатели преломления используются без учета дисперсии.

Интересующие нас энергетический R и амплитудный r коэффициенты отражения могут быть выражены через элементы матрицы интерференции [5]

$$\begin{cases} R(\lambda) = |r(\lambda)|^2 \\ r = \dfrac{n_0 m_{11} - n_m m_{22} + i(n_0 n_m m_{12} - m_{21})}{n_0 m_{11} + n_m m_{22} + i(n_0 n_m m_{12} + m_{21})} \end{cases}, \quad (1)$$

где

$$M = \prod_{j=1}^{5} M_j, \; M_j = \begin{vmatrix} \cos\varphi_j & i\dfrac{\sin\varphi_j}{n_j} \\ i n_j \sin\varphi_j & \cos\varphi_j \end{vmatrix}$$

$\varphi_j = 2\pi n_j d_j \lambda^{-1}$, а $n_j d_j$, n_j – соответственно, оптическая толщина и показатель преломления j-го слоя.

Условие просветления такой системы покрытия, согласно в работе [6]:

$$n_1 n_5 = n_2 n_4 = n_3^2 = n_0 n_m \quad (2)$$

При анализе показывает что, спектральная кривая энергетического коэффициента отражения такой системы может иметь при наиболее благоприятных условиях пять минимумов отражения. Один из этих минимумов отражения будет расположен на длине волны, равной λ_0, определяемой из условия $\cos\varphi_j = 0$, где $\varphi_j = 0{,}5\pi\lambda_0\lambda^{-1}$, а λ_0 – длина волны, соответствующая середине спектрального интервала. j – номер слоя.

Обозначим крайний длинноволновый минимум – λ_1, крайний коротковолновый минимум – λ_2, минимум между λ_0 и λ_1 обозначим через λ_3, между λ_0 и λ_2 обозначим через λ_4. λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 являются решениями биквадратного уравнения:

$$Atg^4\varphi - Btg^2\varphi - C = 0 \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} A &= n_0\left[n_2 n_4 n_1^{-1} n_3^{-1} + n_1^{-1} n_3^{-1} n_4^{-1} n_2 n_5 (n_3 + n_4) + n_1^{-1} n_2^{-1} n_4^{-1} n_3 n_5 (n_1 + n_2)\right] + \\ &- n_m\left[n_1 n_3 n_2^{-1} n_4^{-1} + n_2^{-1} n_5^{-1} n_1 (n_3 + n_4) + n_3^{-1} n_5^{-1} n_4 (n_1 + n_2)\right], \\ B &= n_0\left[\begin{array}{l} n_5\left(n_1^{-1} + n_2^{-1} + n_3^{-1} + n_4^{-1}\right) + n_4\left(n_1^{-1} + n_2^{-1} + n_3^{-1}\right) + \\ + n_3\left(n_1^{-1} + n_2^{-1}\right) + n_2 n_1^{-1} \end{array}\right] + \\ &- n_m\left[n_5^{-1}(n_1 + n_2 + n_3 + n_4) + n_4^{-1}(n_1 + n_2 + n_3) + n_3^{-1}(n_1 + n_2) + n_2^{-1} n_1\right], \\ C &= n_m - n_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Решением биквадратного уравнения (3) могут быть четыре действительных – соответствует четырем длинам волн в которых коэффициент отражения имеет нулевое значение (λ_1, λ_2, λ_3, λ_4), или два действительных и два комплексно сопряженных корня – двум длинам волн (λ_1, λ_2).

Четыре действительных корня уравнения (3) будут получены при $B < 0$ и $A < 0$, а два − при $B < 0$ и $A > 0$.

λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 определяются:

$$\lambda_1 = 0{,}5\pi\lambda_0\left[arctg\sqrt{0{,}5A^{-1}\left(B + \sqrt{B^2 + 4AC}\right)}\right]^{-1},$$

$$\lambda_2 = 0{,}5\pi\lambda_0\left[\left(\pi - arctg\sqrt{0{,}5A^{-1}\left(B + \sqrt{B^2 + 4AC}\right)}\right)\right]^{-1},$$

$$\lambda_3 = 0{,}5\pi\lambda_0\left[arctg\sqrt{0{,}5A^{-1}\left(B - \sqrt{B^2 + 4AC}\right)}\right]^{-1},$$

$$\lambda_4 = 0{,}5\pi\lambda_0\left[\left(\pi - arctg\sqrt{0{,}5A^{-1}\left(B - \sqrt{B^2 + 4AC}\right)}\right)\right]^{-1}. \quad (5)$$

На рис. 1 представлена контурная карта зависимости величин A и B от показателей преломления n_1 и n_2 учетом связи между показателями преломления слоев, определяемой выражением (2)

Как видно из рис. 1, одному значению показателя преломления n_1 соответствует массив значений показателя преломления n_2 и, наоборот, при которых могут быть получены системы, имеющие либо три, либо пять минимумов отражения в рабочей области спектра.

На рис.2 изображается спектральная характеристика отражения пятислойного просветляющего покрытия, формирующего на подложке с показателем преломления n_m=4. Показатель преломления слоёв n_1=1,35, n_2=1,75 с учётом связи между показателями преломления слоёв, определяемой выражением (2). Данное покрытие обладает минимальным коэффициентом отражения в двух широких диапазонах 2 – 4,5 мкм, 9 – 13 мкм и коэффициент отражения не превышает коэффициента отражения подложки во всем спектральном диапазоне.

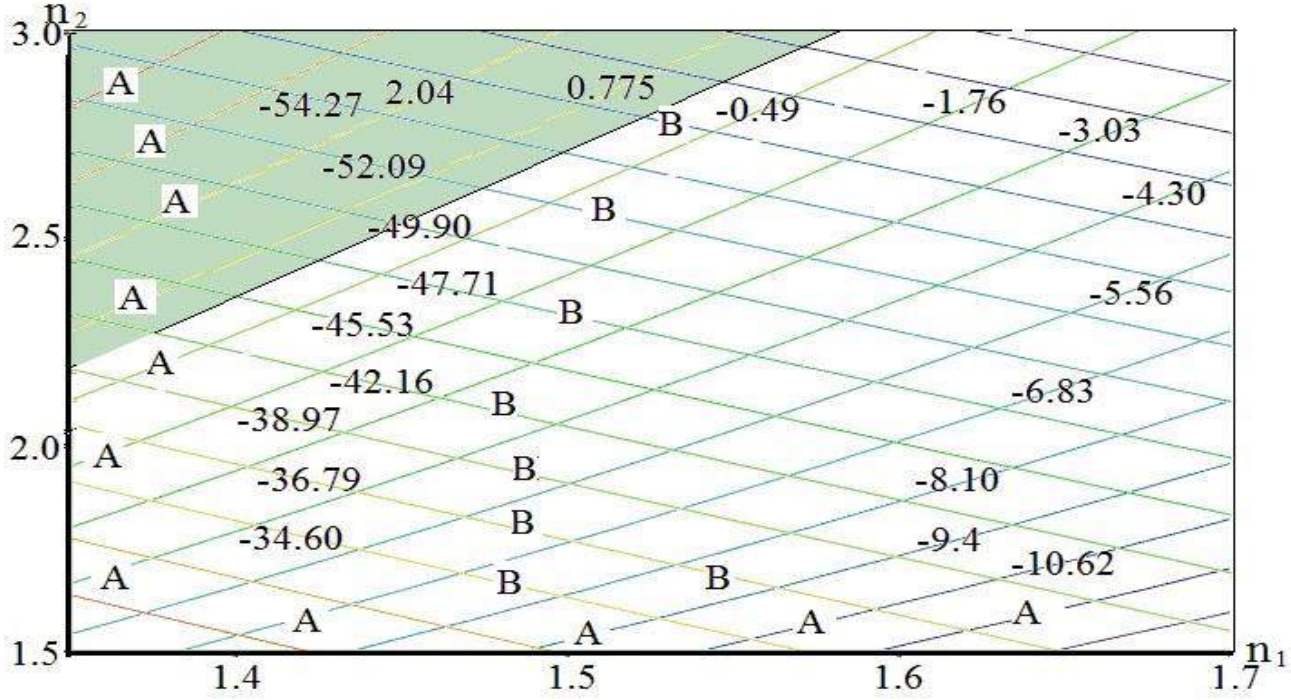


Рис.1. Контурная карта зависимости величин *A* и *B* от показателей преломления n_1 и n_2, определяющих область их допустимых значений с учётом связи между показателями преломления слоёв, определяемой выражением (2).

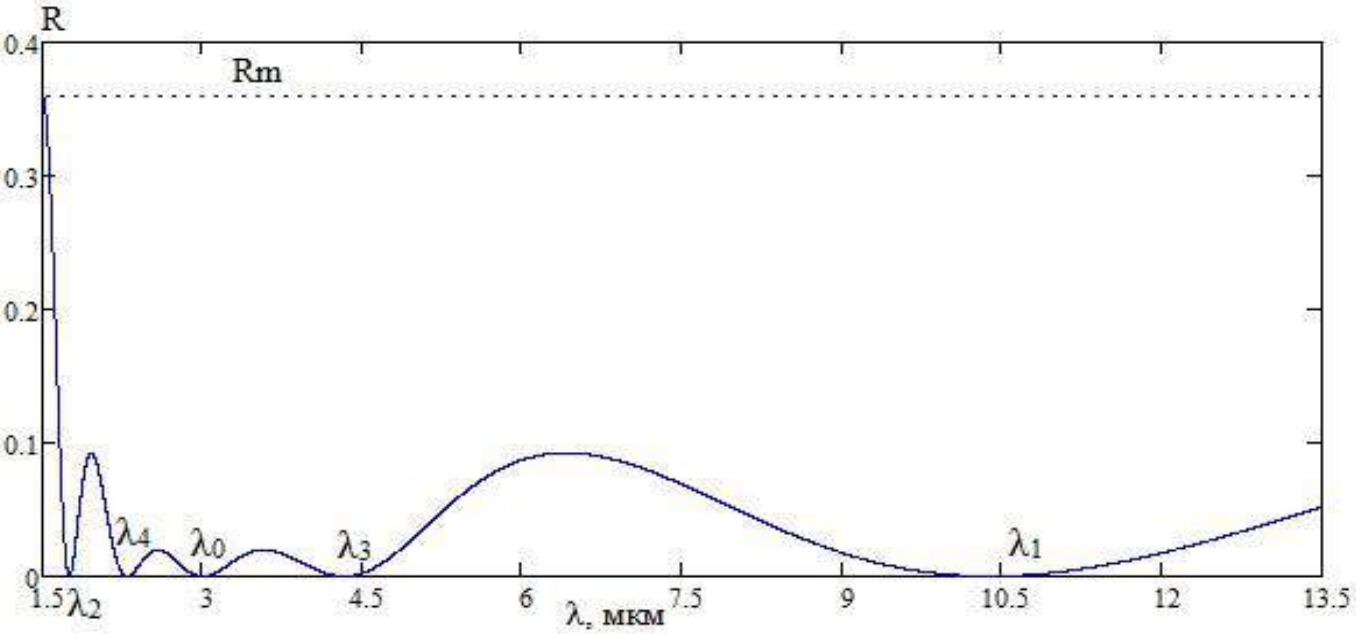


Рис.2. Спектральная характеристика отражения с расположением минимумов пятислойного просветляющего покрытия. Покрытие формировано на подложке с показателем преломления n_m=4, λ_0=3 мкм. Показатель преломления слоёв n_1=1,35, n_2=1,75 с учётом связи между показателями преломления слоёв, определяемой выражением (2)

Расстояния между минимумами соответственно: $L_{34}(\lambda_4;\lambda_3)$, $L_{01}(\lambda_0;\lambda_1)$, $L_{02}(\lambda_0;\lambda_2)$, $L_{12}(\lambda_1;\lambda_2)$ и определяются:

$$L_{34} = \lambda_3 - \lambda_4, L_{01} = \lambda_1 - \lambda_0, L_{02} = \lambda_0 - \lambda_2, L_{12} = \lambda_1 - \lambda_2 \quad (6)$$

где λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 определены условием (5).

Одной из задач работы является анализ зависимости спектральных характеристик пятислойного четвертьволнового просветляющего покрытия от показателя преломления слоев, формирующих покрытие, что позволяет судить о влиянии показателя преломления материалов в составе покрытия на расположение его минимумы отражения, расстояние между этими минимумами и значение коэффициента отражения.

На рис.3 показано влияние значения показателя преломления второго слоя пятислойного покрытия на положение минимумов, а на рис.4 расстояние между минимумами.

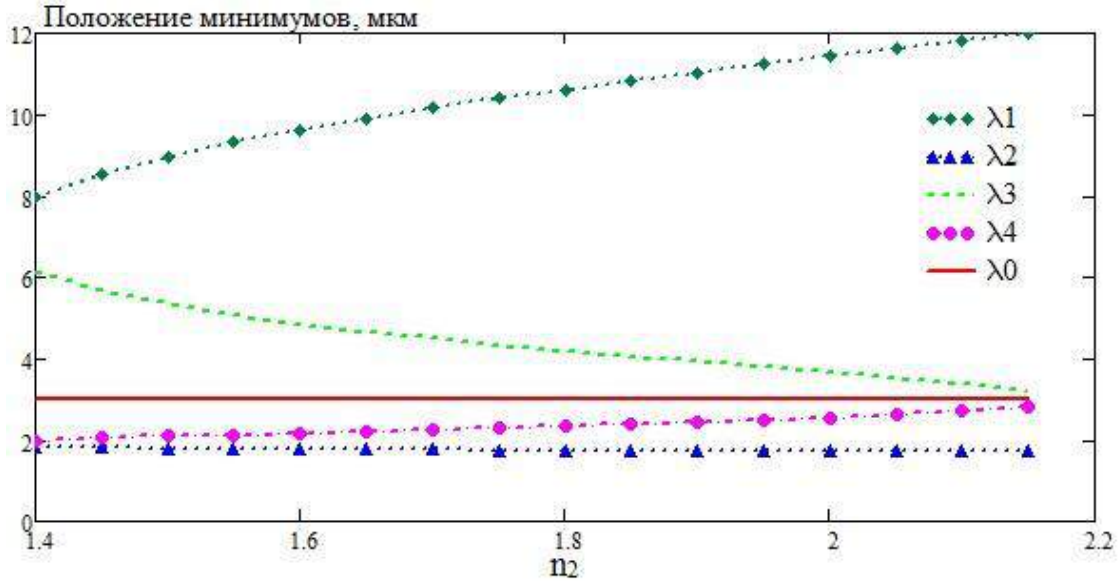


Рис.3. Распределение минимумов энергетического коэффициента отражения пятислойного четвертьволнового просветляющего покрытия, в зависимости от показателя преломления второго слоя. Покрытие сформировано на подложке из германия (n_m=4), n_1=1,35 с учётом связи между показателями преломления слоёв, определяемой выражением (2), λ_0=3 мкм

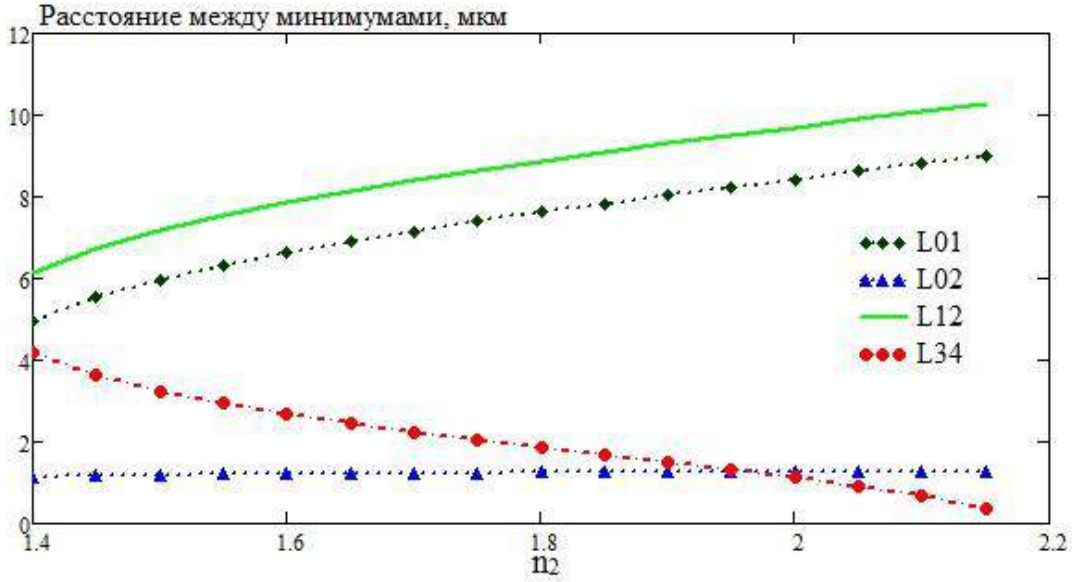


Рис.4. Распределение расстояния между минимумами энергетического коэффициента отражения пятислойного четвертьволнового просветляющего покрытия, в зависимости от показателя преломления второго слоя. Покрытие сформировано на подложке из германия (n_m=4), n_1=1,35 с учётом связи между показателями преломления слоёв, определяемой выражением (2), λ_0=3 мкм

Рассматриваемое покрытие, при постоянном значения показателе первого слоя n_1, с ростом показателя преломления второго слоя n_2 значение L_{34} уменьшается, соответственно, λ_3, λ_4 приближаются к центрально минимуму. При случае, когда n_2 равно или больше некоторого предельного значения, тогда минимумы λ_0, λ_3, λ_4 тождественны ($\lambda_0=\lambda_3=\lambda_4$), расстояние $L_{34}(\lambda_4;\lambda_3)$ равняет нулю и наблюдается переход от системы, реализующей пять минимумов отражения к системе, характеризуемой тремя минимумами отражения. Предельное значение n_2 различно для различных значений показателя преломления первого слоя n_1 и подложки n_m. Например, при n_m=4, n_1=1,35, предельное значение n_2=2,17. Расположение λ_1 сдвигается в длинноволновую область спектра с ростом n_2, в то время λ_2 не значительно сдвигается в коротковолновую область спектра. Расстояние между λ_0 и λ_1 – L_{01}, λ_1 и λ_2 – L_{12} увеличиваются из-за роста λ_1. Расстояние между λ_0 и λ_2 – L_{02} остается неизменным.

На рис.5 показаны спектральные характеристики пятислойных четвертьволновых просветляющих покрытий на подложке с показателем преломления n_m=4. Покрытия реализуют три нулевых минимума отражения. Особенностью этого покрытия является то, что с ростом показателя преломления второго слоя максимумы отражения превышают значения коэффициента отражения подложки.

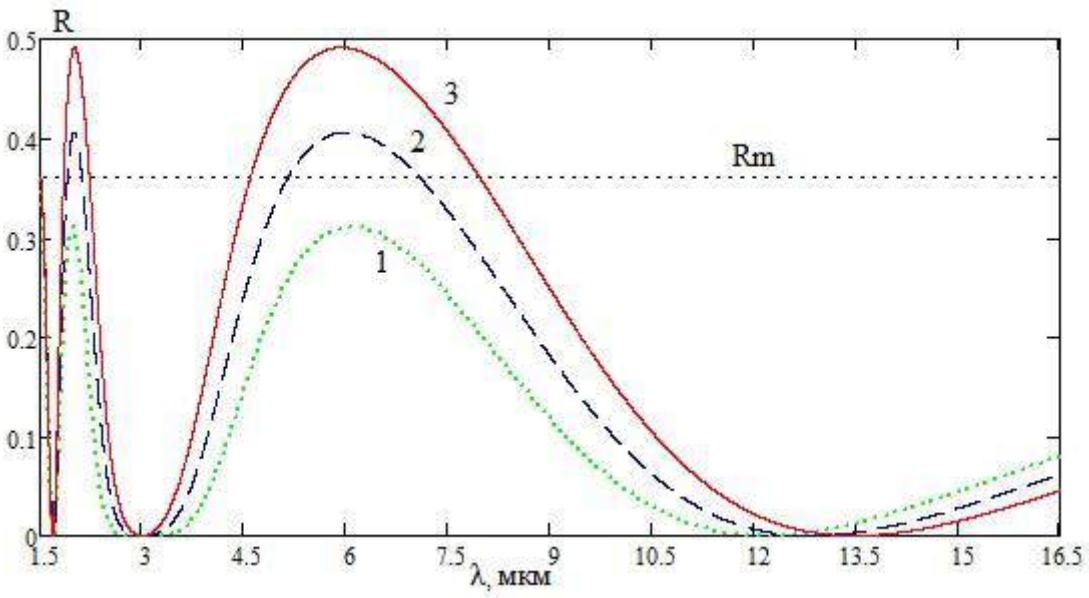


Рис.5. Спектральные характеристики энергетического коэффициента отражения пятислойного четвертьволнового просветляющего покрытия на подложке из германия с показателем преломления n_m= 4. Показатель преломления слоев: 1 – n_1=1.35, n_2=2.2, 2 – n_1=1.35, n_2=2.4, 3 – n_1=1.35, n_2=2.6, *Rm* – отражения непокрытого оптического материала. λ_0=3 мкм

Заключение

Таким образом, в работе установлено влияние отношения показателем преломления слоев на спектральные характеристики пятислойной четвертьволновой диэлектрической системы, в том числе: расположение минимумы отражения, расстояние между этими минимумами и значение коэффициента отражения пятислойных четвертьволновых покрытий.

Показана возможность создать многозональных просветляющих покрытий на основе пятислойной четвертьволновой диэлектрической системы. Такая система может реализовать либо пять, либо три минимума отражения. Полученные покрытия обладают минимальным отражением в нескольких зонах спектра.

Список литературы

1. Bayya S., Sanghera J., Kim W., Gibson D., Fleet E., Shaw B., Hunt M., Aggarwal I. New multiband IR imaging optics // Proc. of SPIE. 2013. V. 8704. P. 870428-1–870428-6.
2. Thomas Südmeyer, Yutaka Imai, etc. Efficient 2nd and 4th harmonic generation of a single-frequency, continuous-wave fiber amplifier // OPTICS EXPRESS. 2008. V. 16. No. 3 . P. 1546-1551.
3. *Rahmlow T.D., Lazo-Wasem J.E., Wilkinson S., Tinker F*. Dual band antireflection coatings for the infrared // Proc. SPIE. 2008. V. 6940. 69400T 1 – 8.
4. До Т. Т., Губанова Л. А. Многозонное просветляющее покрытие на подложке из оптического сульфида цинка // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1 (89). С. 38–44.
5. *Бернтд П.Х.* Теория и методы расчета оптических свойств тонких пленок // Физика тонких пленок / Под ред. Хасса Г. Т.1. М.: Мир, 1967. С. 91–151.
6. Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, выпуск 2. – СПБ: НИУ ИТМО, 2014, С. 12-13

О ПОСТРОЕНИИ АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КОНЕЧНЫХ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ АВТОМАТОВ ИГРОВОГО ТИПА

Думачев Владислав Николаевич
к.ф.-м.н., доцент каф. высшей математики ВИ МВД РФ, г.Воронеж
Пешкова Надежда Владимировна
адъюнкт каф. высшей математики ВИ МВД РФ, г.Воронеж

1. Введение. Классическая теория конечных автоматов [1] предполагает его работу с детерминированным значением входного сигнала, для которого существует единственное состояние, в которое автомат может перейти из текущего. Другими словами автомат задается в виде пятерки

$$A=(s,x,y,f,g),$$

где s – вектор состояний автомата, (x,y) – входной и выходной алфавиты соответственно, f – функция перехода и g – функция выхода. Естественным обобщением автомата является использование в качестве его аргументов случайных величин. Так, в работе [2] Рабин ввел недетерминированные автоматы, в которых стохастической матрицей задается функция перехода f. Дальнейшее обобщение было

предложено в работе [3], где для автоматов выделялась читающая и пишущая части со своими функциями и областями значений. В работе [4] предложен конечный недетерминированный автомат игрового типа, на вход которого подается последовательность стратегий игроков, а выходом являются платежные матрицы игр, соответствующих состояниям конечного автомата. Вероятностные характеристики автомата проявляются в случае, когда одним из игроков выступает природа, а ответные действия человека могут быть рассчитаны с использованием, например, критерия Байеса. В статье [4] работой данного автомата моделировалась конкретная ситуация прорыва противопаводковой дамбы во время аномального наводнения на р.Амур в 2013 г. В работе [5] данная схема использовалась для ситуационного моделирования работы Зейской ГЭС в экстремальных ситуациях. В данных статьях системы имели 3 и 5 состояний соответственно, что не позволило найти аналитическое решение поставленных задач, в связи с чем, авторами применялись методы имитационного моделирования, реализованные с помощью пакета Simulink Matlab. В работе [6], была проведена классификация всех возможных состояний Байесовых автоматов малой размерности (имеющих два состояния). Целью данной работы является классификация всех возможных состояний Байесовых автоматов типа, используемых в работе [4] (имеющих 3 состояния)

$$A=\left((s_1,s_2,s_3),\begin{pmatrix}x_{11} & x_{12}\\ x_{21} & x_{22}\end{pmatrix},\begin{pmatrix}y_{11} & y_{12}\\ y_{21} & y_{22}\end{pmatrix},f,g\right), \quad (1)$$

получение их точных аналитических решений и оптимальных выигрышей.

2. Теоретические основы модели. Очевидно, что аналитическое решение для Байесова автомата (1) в общем виде проводится по следующей схеме.

1) По заданным входным сигналам автомата

	g			
	a_0b_0	a_0b_1	a_1b_0	a_1b_1
S_0	c_{00}^0	c_{01}^0	c_{10}^0	c_{11}^0
S_1	c_{00}^1	c_{01}^1	c_{10}^1	c_{11}^1
S_2	c_{00}^2	c_{01}^2	c_{10}^2	c_{11}^2

строятся платежные матрицы игр:

$$p(s_0)=\begin{pmatrix}c_{00}^0 & c_{01}^0\\ c_{10}^0 & c_{11}^0\end{pmatrix},\ p(s_1)=\begin{pmatrix}c_{00}^1 & c_{01}^1\\ c_{10}^1 & c_{11}^1\end{pmatrix}\ p(s_2)=\begin{pmatrix}c_{00}^2 & c_{01}^2\\ c_{10}^2 & c_{11}^2\end{pmatrix}.$$

2) Для заданной вероятности поступления сигнала b_k по критерию Байеса находятся оптимальные стратегии всех игр a_m^*. (Очевидно, что они не обязаны совпадать.)

3) Произведение $a_m^* b_k$ формирует входной сигнал (аргумент функции f), определяющий изменение состояния системы на следующем шаге.

	f			
	a_0b_0	a_0b_1	a_1b_0	a_1b_1
S_0	S_{k1}	S_{k2}	S_{k3}	S_{k4}
S_1	S_{k5}	S_{k6}	S_{k7}	S_{k8}
S_2	S_{k9}	S_{k10}	S_{k11}	S_{k12}

Для упрощения записи мы далее будем пользоваться следующей системой обозначений. Т.к. рассматриваемый автомат имеет 3 состояния, то множество всех возможных переходов f образуют 3-ичную логическую функцию $3\cdot 2^2=12$ переменных (т.е. всего $N=3^{12}=531441$ автомат). Однако, поскольку теорема Нэша утверждает, что любая конечная игра имеет решение в чистых или смешанных стратегиях, то множество различных Байесовых автоматов уменьшается в 2 раза. Для удобства классификации мы будем использовать только нулевые стратегии природы, учитывая, что для остальных автоматов решения можно получить переопределением номера стратегии и компонент платежной матрицы.

Например, функции

	f			
	a_0b_0	a_0b_1	a_1b_0	a_1b_1
S_0	S_0	S_1	S_0	S_1
S_1	S_0	S_2	S_0	S_2
S_2	S_1	S_2	S_1	S_2

соответствует последовательность

$$(s_0,s_1,s_0,s_2,s_1,s_2)=(010212).$$

Далее, используя свойства симметрии, данные автоматы можно объединить в группы эквивалентных, имеющих одинаковые предельные состояния и средние выигрыши. Так например автоматы

(000000,000001, 000002, …, 002222)

являются эквивалентными. Аналогично, эквивалентны автоматы

$$(010212)\equiv(010221)\equiv(012012)\equiv(100212)\equiv(012021)\equiv(100221)\equiv(102012)$$

В результате, мы получим $6^3=216$ различных автоматов типа

$$(i_1i_2j_1j_2k_1k_2),\ \text{где}$$
$$i_1,i_2,j_1,j_2,k_1,k_2=0,1,2;$$
$$i_1\le i_2,\ j_1\le j_2,\ k_1\le k_2. \quad (2)$$

Дальнейшее сокращение количества рассматриваемых автоматов производится удалением тех из них, в которых функции перехода являются несущественными. Например, для автомата (000022) последние 4 значения не являются существенными, поскольку состояний S_1 и S_2 автомат не принимает по определению. Окончательно, количество автоматов сокращается до 57:

i_1i_2	$j_1j_2k_1k_2$					
01	0200	0201	0202	0211	0212	0222
	1200	1201	1202	1211	1212	1222
	2200	2201	2202	2211	2212	2222
11	0200	0201	0202	0211	0212	0222
	1200	1201	1202	1211	1212	1222
	2200	2201	2202	2211	2212	2222
12	0000	0001	0002	0011	0012	0022
	0201	0101	0102	0111	0112	0122
	0211	0212	0222	1111	1112	1122
	2211	2212	1212			

3. Аналитическое решение для автомата 111200. Данный автомат имеет следующую функцию перехода

	f			
	a_0b_0	a_0b_1	a_1b_0	a_1b_1
S_0	S_1	S_1	S_*	S_*
S_1	S_1	S_2	S_*	S_*
S_2	S_0	S_0	S_*	S_*

и платежные матрицы

$$p(s_0)=\begin{pmatrix} c_{00} & c_{01} \\ c_{10} & c_{11} \end{pmatrix}, \quad p(s_1)=\begin{pmatrix} d_{00} & d_{01} \\ d_{10} & d_{11} \end{pmatrix}, \qquad p(s_2)=\begin{pmatrix} e_{00} & e_{01} \\ e_{10} & e_{11} \end{pmatrix}.$$

Допустим, критерий Байеса предполагает оптимальным выбор нулевых стратегий для всех игр $b^*=b_0$. Тогда, для упрощения записи и без потери общности переобозначим коэффициенты платежных матриц

$$(c_0=c_{00}^0,\, c_1=c_{01}^0,\, d_0=c_{00}^1,\; d_1=c_{01}^1,\, e_0=c_{00}^2,\; e_1=c_{01}^2).$$

Введем обозначения

$$\mu_0=a_0c_0+a_1c_1,\; \mu_1=a_0d_0+a_1d_1,\; \mu_2=a_0e_0+a_1e_1$$

и определим средний выигрыш игрока на первом шаге как

$$m_1=\mu_0.$$

Средний выигрыш игрока на 2-м шаге есть

$$m_2=\mu_0+\mu_1.$$

Далее

$$m_3=\mu_0+(1+a_0)\mu_1+(1-a_0)\mu_2,$$

$$m_4=(2-a_0)\mu_0+(1+a_0+a_0^2)\mu_1+(1-a_0^2)\mu_2,$$

$$m_5=(2-a_0^2)\mu_0+(2+a_0^2+a_0^3)\mu_1+(1-a_0^3)\mu_2,$$

$$m_6=(2-a_0^3)\mu_0+(2+2a_0-a_0^2+a_0^3+a_0^4)\mu_1+(2+2a_0+a_0^2-a_0^4)\mu_2,$$

$$m_7=(3-2a_0+a_0^2-a_0^4)\mu_0+(2+2a_0+2a_0^2-2a_0^3+a_0^4+a_0^5)\mu_1$$
$$+(2-3a_0^2+2a_0^3-a_0^5)\mu_2$$

$$m_8=(3-3a_0^2+2a_0^3-a_0^5)\mu_0+(3+3a_0^2+2a_0^3-3a_0^4+a_0^5+a_0^6)\mu_1$$
$$+(2-4a_0^3+3a_0^4-a_0^6)\mu_2$$

…

$$m_{3n}=(n-1-C_{n+1}^3a_0^2+\ldots)\mu_0+(n+na_0-C_{n+1}^2a_0^2+\ldots)\mu_1$$
$$+(n-na_0+C_{n+1}^2a_0^2+\ldots)\mu_2$$

$$m_{3n+1}=(n+1+na_0+C_n^2a_0^2+\ldots)\mu_0+(n+na_0+C_{n+1}^2a_0^2+\ldots)\mu_1$$
$$+(n-C_{n+1}^2a_0^2+\ldots)\mu_2$$

$$m_{3n+2}=(n+1-C_n^2a_0^2+\ldots)\mu_0+(n+na_0^2+\ldots)\mu_1+(n-C_{n+2}^3a_0^3+\ldots)\mu_2$$

4. Пример. Конвейерная линия по производству изделий может находиться в следующих состояниях:
S_0 – исправное состояние;
S_1 – неисправное состояние (работает на пониженной скорости);
S_2 – сломана.
Каждому состоянию автомата можно поставить в соответствие его ежедневную выручку:

S_0-4 ед., S_1-2 ед., S_2-0 ед.

Если исправный конвейер работает без присмотра, то на следующий день он переходит в неисправное состояние. Администрация предприятия может поставить рядом с конвейером оператора с оплатой 1 ед. в смену, который может повысить выручку неисправного автомата до 4 ед. Так же оператор с вероятностью 0.8 может устранить возникающую неисправность конвейера на месте. В противном случае конвейер переходит в состояние S_2 – сломан. Другими словами на неисправный конвейер приходит поток поломок с вероятностью $b_0 = 0.2$. Приходящая неисправность снижает выручку конвейера на 1 ед. Если автомат находится в состояние S_2 – сломан, то администрация вызывает ремонтную бригаду, которая за 3 ед. переводит автомат в состояние S_0 – исправное состояние. Платежные матрицы игрока А – администрация имеют вид

$$p(S_0) = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 4 & 3 \end{pmatrix},\ p(S_1) = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix},\ p(S_2) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Данные матрицы формируют функцию выхода автомата

	g			
	a_0b_0	a_0b_1	a_1b_0	a_1b_1
S_0	5	4	4	3
S_1	2	1	3	2
S_2	0	0	2	1

Функция перехода для данного автомата имеет вид

	f			
	a_0b_0	a_0b_1	a_1b_0	a_1b_1
S_0	S_1	S_1	S_0	S_1
S_1	S_2	S_2	S_1	S_2
S_2	S_2	S_2	S_0	S_0

Найдем оптимальные стратегии администрации. Для игры $p(S_0)$ найдем средний выигрыш игрока А используя критерий Байеса. Тогда, учитывая, что для состояния S_0 мы имеем $b_0 = 1$, получим

$$\begin{cases} f_0 = 5 \cdot 0 + 4 \cdot 1 = 4, \\ f_1 = 4 \cdot 0 + 3 \cdot 1 = 3. \end{cases}$$

Т.е. администрации выгодно придерживаться стратегии a_0 - конвейер без присмотра. Очевидно, что согласно функции перехода, на следующем шаге конвейер переходит в состояние S_1.

Теперь найдем средний выигрыш для игры $p(S_1)$. Учитывая, что для состояния S_1 мы имеем $b_0 = 0.2$, получим

$$\begin{cases} f_0 = 2 \cdot 0.8 + 2 \cdot 0.2 = 2, \\ f_1 = 3 \cdot 0.8 + 3 \cdot 0.2 = 3. \end{cases}$$

Т.е. администрации выгодно придерживаться стратегии a_1 - конвейер с оператором. Очевидно, что согласно функции перехода, на следующем шаге конвейер переходит в состояние S_2. с вероятностью 0.2.

Найдем средний выигрыш для игры $p(S_2)$. Учитывая, что для состояния S_2 мы также имеем $b_0 = 0.2$, получим

$$\begin{cases} f_0 = 0 \cdot 0.8 + 0 \cdot 0.2 = 0, \\ f_1 = 2 \cdot 0.8 + 1 \cdot 0.2 = 1.8. \end{cases}$$

Т.е. администрации выгодно придерживаться стратегии a_1-посылать ремонтную бригаду. После этого конвейер переходит в состояние S_0-исправен. Stateflow диаграмма данной функции показана на Рис1.

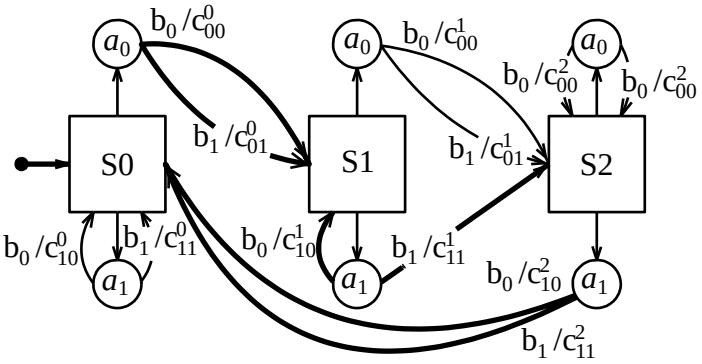


Рис.1. Stateflow диаграмма автомата 111200.

Жирными ребрами выделены оптимальные Байесовы стратегии. Тогда, если обозначить коэффициенты как

$$(c_0 = c^0_{00},\ c_1 = c^0_{01},\ d_0 = c^1_{10},\ d_1 = c^1_{11},\ e_0 = c^2_{10},\ e_1 = c^2_{11}),$$

то мы получим типа **111200** с известным аналитическим решением.

5. Выводы. В настоящей работе дана полная классификация Байесовых автоматов вида (1). В результате мы получили 57 неэквивалентных автоматов. Заметим, что вследствие разветвленной структуры графа автомата, получить его точное решение не всегда представляется возможным. Поэтому анализ конкретных моделей необходимо проводить методами ситуационного моделирования [4,5]. Если же модель допускает точное решение, то ее анализ удобнее проводить простой подстановкой компонент платежных матриц в полученные выражения. В настоящей работе показана техника расчета на примере конкретного автомата и приведен пример его практического приложения.

Список литературы

1. Brauer W. Automaten theorie. Stuttgard: Teubner, 1984. – 496 p.
2. Rabin M.O. Probabilistic automata // Information and control. 1963, N.6, P.230-245.
3. Ginsburg S. The mathematical theory of context-free-language. NY: McGraw-Hill, 1966. – 326 p.
4. Думачев В.Н., Пешкова Н.В., Калач А.В., Чудаков А.А. Ситуационное моделирование прорыва противопаводковой дамбы во время аномального наводнения на дальнем востоке летом 2013 г. // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013, №4(9), С.35-39.
5. Думачев В.Н., Пешкова Н.В., Калач А.В., Чудаков А.А. Ситуационное моделирование работы Зейской ГЭС во время аномальных наводнений // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2014, №2(11), С.18-25.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАНОРАЗМЕРНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ БАРИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ[1]

Гришина Анна Николаевна
К.т.н., с.н.с., ФГБОУ ВПО «МГСУ», г. Москва
Королев Евгений Валерьевич
Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «МГСУ», г. Москва
Сатюков Антон Борисович
Аспирант, ФГБОУ ВПО «МГСУ», г. Москва

Анализ современных подходов к изменению качества строительных материалов показывает [3, с. 100; 5, с. 33-37; 6, с. 69-71; 7, с. 61-68; 10 с. 47-51], что перспективным способом управления структурой и свойствами строительных композитов является введение нанообъектов в формирующиеся структуры композитов. При этом должна обеспечиваться равномерность их распределения в объеме наномодифицируемого материала. Это условие выполняется при использовании коллоидных растворов, например гидросиликатов бария (размер частиц – 35…45 нм [1, с. 91-93.]).

Согласно предложенной технологии синтеза [2, с. 111-119] наноразмерные гидросиликаты бария образуются из геля кремниевой кислоты, синтезированной в среде гидроксида железа (III) и гидроксида бария. При этом реализуется схеме [9, с. 249]:

$$\equiv SiOH + Me^{n+} \rightarrow \equiv SiOMe^{(n+1)+} + H^{+} \qquad (1)$$

Установление химического состава продуктов взаимодействия реакции (1) позволит сделать выводы о возможных механизмах влияния наноразмерного модификатора на свойства цементных систем.

Исследование химического состава наноразмерных систем является сложной задачей, так как при сохранении устойчивости коллоидных растворов концентрация исследуемого вещества является недостаточной для исследований. Поэтому для исследований использовался отфильтрованный осадок, образующийся после длительного хранения коллоидного раствора гидросиликатов бария, который представляет собой микроразмерные продукты агрегирования наноразмерных гидросиликатов бария. Для установления химического состава продуктов синтеза при $C(SiO_2)$ = 0,3 и 0,7 % и $C(Ba(OH)_2)$ = 0,04 % использовали метод ИК-Фурье спектроскопии. Исследованные порошки хранились в течение 1 года. Полученные результаты приведены на рисунках 1 и 2.

Сопоставление рисунков 1 и 2 указывает на идентичность значений длин волн, при которых наблюдаются аномалии. Величина отклонения их интенсивности невелика и обусловлена различной концентрацией силикатионов.

Анализ ИК-спектров показывает, что в составе полученного продукта содержится свободная вода. На это указывает широкие полосы отражения с максимумами в 2254 и 3352 $см^{-1}$ и полосы с максимумами 1630 и 1631 $см^{-1}$, которые соответствуют валентным υ- и деформационным δ-колебаниям адсорбированных молекул воды [8, с.18-23]. Сильные колебания связи Si–O для аморфных силикатов наблюдаются при длине волны 1037 и 1939 $см^{-1}$, более слабые – при 975 и 962 и 790 $см^{-1}$. Полосы в области 1040 $см^{-1}$ принадлежат ν_{as} колебаниям связи Si–O тетраэдров SiO_4. Отражения в области 980-880 $см^{-1}$ (962 и 975 $см^{-1}$ на рис. 1 и 2, соответственно) характеризуют валентные колебания Si–(OH) трех типов гидроксилов, где гидроксил колеблется как единая масса. Для кристаллической фазы силикатов характерен дуплет при 778 и 795 $см^{-1}$, который отсутствовал на спектрограммах гидросиликатов бария в возрасте нескольких суток, что указывает на аморфность полученных гидросиликатов бария. На спектрограммах гидросиликатов бария в возрасте 1 года появляется отклик при 790 $см^{-1}$, что свидетельствует о кристаллизации продукта при хранении и соответствует сведениям, приведенным в [9, с. 281-283].

Образование гидросиликатов бария согласно реакции [9, с. 249]

$$2\ (\equiv Si–OH) + Ba^{2+} \rightarrow (\equiv Si–O)_2Ba + 2\ H^{+}.$$

[1] При поддержке гранта Президента РФ МК-5911.2013.8

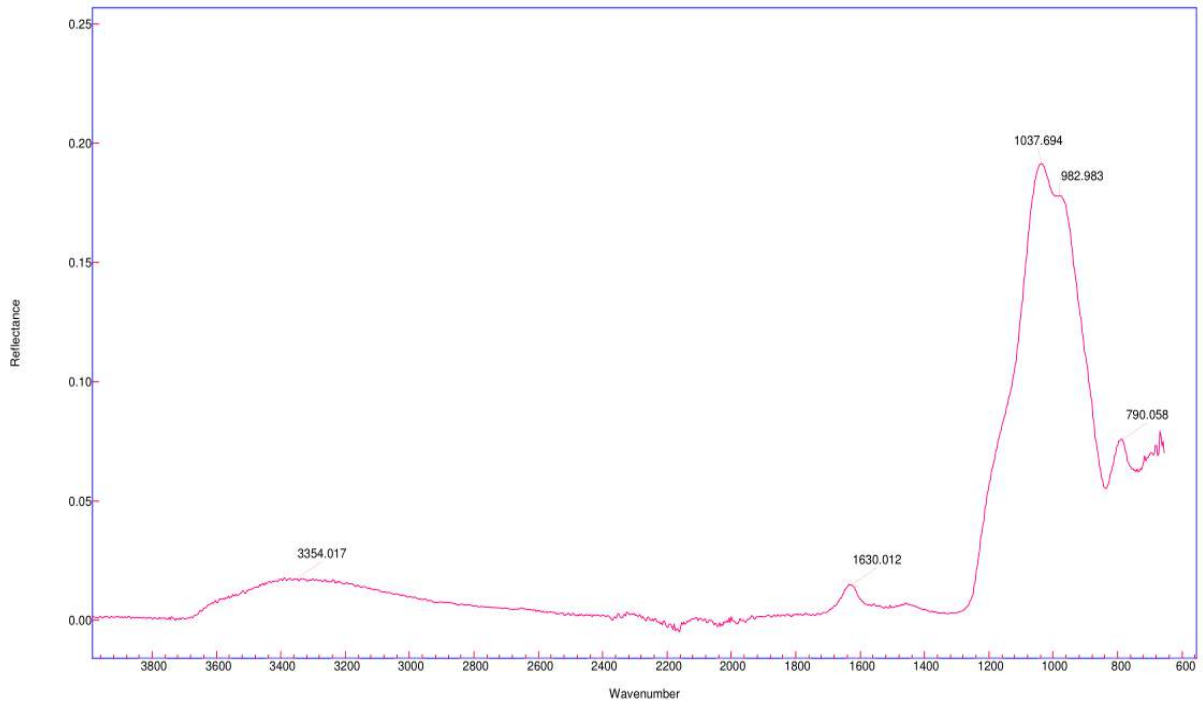


Рисунок 1. ИК-спектр гидросиликатов бария, полученных с применением геля кремниевой кислоты с $C(SiO_2)$ = 0,3 % раствора гидроксида бария $C(Ba(OH)_2)$ = 0,04 %

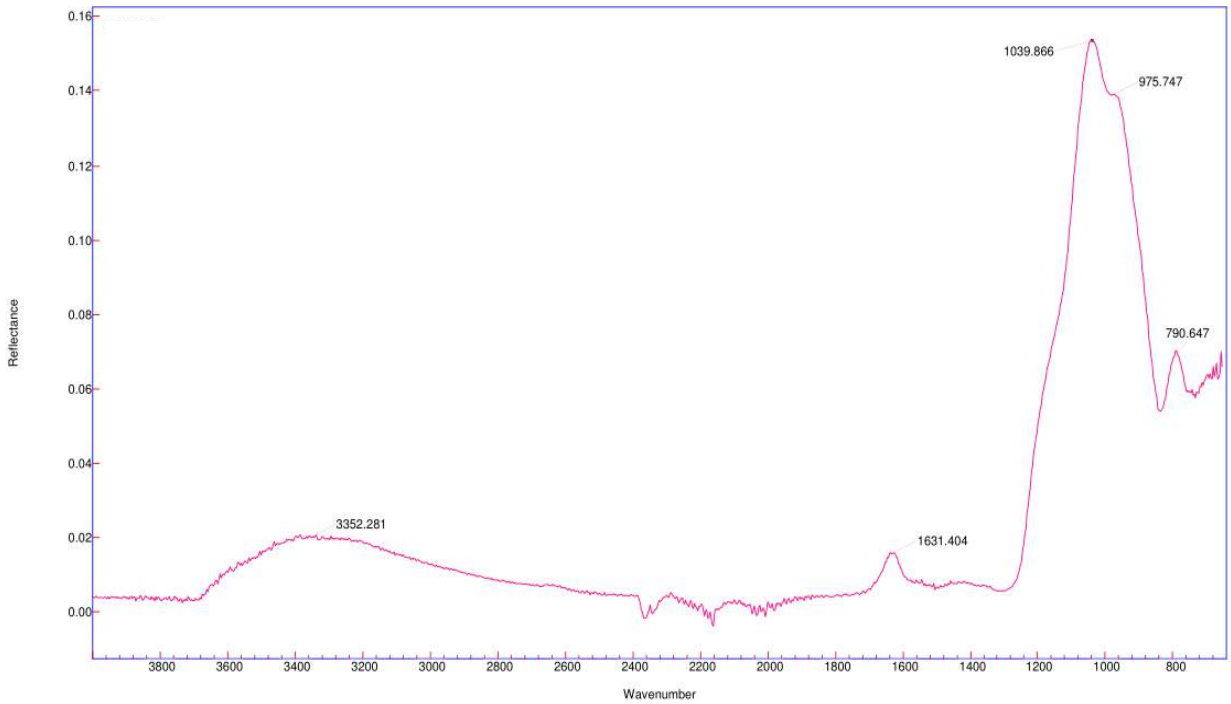


Рисунок 2. ИК-спектр гидросиликатов бария, полученных с применением геля кремниевой кислоты с $C(SiO_2)$ = 0,7 % раствора гидроксида бария $C(Ba(OH)_2)$ = 0,04 %

Таким образом, при образовании гидросиликатов бария формируется химическая связь Ba – O. Наличие указанной связи возможно установить исследованием коллоидного раствора гидросиликатов бария методом комбинационного рассеяния (рис. 3). Согласно данным [4, с. 10] колебание связи Ba – O осуществляется при 530…560 $см^{-1}$. Анализ рис. 3 показывает, что коллоидный раствор при исследовании имеет отклик при 551,44 $см^{-1}$, что свидетельствует о формировании химической связи Ba – O и, соответственно, образовании гидросиликатов бария. Остальные значимые максимумы (1101,06 и 1609,88 $см^{-1}$) аналогичны данным, полученным при исследовании образцов методом ИК-спектроскопии. Меньшая интенсивность откликов при исследовании методом КР-спектроскопии связана с идентификацией только закристаллизованных гидросиликатов бария. Широкий отклик колебаний химической связи Fe – O имеют слабую интенсивность и наблюдаются при 183,06 $см^{-1}$.

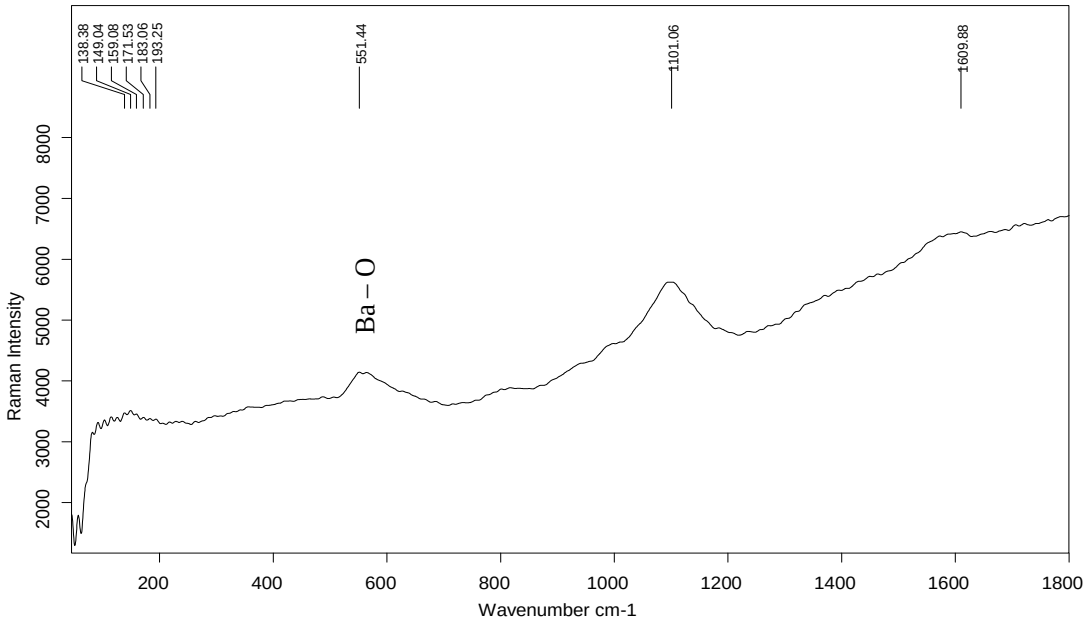


Рисунок 3. КР-спектрограмма наноразмерных гидросиликатов бария

Таким образом, установлено, что полученные продукты являются гидросиликатами бария, содержащими тетраэдры SiO_4 и Si–(OH) трех типов гидроксилов. Формирование химической связи Ba – O, свидетельствует о связывании соединений бария с образованием гидросиликатов бария Изменение концентрации кремниевой кислоты в диапазоне $C(SiO_2)$ = 0,3…0,7 % не оказывает влияния на формирование указанных химических связей.

Список литературы:

1. Гришина А.Н., Королев Е.В., Сатюков А.Б. Синтез и исследование устойчивости золей гидросиликатов бария // Строительные материалы. 2013. № 9.
2. Гришина А.Н., Королев Е.В. Выбор технологии синтеза наноразмерных гидросиликатов бария // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2013. Т. 5. № 4.
3. Жерновский И.В., Нелюбова В.В., Череватова А.В., Строкова В.В. Особенности фазообразования в системе CaO SiO_2 H_2O в присутствии наноструктурированного модификатора // Строительные материалы. 2009. № 11.
4. Иванов К.В. Жидкофазный синтез ацетато- оксалато- и гидроксититанилов некоторых nS^2 металлов, физико-химические характеристики их термических превращений и экектрореологические свойства: автореферат дисс. канд. хим. наук, Иваново, 2011.
5. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Структурообразование и свойства конструкционных высокопрочных легких бетонов с применением наномодификатора Bisnanoactivus // Строительные материалы. 2014. № 1-2.
6. Пономарев А.Н. Нанобетон: концепция и проблемы. Синергизм наноструктурирования цементных вяжущих и армирующей фибры // Строительные материалы. 2007. № 6.
7. Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я., Степанова И.В., Старчуков Д.С. Нанодобавки из кремне- и железосодержащего (III) золя для тяжелого бетона на рядовых цементах // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2010. № 5.
8. Чукин Г.К. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезема М.: Типография Паладин, ООО «Принта», 2008.
9. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов Учебное пособие. - М.: Академкнига, 2006.
10. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Корженко А., Бурьянов А.Ф., Пудов И.А., Лушникова А.А. Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками // Строительные материалы. 2011. № 2.

БЕТОННЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ЗАПОЛНИТЕЛЯХ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧНОГО БОЯ

Хаджиев Магомед Рамзанович

Аспирант кафедры «Технология строительного производства» ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

В настоящее время в стране и во всем мире накормлено огромное количество отходов техногенной деятельности человечества и многие ученые называют их теперь новыми месторождения. По данным [1, с.5-7] на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, строительных материалов и других отраслей промышленности Российской Федерации ежегодно образуется около 7 млрд. т отходов. В связи с этим в отвалах и шламохранилищах страны накоплено более 80 млрд. тонн только твердых отходов. Под полигоны для их хранения ежегодно отчуждается около 10 тыс. га пригодных для сельского хозяйства

земель. Значительная часть этих отвалов составляет отходы разборки зданий и сооружений и процесс интенсивного накопления строительных отходов не только не уменьшается, а, наоборот, набирает обороты.

Темпы роста объема отходов строительства и сноса зданий и сооружений в нашей стране составляют 25 % в год при ежегодном их образовании более 17 млн. тонн [2, с.6-7]. Соотношение между кирпичным боем и бетонным ломом в образующихся отходах строительства и сноса зданий составляет примерно 40:60 %.

Из всего многотоннажного объема твердых отходов, имеющих в отвалах в России, ежегодно используется лишь около 2 млрд. тонн, что составляет около 28 % от общего объема их ежегодного образования.

Таким образом, разработка альтернативных способов утилизации твердых отходов строительства и сноса зданий и сооружений является актуальной задачей научно-технического прогресса развития программы «зеленого строительства и зеленых композитов».

Из некондиционного бетона заводов ЖБИ и отходов строительства и сноса зданий получают крупный и мелкий заполнители для бетонов путем их переработки на различных дробильно-сортировочных комплексах.

В работах [2, с.38,146; 3, с.105,184] исследованы составы и свойства бетонного лома, а также разработаны и предложены оптимальные составы обычных (тяжелых) бетонов на основе вторичных заполнителей из «старого» бетона.

Однако, вопрос утилизации керамического кирпичного боя (ККБ) остается открытым и актуальным, поскольку он (кирпичный бой) среди прочих твердых отходов строительства и сноса зданий и сооружений в определенных районах республики составляет иногда больше половины этих отходов.

Кроме того, эффективным использованием ККБ в технологии бетона и железобетона может быть существенно расширена сырьевая база строительного производства. Автор работы [4, с.189] сравнительными исследованиями легкого бетона, полученного на основе продуктов дробления производственного брака кирпича, с традиционно применяемым керамзитобетоном доказывает перспективу использования ККБ в технологии легких бетонов.

Однако, анализ источников отечественной литературы [2-4], свидетельствует о недостаточной изученности применения ККБ для получения бетонных композитов и о практическом отсутствии опыта его переработки и нормативно-технической документации. В качестве вторичного сырья кирпичный бой в настоящее время в основном применяется для засыпки ям, неровностей дорог в загородных поселках и как дренажное средство. Следовательно, кирпичный керамический бой и производственный брак как вторичное сырье имеют ограниченную область применения в строительстве и их дальнейшее накопление в местах отвала или же на территории самих промышленных объектов неизбежно.

Ю.М. Баженов и другие учёные страны [5, с.29] утверждают, что в настоящее время и в обозримом будущем основным конструкционным материалом для строительства будет являться бетон и железобетон. В связи с этим увеличение и расширение возможности применения керамического кирпичного боя и брака при производстве различных бетонов является одной из актуальных задач строительного материаловедения. В частности, относительно к легким бетонам, которые используются в современном строительстве как конструкционный, теплоизоляционный и конструкционно-теплоизоляционный материал.

Для разработки и обоснования технологии использования керамического кирпичного боя и брака кирпича при изготовлении легких бетонных изделий и конструкций в научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова были проведены экспериментальные исследования.

Исследованиями установлено, что продукты переработки ККБ (рис. 1) имеют ту же структуру, что и изначальный материал – кирпич, обладающий своей проектной прочностью, стойкостью и пористой структурой. Кроме того, вторичный заполнитель из ККБ характеризуется также малой лещадностью зерен.

а) б)

Рисунок 1. Продукты переработки ККБ:
а – крупный заполнитель фракции 5-20 мм; б – мелкий заполнитель (отсев дробления ККБ)

Для исследования кирпичного боя и продукта его переработки производилось его измельчение с использованием щековой лабораторной дробилки ДС-200щл, затем на основе набора сит согласно ГОСТ Р 51568-99 выполнялся анализ гранулометрического состава.

В результате рассеве продукта дробления ККБ и ПБК на наборе сит 5-40 мм получены следующие соотношения щебеночной и песчаной фракций (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты рассева продукта дробления ККБ и ПБК на ситах 5-40

Наименование дробимого сырья	Содержание в продукте дробления ККБ зерен фракции, % по массе			
	0-5 мм	5-10 мм	5-10 мм	20-40 мм
ККБ	27,54	9,78	24,04	38,64

Количество частиц менее 5 мм (песок из ККБ) составляет около 25-30 % от массы дробимого сырья.

Основные физико-механические показатели отдельных фракций вторичного заполнителя из ККБ приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-механические показатели вторичного заполнителя из ККБ

Наименования характеристик	Размеры фракций, мм						
	0,16-0,315	0,315-0,63	0,63-1,25	1,25-2,5	2,5-5,0	5-10	10-20
Истинная плотность ρ, кг/м^3	2,63						
Насыпная плотность, кг/м^3	1180	1121	1047	975	926	863	848
Пустотность, %	-	-	-	26	33	40	46
Марка по дробимости	400						
Пористость, %	16						

Особенностью вторичного заполнителя из ККБ, как показали исследования, является то, что его зерна состоят из фрагментов дробимого керамического кирпича и растворной части между ними, количество последнего находится в пределах 15-20 % от массы перерабатываемой продукции.

Содержание так называемой каменной муки, т.е. частиц менее 0,16 мм, находится в пределах 10-20 % от массы отсева дробления или 3-6 % от массы дробимого сырья.

Важной отличительной чертой такого заполнителя является наличие пористой структуры его зерен, приводящей к повышенному водопоглощению такого заполнителя, что предполагает использование его в бетонной смеси совместно с суперпластификаторами водоредуцирующего действия.

Установлено, что заполнитель, характеризующийся повышенной водопотребностью и водопоглощением, оказывает своеобразное влияние на процессы структурообразования легкого бетона. Вследствие перераспределения воды между твердой, жидкой и газообразной фазами меняются и реологические свойства бетонной смеси. При введении в бетонную смесь такой заполнитель сначала поглощает жидкую фазу из бетонной смеси, а затем в процессе образования капиллярно-пористой структуры цементного камня отдает ее, т.е. происходит своеобразное отсасывание влаги из пор заполнителя в твердеющий цементный камень, способствующий образованию плотной структуры цементного камня.

Для изучения физико-механических характеристик бетонных композитов на основе заполнителя из кирпичного боя были изготовлены III серии образцов-кубов с размером ребра 10 см состава 1:1,7:1,4 при В/Ц = 0,7:

- I-я серия образцов выполнена с замещением традиционного крупного керамзитового заполнителя на вторичный щебень из ККБ. С использованием обычного кварцевого песка Червленого месторождения Грозненского района ЧР с модулем крупности $М_К$ = 1,8;

- II-я серия образцов с заменой мелкого заполнителя на песок из дробленого ККБ с модулем крупности $М_К$ = 2,3;

- В III-ей серии образцов для изучения степени влияния пластифицирующих добавок на свойства бетонной смеси на заполнителе из ККБ в состав введен суперпластификатор С-3 в количестве 2 % от массы вяжущего.

В исследованиях в качестве вяжущего использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н производства ФГУП «Чири-Юртовский цементный завод», соответствующий ГОСТ 31108-2003.

Анализ и обработка полученных результатов показали следующее (рис. 2):

- прочность образцов на сжатие первой серии образцов, полученных на основе кварцевого песка Червленого месторождения и щебня из кирпичного боя, составляет 39,2 МПа, а плотность бетона – 1970 кг/м^3. Данный вид бетона, имея хороший показатель по прочности на сжатие, характеризуется более высокой плотностью из-за плотного Червленского песка, что переводит его в категорию тяжелых бетонов;

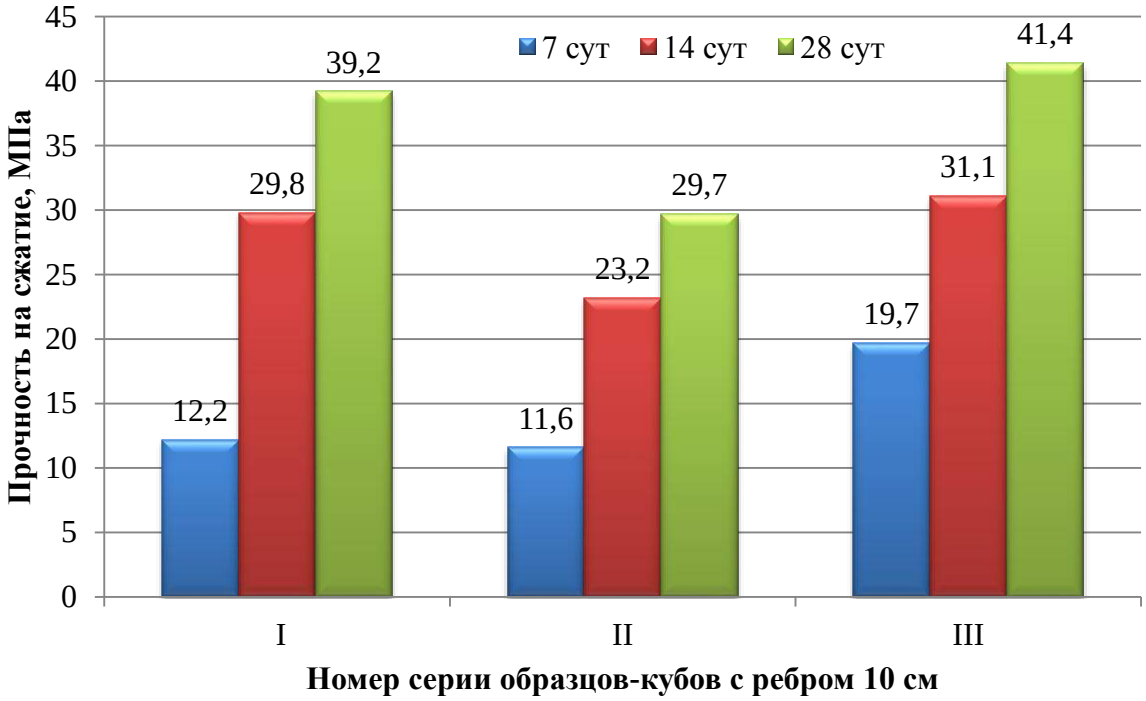


Рисунок 2. Свойства образцов с использованием заполнителей из ККБ

- образцы II-ой серии, изготовленные с использованием легкого песка и щебня из кирпичного боя, показали прочность на сжатие 29,7 МПа и плотность 1745 кг/м3;

- образцы III-ей серии с добавкой суперпластификатора С-3 в количестве 2 % от массы цемента показали прочность на сжатие 41,4 МПа и плотность 1790 кг/м3.

Как показали результаты исследований, использование вторичного заполнителя из ККБ совместно с суперпластификаторами позволяет значительно снизить плотность бетона без существенного снижения его прочности, а также получить легкие бетоны классов по прочности на сжатие В20-В30.

Кроме того, проведенными сравнительными исследованиями себестоимости вторичных заполнителей из ККБ с традиционно применяемыми заполнителями установлено, что использование ККБ вместо керамзита в легких бетонах позволяет снижать его себестоимость до 35 %.

Таким образом, широкое использование керамического кирпичного боя в технологии бетона будет обеспечивать получение эффективных легких конструкционных бетонных композитов соответствующих марок по плотности и достаточно прочных на сжатие (В20-В30). Использование ККБ в промышленных масштабах приведёт при этом к существенному снижению нагрузки данных отходов на среду обитания человека и освобождению значительных территорий для сельскохозяйственных нужд.

Также, применение заполнителя из керамического кирпичного боя экономически более целесообразно с точки зрения снижения себестоимости легкого бетона на его основе, поскольку стоимость заполнителей в бетоне достигает 30-50 % стоимости бетонных и железобетонных конструкций, а иногда и более. Поэтому изучение, правильный выбор заполнителей, рациональное их производство и применение имеют большое народнохозяйственное значение.

Список литературы:

1. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
2. Сайдумов, М.С. Отсевы дробления бетонного лома и горных пород для получения бетонных композитов: автореф. дис... канд. тех. наук: 05.23.05 /М.С. Сайдумов – Белгород: 2012. - 23 с.
3. Муртазаев, С-А.Ю. Эффективные бетоны и растворы на основе техногенного сырья для ремонтно-строительных работ: автореф. дис... докт. тех. наук: 05.23.05 /С-А.Ю.Муртазаев. – Грозный: 2009. - 43 с.
4. Хадисов, В.Х. Легкие бетоны с использованием керамического кирпичного боя и производственного брака / В.Х. Хадисов, М.С. Сайдумов // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. (9-10 апреля 2013 г. Брянск) в 2-х томах. Т.1/ Брян. гос. инженер.-технол. акад.; ред.кол.: А.В. Алексейцев, Н.П. Лукутцова, В.С. Янченко, М.А. Сенющенков - Брянск, 2013. - С.189-194.
5. Баженов, Ю.М. Бетон: технологии будущего / Ю.М Баженов // Строительство: новые технологии-новое оборудование. -М.: ИД "Панорама", 2009. -№ 8. - С.29-32.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА ИЗЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ

Холопова Екатерина Дмитриевна
Грязнов Артем Юрьевич
Староверов Николай Евгеньевич
Палханов Илья Сергеевич
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

Физико-технические параметры работы рентгеновских аппаратов, которыми руководствуются при проведении различных типов исследований (дефектоскопии, медицинской рентгенодиагностики, рентгеноспектральных и рентгеноструктурных видов анализа [1-3]), определяют качество и информативность получаемых результатов. В настоящее время при разработке аппаратуры и определении режимов ее эксплуатации экспериментальные исследования все больше замещаются компьютерным моделированием, которое позволяет значительно ускорить процесс разработки аппаратуры и существенного его удешевить.

Описываемая программа ориентирована как на разработчиков источников рентгеновского излучения, так и на пользователей рентгеновской аппаратуры.

Математическая модель.

В общем случае спектр излучения трубки является результатом двух составляющих: тормозного и характеристического рентгеновского излучения.

Тормозное излучение рентгеновской трубки рассчитывается по формуле Крамерса:

$$N_\tau(E) = k * Z * i_A * \left(\frac{E_0}{E} - 1\right), \qquad (1)$$

где k – константа, равная $8.8 \cdot 10^8$; Z – атомный номер материала мишени рентгеновской трубки; i_A – анодный ток трубки; E_0 – энергия ускоренных электронов, определяемая напряжением на рентгеновской трубке.

С ростом спектра в область больших энергий, на нем появятся характеристические линии, соответствующие материалу анода рентгеновской трубки. Спектр характеристического рентгеновского излучения имеет сложную форму, состоящую из отдельных пиков или линий излучения. Линии характеристического излучения узкие (в спектральном смысле), но не чрезвычайно. Причина их «уширения» заключается в том, что разность энергий между уровнями постоянно слегка меняется. В программе же ширина характеристических линий определяется естественным «уширением».

Поток характеристического излучения N_{x_q} в спектре первичного излучения определяется выражением:

$$N_{x_q} = k_1 * i_A * \frac{\gamma * \omega_q * p * R}{Z} * \left(\frac{E_0}{E_q} - 1\right)^{1.67}, \qquad (2)$$

где k_1 – константа, равная $5 \cdot 10^{14}$; Z – атомный номер материала мишени рентгеновской трубки; i_A – анодный ток трубки; E_0 – энергия ускоренных электронов; E_q – энергия ионизации q-уровня; $R = 1 - (1 * Z - 80)/(14 * Z - 80)$; ω_q – выход флюоресценции q-уровня; p – доля флуоресценции данной характеристической линии; $\gamma = 3.8 * 10^{-2}$ для K-серии характеристического излучения и $\gamma = 0.11$ для L-серии.

Сложение спектров тормозного и характеристического излучения дает идеализированный спектр излучения рентгеновской трубки. Однако моделированный спектр (в особенности, в области малых энергий) не будет соответствовать реальному, полученному экспериментальным путем. Данное явление связано с ослаблением рентгеновского излучения. Для того чтобы определить истинный вид спектра излучения, падающего на исследуемый объект, необходимо учесть ослабление потока излучения в нескольких средах: мишени трубки, выпускном окне и/или стеклянной оболочке, фильтрах и среде между трубкой и объектом.

Ослабление потока рентгеновского излучения слоем вещества описывается законом Бугера-Ламбера:

$$N(E) = N_0(E) * \exp(-\mu(E) * D), \qquad (3)$$

где $N_0(E)$ – спектральная плотность потока излучения до ослабления в слое, $\mu(E)$ –линейный коэффициент ослабления потока квантов с энергией E, D – толщина ослабляющего слоя.

Как видно из формулы (1), спектр излучения трубки зависит от таких параметров, как анодный ток, ускоряющее напряжение, материал анода. Кроме этого, существенный вклад в энергетическую характеристику дает функция ослабления (3), учитывающая ослабление в мишени, выпускном окне и/или стеклянной оболочке, фильтрах и среде между трубкой и объектом.

Подробно использованная в программе математическая модель, позволяющая моделировать спектральное распределение излучения трубки, описана в [4-5].

Программа моделирования спектрального распределения.

Программа позволяет изменять при расчете следующие значения:

- толщину или угол среза и материал мишени;
- толщину и материал выпускного окна трубки;
- толщину стеклянной оболочки;
- ток и напряжение рентгеновской трубки;
- расстояние между трубкой и объектом;
- толщину и материал фильтров (до 3 штук).

После запуска программы пользователь задает конструктивные и технические параметры трубки и необходимые фильтры.

В параметрах трубки реализовано два типа анода, прострельный и массивный. Задается ток трубки, напряжение, материал мишени и ее толщина, а в случае массивного анода - угол среза, толщина и материал выпускного окна, толщина стеклянной оболочки, расстояние между трубкой и объектом. Существует также возможность выбора до 3-х фильтров произвольной толщины.

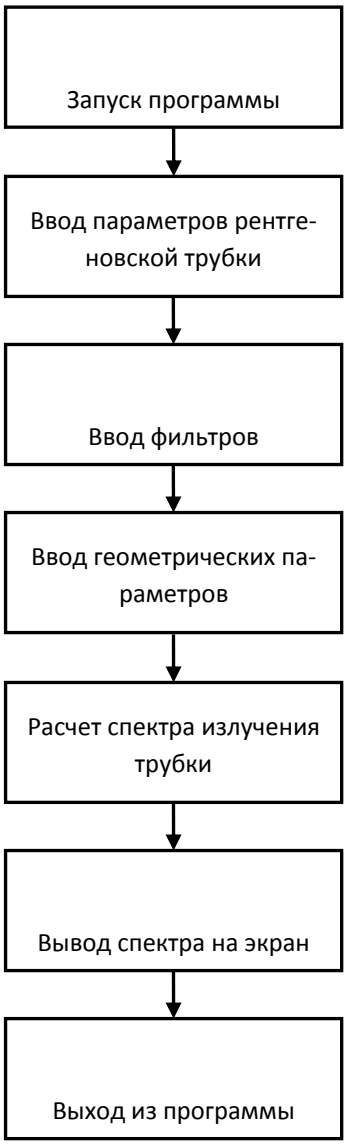


Рисунок 1. Алгоритм работы программы

После ввода данных пользователем, программа начинает их обработку и расчет спектров. Сначала входные данные проверяются на наличие ошибок (к примеру, длина пробега электронов в мишени не может быть больше ее толщины). Затем программа моделирует спектр рентгеновской трубки по вышеописанным формулам и выводит на экран график. Программа позволяет изменять масштаб графика, его границы с помощью вращения колеса мыши по горизонтальной и вертикальной осям, более подробно рассматривать отдельные участки полученных зависимостей.

Упрощенный алгоритм разработанной программы представлен на рис. 1. Вывод полученных результатов осуществляется непосредственно в рабочем окне программы, представленном на рис. 2.

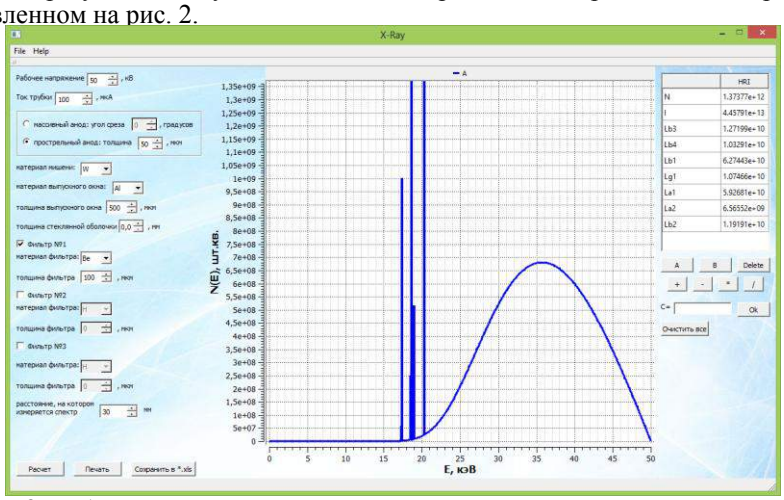


Рисунок 2. Рабочее окно программы и рассчитанный спектр излучения рентгеновской трубки.

Также в программе реализованы возможности вывода спектра на печать и сохранения спектров излучения в основных графических форматах (bmp, jpeg, png). При построении двух зависимостей при различных условиях появляется возможность производить над ними различные операции: сложения, вычитания, умножения, деления и интегрирования.

Разработанная программа позволяет определить оптимальные физико-технические условия работы рентгеновского аппарата и, тем самым, повысить эффективность проводимых исследований.

Список использованной литературы

1. Грязнов А.Ю., Потрахов Е.Н., Потрахов Н.Н. Цифровая микрофокусная рентгенография в клинической практике // Петербургский журнал электроники. 2008. № 2-3. С. 163-166.
2. Грязнов А.Ю., Потрохов Н.Н. Метод расчета поглощенной дозы // Медицинская техника. 2006. № 4. С. 23-27.
3. Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Бессонов В.Б. Метод формирования псевдообъемных изображений в микрофокусной рентгенографии // Биотехносфера. 2013. № 4 (28). С. 51-55.
4. Е.М. Лукьянченко, А.Ю. Грязнов. Моделирование спектра первичного рентгеновского излучения в энергодисперсионном рентгеноспектральном анализе. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1/2003. С. 10-14.

СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ И УГОЛЬ.

Игумнов Валерий Сергеевич
канд. т. наук, научный сотрудник Объединённого института высоких температур РАН

SHALE GAS AND COAL.

Igumnov Valery, Candidate of Science, research worker of Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences (JIHT),

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены недостатки производства сланцевого газа. Выделена сложность доведения сланцевого до реального использования в энергетике и безопасной доставки к потребителю. Главным недостатком считается полное разрушение геоструктуры как в толще, так и на поверхности земли. Как альтернатива предлагается полная переработка и утилизация бурого угля. Технологическая схема переработки основывается на использовании ядерной энергетической установки с газовом теплоносителем.

ABSTRACT

The article discusses the shortcomings of shale gas production. Highlighted the difficulty of bringing shale before actual use in the energy and safe delivery to the consumer. The main drawback is the complete destruction of geostructure as in the bulk and on the surface of the earth. As an alternative to a full utilization of brown coal. Technological scheme of processing is based on the use of nuclear power plants with gas coolant.

Ключевые слова: сланцевый газ, уголь, углеродная пыль, рекуперативный теплообмен, ядерный реактор с газовым охлаждением.

Keywords: shale gas and coal, carbon dust, recuperative heat exchange, nuclear gas-cooled reactor

Введение: На сегодняшний день пропагандируется, лоббируется и под воздействием сложившейся протекционистской системы предлагается добывать для энергетического использования сланцевый газ в качестве замены природного газа при его энергетическом использовании. Однако за редким исключением, когда сланцевый газ находится в прочных пустотных слоях заполненных сланцевым газом аналогично природному газу. Даже в этом удобном случае для добычи (в отличие от природного газа) подготовка сланцевого газа к условиям транспортировки к потребителю имеет много проблем. 1. Содержание метана в (СГ) не превышает 70%. 2. В разрабатываемом слое более 30% углесодержащей органики (кероген). 3. До 15% весовых серы связанной с летучей и жидкой органикой добываемого СГ. От названных негативных особенностей необходимо избавится до любого использования СГ. Затраты дороги, поэтому рентабельное использование СГ весьма сомнительно. Существует более опасная проблема при реализации добычи СГ. Это гидровзрывы внутри слоёв залегания СГ. Такие мероприятия приводят к полному разрушению геологической структуры толщи месторождения СГ. Причем объём разрушений геологической структуры превышает объём собственно месторождения в более чем 5 раз. После полной выработки СГ захваченная территория выпадает из хозяйственного использования на многие десятки лет. Это несравнимо с нарушением землепользования при добыче ископаемого угля. После консервации угольных шахт затраты на рекультивацию во много раз меньше. Из рассмотренного выше предлагается использовать технологию полной переработки и утилизации угля для энергетических и промышленных целей.

Схема и технология полной утилизация угля из месторождения.

На схеме, представленной, на рис. 1 показан в общем виде проект использования энергетического обеспечения полной утилизации бурых углей с использованием ядерной энергетической установки с газовым теплоносителем (ЯЭУГТ). Известно, что ядерные энергетические установки с газовым теплоносителем наиболее безопасны в сравнении с ядерными установоками использующие другие известные теплоносители [1]. Газ, нагретый в ЯЭУГТ(1) до температуры 1050К вдувается через форсунки в камеру рекуператора (2), где обогревает трубу (3) по которой под собственным весом двигается вниз гранулированный уголь. Снизу трубы в слой угля подаётся смесь водяного пара и воздуха нагретого до 500К. Эта смесь для расхода водяного пара V_{H2O} ($м^3/с$) определяется эмпирической формулой:

$$V_{H2O} = \frac{\alpha\ \Delta T\ F\ G\ \tau}{Q\ \rho\ m} \exp\left(1-\varepsilon\right)$$ где α – коэффициент теплоотдачи, ΔТ – градиент температуры от обогреваемой внутренней стенки к оси трубы, F - площадь поверхности внутренней стенки, G – массовый расход угля, τ – время нахождения

отдельной гранулы угля в одной трубе, Q – суммарный тепловой эффект взаимодействия воды и кислорода воздуха с углеродом угля, ρ – плотность угля, m – масса отдельной гранулы угля, ε – микро порозность массива угля (не более 0,05).

Объёмный расход воздуха $V_{ВОЗД}$ определяется из условия $V_{H2O} / V_{ВОЗД} = К < 3$. В свою очередь К является функцией содержания воды в угле – минеральной и молекулярной и и соответственно их соотношению между ними. Эта газовая смесь подымается по трубе, где полчая тепло от теплоносителя ЯЭУГТ через стенку трубы. Эта смесь газов, проходя через слой гранул угля. Эквивалентный диаметр угольных гранул $10 < D_{ЭКВ} < 20$ мм. На рис.2 показан выделенный нано участок угольного монолита. Размер выделенного участка составляет 50 * 80 нм. На этом участке изображены углеродный массив и минеральный массив. Они разделены условной линией. В направлении градиента давления двигаются молекулы воды и кислорода воздуха, молекулы азота воздуха условно исключены, т.к. считаются инертными.

Углерод и минералы (по отдельности) связаны между собой межатомными связями, все остальные компоненты угля в т.ч. сера, органическая сера, спектр керогенов удерживаются только межмолекулярными связями, которые значительно слабее межатомных связей. Однако в контакте углерод-минерал межатомные связи углерода ослаблены и поэтому по границе углерод минерал проникают молекулы кислорода и воды, которые реагируют с углеродом образуя окись углерода и водорода. В зависимости от режима продувания слоя сила контакта между углеродом уменьшается, и расстояние в системе минерал-углерод увеличивается. В таких условиях вода и кислород легко связывают серу и органическую серу, и соответственно уносится общим потоком газ к выходу из обогреваемой трубы. Тоже самое происходит и с керогенами. В этих условиях высокомолекулярные соединения подвергаются деструкции и взаимодействуют с водой и кислородом, образуя окись углерода и водород. Выйдя из трубы смесь газов (условно обозначаемая – коксовый газ) проходит в систему аппаратов для отделения твердых унесённых загрязнений – 8 на рис. 1. Далее очищенный газ проходит в систему аппаратов по специальной методике перерабатывающий полученную смесь газов в полезную продукцию. На рис.1 в низу трубы шнеком выводятся разрыхленные гранулы угля и направляются на дробление в систему механизмов 5. Далее в механизмах 6 ультра диспергированные угольные частицы размалываются в микро пыль. В 7 группа разделителей отделяет активированную углеродную пыль от минеральной составляющей.

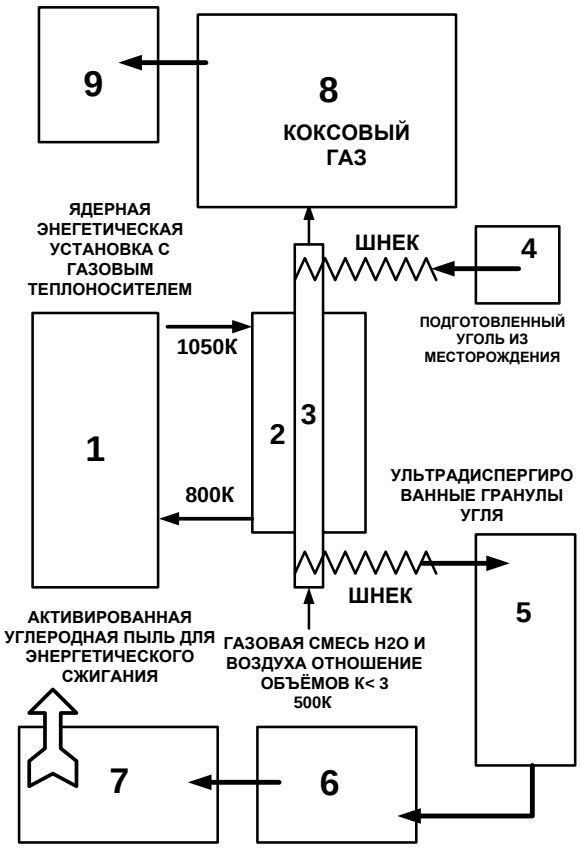


Рис. 1 Общая схема утилизации бурого угля с целью получения активированной углеродной пыли для энергетического сжигания. 1 – ядерная энергетическая установка с газовым теплоносителем, 2 – камера рекуперативного теплообменника, 3 – труба обогреваемая газовым теплоносителем, 4 – система подготовки гранул угля, 5 – подготовка для диспергирования гранул угля с удаленными газо-жидкостными составляющими, 6 – микро дробления угольных гранул, 7 – отделение минеральной составляющей от активированного углерода. 8 – очистка газа прошедшего трубу от твердожидкостной массы, 9 – специальное химическое разделение газа.

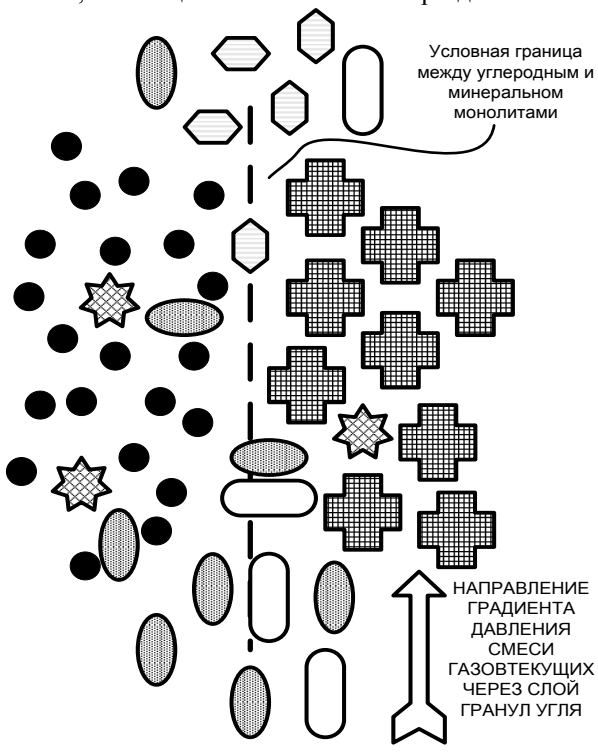


Рис2 Условное эскизное изображение выделенной нано области внутри гранулы угля. Элементы составляющие монолит угля: атом углерода, - элемент минеральной части, - органическая сера, - молекула воды, - кислород, - молекула образовавшегося газа CO, H2 и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .

В выше изложенном тексте показан один из методов полной утилизации бурого угля с использованием ядерной энергетической установки с газовом теплоносителем. Ясно, что рассмотренная кратко технологическая схема требует значительных трудовых затрат, но все методы использованные в представленной технологической цепочки – известны. Процессы, аппараты и механизмы известны и используются в настоящее время. Экологическая безопасность выше представленной схеме адекватна полезному использованию окружающего ландшафта. Метод (причём любой) добычи сланцевого газа не адекватен целям его извлечения из геологической структуры. Из уже известной и осуществлённой практики извлечения сланцевого газа из выбранной структуры приводит к непоправимым последствиям. И это только начальная стадия. Дальнейшая подготовка сланцевого газа для реального использования весьма сложный технологический процесс и возможно не осуществимый.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нигматулин И.Н., Нигматулин Б.И. Ядерные энергетические установки, - М.: Энергоатомиздат, 1986

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ УГЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНО-УГОЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ

Дубровский Виталий Алексеевич

Доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловые электрические станции», г. Красноярск

Исаков Юрий Владимирович

Аспирант ФГАОУ ВПО «Сибирского федерального университета» Инженер-конструктор ОАО «ЦКБ «Геофизика»

Потапов Игорь Иванович

Ведущий инженер ОАО «ЦКБ «Геофизика»

В Энергетической стратегии России до 2030 г., утвержденной правительством страны в 2009 г., декларируется необходимость увеличения добычи угля к 2030 г. по сравнению с 2008 г. на 31–44% (326 и 427–470 млн. тонн в год). В Энергетической стратегии декларируется необходимость развития экологически чистых технологий сжигания угля как условие реализации прогнозов его потребления электростанциями и другими промышленными объектами. Позитивным решением для угольной энергетики должен стать переход от прямого сжигания угля в различных топочных устройствах на приготовление водно-угольной суспензии (ВУС) из углей различного качества. [1]

ВУС должна обладать характеристиками, представленными в таблице 1, для обеспечения стабильности горения, по данным компаний ЗАО «Компомаш-ТЭК», ЗАО «НПП «Сибэкотехника».

Таблица 1

Характеристики ВУС

Параметр	**Ед. изм.**	**ВУС**
Содержание угля	%	≥65
Содержание воды	%	≤35
Частицы менее 100 мкм	%	≤25
Частицы до 10 мкм	%	≥75

Современное оборудование приготовления ВУС: кавитатор Мозгового, вибрационные мельницы, диспергаторы предусматривают механический способ измельчения угольного сырья и отличаются повышенными энергетическими затратами, механическим износом рабочих элементов оборудования.

Л.А. Юткин открыл новые закономерности в области электрогидравлических эффектов (ЭГЭ), обеспечивающих высокий К.П.Д. процесса в технологиях измельчения минеральных веществ. Применение электрогидравлического оборудования позволило повысить производительность оборудования и эффективность технологических процессов при измельчении горных пород. [2]

В электрогидравлических установках при формировании ЭГЭ, способных совершать механическую работу, происходит измельчение угля и его перемешивание с водой. В настоящее время отсутствуют системные комплексные исследования по применению ЭГЭ в технологиях измельчения углей при приготовлении ВУС, что ограничивает использование электрогидравлического оборудования в технологии получения ВУС.

Проведены экспериментальные работы по измельчению углей в жидкой среде с использованием электрогидравлического способа для исследования эффективности данного метода при получении ВУС. [3]

Исследования проводились на сконструированном макетном образце электрогидравлической дробилки (ЭГД) измельчения угля. Технические характеристики макета ЭГД измельчения угля показаны в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики макета ЭГД

Параметр	Ед. изм.	Данные
Индуктивность кабеля	мкГн	11
Напряжение разряда энергии	кВ	18…25
Производительность, не менее	Кг/ч	80
Ресурс установки по формированию разрядов, не менее	–	10^7
Электроснабжение от промышленной сети 220 В×50 Гц, не более	кВт	4
Время работы установки за один цикл измельчения угля, не менее	мин	4
Частота импульсов генератора	с	0,6…0,7
Крупность измельчения, не более	мкм	4500
Масса загружаемого угля	кг	5…6
Объем загружаемой воды	л	10…12

В полученной электрогидравлическим способом суспензии содержание угля составляет 40…45%. После процесса измельчения образцы угля высушивались и рассеивались через набор стандартных сит.

Результаты исследований по получению ВУС из бурых углей Канско-Ачинского бассейна с использованием электрогидравлического способа измельчения на макете ЭГД при энергоемкости 10 Вт×ч/кг и напряжении разряда U= 25 кВ представлены в таблице 3.

Таблица 3

Процент полученных частиц угля от общей массы измельчаемого продукта

Крупность измельчаемых кусков угля, мм	5	40	180	280
Частицы более 2500 мкм	12%	20%	35%	45%
Частицы от 2500 до 630 мкм	53%	44%	28%	17%
Частицы от 630 до 100 мкм	29%	30%	33%	34%
Частицы от 100 до 50 мкм	2%	2%	1%	2%
Частицы менее 50 мкм	4%	4%	3%	2%

Согласно полученным данным формируемые воздействия в жидкости создают суспензию с широким гранулометрическим составом. Уменьшение крупности загружаемых кусков угля в ЭГД способствовало увеличению измельченных частиц угля в диапазоне от 2500 мкм до 630 мкм.

Высоковольтное напряжение, на выходе генератора, изменялось в диапазоне 15…25 кВ, что позволило исследовать эффективность ЭГД при получении ВУС от напряжения разряда накопителя. На рисунке 1 изображена зависимость изменения гранулометрического состава угля от напряжения разряда накопителя. [4]

При повышении напряжения разряда накопителя увеличивается количество измельченных частиц угля в диапазоне от 630 мкм до 100 мкм.

На макете ЭГД выполнены исследования эффективности измельчения угля при изменении интегральной индуктивности разрядной цепи. На рисунке 2 показано изменение гранулометрического состава измельченного угля в зависимости от изменения интегральной индуктивности разрядной цепи.

Таким образом, при увеличении напряжения разряда накопителя и уменьшении интегральной индуктивности разрядной цепи наблюдается повышение количества измельченных частиц угля в диапазоне от 630 мкм до 100 мкм и уменьшение количества измельченных частиц угля в диапазоне более 2500 мкм.

В лаборатории проведены исследования по изучению сухого состояния измельченного угля. На рисунке 3 представлены результаты изменения сухого состояния измельченного угля при измерениях, выполненных в следующих условиях: влажность – 52%, температура – 23,6 ^{0}C, атмосферное давление – 742 мм рт. ст.

Результаты показывают, что влажность частиц угля менее 100 мкм увеличивается с 6% до 12%.

Полученные данные позволили сравнить энергоемкость процесса получения ВУС на макете ЭГД и барабанной мельнице. На рисунке 4 показаны зависимости энергоемкости измельчения угля в барабанной мельнице, по данным [4], и на макете образца ЭГД при крупности кусков 280 мм.

При помоле частиц угля в барабанной мельнице до 630 мкм энергозатраты составляют 50 кВт×ч/т, а потери металла вследствие износа оборудования около 1 кг/т; при получении продукта с дисперсностью частиц меньше 630 мкм расход энергии увеличивается до 150 кВт×ч/т и более. Потери металла вследствие износа оборудования составляют от 5 кг/т и более. [5]

Энергоемкость процесса измельчения угля на макете ЭГД, согласно приведенным данным, оказалась ниже, чем в барабанной мельнице. При помоле частиц угля на макете ЭГД от 100 мкм до 10 мкм потери металла вследствие износа оборудования составили около 0,2 кг/т.

Полученные данные по выполненным исследованиям на макете ЭГД позволили разработать высоковольтную опытную установку получения ВУС. В опытной установке ЭГД напряжение разряда энергии составляет 50 кВ, интегральная индуктивность разрядной цепи – 4 мкГн. В конструкции установки предусмотрен первичный классификатор и присоединен внешний классификатор – гидроциклон. Разрядник конструктивно спроектирован заменяемым, что позволяет оперативно заменять электрод в течение 40 секунд после его выгорания. Структурная схема опытной установки ЭГД получения ВУС приведена на рисунке 5.

Экономическая эффективность электрогидравлической технологий зависит от ресурса работы конденсаторов. Критерий экономической целесообразности измельчения горных пород оправдывается при ресурсе работы конденсаторов порядка миллиарда (10^9) циклов «заряд-разряд». Современный уровень разработок конденсаторов для электрогидравлических технологий по ресурсу оценивается как принципиально возможный для ресурса 10^9 циклов.

В результате исследований измельчения угольного сырья электрогидравлическим методом на макете ЭГД были подтверждены следующие особенности технологического процесса:

− эффективность ЭГД при получении ВУС зависит от размеров загружаемых образцов угля, импульсного напряжения разряда и интегральной индуктивности разрядной цепи;

− применение нескольких стадий измельчения, в которых ЭГД применяется совместно с другими установками измельчения, позволит повысить эффективность и производительность процесса измельчения угля.

Результаты проведенных исследований на макете ЭГД показали возможность применения опытной установки ЭГД для получения ВУС производительностью 80…120 кг/ч при энергоемкости 18…25 Вт×ч/кг. Разработанная опытная установка ЭГД позволит повысить эксплуатационные параметры технологии получения ВУС электрогидравлическим методом.

Список литературы:

1. Стариков А.П., Снижко В.Д. Пути решения экологических проблем на современном угледобывающем предприятии / Уголь.– 2008.– №9.– С. 64-67.
2. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности.– Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1986. – 253 с.
3. Применение электрогидравлического способа получения водоугольного топлива для котельных установок / В.А. Дубровский, Ю.В. Исаков, И.И. Потапов и др.– Энергетик.– Москва.– 2011.– №7.– С. 24–27.
4. Isakov, Yu.V. Research of efficiency of obtaining water-coal fuel by the electrohydraulic method [Electronic resource] / Yu.V. Isakov, V.A. Dubrovskiy, M.Yu. Potylitsyn, I.I. Potapov, V.N. Shirokov // Power plants 2012. – 2012. – Serbia.: Society of Thermal Engineers of Serbia – Access mode : http://e2012.drustvo-termicara.com/english/list-of-submitted-papers/4, free. – title from the screen.
5. Балахнина, Е.Е. Обоснование параметров барабанной мельницы для тонкого измельчения горных пород с учетом динамики мелющих тел : дис. канд. техн. наук : 05.05.06 / Евгения Евгеньевна Балахнина ; Моск. гос. горн. ун-т. – М., 2002. – 163 л.

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛИТЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Усенко Юрий Иванович
канд. техн. наук, доцент кафедры ТЭМП Национальной металлургической академии Украины, г. Днепропетровск
Иванов Виктор Ильич
ст. научн. сотр. кафедры МЧМ Запорожской государственной инженерной академии
Нестеренко Татьяна Николаевна
канд. техн. наук, доцент кафедры МЦМ Запорожской государственной инженерной академии
Грицай Владимир Петрович
канд. техн. наук, профессор кафедры МО Запорожской государственной инженерной академии
Мосейко Юрий Викторович
канд. пед. наук, доцент кафедры МЧМ Запорожской государственной ***инженерной академии***

В настоящее время для обработки металлических поверхностей тел вращения наиболее перспективным является применение методов, основанных на использовании концентрированных источников электрической энергии.

Среди них особое место занимает метод электроразрядной обработки в импульсном режиме в среде диэлектрической жидкости, заполняющей пространство между электродом-инструментом и электродом-обрабатываемым изделием, который основан на использовании управляемых источников постоянного тока.

Обширные исследования в области применения указанного метода при длительном легировании чугунных и стальных валков станов горячей прокатки выполняли в Украинском НИИ металлов (г. Харьков) совместно с институтом прикладной физики АН РМ (г. Кишинев) [1-5]. Достигнуто не только повышение износостойкости валков, но и сохранение ними первоначальных размеров в течение всего процесса эксплуатации.

В Национальной металлургической академии Украины совместно с Запорожской государственной инженерной академией выполнен комплекс исследований, направленных на изучение возможности использования электроразрядной обработки в импульсном режиме для нанесения микрорельефа с заданным уровнем шероховатости на рабочую поверхность литых прокатных валков для станов холодной прокатки стальной полосы.

Эксперименты проводили с использованием специальной установки, позволяющей моделировать процесс обработки поверхностных слоев металла с использованием указанного метода в условиях максимально приближенных к реальным условиям.

В процессе выполнения экспериментальных исследований варьировали величину рабочего напряжения, подаваемого на электроды-инструменты, в диапазоне от 40 до 280 В, частоту электрических разрядов – от 45 до 440 кГц, а также угловую скорость вращения обрабатываемых валков – от 30 до 300 мин$^{-1}$.

В промежутке между прокатным валком, который вращается с постоянной угловой скоростью, и электродом-инструментом, в результате действия напряжения, подводимого к инструменту, создаются электрические разряда, следующие один за другим с определенной частотой.

Под действием высокочастотных импульсных разрядов, благодаря переносу массы материала электрода-инструмента и пиролиза диэлектрической жидкости, а также переноса энергии, который сопровождается нагревом поверхностного слоя до температуры 5000…10000 °С, на рабочей поверхности литого прокатного валка наносятся микроуглубления, которые по форме приближаются к шаровым сегментам. При наложении микроуглублений друг на друга формируется равномерный матовый микрорельеф с шероховатостью 0,8…15,0 мкм и достаточно высокой плотностью микровыступов (до 95…100 выступов на 10 мм длины). Одновременно поверхностный слой валков подвергается упрочнению благодаря высокотемпературной закалке микроскопических объемов металла, расположенных в зоне действия электрических разрядов.

Для реализации предложенной технологии разработаны универсальные станки серии СЭИ. Основными элементами станков данного типа служат генератор импульсов постоянного тока, пульт управления и система электродов-инструментов, представляющая собой одну или две электродные кассеты, в ячейках которых располагаются пластинчатые электроды, при этом электроды каждой кассеты выполняют обработку двух прокатных валков.

Глубина и диаметр микровпадин регулируются изменением интенсивности электрических разрядов за счет варьирования рабочего напряжения, подаваемого на электроды-инструменты. В связи с этим в зарядной и разрядной цепях генератора импульсов постоянного тока были размещены управляющие тиристоры, что позволяет при работе полностью использовать энергию накопительных конденсаторов и создать электрические импульсы малой мощности с большой частотой следования (до 400 кГц).

Независимо от твердости поверхности обрабатываемых прокатных валков, предлагаемые станки позволяют не только изменять уровень ее шероховатости в широком диапазоне с изотропностью 0,7…0,9, но и повысить износостойкость самих валков.

Для обеспечения безопасности технологического процесса электроразрядной обработки и удаления паров диэлектрической жидкости станки оснащены защитными кожухами и зонтами вытяжной вентиляции.

Станки являются простыми в изготовлении, компактными, экономичными и экологически чистыми, а также обладают возможностью для выбора режимов обработки поверхности прокатных валков. Они работают в полуавтоматическом режиме, что позволяет легко изменять режимы обработки. Основные технические характеристики станков серии СЭИ представлены в таблице.

Электроразрядная обработка в импульсном режиме рабочей поверхности литых валков станов холодной прокатки с использованием станков серии СЭИ были опробованы в условиях Нижегородского металлургического завода и Магнитогорского металлургического комбината при производстве сталей для глубокой вытяжки. Достигаемая на станках большая плотность (100…250 разрядов на 10 мм длины) и равномерность распределения разрядов по площади контакта позволяет сформировать изотропный микрорельеф рабочей поверхности валков с шероховатостью и глубиной упрочнения, заданными в широком диапазоне.

Прокатка в литых валках, повергнутых электроразрядной обработке, обеспечивает получение матовых полос с заданными в узких пределах и равномерным по всей ширине микрорельефом с шероховатостью от 0,3 до 2,5 мкм и плотностью микровыступов 50…100 на 10 мм длины.

Основные технические характеристики станков серии СЭИ

Параметры	Тип станка		
	СЭИ-1	СЭИ-2	СЭИ-3
Число одновременно обрабатываемых валков	4	2	4
Диаметр обрабатываемых валков, мм	100-150	200-320	45-90
Потребляемая мощность, кВт	4,0	6,0	2,0
Рабочее напряжение, В	50-250	50-250	0-150
Угловая скорость вращения валков, мин$^{-1}$	70-100	90-100	60-240
Частота импульсов, кГц	0-300	0-400	0-200
Производительность, валков/сутки	16-20	10-16	8-10
Пределы изменения шероховатости, мкм	0,8-2,0	1,0-2,5	0,5-1,2
Глубина упрочнения поверхностного слоя, мкм	0,15-1,2	0,15-1,2	0,12-0,7

Опытно-промышленные испытания литых прокатных валков, подвергнутых электроразрядной обработке в импульсном режиме на станках серии СЭИ-1 и СЭИ-2, на станах холодной прокатки стальной ленты Нижегородского металлургического завода показали повышение срока службы валков на 30…40 % и производительности прокатных станов, а также увеличение количества тонколистового металла с заданной микрогеометрией, прокатанного без перевалки валков.

Улучшение качества поверхности готовых стальных полос, прокатанных в литых валках, подвергнутых электроразрядной обработке, позволяет исключить вероятность сваривания витков рулонов при последующей термической обработке в колпаковых печах, что обеспечивает повышение качества готовой продукции и улучшение условий работы на дрессировочных станах. Кроме того, высокое качество стальных полос является гарантией высокого качества защитного покрытия как металлического, так и неметаллического (высокая прочность сцепления, равномерность нанесения покрытия по длине и ширине полосы, стойкость при работе в агрессивной среде) характера.

Список литературы:
1. Коробейник В.Ф., Жеребцов В.Н., Щекин В.Н. Электроискровое восстановление рабочей поверхности прокатных валков. Электронная обработка материалов. 1981. № 6. С.40-43.
2. Рудюк С.И., Щекин В.Н., Рудюк А.С. Применение электроискрового способа обработки прокатных валков. Сталь. 1989. № 5. С. 38-40.
3. Коробейник В.Ф., Рудюк С.И., Коробейник С.В. Особенности формирования микротопографии, структуры и субструктуры поверхностного слоя при электроискровом легировании. Электронная обработка материалов. 1989. № 1. С. 15-17.
4. Рудюк С.И., Коробейник В.Ф., Абрамов Г.С. Электроискровое упрочнение валков станов горячей прокатки 1890. Электронная обработка материалов. № 4. С. 64-66.
5. Жеребцов В.Н., Щекин В.Н., Андреев А.П. Особенности технологии, оборудования и перспективы их использования для электроискрового легирования крупногабаритных деталей на металлургических предприятиях. Электронная обработка материалов. 1987. № 6. С. 59-63.

ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЕ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГОРНЫХ ДОРОГ

Кадыралиева Гульзат Асанбековна
Научный сотрудник Института геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек

В Кыргызской Республике в условиях высокогорья и ввиду труднодоступности регионов автомобильный транспорт является основным видом транспорта и в стране 95% грузовых и пассажирских перевозок обеспечивает дорожная сеть. Автомобильные дороги – важнейшая составная часть развития экономики страны и выхода в рынки соседних стран. Для эффективного осуществления грузовых и пассажирских перевозок как внутри страны, так и по международным магистралям необходимо в первую очередь обеспечить безопасное и бесперебойное движение автомобилей, которая имеет огромное социально-политическое значение. Главные транспортные магистрали республики восемь автодорог показаны на рисунке 1.

На горных дорогах к основным видам опасности помимо аварийности автомобильного транспорта происходящих как за счет низкой дисциплины водителей, так и дорог несоответствующих строительным нормам относятся опасности, происходящие за счет нарушения устойчивости склонов или откосов. В связи с этим необходимо еще на стадии проектирования дорог на горных склонах оценивать общую и местную устойчивость, как естественных склонов, так и откосы дорожных выемок [1].

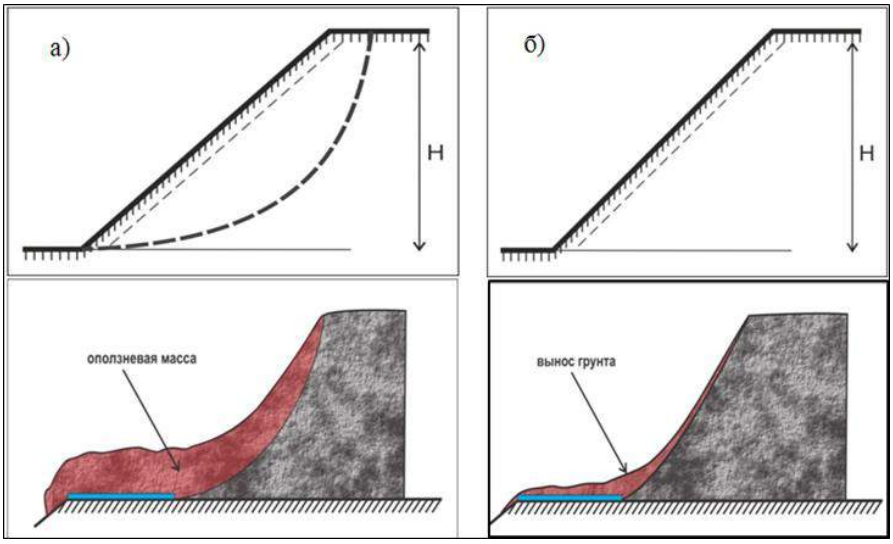
Под оценкой устойчивости склона и откоса понимается определение возможности появления и степени распространенности активных оползней при инженерно-геологических условиях и действующих нагрузках, наблюдающихся в натурной обстановке при выполнении изысканий на оползневых склонах [2].

При оценке устойчивости откосов различают общую и местную оценку устойчивости склонов и откосов. Нарушением общей устойчивости называется смещение грунтовых масс, которому подвержен весь приоткосный массив склона или откоса, включая основание дороги, который производится по расчетной схеме, выбранной на основе анализа натурных исследований инженерно-геологических и геомеханических условий, с учетом возможной формы нарушения общей устойчивости приоткосого массива (рис. 2а).

Рисунок 1. Главные транспортные коридоры Кыргызской Республики

Под нарушением местной устойчивости понимают смещение продуктов выветривания с откосов и склонов в процессе эксплуатации и возможности появления сплывов непосредственно в приповерхностной зоне склона и откоса до глубины 0,5-1,0м, и который имеет нарушения в виде оползней, сплывов и оплывин, проявляющийся выносами грунта этой зоны на трассу дороги. (рис. 2б)

Нарушение местной устойчивости откосов по сравнению с нарушением их общей устойчивости, происходит с меньшим объемом одновременно смещающихся пород, но при этом частота нарушения местной устойчивости происходит практически после выпадения или выклинивания грунтовых вод и для постоянной очистки дорог затраты составляют больше чем на строительство дорог на этих участках. Нарушение местной устойчивости откосов горных дорог происходит зачастую в результате интенсивного таяния снега, интенсивных дождей и является одной из причин разрушения дорожного полотна и перебоев в движении транспорта, что не редко приводит к существенным потерям, как грузоперевозчиков, так и дорожных служб (рис. 3).



а) нарушение общей устойчивости откоса; б) нарушение местной устойчивости откоса.
Рисунок 2. Схема нарушения общей и местной устойчивости склонов

Оценку местной устойчивости при опасности развития сплывов производят на основании расчетного коэффициента местной устойчивости по формуле 1. [3]

$$K = B\left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} n tg\varphi_p + \frac{Ac_p}{\gamma H}\right) \quad (1)$$

где, γ - объемный вес грунта, т/м^3;

φ_p, c_p - расчетные показатели соответственно угла внутреннего трения и
сцепления грунта;

n - заложение откоса; n = ctgα; (α - угол заложения откоса, град).

H - полная высота откоса, м;

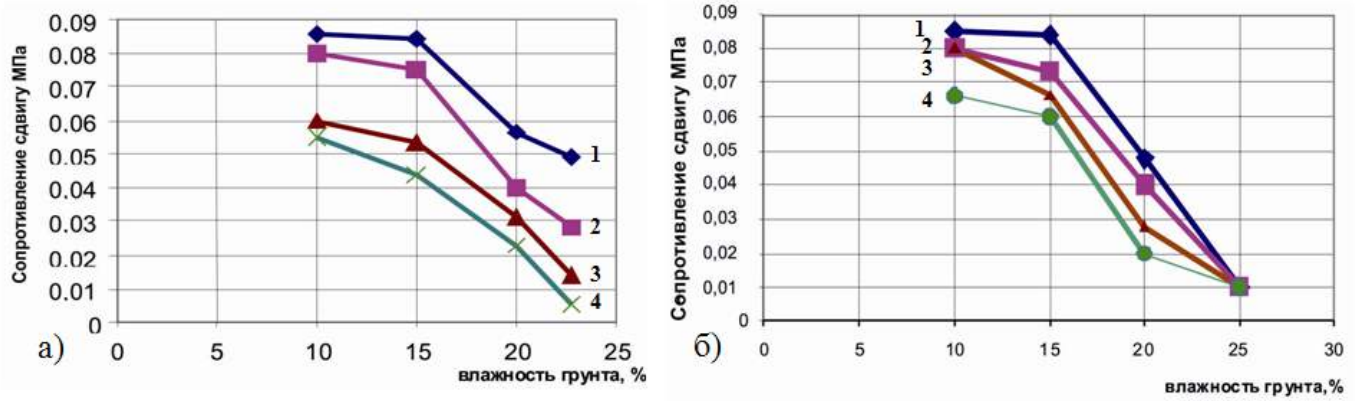
A, B - безразмерные эмпирические коэффициенты, определяемые расчетным путем или номограммам в зависимости от отношения расчетной глубины сплыва h_c, к высоте откоса.

Местная устойчивость откосов при возможности формирования и развития, сплывов, считается обеспеченной, если K ≥ 1,5.

Основными факторами, оказывающими влияние на нарушение местной устойчивости склонов и откосов, являются, крутизна склона и откоса, экспозиция склона, влажность грунта, гранулометрический состав, плотность и прочность грунта, и сезонное колебание температуры воздуха.

Рисунок 3. Нарушение местной устойчивости откоса после выпадение осадков

В условиях естественного залегания на горных склонах лессовидные и глинистые породы представляют сложную гетерогенную систему взаимодействующих между собой частиц твердого минерального скелета, различных видов содержащейся в порах грунтов воды, ее паров и газов. Физико-механические свойства этих грунтов определяются химическим и минералогическим составом частиц, величиной и характером пористости, количественным соотношением между твердой, жидкой и газообразной среды. [4]. Основной причиной нарушения местной устойчивости откосов горных дорог является снижение прочностных свойств грунтов, которые зависит от их водно-физических свойств и сопротивляемости сдвигу. Сопротивляемость сдвигу грунтов в свою очередь зависит от гранулометрического состава грунта, его влажности и температуры. Для оценки влияния влажности грунта на их сопротивляемость сдвигу проводили лабораторный эксперимент, при заданных значениях плотности образцов γ=1500кг/м^3 и γ=1700кг/м^3 и диаметр твердых частиц равные 0,25, 0,5, 1 и 2мм. Заданные значения влажности образцам были 10, 15, 20 и 25%. Результаты лабораторных исследований приведены на рисунке 4. Из графиков видно, что на сопротивление сдвигу грунтов существенное влияние оказывает их влажность.

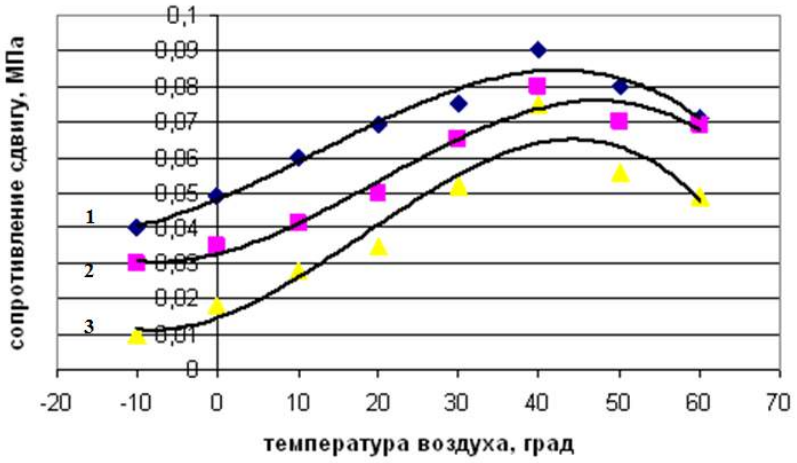


а - плотность грунта 1500 кг/м^3; б - плотность грунта 1700 кг/м^3;
1 - диаметр частиц грунта 0,25 мм; 2 - диаметр частиц грунта 0,5 мм;
3 - диаметр частиц грунта 1мм; 4 - диаметр частиц грунта 2 мм;
Рисунок 4. Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности

При плотности грунтов 1500 кг/м^3 и всех заданных значениях влажности грунтов наибольшими значениями сдвигающих усилий от 0,085МПа до 0,028МПа имеют грунты с размерами твердых частиц 0,25 мм и 0,5 мм. Грунты с размерами твердых частиц 1мм и 2мм при всех заданных влажностях имеют низкие показатели сопротивляемости сдвигу от 0,06МПа до 0,005МПа. При этом сопротивление сдвигу грунтов при всех заданных размерах твердых частиц грунта при влажностях от 10% до 25% падает 3-6раз.

В целях оценки влияния температуры грунта на сопротивление сдвигу, проводили лабораторные исследования на искусственных образцах близнецах с заданными значениями плотности 1500кг/м^3 и размером частиц 0,5 мм. Образцы подвергались воздействию температуры воздуха от –10^{0}С до +65^{0}С. Температуру грунта в экспериментах не измеряли, так как было выявлено, что температура грунта на 2-3^0 ниже температуры воздуха. Это соотношение справедливо для грунтов поверхностного слоя. Эксперименты проведены для образцов грунта влажностью на пределе раскатывания равной W=12%, естественной влажности W=16% и на пределе текучести W=22% для данных грунтов. Результаты полученных данных приведены на рисунке 5.

На основании анализа результатов, полученных в ходе эксперимента, выявлено, что наименьшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при низких температурах воздуха, а наибольшим при положительных температурах и влажности на пределе раскатывания.



1 – влажность грунта на пределе раскатывания (12%);
2 - влажность грунта природная (16%);
3 - влажность грунта на пределе текучести (22%);
Рисунок 5. Зависимость сопротивления сдвигу грунта от температуры воздуха

С увеличением температуры от -10^0С до $+40^0$С наблюдается возрастание сопротивлению сдвигу грунта в 1-4раза, в зависимости от его влажности, в среднем от 0,01МПа до 0,082МПа. [5]

При температуре выше $+45^0$С наблюдается снижение сопротивления сдвигу, а при температуре $+60^0$С и влажности 12% эти значения составляют 0,07МПа, при влажности 16% - 0,069МПа и при влажности 22% - 0,05МПа.

По результатам лабораторных исследований зависимости прочностных свойств грунтов от гранулометрического состава, влажности, плотности и температуры воздуха выявлено, что

1. гранулометрический состав грунтов является одним из определяющих факторов и с увеличением диаметра частиц грунта сопротивление сдвигу уменьшается независимо от плотности грунта;
2. при значениях влажности равной пределу текучести грунтов наибольшими значениями сдвигающих усилий имеют грунты с размерами твердых частиц 0,25 мм и 0,5 мм, а грунты с размерами твердых частиц 1мм и 2мм при всех заданных влажностях имеют низкие показатели сопротивляемости сдвигу;
3. наименьшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при низких температурах воздуха, а наибольшим при положительных температурах и влажности на пределе раскатывания. С увеличением температуры от -10^0С до $+40^0$С наблюдается возрастание сопротивлению сдвигу грунта, в зависимости от его влажности, в среднем от 0,001 МПа до 0,0082 МПа.

Список литературы:

1. ВНИИТС «Методические указания по оценке местной устойчивости откосов и выбору способов их укрепления в различных природных условиях» Москва, 1970, 73с.
2. Г.А. Кадыралиева «Факторы, влияющие на местную устойчивость откосов горных дорог» Современные проблемы механики сплошных сред вып. 12 Бишкек 2010г С 85.
3. З.Г. Тер-Мартиросян Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов. – М.: Недра, 1986. - 292 с
4. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) Госстроя СССР. Москва Стройиздат 1984. С 5.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКАХ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ

Карпов Алексей Сергеевич
к.т.н., ФГАОУ ВО «СПбГПУ», ассистент
Евдокунин Георгий Анатольевич
профессор, д.т.н., ФГАОУ ВО «СПбГПУ», профессор

Одними из самых распространенных видов внутренних повреждений трансформаторного оборудования являются витковые замыкания. Значения токов при витковых замыканиях сильно зависят от числа замкнувшихся витков и места повреждения. Малое число замкнувшихся витков во вторичной обмотке может приводить к незначительному увеличению тока со стороны источника питания, поэтому подобные витковые замыкания достаточно сложно обнаружить. В настоящее время из всех применяемых стандартных защит трансформаторов и трансформаторного оборудования только газовая защита реагирует на витковые замыкания, поскольку они сопровождаются, как правило, горением электрической дуги или местным нагревом, а это, в свою очередь, приводит к разложению трансформаторного масла и изоляционных материалов и образованию летучих газов. Эти газы вытесняют масло из бака трансформатора в расширитель, вызывая, тем самым, действие газовой защиты. Однако по принципу действия газовая защита является медленнодействующей. Поперечная токовая дифференциальная защита от витковых коротких замыканий используется сравнительно редко, например, в шунтирующих реакторах сверхвысокого напряжения при наличии параллельных ветвей сетевой обмотки (исполнение фазной обмотки двумя ветвями с вводом в середину) и соответствующих трансформаторов тока.

В связи с массовым превышением заявленного срока эксплуатации трансформаторного оборудования, основной причиной возникновения витковых замыканий является старение изоляции. По данным комитета СИГРЭ по трансформаторам и реакторам витковые замыкания обмоток являются основной причиной аварийности трансформаторного оборудования (более 60%), значительно превышая отказы РПН и вводов.

Разогрев места повреждения может приводить к образованию окалины, выплавлению части витка или повреждению остальных витков. Но поскольку затем происходит быстрый разогрев и спекание с перекрытием смежных витков, в дальнейшем переходные сопротивления при расчете токов витковых замыканий не учитываются.

Таким образом, важной задачей является своевременная идентификация виткового повреждения и последующее отключение от сети поврежденного оборудования для предотвращения развития аварии и механического разрушения обмоток.

Данная статья посвящена разработке методики моделирования трансформаторного оборудования на примере управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора (УШР) для расчета процессов при витковых замыканиях, проведению расчетов электромагнитных переходных процессов при витковых замыканиях в обмот-

ках УШР. Исходные данные и результаты расчета приводятся далее для реактора 500 кВ мощностью 180 МВА типа РТУ-180000/500. Характер токов вторичных обмоток управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов (компенсационной обмотки и обмотки управления) препятствует выбору для них защит, обычно применяемых для силовых трансформаторов. В особенности это относится к обмотке управления, секции которой обтекаются выпрямленным током трехфазного тиристорного преобразователя.

Разработанная в предыдущих работах [1, 2] методика моделирования управляемых шунтирующих реакторов и другого трансформаторного оборудования произвольной конструкции с помощью совместного применения схем замещения электрической и магнитной цепей зарекомендовала себя как эффективный и точный инструмент для исследования электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах. Отличительной особенностью такого моделирования является то, что все необходимые параметры схемы замещения устройств определяются из конструктивных размеров его магнитной системы и свойств электротехнической стали магнитопровода. Под конструктивными данными понимают следующие параметры: активное сопротивление обмотки, количество витков обмотки ее размеры, а также размеры и сечение магнитной системы трансформатора.

Схема замещения, отображающая источники МДС, пути замыкания магнитных потоков и магнитные сопротивления этих путей («магнитная схема замещения») задаётся узлами и наиболее важными ветвями (путями) распределения магнитного потока, которые должны с необходимой степенью точности аппроксимировать реальную картину распределения магнитного поля.

Для обоснования выбора магнитной схемы замещения управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора при рассмотрении режимов, связанных с повреждениями в обмотках, необходимо определить пути замыкания основных магнитных потоков при данном типе повреждения. Для этого в работе предлагается использовать программный пакет, предназначенным для конечно-элементного анализа: COMSOL Multiphysics с модулем-расширением AC/DC Module в двухмерной постановке.

Сетевая обмотка (СО) управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов катушечного типа, состоит из Wco витков и охватывает два полустержня [3]. Каждая катушка сетевой обмотки включает в себя Wк витка. В соответствии с [4] в обмотках катушечного типа возможны полные витковые замыкания только всей катушки. Картина распределения магнитной индукции в магнитопроводе однофазного УШР при замыкании 1/3 катушек сетевой обмотки представлена на рисунке 1.

Стрелками на рисунке 1 показаны пути замыкания магнитных потоков при витковом замыкании катушек сетевой обмотки. Уровни индукций в магнитной системе однофазного УШР визуализируются соответствующим цветом: соответствие цвета и величины магнитной индукции представлено в правой части рисунка 1 на соответствующей легенде. Красные сплошные линии – линии магнитного поля в плоскостях x и y. Из рисунка 1 видно, что при витковом замыкании катушек в сетевой обмотке оба полустержня и боковые ярма управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора имеют меняющиеся по высоте элемента магнитопровода значения магнитных индукций.

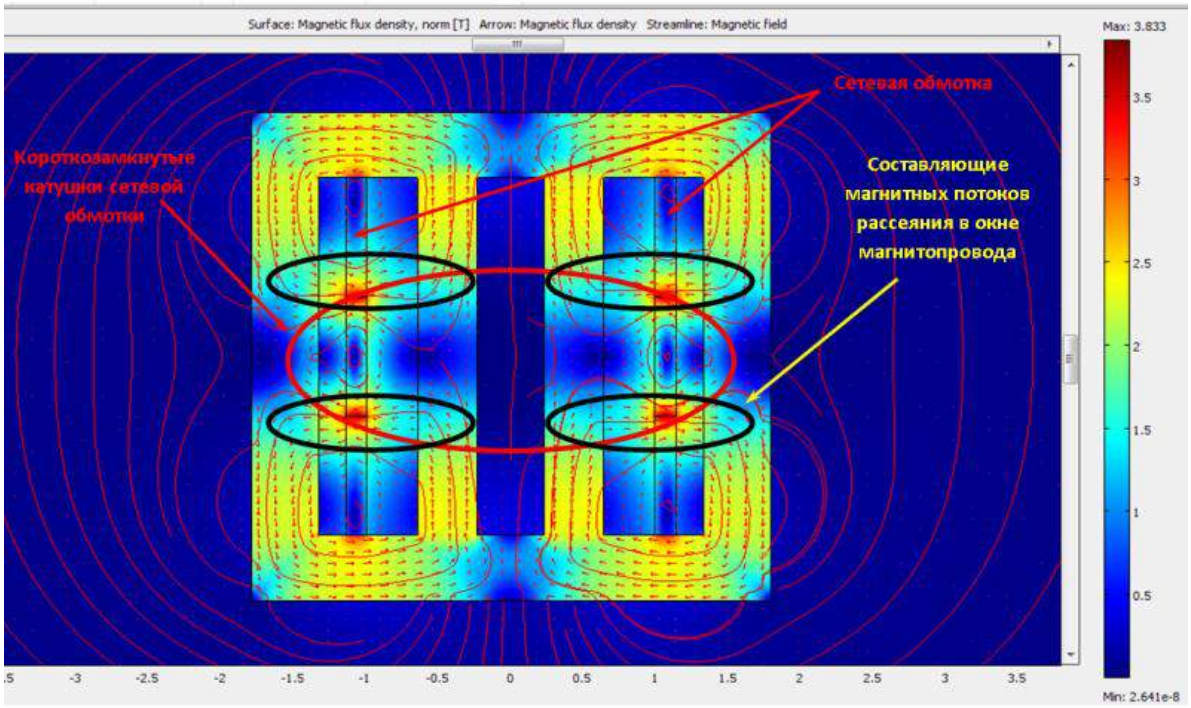


Рисунок 1. Распределение магнитной индукции в магнитопроводе однофазного УШР при разомкнутых вторичных обмотках при замыкании 1/3 катушек сетевой обмотки

В этой связи магнитная схема замещения однофазного управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора для выполнения расчетов переходных процессов при витковых замыканиях в сетевой обмотке должна учитывать неравномерность распределения магнитной индукции по высоте элементов магнитной системы (полустержней и боковых ярем).

Вторичные обмотки управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов (обмотка управления –

ОУ; и компенсационная обмотка - КО) винтового типа, состоят из двух секций («полуобмоток»), каждая из которых охватывает «свой» полустержень. Секции компенсационной обмотки включаются между собой согласно; секции обмотки управления включаются между собой встречно.

На основе анализа распределения магнитного поля в элементах магнитной системы однофазного управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора может быть составлена схема замещения магнитной системы фазы УШР для расчетов процессов при витковых замыканиях в обмотках (рисунок 2).

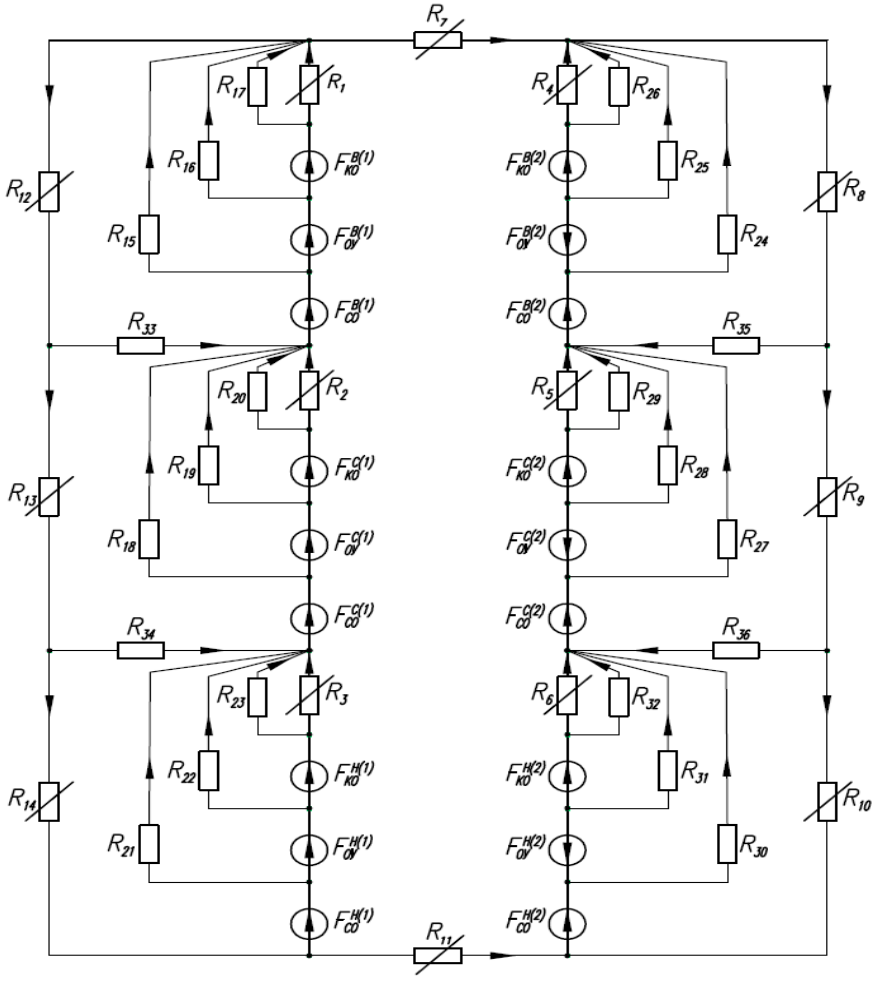


Рисунок 2. Схема замещения фазы УШР для расчета процессов при витковых замыканиях в любой из обмоток

Порядок формирования системы уравнений для случая расчетов процессов при витковых замыканиях основывается на первом и втором законах Кирхгофа для электрической и магнитной цепей УШР.

На рисунке 3 представлен результат расчета тока сетевой обмотки УШР и тока короткозамкнутой части обмотки при замыкании одной катушки в момент времени t1 в режиме потребления реактором номинальной мощности.

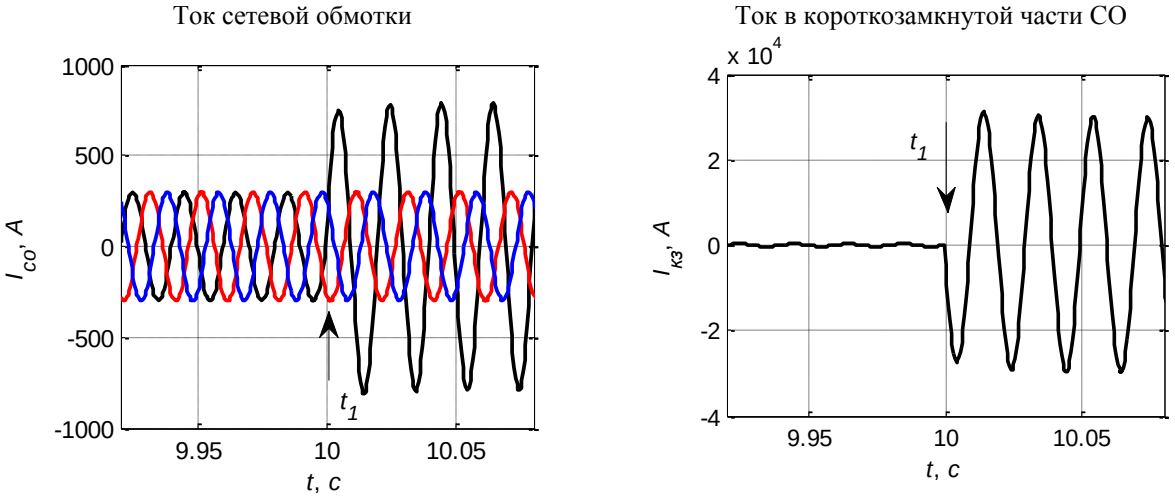


Рисунок 4. Ток в сетевой обмотке и в ее короткозамкнутой части при замыкании одной катушки СО

Отличительной особенностью витковых замыканий в сетевой обмотке является значительное отличие токов сетевой обмотки поврежденной и неповрежденных фаз следствием чего является появление тока в нейтрали. В исходном установившемся режиме работы УШР в режиме потребления номинальной реактивной мощности действующее значение тока в сетевой обмотке составляет 198 А; при витковом замыкании одной катушки расчетное действующее значение тока поврежденной обмотки составило 570 А. При этом действующее значение тока в короткозамкнутой катушке достигает 21 кА. Витковые замыкания в сетевой обмотке представляют значительную опасность для оборудования, поэтому точное и своевременное выявление указанного вида повреждения действием релейной защиты является важной задачей.

Результат расчета тока короткозамкнутого витка КО представлен на рисунке 5. Действующее значение тока короткозамкнутого витка равно 11,56 кА. При этом следует отметить, что номинальный ток обмотки составляет 1709 А (компенсационная обмотка в нормальных режимах нагружена только током третьей гармоники, и поэтому выполняется с уменьшенным сечением меди).

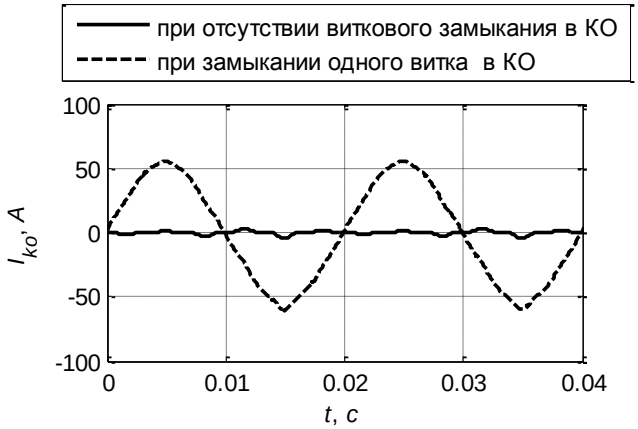


Рисунок 5,а. Ток компенсационной обмотки в режиме холостого хода УШР

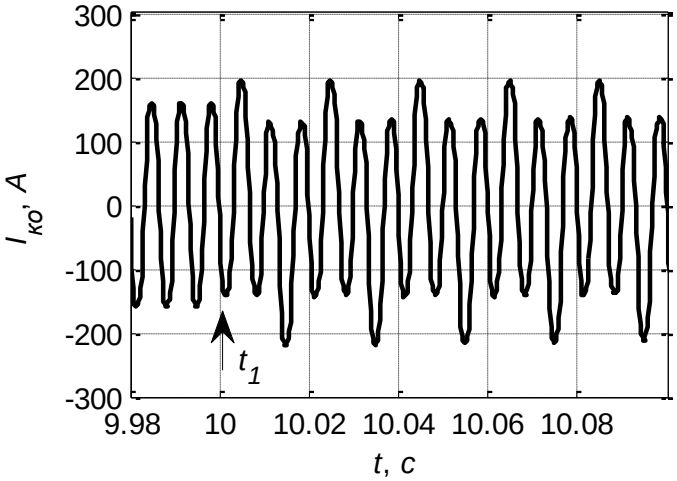


Рисунок 5,б. Ток компенсационной обмотки в режиме потребления УШР номинальной мощности

В случае, когда в одной из секций компенсационной обмотки произошло витковое замыкание, МДС, создаваемые каждой из полуобмоток, становятся различными. Прямым следствием наличия магнитной несимметрии УШР является появление первой гармонической составляющей в токе компенсационной обмотки, соединенной в треугольник.

Заключение

1. Использование существующих методов расчета токов витковых коротких замыканий трансформаторов не учитывает нелинейности и насыщения элементов магнитопровода, вследствие чего их применение некорректно применительно к УШР.

2. Предлагаемая в данной статье методика расчетов процессов при витковых замыканиях в обмотках УШР или аналогичного трансформаторного оборудования основана на сведениях о реальной конструкции устройства и не требует дополнительных расчетов эквивалентных параметров модели (таких как напряжение короткого замыкания с учетом короткозамкнутой части обмотки) вне зависимости от места повреждения. При этом формирование схемы замещения магнитной системы УШР для расчета процессов при витковых замыканиях основано на анализе результатов расчета распределения магнитного поля в элементах магнитной системы при данном виде повреждения.

3. Витковые замыкания во вторичных обмотках УШР (обмотке управления и компенсационной обмотке) сопровождаются появлением тока первой гармонической составляющей в токе компенсационной обмотки, соединенной в треугольник. При этом, чем большее число витков во вторичных обмотках замыкаются накоротко, тем больший ток первой гармонической составляющей появляется в КО. На этом принципе может быть построена максимальная токовая защита (МТЗ), включенная на полные токи первой гармонической составляющей в каждой фазе с предварительной фильтрацией третьей и высших гармонических составляющих.

4. Аналогичная максимальная токовая защита может применяться и для другого трансформаторного оборудования с ненагруженной третичной обмоткой треугольника, например, в автотрансформаторах.

Список литературы:

1. Евдокунин Г.А., Дмитриев М.В., Карпов А.С., Николаев Р.Н., Шескин Е.Б. Компьютерное моделирование управляемых шунтирующих реакторов различных типов и сравнение их технических характеристик // Энергетик, №3, 2011 г. – с. 27-31.

2. Карпов А.С. Компьютерное моделирование управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов для расчета электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах // Электрические станции, №7, 2012 г. – с.47-51.

3. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы. Дмитриев М.В., Долгополов А.Г., Кондратенко Д.В., Карпов А.С., Шескин Е.Б. Под. ред. Евдокунина Г.А. С-Пб. 2013 г., 280 с.

4. Засыпкин А. С. Релейная защита трансформаторов – М. Энергоатомиздат, 1989 - 240 С.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ЛИКВИДАЦИИ НАКОПИТЕЛЕЙ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ И ПОЧВОГРУНТОВ В ЗОНЕ ИХ ВЛИЯНИЯ

Каськов Артем Станиславович
соискатель кафедры технологии нефти и газа, г. Краснодар
Попова Галина Георгиевна
канд. хим. наук, доцент кафедры технологии нефти и газа, г. Краснодар
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»

Одной из самых серьезных экологических проблем является загрязнение нефтепродуктами геологической среды. Негативное воздействие происходит на всех этапах хозяйственной деятельности, связанной с операциями с нефтью и нефтепродуктами, а также с отходами добычи нефти, транспортировки, хранения.

Для Краснодарского края проблема обращения с отходами производства и потребления считается первостепенной (согласно классификации экологических проблем края по уровню опасности для здоровья населения и сохранности экосистем).

По данным кадастра отходов Краснодарского края Реестр объектов размещения отходов (ОРО) производства и потребления Краснодарского края включает информацию о 841 объекте размещения отходов производства и потребления [1, с.170]. Общая площадь учтенных ОРО составляет 966,59 га (0,012% от общей площади края).

На территории Кубани в настоящее время располагается от 30 до 50 объектов размещения и хранения нефтешламовых отходов. Подавляющее их большинство были организованы на стадии развития нефтедобычи в крае и фактически не являются природоохранными сооружениями, обеспечивающими инженерную защиту окружающей среды от негативного воздействия нефтесодержащих отходов.

Особую опасность представляют накопители нефтесодержащих отходов тем, что загрязняющие вещества длительно воздействуют на самую статическую часть биосферы - почву и грунты, способные аккумулировать загрязнения и длительно отдавать их в подземные и грунтовые воды.

В период 2010-12г.г. в рамках выполнения государственного контракта № П1158 поисковых НИР по направлению «Геохимия» «Мониторинг геохимических процессов и разработка методологических основ снижения влияния на окружающую среду шламонакопителей отходов нефтегазового производства» нами проводились исследования шламонакопителей нефтеотходов на территории Краснодарского края. Геоэкологические исследования проводились 27 на объектах различного назначения – прудах-отстойниках, шламонакопителях и шламовых амбарах, как ликвидированных, так и подлежащих ликвидации, содержащих в себе нефтеотходы различного агрегатного состояния. В результате проведенных исследований впервые исследованы профили и дана классификация накопителей нефтесодержащих отходов Краснодарского края [2,с.38-39].

Для изучения зоны воздействия содержимого шламонакопителей на прилегающие территории проведены исследования почвогрунтов, почвоподстилающих пород, донных осадков, поверхностных и грунтовых вод на содержание основных загрязняющих веществ, в том числе нефти и нефтепродуктов. При проведении лабораторных исследований в целом было отобрано более 130 проб [3, с.287], выполнено более 500 анализов. Проведено бурение короткометражных скважин, отобраны пробы гумусового горизонта с глубины 0-20 см, почвогрунтов на глубине 20-40-60 см, донных отложений, грунтов и пробы воды на содержание нефтепродуктов, хлоридов, сульфатов, бария, железа, ПАВ, органического вещества, ХПК [4, с.24]. Изучена эмиссия легких углеводородов от нефтяных отходов шламонакопителей длительного хранения в зону аэрации [5, с.17]. Также проведены гидрохимические исследования поверхностных вод и водотоков, грунтовых вод. Работы проводились с целью определения качества поверхностных вод и выявления участков загрязнения за счет поверхностного стока.

Для исследования размеров зоны воздействия шламонакопителя на состояние почвогрунтов выполнены буровые работы, отобраны пробы и исследовано содержание нефтепродуктов. Глубина бурения зависела от геолого-гидрогеологических условий и варьировалась от 3,0 до 16,0 м. Под дном тела шламонакопителя отобраны пробы грунтов на технически дозволенную глубину до 3-5 метров.

Для определения состояния почвогрунтов, прилегающих к объекту и формирующих стенки обвалования выполнено пошаговое опробование почв с поверхности с заглублением до 20 см и пробоотбор из «тела» накопителя с помощью пробоотборника, позволяющего выполнить его послойно. Для определения зоны влияния шламонакопителя по уклону рельефа пробы отбирались через каждые 20 метров на разных объектах на расстоянии 100, 115, 200 метров.

Для определения глубины распространения нефтепродуктов были отобраны породы зоны аэрации из оценочных скважин (с учетом литологической разности), пробы донных отложений непосредственно из тела объекта и пробы подстилающих дно объекта пород. Работы по определению масштабов данного загрязнения включали в себя определение глубины проникновения нефтепродуктов непосредственно в тело шламонакопителя по горизонтали и непосредственно в почвогрунты под дном объекта по вертикали.

При выполнении камеральных работ, выполненных нами как по действующим, методическим документам, так и разработанных авторами проведена статистическая и компьютерная обработка данных, построены концентрационные карты.

На основании полученных результатов дана оценка экологического состояния геологической среды исследуемой территории. Выявилась актуальная проблема – вторичное загрязнение почвогрунтов и подземных вод первого, второго горизонтов. Доказано, что распространение нефтезагрязнений и в горизонтальном в вертикальном направлении происходит на достаточно значительные расстояния. Результаты данных исследований свидетельствуют о проникновении нефтепродуктов из тела объекта в прилегающие почвогрунты и подземные воды первого, второго горизонта. Концентрации загрязняющих веществ в 80% проб значительно превышают ПДУ в почве и ПДК в воде.

Поскольку негативное влияние шламонакопителей на окружающую среду очевидно, в течение последних 5-7 лет предприятия осуществляют ликвидацию и рекультивацию данных объектов, что является очень трудоемким и материально затратным мероприятием.

Учитывая фильтрационные свойства почвогрунтов, была определена площадь поверхности загрязнённой нефтепродуктами, которая превышала площадь зеркала шламонакопителя в 2-4 раза. Практически во всех проанализированных пробах подстилающих пород концентрации нефтепродуктов превышали ПДУ в несколько десятков, а иногда и сотен раз. Данные исследования подтверждают наличие на ликвидированных объектах вторичного загрязнения. Таким образом, мероприятия по ликвидации накопителей нефтесодержащих отходов оказались неэффективными ни в экологическом, ни в экономическом плане. Это можно объяснить тем, что технологии, по которым проводились ликвидационные работы, сводится к извлечению углеводородной массы, водоэмульсионной части отхода и незначительного объема донных отложений.

Экологичность рекультивационных мероприятий обеспечивается в случае гарантированного исключения возможности вторичного загрязнения. Одним из основных вопросов при этом является расчет количества изымаемых грунтов, что напрямую связано с затратами на проведение работ.

Для решения данной проблемы необходимо внести изменения в современную методику расчета объемов накопленных отходов, включая в них данные исследований, определяющих объемы загрязненных пород (почвогрунтов, донных отложений, подстилающих пород). Расчеты, используемые в настоящее время, дают результаты заниженные при фактическом выполнении работ, в 3-4 раза. На практике извлекаемый объем грунтов значительно увеличивается в сравнении с расчетным т.к. расчет ведется без учета естественной плотности грунтов, находящихся в природных условиях, изменяющейся не только в зависимости от вида почвогрунтов, но и от количества содержащихся нефтяных загрязнений, сорбируемых грунтами.

Для корректного расчета объемов извлекаемых отходов, необходимо учитывать объем накопленного отхода в теле объекта; объем загрязненных отходами пород (почвогрунтов, подстилающих пород, донных отложений); плотность изымаемых отходов и загрязненных пород, численные значения которых необходимо измерять предварительно в рамках выполнения геоэкологических изысканий перед составлением сметы ликвидационных мероприятий. В процессе проведения ликвидации содержимого накопителя отходов и рекультивационных работ по восстановлению почвогрунтов в зоне воздействия необходимо измерять плотность грунтов для расчета массы, а не объемов, как предлагается методикой в настоящее время. Корректность измерения массы грунтов для более точного определения массы загрязняющих веществ также обуславливается требованиями ГОСТа по определению концентраций загрязняющих веществ в почве, выполняемых в мг/кг, что в свою очередь ведет к уточнению расчетов массы и объемов реагентов, необходимых для проведения ликвидационных и рекультивационных работ.

Предложенные подходы позволяют принимать обоснованные управленческие решения и учитывать природопользователями при экономическом планировании работ по ликвидации и рекультивации объектов накопления нефтешламов для эффективного экологического нормирования потенциально опасной деятельности и рационального распределения материальных затрат.

Список литературы

1.Доклад о состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2013 году. Администрация Краснодарского края. Краснодар 2014 г. – 322 с.

2. А.С.Каськов, Г.Г.Попова, В.А.Шатрова, М.И.Батыров. Классификация накопителей отходов нефтедобычи Краснодарского края. Материалы IV открытой международной молодежной научно-практической конференции «Молодая наука - 2013». г. Туапсе, с.38-39.

3. С.Ю. Ксандопуло, Г.Г. Попова, А.С. Каськов, Я.Ю. Моисеева, С.М. Литвинова. Геохимический мониторинг процессов влияния накопителей нефтесодержащих отходов. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) №4, 2012, с.285-292.

4. Г.Г. Попова, С.Ю. Ксандопуло, А.С. Каськов, И.Ю. Глухенький, Я.Ю. Моисеева, И.В. Тихончик. Изучение динамики распределения и накопления загрязняющих веществ в зоне влияния накопителей отходов добычи нефти длительных сроков хранения. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море (научно-технический журнал) №4, 2012, с.23-27.

5. Г.Г. Попова, А.С. Каськов, С.Ю. Ксандопуло, С.М. Литвинова, Я.Ю. Моисеева. Исследование равновесной газовой фазы почва-воздух территории шламонакопителей нефтеотходов длительного хранения. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море (научно-технический журнал) №3, 2012, с.17-22

РЕАЛИЗАЦИЯ СИНХРОНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ ЗАДОВА-ЧУ В СТАНДАРТЕ LTE.

Казачков Виталий Олегович
аспирант, ФГОБУ ВПО Московский авиационный институт (НИУ), г. Москва

LTE (Long Term Evolution) (дословно с английского можно перевести как долговременное развитие) – стандарт мобильной связи, разработанный консорциумом 3GPP (3rd Generation Partnership Project). С момента своего появления технология LTE прошла через несколько этапов развития, называемых релизами. Первоначальная версия имела название релиз 8, а начиная с 10 релиза, стандарт был утвержден Международным Союзом Электросвязи как система 4 поколения (4 Generation (4G)). Так же стоит отметить, начиная с 10 релиза, стандарт называется LTE – Advanced (LTE-A). LTE-A позволяет обеспечить высокие скорости передачи данных, что особенно важно для современных пользователей мобильных устройств.

Для осуществления передачи и приема данных в сетях LTE мобильная станция должна синхронизироваться с базовой станцией. Для реализации процедуры синхронизации в стандарте предусмотрены специальные синхронизирующие сигналы: первичный синхросигнал (Primary Synchronization Signal, PSS) и вторичный синхросигнал (Secondary Synchronization Signal, SSS). При этом алгоритм синхронизации может быть разделен на следующие этапы [3, с. 177]:

1. Грубая временная синхронизация с началом слота и оценка дробной частотной отстройки по корреляционной кривой циклического префикса.
2. Временная синхронизация с началом 0-го или 10-го слота, определение второй составляющей идентификатора соты и целой части частотной отстройки по корреляционной кривой первичного синхросигнала.
3. Временная синхронизация с началом кадра, определение первой составляющей идентификатора соты по корреляционной кривой вторичного синхросигнала.

В данной статье предлагается метод вычисления корреляционной функции синхросигналов стандарта LTE, позволяющий снизить вероятность возникновения ложного максимума, обусловленную наличием шумов в канале, а так же частотной отстройкой.

Первичный и вторичный синхросигналы в стандарте LTE – это последовательности Задова-Чу (Zadoff-Chu). Первичный синхросигнал формируется в соответствии с ниже представленным математическим описанием:

$$d_u(n) = \begin{cases} e^{-j\frac{\pi un(n+1)}{63}} & n = 0,1,\dots,30 \\ e^{-j\frac{\pi u(n+1)(n+2)}{63}} & n = 31,32,\dots,61 \end{cases} \quad (1)$$

где: u- индекс, принимающий значение в зависимости от второй составляющей идентификатора соты $N_{ID}^{(2)}$:

Таблица 1.

Значения индекса u

$N_{ID}^{(2)}$	u
0	25
1	29
2	34

В данной работе будут представлены результаты, полученные именно для первичного синхросигнала. Вторичный синхросигнал рассматриваться не будет.

В случае наличия шума в канале, принимаемый сигнал можно записать как:

$$S(n) = d_u(n) + N(n) \quad (2)$$

где: $N(n)$ – аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ).

Взаимная корреляция принятой смеси сигнала с шумом и образца синхросигнала находится как:

$$Corr_1(m) = \sum_{n=0}^{61} d_u^*(n) S(n+m) \quad (3)$$

Далее выполняются операции:

$$d_{u\,p}(n) = pad\big(d_u(n)\big) \quad (4)$$

$$S_p(n) = pad\big(S(n)\big) \quad (5)$$

где: pad - операция заполнения массива нулями до размера в 64 отсчета.

Это необходимо для выполнения операции быстрого преобразования Фурье (БПФ) (Fast Fourier Transform (FFT)). Т.к. изначальный размер массива 62 отсчета, операция pad добавляет 0 в начало и конец массива.

Затем выполняется операция БПФ:

$$FFT_S(n) = \sum_{n=0}^{N-1} S_p(n) e^{-j2\pi k\frac{n}{N}}, k = 0,\dots,N-1 \quad (6)$$

$$FFT_{du}(n) = \sum_{n=0}^{N-1} d_{u\,p}(n) e^{-j2\pi k\frac{n}{N}}, k = 0,\dots,N-1 \quad (7)$$

После чего вычисляется взаимнокорреляционная функция результатов FFT:

$$Corr_2(m) = \sum_{n=0}^{61} depad(|FFT_S^*(n)|) depad(|FFT_{du}(n+m)|) \quad (8)$$

где: $depad$ - операция выкалывания, т.е. удаления из массива значений, соответствующих расположению добавленных ранее 0 в результате операции pad.

Результатом является перемножение двух полученных взаимнокорреляционных функций:

$$R(m) = |Corr_1(m) Corr_2(m)| \quad (9)$$

Структурная схема предложенного метода представлена на рисунке 1, где Norm - операция нормирования, жирная линия (Frame) означает структуру сигнала в виде кадра, тонкая линия (Sample) означает структуру в виде сэмплов.

В случае наличия фазовой и частотной отстройки, принимаемая смесь сигнала с шумом имеет вид:

$$S(0) = \big(d_u(0) + N(0)\big) e^{j\varphi(0)} \quad (10)$$

$$S(n) = \big(d_u(n) + N(n)\big) e^{j\left(2\pi f(n-1)T + \varphi(n)\right)}, n > 0 \quad (11)$$

где: $f(n-1), \varphi(n)$ – частотная и фазовая отстройка, соответственно; T - шаг дискретизации. Остальные же выкладки идентичны описанным ранее.

Имитационное моделирование проводилось в среде Matlab/Simulink на разработанной модели LTE сигнала для канала с АБГШ. На рисунке 2 представлены эпюры сигналов в точках 1-5 рисунка 1 для отношения сигнал/шум в полосе сигнала (Signal-to-Noise Ratio (SNR)) 0 дБ.

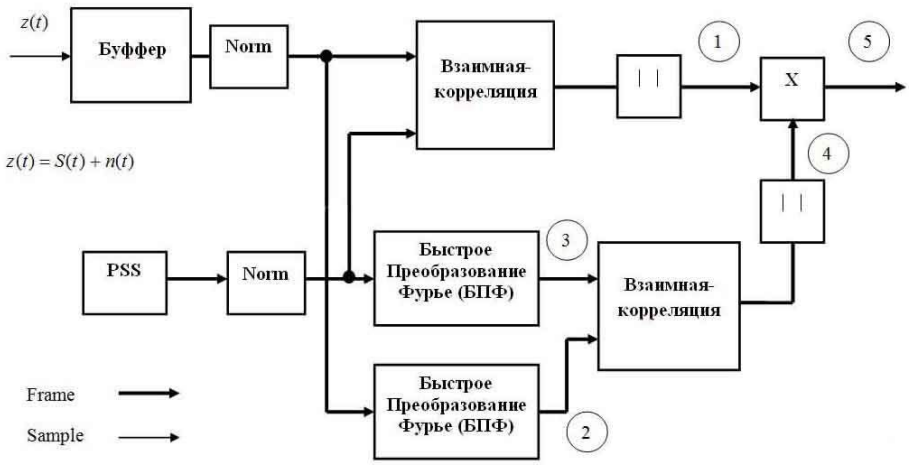


Рисунок 1. Структурная схема предлагаемого метода.

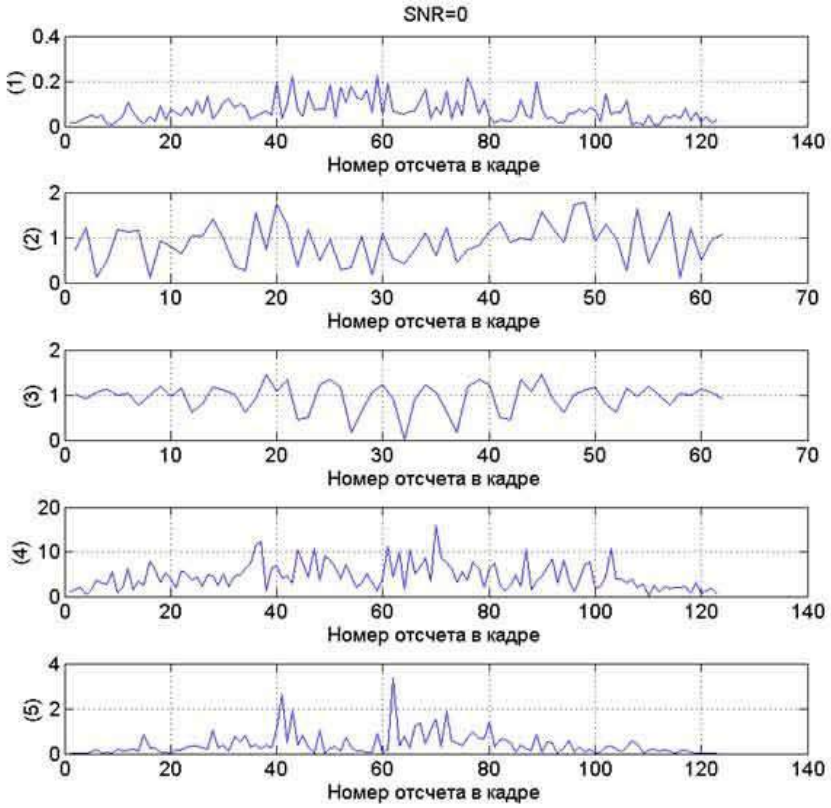


Рисунок 2. Эпюры сигналов в точках 1-5 структурной схемы.

Эпюра в точке 1 на рисунке 2 представляет собой взаимнокорреляционную функцию принятой смеси сигнала с шумом и эталона первичного синхросигнала, эпюры в точках 2 и 3 – результат операции БПФ, эпюра в точке 4 – взаимнокорреляционная функция сигналов в точках 2 и 3, а эпюра в точке 5 – итоговая корреляционная функция, получаемая в результате перемножения двух полученных ранее взаимнокорреляционных функций. Из рисунка 2 видно, что полученная итоговая корреляционная функция имеет меньший уровень боковых лепестков, чем корреляционная функция на эпюре 1.

С помощью имитационной модели была получена кривая вероятности ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции в зависимости от SNR (рисунок 3) при отсутствии частотной и фазовой отстройки для "классической" взаимнокорреляционной функции (красная линия), взаимнокорреляционной функции, полученной на основе результатов БПФ (зеленая линия), а так же взаимнокорреляционной функции, полученной по предложенной методике (синяя линия).

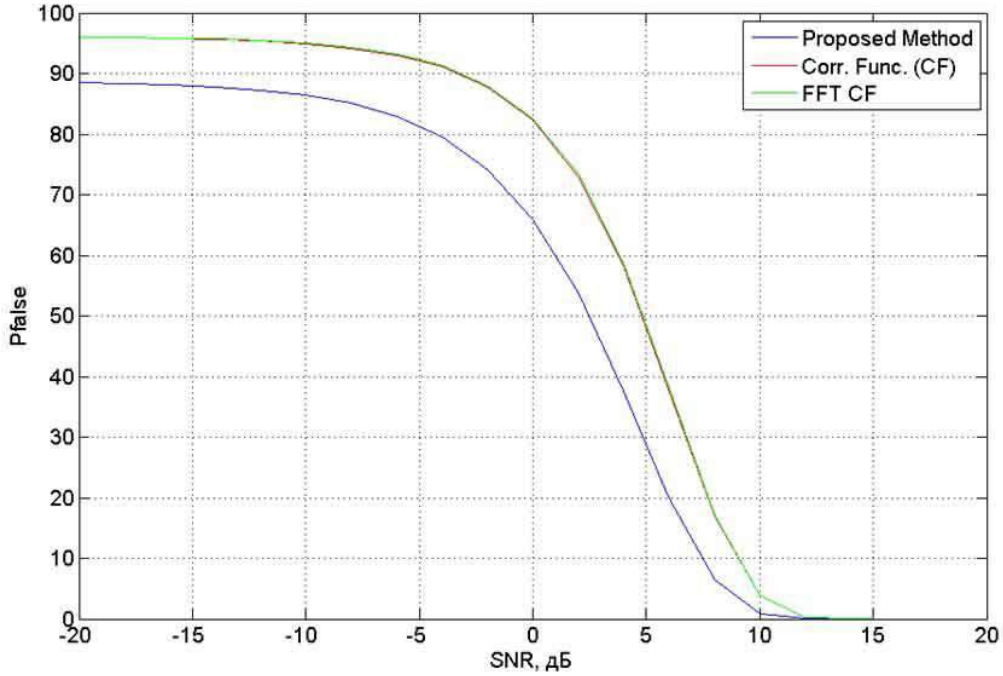


Рисунок 3. Зависимость вероятности ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции (Pfalse) от SNR.

Из рисунка 3 видно, что предлагаемый метод позволяет снизить вероятность ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции при значениях SNR<12 дБ. Причем с уменьшением SNR разница значений вероятности ложного определения максимума для предлагаемого метода в сравнении с "классической" взаимнокорреляционной функцией увеличивается. Взаимнокорреляционная функция же на основе БПФ показывает практически идентичные результаты с "классическим" подходом.

На рисунке 4 представлена зависимость вероятности ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции от частотной отстройки для фиксированного значения SNR=10 дБ.

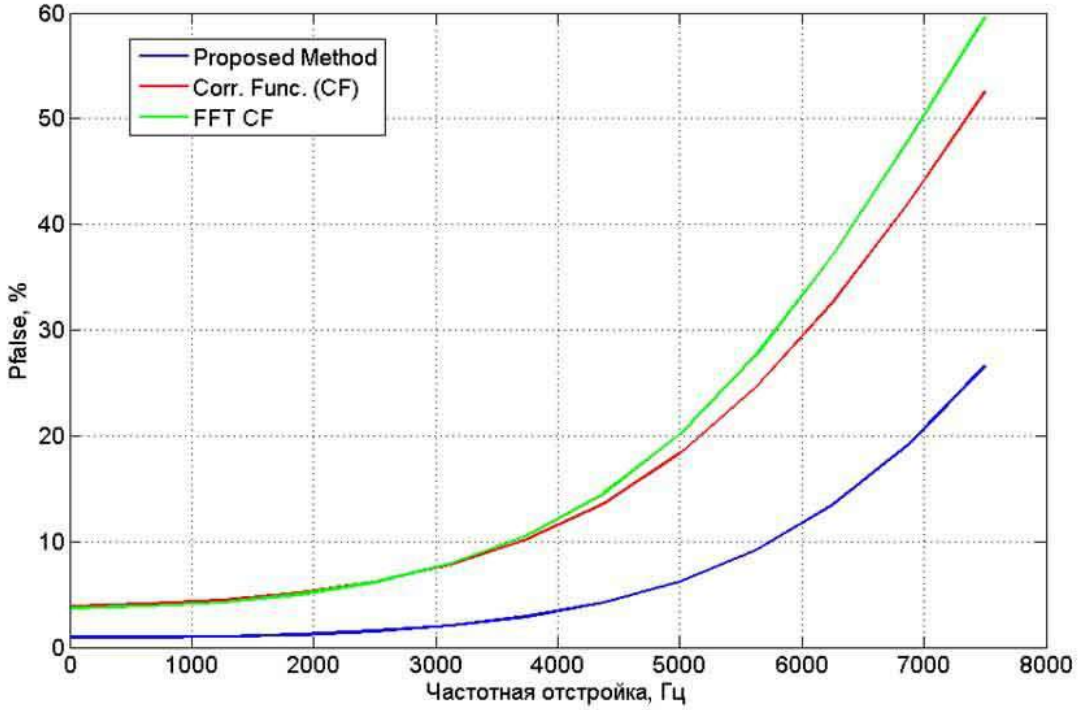


Рисунок 4. Зависимость вероятности ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции (Pfalse) от частотной отстройки для SNR=10 дБ.

Из рисунка 4 видно преимущество предлагаемого метода перед "классическим" и на основе БПФ. Причем с увеличением частотной отстройки разница так же увеличивается. Характеристики на рисунке 3 и 4 получены путем усреднения 500000 результатов.

Таким образом, в данной статье был предложен новый метод вычисления корреляционной функции для последовательностей Задова-Чу. Результаты имитационного моделирования показали преимущество данного метода перед "классическим". Так в случае канала с АБГШ и при отсутствии частотной отстройки, для SNR=5 дБ вероятность ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции ниже на 18% в сравнении с классическим подходом (рисунок 3). В случае наличия частотной отстройки предлагаемый метод так же более эффективен, чем классический. Для фиксированного значения SNR=10 дБ и при частотной отстройке в 4 кГц вероятность ложного определения максимума взаимнокорреляционной функции ниже на 8%. С увеличением значения частотной отстройки разница так же увеличивается и при частотной отстройке в 7 кГц уже составляется порядка 24%. К недостаткам предлагаемого метода можно отнести сложность, что в свою очередь потребует большей вычислительной мощности для выполнения операции за то же время, что и при классическом подходе.

Список литературы:

1. 3GPP Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), , Physical Channels and Modulation Version 10.0.0. TS 36.211, January 2011.
2. Ghosh, A. and Ratasuk, R. Essentials of LTE and LTE-A, Cambridge University Press, Cambridge, 2011.
3. Гельгор А.Л., Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие. СПб.: Политехн. ун-та, 2011. — 204 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ДЕТСКОГО ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГОТРАВМАТИЗМА

Котенкова Ирина Николаевна
Ст.преподаватель кафедры ОП и ДД, ФГБОУ ВПО КубГТУ, г. Краснодар
Ермоленко Евгения Вячеславовна
Студентка 4 курса гр. 11-АБ-ТП1, ФГБОУ ВПО КубГТУ, г. Краснодар

Проблема аварийности, связанной с автомобильным транспортом, в последнее десятилетие приобрела особую остроту в связи с несоответствием дорожно-транспортной инфраструктуры потребностям общества и государства в безопасном дорожном движении, недостаточной эффективностью функционирования системы обеспечения безопасности дорожного движения и крайне низкой дисциплиной участников дорожного движения.

По-прежнему самым актуальным вопросом в области обеспечения безопасности дорожного движения остаётся вопрос детского дорожно-транспортного травматизма.

Так, за семь месяцев 2014 года в Российской Федерации было зарегистрировано 11 158 дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием детей и подростков в возрасте до 16 лет, в результате которых 421 ребенок погиб и 11 788 детей получили ранения различной степени тяжести [3].

К основным причинам детского дорожно-транспортного травматизма (ДДТТ) можно отнести:

- незнание правил дорожного движения детьми;
- нарушение правил дорожного движения водителями;
- несоответствие существующих объектов транспортной инфраструктуры потребностям общества и государства в безопасном дорожном движении.

В настоящее время в нашей стране ведётся активная работа, направленная на снижение детского травматизма на дорогах.

Большинство мероприятий направлено на обучение ребёнка безопасному поведению на улично-дорожной сети. К таким мероприятиям можно отнести открытие в отдельных регионах автогородков и картинг клубов; профилактические беседы детей с сотрудниками государственной инспекции безопасности дорожного движения; оснащение современными техническими средствами, оборудованием и учебным материалом общеобразовательных учреждений; проведение различных картинг-гонок и викторин по правилам дорожного движения; функционирование отряда ЮИД (юных инспекторов дорожного движения).

Все эти меры позволили снизить показатели ДДТТ по сравнению с аналогичным периодом прошлого года: количество ДТП уменьшилось на 4,1% (-475), число погибших и раненых – на 10,8% (-51) и 4,4% (-537) соответственно. [3]

В настоящий момент недостаточное внимание уделяется объектам транспортной инфраструктуры, расположенных возле школ, детских садов, спортивных секций. Также имеются недостатки объектов транспортной инфраструктуры, усложняющие их использование участниками дорожного движения дошкольного и младшего школьного возраста [1].

Наибольшую угрозу представляют собой остановки общественного транспорта вблизи школ, детских садов, спортивных секций. Они являются местом скопления детей, ожидающих свой транспорт. Если транспортное средство вылетает на тротуар, то ДТП может обойтись без пострадавших пешеходов, а столкновение с остановкой практически всегда приводит к многочисленным жертвам.

Не обеспечивают безопасности детей и стандартные наземные пешеходные переходы [2].

Создать возле школ, детских садов, спортивных секций остановки и пешеходные переходы, обеспечивающие безопасность детей, как участников дорожного движения можно, используя различные технические средства организации дорожного движения.

Места посадки-высадки пассажиров необходимо оборудовать конструкциями безбарьерных пешеходных ограждений, представляющих собой пространственную конструкцию из стальных труб, в надземной части заполненных бетоном повышенной прочности, а в подземной части залитых в бетонную плиту (рисунок 1). Для того чтобы защитные конструкции не портили вид улиц, на столбики можно установить любые декоративные чехлы (рисунок 2) Такие ограждения также защитят тротуары от несанкционированной парковки.

Рисунок 1. Конструкция безбарьерных пешеходных ограждений

Рисунок 2. Конструкция безбарьерных пешеходных ограждений, оснащённая чехлами

Дорожное покрытие в районе остановки с целью улучшения видимости необходимо сделать цветным (в основном красного цвета).

Повысить уровень безопасности на пешеходных переходах также можно с помощью островков безопасности.

Основная цель островка безопасности (рисунок 3) - разбить переход через улицу на две части, в каждой из которых пешеход следит только за одним направлением движения. Также островки снижают скорость автомобилей, так как полоса движения сужается и немного смещается в сторону. Он делает безопаснее левые повороты на перекрестках, уменьшая радиус поворота.

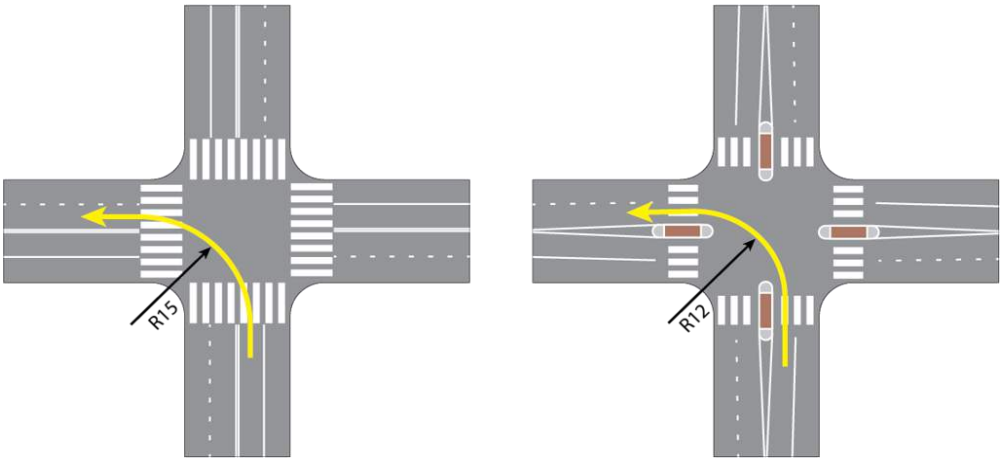


Рисунок 3. Наземные пешеходные переходы с островками безопасности

Увеличить удобство перехода дороги ребёнком и вместе с этим снизить скорость движущегося транспортного средства можно, приподняв проезжую часть напротив островка с плавным въездом-съездом, рассчитанным на 30-40 км/ч (рисунок 4).

Рисунок 4. Пешеходный переход с приподнятой проезжей частью

Эффективно использование специальных наклеек-иллюзий (рисунок 5). Для сохранения эффекта неожиданности со временем изменяют расположение наклеек и изображение на них. Например, можно заменить наклейку, с изображением ямы на наклейку с изображением барьеров.

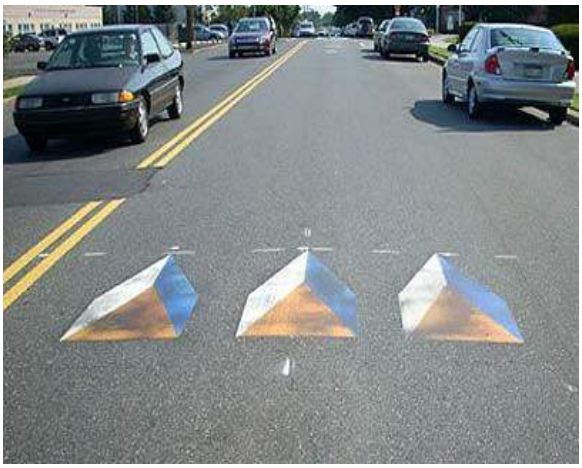


Рисунок 5. Наклейки-иллюзии

Внедрение безопасных остановок и пешеходных переходов возле школ, детских садов и спортивных секций приведёт к снижению детского дорожно-транспортного травматизма, а также позволит повысить уровень привлекательности и развития объектов транспортной инфраструктуры в России [2].

Список литературы:

1. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Транспортная инфраструктура: учеб.пособие. Краснодар, издательский дом «Юг», 2013.- 286 с.
2. Концепция федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах" (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 октября 2012 г. № 1995-р
3. http://www.gibdd.ru/r/23/accident/

УЧЕТ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОЧНОСТИ СЖАТОГО БЕТОНА

Кришан Анатолий Леонидович
профессор, д.т.н., заведующий кафедрой проектирования зданий и строительных конструкций
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

По действующим нормам РФ при расчете бетонных и железобетонных конструкций не предусматривается учет размеров их рабочего сечения на прочность бетона при осевом сжатии. Однако согласно опубликованным экспериментальным данным такое влияние имеется. Например, в связи с постройкой плотины Боулдер ирригационное бюро США производило специальные опыты для определения влияния размеров образца на временное сопротивление бетона сжатию. Результаты выполненных испытаний опубликованы в работе [1] и приведены на рисунке. Здесь же отмечены аналогичные данные японских исследователей [2,3].

Эти опыты установили, что с увеличением размеров образцов прочность бетона при сжатии уменьшается. Причем степень снижения прочности практически не зависит от состава бетонной смеси.

В настоящее время все чаще применяются сильно нагруженные железобетонные колонны. Так, в высотных зданиях такие колонны воспринимают колоссальные нагрузки. Размеры поперечного сечения таких колонн часто достигают 1 ÷1,5 м, а иногда и более. При строительстве в Малайзии известных небоскребов – башен-близнецов «Петронас» - использовались сталебетонные колонны с размерами сечения 3×3 м.

В такой ситуации необходимо более тщательно исследовать влияние размеров конструкции на прочность бетона. В действующих у нас стандартах в качестве эталонных принимаются контрольные образцы бетона с размерами поперечного сечения 150х150 мм. При размерах сечения, отличающихся от эталона, следует учитывать влияние масштабного фактора.

С современных позиций механики твердого тела внемасштабных расчетных моделей бетона не существует. Разрушение бетонного образца практически всегда сопровождается развитием трещин в его структуре. Причем эти трещины в виде внутренних дефектов разбросаны по всему объему. Известно, что масштабный фактор всегда проявляется в трещиноватых телах.

Для учета масштабного фактора в детерминированных моделях бетона с осредненными характеристиками структурно неоднородного материала можно принять статистическую теорию В.Д.Харлаба [4]. Приняв за основу закон распределения Вейбула, вероятность появления опасной трещины он связал с объемом образца – в малом объеме такая вероятность меньше. В принятой постановке имеем плавное снижение прочности по мере увеличения размеров сечения бетона.

Закономерность этого снижения можно описать аналитическими зависимостями. Удобнее всего масштабный фактор учитывать с помощью соответствующего коэффициента γ_c, на который следует умножать расчетное сопротивление бетона сжатию, принимаемое согласно действующим нормам проектирования.

В работе [3] предлагается следующая формула для определения этого коэффициента

$$\gamma_c = 1{,}67 \cdot d_b^{-0{,}112}, \quad (1)$$

где: - d_b - характерный размер нормального сечения бетона
рассчитываемого железобетонного элемента.

Данная формула имеет два основных недостатка. Во-первых, она получена для размера поперечного сечения эталонного контрольного образца бетона 100 мм. В нормах РФ размер ребра эталонного куба принят равным 150 мм. Во-вторых, при размерах сечения образцов более 900 мм формула (1) дает заниженные значения коэффициента, учитывающего влияние масштабного фактора.

В работе [5] предложена другая формула

$$\gamma_c = \left(0{,}35 + 0{,}65\frac{d_0}{d_b}\right)^{0{,}25} \geq 0{,}8, \quad (2)$$

где: - d_0 - размер поперечного сечения эталонного контрольного образца
бетона (d_0 =150 мм).

Формула (2) лишена отмеченных выше недостатков. Но при ее получении учитывались лишь результаты работы [2].

С целью получения более достоверной формулы выполнена статистическая обработка данных, приведенных в работах [1,2,3]. В результате такой обработки и дальнейшего анализа получена следующая формула для определения коэффициента, учитывающего влияние масштабного фактора на прочность бетона

$$\gamma_c = 0{,}75 + \frac{0{,}25}{\sqrt{d_b/d_0}}. \quad (3)$$

Эту формулу рекомендуется применять при $d_b \geq 100$ мм (при $d_b = 100$ мм $\gamma_c \approx 1{,}05$, что соответствует положению действующих норм). Ограничения минимального значения коэффициента, учитывающего влияние масштабного фактора, практически не требуется, так как даже при достаточно больших значениях d_b величина γ_c превышает 0,8 (например, при $d_b = 3000$ мм $\gamma_c \approx 0{,}81$).

На рисунке 1 представлены опытные значения и теоретические зависимости, полученные по формулам (1)÷(3).

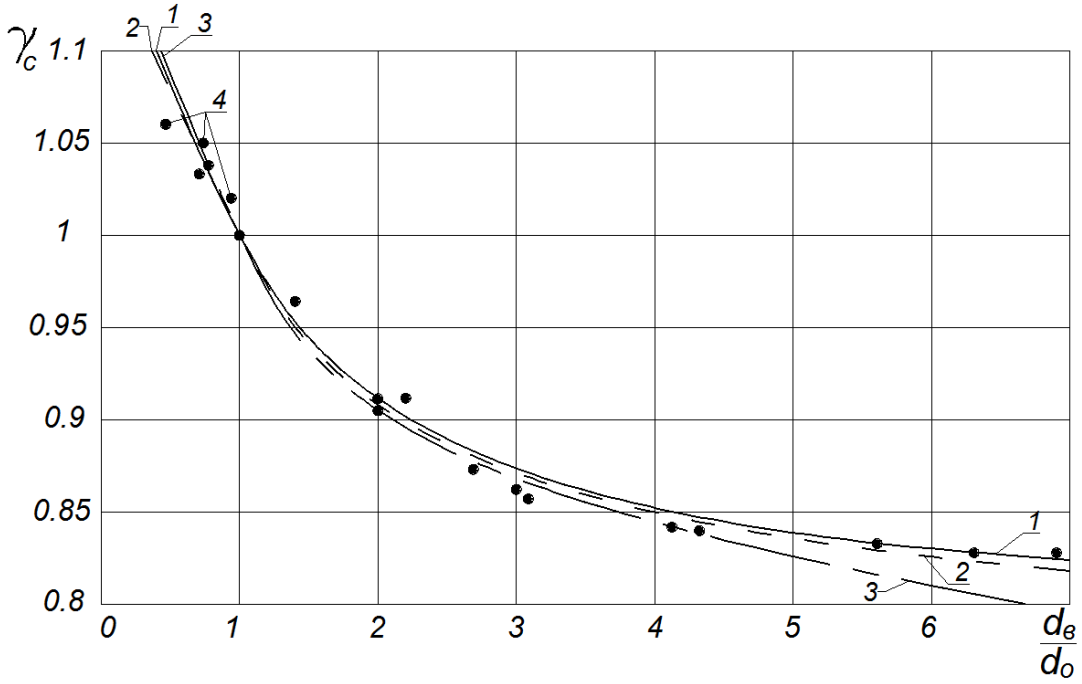


Рисунок 1. Зависимости коэффициента γ_c от величины d_b / d_0 : 1-по формуле (3); 2-по формуле (2); 3-по формуле (1); 4-экспериментальные значения

Из рисунка, очевидно, что все эти зависимости дают примерно одинаковую точность расчетов при размерах поперечных сечений конструкций в диапазоне от 100 мм до 600 мм. При увеличении размеров сечений использование формулы (3) становится более предпочтительным, особенно по сравнению с зависимостью (1).

Полученная формула для учета масштабного фактора при определении прочности бетона стержневых железобетонных элементов отличаются простотой записи и приемлемой для практических расчетов точностью.

Список литературы:

1. Бушков В.А. Железобетонные конструкции. Часть 1. – М.: Государственное издательство строительной литературы, 1940. - 159 с.
2. Blanks R.F., McNamara C.C. Mass Concrete Tests in Large Cylinders // ACI Journal, Vol. 31. January-February, 1935, pp. 280-303.
3. Nishiyama I., Morino S., Sakino K., Nakahara H. 2002: Summary of Research on Concrete-Filled Structural Steel Tube Column System Carried Out Under The US-JAPAN Cooperative Research Program on Composite and Hybrid Structures. – Japan. – 176 p.
4. Харлаб В.Д. Обобщение вейбуловской статистической теории хрупкого разрушения // Механика стержневых систем и сплошных сред, 1987. - № 11. – С.150-152.

АЛГОРИТМЫ АДАПТАЦИИ ЛИНИЙ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ПО ПОЛОСЕ ЧАСТОТ СИГНАЛОВ ЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ

Артюшенко Владимир Михайлович
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия, г.Королев
Кучеров Борис Алексеевич
аспирант кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия, г.Королев

Аннотация В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с осуществлением анализа алгоритмов по адаптации линий спутниковой связи по полосе частот сигналов земных станций при работе в составе узловой сети.

Ключевые слова: помехозащищенность, земная станция, космический аппарат, ретранслятор, мощность передающих устройств, скорость передачи информации.

Современные тенденции развития средств телекоммуникаций характеризуются все возрастающим использованием корпоративных систем спутниковой связи (КССС) [1–5]. Анализ обобщенных требований к КССС показывает, что для их решения наиболее приемлема сеть с многостанционным доступом к спутниковому ретранслятору (РТР), работающая в режиме с кодовым разделением (КР)

сигналов с широкополосными сигналами (ШПС), позволяющая реализовать принцип «каждый с каждым». Кодовое разделение каналов совместимо с частотным разделением (ЧР) дает возможность использовать одновременно и кодовое и частотное разделение, то есть многостанционный доступ с частотно-кодовым разделением (МД ЧКР). Однако при всей своей привлекательности, МД ЧКР с использованием ШПС проигрывает по энергетике МД с временным разделением (ВР). Поэтому для повышения эффективности использования ретранслятора при МД ЧКР с ШПС необходимо применять методы регулирования мощности и скорости передачи земной станции (ЗС).

В работах [6-9] подробно рассматривались вопросы, связанные с осуществлением анализа оценки эффективности методов регулирования мощности и скорости работы ЗС линий спутниковой связи при их работе в составе узловой сети (УС). Однако вопросы, связанные с осуществлением анализа алгоритмов по адаптации линий спутниковой связи по полосе частот сигналов ЗС при работе в составе УС, в них не рассматривались.

Воспользовавшись результатами, полученными в работе [1] при получении общего выражения для допустимого отношения мощностей внешней помехи на входе РТР, попадающей в спектр сигнала, и сигнала в зависимости от требуемого качества приема, проанализируем, как влияет полоса частот ЗС при работе в составе УС на пропускную способность РТР.

При работе в стволе РТР станций с полосой сигналов меньшей, чем ширина полосы ствола, возможно уменьшить воздействие помех путем регулирования работы станций по ширине полосы частот и по месту расположения сигналов в полосе ствола. Для оценки эффективности такого регулирования рассмотрим случай, когда в стволе работает одна ЗС.

На рис. 1 показаны результаты расчета скорости C передачи информации для ЗС с эффективной изотропно-излучаемой мощностью (ЭИИМ) $(PG)_{ЗС}$ =70 дБВт и добротностью $(G/T)_{ЗС}$ =7,5 дБ/К в зависимости от ЭИИМ станции помех.

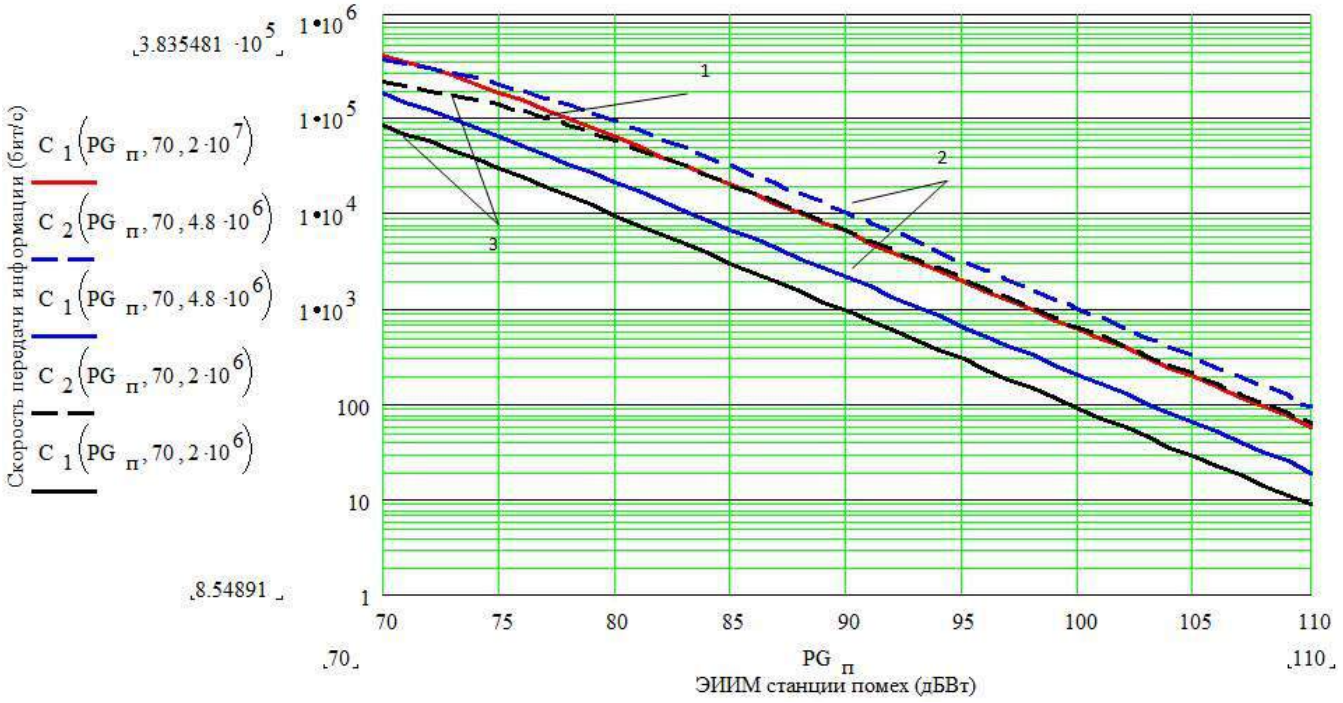


Рисунок 1. Зависимость скорости передачи информации от ЭИИМ станции помех, находящейся в полосе и вне полосы сигнала ЗС

Заметим, что добротность – это отношение эффективного усиления по мощности антенны к эффективной шумовой температуре G/T (дБ/ К) всего внешнего блока приемного устройства.

Сплошные кривые рассчитаны для случая, когда помеха находится в полосе сигнала, а пунктирные – вне полосы. При этом кривая 1 получена для полосы широкополосного сигнала (ШПС) W_s = 20 МГц, кривые 2 – W_s = 4,8 МГц, кривые 3 – W_s = 2 МГц.

Как видно из расчетов, при использовании ШПС с меньшей полосой, скорость передачи информации можно увеличить, если разместить сигнал таким образом, чтобы помеха оказалась вне полосы сигнала (пунктирные кривые). Увеличение скорости передачи информации при действии помехи вне полосы сигнала объясняется тем, что помеха действует только на отбор мощности и не действует непосредственно на сигнал.

При работе станций в составе узловой сети в одной полосе частот с кодовым уплотнением их сигналы являются друг для друга помехами, поэтому выигрыш от размещения спектров сигналов в стороне от помехи может быть несколько меньшим. Это подтверждают результаты расчетов скорости передачи информации $C_{уо}$ в направлении УЗС-ОЗС (узловая ЗС (УЗС) – оконечные ЗС (ОЗС)) от ЭИИМ станции помех, находящейся в полосе и вне полосы сигнала, при различном числе узловых сетей, представленных на рис. 2.

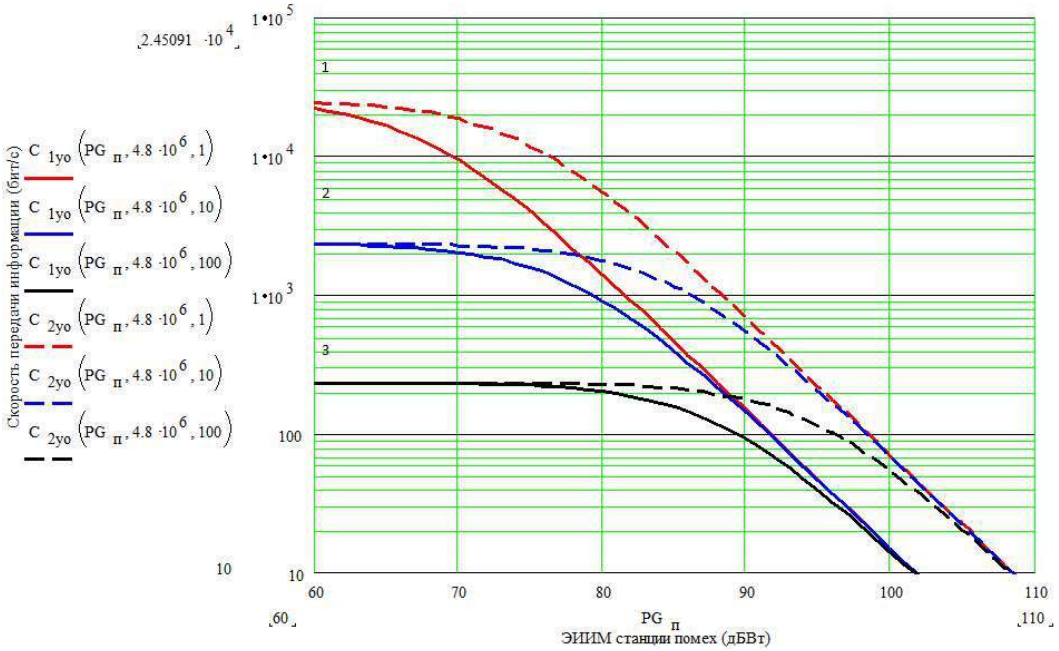


Рисунок 2. Зависимость скорости передачи информации в узловой сети от числа станций в сети и ЭИИМ станции помех

Сплошные кривые соответствуют случаю, когда помеха действует в полосе сигнала ЗС с ЭИИМ 65 дБВт, пунктирные – вне полосы. Кривые 1 рассчитаны для одной узловой сети $N = 1$, кривые 2 для $N = 10$ и кривые 3 для $N = 100$. Сравнивая кривые 1, 2, 3 можно сделать вывод, что перемещение сигналов станций в сторону от помехи, так чтобы она оказалась вне полосы сигналов станций, целесообразно лишь тогда, когда мощность помехи превышает мощность взаимных помех станций узловой сети.

Далее сравним эффективность кодового и частотного разделения сигналов в стволе РТР. Пусть в полосе ствола действует широкополосная помеха с равномерным спектром, занимающая всю полосу ствола. При кодовом уплотнении ШПС, с полосой, равной полосе ствола, широкополосная помеха действует на все сигналы станций одинаково, также как и сигналы других станций, т.е. как помеха в полосе сигнала. При частотном разделении сигнала на каждую станцию часть помехи действует в полосе сигнала, а другая часть только на отбор мощности РТР, также как и сигналы других станций.

На рис. 3 показаны зависимости скорости передачи информации от числа ЗС при кодовом уплотнении сигналов $C_к$ (сплошные линии) и при частотном уплотнении $C_ч$ (пунктирные линии) для станций с ЭИИМ $(PG)_{ЗС}$ = 59 дБВт и $(G/T)_{ЗС}$ = 7,5 дБ/К.

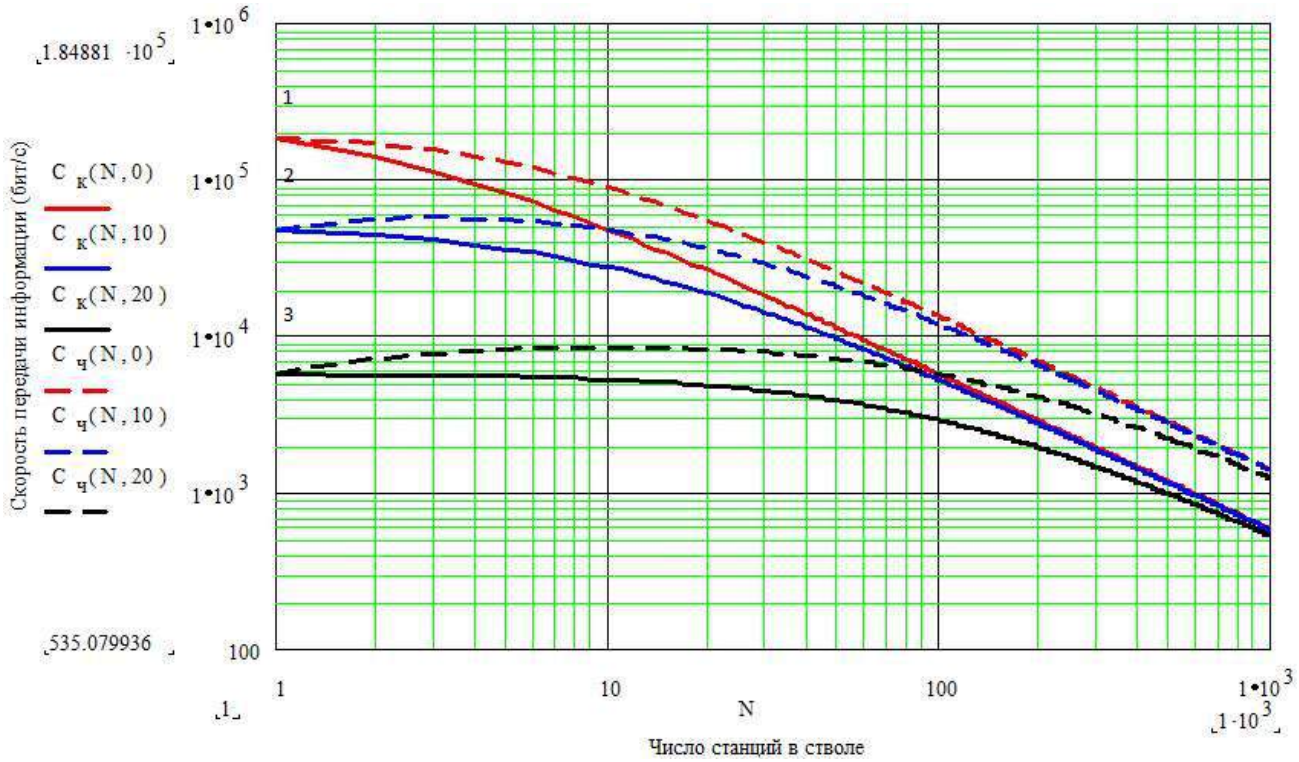


Рисунок 3. Зависимость скорости передачи информации от числа ЗС при кодовом и частотном уплотнении

Кривые 1 рассчитаны для соотношения мощности помехи к мощности сигнала q_1= 0 дБ, кривые 2 – q_1= 10 дБ, кривые 3 – q_1= 20 дБ, где q_1 –коэффициента помехозащиты.

Приведенные результаты расчетов подтверждают известный факт, что при частотном уплотнении достигается большая эффективность использования полосы канала связи, так как сигналы станций в меньшей степени оказывают влияние друг на друга [10]. Однако расчеты также показывают, что при действии даже незначительной помехи по входу ЗС пропускная способность такой линии резко падает при частотном уплотнении. Поэтому при наличии помех на входе ЗС целесообразнее использовать кодовое уплотнение сигналов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. С помощью правильного регулирования частоты несущей и полосы сигнала, можно узкополосную помеху «разместить» в стороне сигнала, что позволяет увеличить пропускную способность РТР. Однако при большом числе станций сети, работающих в одном стволе, выигрыш от такого регулирования появляется лишь тогда, когда мощность помехи выше мощности взаимных помех. Эффективность частотного разделения сигналов также падает при наличии помех по входу ЗС, так как этот метод не обладает помехозащищенностью.

Список литературы:

1. Артюшенко, В. М. Современные направления развития корпоративных сетей спутниковой связи [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, Б. А. Кучеров // Двойные технологии. – 2014. – № 3 (68). – С. 67-72.

2. Артюшенко, В. М. Анализ систем управления космическим летательным аппаратом [Текст] / В. М. Артюшенко, М. И. Видов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2011): сб. статей II Международной заочной научно-технической конференции. Тольятти, Изд-во ПВГУС. – 2011. – С. 18-29.

3. Артюшенко, В. М. Организация информационного обмена между элементами наземного комплекса управления группировкой космических аппаратов [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Прикладная информатика. – 2014. – № 1 (49). – С. 33-43.

4. Артюшенко, В. М. Повышение оперативности бесконфликтного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9. № 3. – С. 59-66.

5. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия «Экономика». – 2013. – № 5 (31). – С. 131-136.

6. Артюшенко В. М. Оценка помеховой обстановки на борту космических аппаратов и земных станциях в корпоративных системах спутниковой связи [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Materials of the X International scientific and practical conference «Trends of modern science». – Volume 26. Technical sciences. Sheffield, Science and education LTD. – 2014. – PP.65–67.

7. Artuschenko, V. M. Optimization of parameters of ground station of satellite communication system / V. M. Artuschenko, B. A. Kucherov // European Science and Technology [Text]: materials of the VII international research and practice conference, Vol. II, Munich, April 23th – 24th, 2014. / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2014 – 624 p (PP. 397-400).

8. Artyushenko, V. M. Approach to solving problems of adjusting power, frequency and transmission speed in the corporate satellite communication systems [Text] / V. M. Artyushenko, B. A. Kucherov // Global Science and Innovation [Text]: materials of the II International/ Scientific Conference, Vol. II, Chicago, May 21-22nd, 2014 / publishing office Accent Graphics communications – Chicago – USA, 2014.– 312 p. – (PP.219-222).

9. Artyushenko, V. M. Evaluation of statistical and dynamic characteristics of lines corporate satellite communication network [Text] / V. M. Artyushenko, B. A. Kucherov // Science, Technology and Higher Education [Text] : materials of the V International research and practice conference, Westwood, June 20th, 2014 / publishing office Accent Graphics communications – Westwood – Canada, 2014. – 508 p. 420-424 p.

10. Адаптивные фильтры: Пер. с англ./ Под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЁМОЧНОГО КОНТРОЛЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ларин Валерий Павлович

Докт. техн. наук, профессор кафедры микро- и нанотехнологий аэрокосмического приборостроения государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП), г. С.-Петербург. E-mail:

Смирнов Владимир Александрович

Аспирант ГУАП, ведущий инженер-электроник ЗАО «НПЦ «Аквамарин», г. С.-Петербург

Эффективность приемочного контроля рассматривается в тех случаях, когда решаются задачи анализа мероприятий по повышению качества производимых изделий или сравнительной оценки вариантов модернизации существующей системы контроля. Приемочный контроль в соответствии с ГОСТ 20911-89 предназначен для оценки технического состояния, а при обнаружении отказа выполняется техническое диагностирование, основной задачей которого является поиск места и определение причин отказа. Как правило, современные системы приемочного контроля сложных технических объектов совмещают эти функции с включением в структуру соответствующих

устройств и применением программно-алгоритмического обеспечения [1, с.3].

Целью данной публикации является рассмотрение методологических и методических аспектов оценки эффективности приемочного контроля сложных ответственных изделий типа бортовых систем управления (БАСУ) летательными аппаратами (ЛА) [2, с.74-75]. Особенностями БАСУ как объектов контроля являются принадлежность к категории критических по последствиям отказов и требование высокого уровня безотказности при ограниченном ресурсе. Такие системы классифицируются как системы кратковременного действия и полностью характеризуются совокупностью состояний элементов в момент выполнения задачи. Следовательно, БАСУ, как объект контроля должна иметь после прохождения приемочного контроля начальное безотказное состояние с вероятностью, близкой к единице и сохранять это состояние в течение расчетной средней наработки до отказа $T_{ср}$. Величина $T_{ср} = t_{оп} + t_к$ включает в себя оперативное время $t_{оп}$, необходимое для выполнения основного задания при эксплуатации в составе ЛА и время $t_к$ на выполнение мероприятий, предшествующих старту ЛА. Для операций контроля время $t_к$ представляет собой ту часть наработки, исчерпание которой минимально допустимо при проведении приемочного ($T_{доп}$) и последующего эксплуатационного контроля (включая время на поддержание достигнутой безотказности при хранении изделия).

Таким образом, для рассматриваемого класса объектов контроля эффективность технологической системы приемочного контроля (ТСПК) должна рассматриваться как задача обеспечения приёмки БАСУ с высокой вероятностью безотказности на срок $T_{ср}$ при минимальном расходовании $t_к$. Примем это условие как выходной эффект системы, который по ГОСТ 27.002-89 [3] выражается заданным коэффициентом эффективности $K_{эф}$,, представляющим собой обобщенное наименование группы показателей, применяемых в различных отраслях техники и имеющих собственные наименования, обозначения и определения. На уровне технологической системы приемо-сдаточных испытаний наиболее адекватным показателем заданного коэффициента эффективности организации приемки по ГОСТ 27.004-85 [4] – это вероятность выполнения технологической системой задания.

Анализ эффективности ТСПК может быть проведен с различных точек зрения и с позиции различного уровня системного рассмотрения. В табл. 1 классификация вида эффективности и выходного эффекта в зависимости от качественного функционирования ТСПК для различных уровней иерархии производственной системы. Для решения задач системного анализа ТСПК, определяемых целью работы, используем сочетание системно-структурного и системно-функционального подходов, т.е. наряду с выделением наиболее общих принципов структурной организации ТСПК как системы, определяются важнейшие функциональные свойства элементов системы, подсистем и всей системы. Эффективность ТСПК, в зависимости от задачи анализа, может быть рассмотрена с позиции разных уровней системной иерархии. На уровне производственной системы эффективность ТСПК определяется совокупностью оценок экономической эффективности и технической эффективности $Э = f(E^{эк}, E^{TEX})$.

Таблица 1

Классификация вида эффективности и выходного эффекта

Уровни производственной системы	Вид эффективности	Рекомендуемый вид представления $K_{эф}$,
Производственная система	Эффективность системы качества	Вероятность выпуска изделий заданного уровня качества - $P_{кс}$
Технологическая система приемо-сдаточных испытаний	Эффективность приемки	Вероятность выполнения технологической системой задания – $P_{ТС}$
Технологическая система приемочного контроля БАСУ	Качество функционирования ТСПК	Вероятность правильного и своевременного выполнения приемочного контроля – $P_{пс}$
Система принятия решений в ТСПР	Качество решений	Относительная вероятность правильных решений - C

Экономическая эффективность как комплексный показатель используется при решении типичных задач определения эффективности внедрения нового автоматизированного оборудования. При расчетах учитывают расходы на проектирование, разработку программного обеспечения, наладку, обучение операторов и т.д. Функционирование современных систем автоматизации производственных процессов поддерживается автоматизированной информационной системой, управление процессами, в том числе и процессом приемо-сдаточных испытаний, осуществляется PLM, поэтому при экономических расчетах необходимо учитывать затраты разработку и внедрение автоматизированных информационных технологий, а экономическую эффективность можно выразить следующей функциональной зависимостью:

$E^{эк} = \varphi(E_T, E_И)$, где $E_т$ – суммарные затраты на проектирование и внедрение технических средств нового автоматизированного оборудования, а $E_и$ – суммарные затраты на разработку и внедрение необходимого информационного обеспечения новой техники.

В рассматриваемом случае мы имеем дело с таким объектом контроля, у которого ущерб от невыполнения задачи при его использовании может многократно превысить расходы на достижение экономически оправданного варианта ТСПК. В связи с этим обстоятельством при анализе и оценке эффективности целесообразно основное внимание сосредоточить на технической эффективности E^{TEX}, характеризующей качество функционирования J(x) ТСПК, где x – факторы, определяющие и обеспечива-

ющие качество функционирования. В общем виде качество функционирования ТСПК, являющееся оценкой достижения поставленной цели, можно выразить следующей функциональной зависимостью:

J(x) = [H(y), G(z)], где H(y) – характеристики безотказности ТСПК, G(z) – вероятностные характеристики достоверного оценивания контролируемых параметров и принятия решений по результатам контроля. В качестве целевого показателя, позволяющего оценивать J(x), на уровне непосредственного выполнения приемочного контроля, предлагается использовать $P_{пс}$ – «вероятность правильного и своевременного выполнения приемочного контроля». Этот показатель представляет собой выходной эффект качественной оценки функционирования ТСПК. Термин «своевременность» введен в связи с упомянутым выше ограничением на время проведения контрольных операций. Своевременным будем считать окончание всей программы контроля при включенном состоянии БАСУ за одну приемку, регламентированную временем $t_к$. Временные затраты на любые повторные проверки или повторное выполнение всей программы контроля будем считать нежелательным дополнением (Δt) к заданному значению $t_к$ и оценивать показателем $t_к^p = (t_к + \Delta t) \le T_{ДОП}$.

Реализация требуемого уровня H(y) не представляет особой проблемы в связи с известными методами и средствами обеспечения безотказности ТСПК как системы кратковременного действия. В то же время, вероятность обнаружения отказа в БАСУ и принятие достоверного решения при оценке результатов каждой проверки параметров и режимов по программе контроля, связано со значительным числом случайных факторов и наличием неопределенностей. Как показано в работах [1,6], одним из наиболее перспективных способов повышения достоверности оценки результатов приемочного контроля является применение интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР). При отсутствии ИСППР вся ответственность за принятие правильного решения по результатам каждой проверки лежит на лице, принимающем решение (ЛПР), т.е. на контролере-операторе. В любом случае, и качество функционирования ТСПК, определяемое в основном характеристиками G(z), и показатель $P_{пс}$, связаны с принятием правильных решений по информации, полученной в результате контроля. Следовательно, для определения показателя $P_{пс}$ выходного эффекта, как качественной характеристики эффективности ТСПР, необходимо детально проанализировать процесс оценки информации, получаемой в результате проведения приемочного контроля.

Информационная энтропия, характеризующая количество неопределенности в информации, является мерой ее хаотичности или мерой внутренней неупорядоченности информационной системы приемочного контроля, обеспечивающей прием или создание информации, ее хранение, передачу и использование. Уменьшения энтропии или неопределенности до минимально возможной величины, согласно теории информации, можно достичь за счет углубленного изучения имеющейся информации и поступления недостающей информации, изменяющей степень неосведомленности ЛПР о состоянии системы. Применение ИСППР позволяет повысить надежность технологического процесса приемочного контроля и является существенным фактором перевода ТСПК в детерминированное состояние, при котором у ЛПР складывается полное представление о процессе и тем самым управленческое решение принимается в условиях полной определенности.

В числе имеющихся информационных технологий предусмотрены методологии определения меры информации: синтаксической, семантической и прагматической. Традиционно информация оценивается ее количеством, и этого в большинстве задач анализа технических каналов связи является достаточно. Однако для ЛПР в системе ТСПР значение имеет не только и не столько количество информации, сколько ее ценность. Прагматический подход к определению меры информации отражает отношение информации и ЛПР, соответствие информации цели приемочного контроля и проявляется только при наличии их единства. Прагматический подход связан с рассмотрением ценности, полезности использования информации при выработке ЛПР решений для достижения цели и зависит от качества принятых решений и мер. Выбранный показатель $P_{пс}$ соответствует всем этим требованиям. .

Ценность информации, которой ИСППР обеспечивает ЛПР, обусловливается комплексом основных потребительских показателей ее качества. Ценная информация, учитывающая особенности ее использования в ТСПК, должна быть достоверной, достаточно полной для принятия правильного решения, доступной, своевременной, репрезентативной, актуальной и представленной в удобном для восприятия виде.

Для вычисления количественного показателя ценности информации может быть применен способ В. И. Корогодина [5], по которому ценность информации определяется приращением вероятности достижения той цели, для чего данная информация используется. Количественный показатель ценности информации, являясь обобщенным, интегральным измерителем результативности приемочного контроля, может быть использован в качестве показателя выходного эффекта применения ИСППР. В этом случае, формула для вычисления коэффициента эффективности ИСППР выглядит следующим образом:

$$C = \frac{P_{пс1} - P_{пс0}}{1 - P_{пс0}}, \qquad (1)$$

где $P_{пс1}$ - вероятность безошибочного и своевременного выполнения приемочного контроля с использованием ИСППР, $P_{пс0}$ - вероятность безошибочного и своевременного выполнения приемочного контроля без использования ИСППР.

Моделирование показателя $P_{пс}$ предлагается выполнять на основе применения инструмента байесовских сетей доверия (БСД). Как правило, данный подход реализуют при построении моделей системы, являющейся комплексом взаимосвязанных объектов различного типа. БСД позволяют рассматривать все множество наиболее значимых факторов процесса в их взаимосвязи и эффективно описывать динамику изменения вероятностей нахождения

процесса в различных состояниях в зависимости от состояний факторов [6, с.194]. Применительно к процессу приемочного контроля БАСУ байесовский подход позволяет проводить информационный анализ ТСПК, элементы которой вносят различный вклад в информацию о состоянии БАСУ и технологического процесса, и получать оценку целевого параметра сети, характеризующего качество выполнения приемочного контроля.

Байесовская сеть представляет собой направленный граф, состоящий из узлов и дуг. Узлы представляют собой переменные, а дуги – условные зависимости в модели. Отсутствие дуги между двумя переменными указывает на их условную независимость; т.е. вероятность одной из переменных не зависит непосредственно от состояния другой. Предлагаемый подход рассматривает задачу оценки $P_{пс}$ как задачу классификации, т.е. принадлежности к одной из двух непересекающихся областей: приемочный контроль выполнен безошибочно, своевременно и приемочный контроль не выполнен безошибочно, своевременно. На рис. 1 показана топология байесовской сети для процесса приемочного контроля, где родительский узел (результат выполнения приемочного контроля) представляет собой гипотезу, дочерние узлы (наиболее существенные факторы, влияющие на состояние родительского узла) - свидетельства.

Узлы БСД представляют собой дискретные случайные величины с конечным количеством состояний и приведены в табл. 2. Для количественного описания БСД используются таблицы безусловных вероятностей для гипотезы и условных вероятностей для свидетельств. В случае дискретного узла такая таблица содержит распределение вероятностей между всеми возможными состояниями этого узла. Численные значения параметров таблиц формируются экспертами на основании имеющейся на данный момент времени информации. Например, для переменной B_3 (контрольно-проверочная аппаратура) таблица условных вероятностей выглядит следующим образом (табл. 3).

Рис. 1. Топология байесовской сети для процесса приемочного контроля БАСУ.

На этапе разработки ИСППР такой информацией является: экспериментальные и статистические данные, характеризующие работу, функционирующей в настоящее время, ТСПК без ИСППР; теоретические представления и субъективные оценки вероятностей экспертов, результаты предварительных экспериментов. По мере поступления дополнительных сведений эти значения подвергаются уточнению и, при наличии достаточного количества статистических данных, вероятностные суждения могут быть представлены с помощью частотной интерпретации вероятности.

Раскрытие неопределенности показателя эффективности приемочного контроля осуществляется в БСД путем вычисления вероятности состояния целевого элемента моделируемой системы. Суть рассуждений в байесовской сети: в систему поступает информация (свидетельства) о том, что события, соответствующие тем или иным ее узлам, произошли, и нашей задачей становится – оценить, как изменились вероятность состояния целевого узла (гипотезы). Можно сказать, что информация, приходящая в наблюдаемые переменные (дочерние узлы), распространяется внутри байесовской сети и изменяет вероятностное распределение ненаблюдаемой переменной (родительского узла). Следует заметить, что байесовское понимание вероятности, в отличие от частотного, представляет собой степень доверия к правдоподобности гипотезы, а математическим базисом для вероятностного вывода является аппарат классической теории вероятностей. Вычисление апостериорной условной вероятности состояния родительского узла основано на применении четырех основных правил: формулы Байеса, формулы полной вероятности, правила обобщенной суммы и цепного правила. В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию. Установлены следующие значения переменных: $B_1=1$, $B_2=1$, $B_3=1$, $B_4=1$, $B_5=1$, $B_6=1$. Необходимо вычислить вероятность A=1. Совместная вероятность наступления A, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, определяемая формулой полной вероятности и цепным правилом, имеет следующий вид:

Таблица 2

Узлы БСД и их дискретные состояния

Узел	Значения переменных в узлах БСД	Пояснение
Результат приемочного контроля	A=1. Приемочный контроль выполнен безошибочно и своевременно A=2.Приемочный контроль не выполнен безошибочно и своевременно	Вычисление вероятности правильного и своевременного выполнения приемочного контроля
Квалификация обслуживающего персонала	B_1=1. Средний уровень B_1=2. Высокий уровень	Оценка уровня профессиональной подготовки обслуживающего персонала
Готовность объекта - БАСУ	B_2=1. Отсутствие неисправностей и предотказных состояний B_2=2. Наличие неисправностей или предотказных состояний	Оценка технического состояния изделия
Технический уровень контрольно-проверочной аппаратуры	B_3=1. Наличие неисправностей B_3=2.Отсутствие неисправностей	Оценка технического состояния контрольно-проверочной аппаратуры
Достоверность результатов тестовых проверок	B_4=1. Наличие неопределенностей в результатах тестирования B_4=2.Отсутствие неопределенностей в результатах тестирования	Оценка неисправностей на их различимость, обеспечивающую глубину поиска до составной части после тестирования. Оценка запаса работоспособности параметров контроля
Интеллектуальный уровень системы поддержки принятия решений	B_5=1. Низкий уровень состояния БЗ и БД B_5=2. Средний уровень состояния БД и БЗ B_5=3. Высокий уровень состояния БД и БЗ	Оценка совершенства БЗ и БД
Достоверность визуального и органолептического контроля	B_6=1. Наличие признаков неисправностей B_6=2. Отсутствие признаков неисправностей	Выявление косвенных диагностических признаков: световые и звуковые сигналы, изменение температуры, показания измерительных приборов, повреждения элементов, изоляции и др.

Таблица 3

Значения условных вероятностей P(B3|A)

B_3	P(B3|A=1)	P(B3|A=2)
1	0,2	0,15
2	0,8	0,85

$$P(A, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6) = P(A) \cdot P(B_1 \mid A) \cdot P(B_2 \mid A, B_1) \cdot P(B_3 \mid A, B_1, B_2) \cdot$$
$$\cdot P(B_4 \mid A, B_1, B_2, B_3) \cdot P(B_5 \mid A, B_1, B_2, B_3, B_4) \cdot P(B_6 \mid A, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5) =$$
$$= P(A) \cdot P(B_1 \mid A) \cdot P(B_2 \mid A) \cdot P(B_3 \mid A) \cdot P(B_4 \mid A) \cdot P(B_5 \mid A) \cdot P(B_6 \mid A).$$

Из формулы Байеса получаем следующее уравнение для вычисления апостериорной вероятности гипотезы:

$$P(A = 1 \mid B_1 = 1, B_2 = 1, B_3 = 1, B_4 = 1, B_5 = 1, B_6 = 1) =$$
$$= \frac{P(A = 1) \cdot P(B_1 = 1, B_2 = 1, B_3 = 1, B_4 = 1, B_5 = 1, B_6 = 1 \mid A = 1)}{P(B_1 = 1, B_2 = 1, B_3 = 1, B_4 = 1, B_5 = 1, B_6 = 1)} =$$

$$= \frac{P(A = 1, B_1 = 1, B_2 = 1, B_3 = 1, B_4 = 1, B_5 = 1, B_6 = 1)}{P(B_1 = 1, B_2 = 1, B_3 = 1, B_4 = 1, B_5 = 1, B_6 = 1)} = \frac{P(A = 1) \cdot \prod_{k=1}^{6} P(B_k = 1 \mid A = 1)}{\sum_{n=1}^{2} P(A_n) \cdot P(B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 \mid A_n)} =$$

$$= \frac{P(A = 1) \cdot \prod_{k=1}^{6} P(B_k = 1 \mid A = 1)}{\sum_{n=1}^{2} P(A_n) \cdot P(B_1 \mid A_n) \cdot P(B_2 \mid A_n) \cdot P(B_3 \mid A_n) \cdot P(B_4 \mid A_n) \cdot P(B_5 \mid A_n)},$$

где:

$$\sum_{n=1}^{2} P(A_n)\cdot P(B_1 \mid A_n)\cdot P(B_2 \mid A_n)\cdot P(B_3 \mid A_n)\cdot P(B_4 \mid A_n)\cdot P(B_5 \mid A_n)\cdot P(B_6 \mid A_n) =$$
$$= P(A=1)\cdot P(B_1=1 \mid A=1)\cdot P(B_2=1 \mid A=1)\cdot P(B_3=1 \mid A=1)\cdot P(B_4=1 \mid A=1)\cdot$$
$$\cdot P(B_5=1 \mid A=1)\cdot P(B_6=1 \mid A=1) + P(A=2)\cdot P(B_1=1 \mid A=2)\cdot P(B_2=1 \mid A=2)\cdot$$
$$\cdot P(B_3=1 \mid A=2)\cdot P(B_4=1 \mid A=2)\cdot P(B_5=1 \mid A=2)\cdot P(B_6=1 \mid A=2).$$

Таким образом, мы получили численное значение $P_{пс1}$. Вычисление $P_{пс0}$ производится аналогичным способом, но при отсутствии в байесовской сети узла «Интеллектуальный уровень системы поддержки принятия решений».

Показатель относительного качества **C** определяем по формуле (1).

Критерием эффективности, позволяющим сопоставлять различные варианты $u \in U$ построения ИСППР, является: $W(u^*) = \max_{u \in U} W(u)$, (2)

где u^* - оптимальный вариант, обеспечивающий максимальную эффективность в приемочном контроле, - варианты, удовлетворяющие условию $C_и \geq C_и^{тр}$, $C_и^{тр}$ - требуемое значение **C**.

В результате моделирования, максимально учитывающего специфику приемочного контроля БАСУ, синтезируется новая информация, которую невозможно получить другими способами, особенно при отсутствии накопленных знаний по контролю нового изделия.

Дальнейшее повышение выходного эффекта ИСППР и эффективности процесса приемочного контроля в целом может быть достигнуто путем обучения БСД на имеющихся экспериментальных данных. Обучение можно разделить на два направления: выбор эффективной топологии сети с возможным добавлением новых узлов, коррекцией количества состояний узлов и настройка параметров условных и безусловных распределений для значений переменных в узлах. Численные значения условных вероятностей, которые используются для прогнозной оценки $P_{пс}$, могут быть получены на основания экспертной обработки результатов приближенных аналитических расчетов.

Вероятность $P_{пс}$ определяется двумя составляющими $P_{пс} = P_п \cdot P_с$,

где $P_п$ - вероятность правильного выполнения приемочного контроля, $P_с$ - вероятность своевременного его выполнения.

Вероятность правильного выполнения приемочного контроля – это степень соответствия результата контроля действительному техническому состоянию изделия и выражается через такой показатель качества приемочного контроля, как достоверность результатов контроля.

Своевременность решения задач контроля оценивается вероятностью того, что стоящие перед ТСПК задачи будут решены за время, не превышающее допустимое:

$$P_с = P\left(T_{пк}^{ср} \leq T_{доп}\right) = \int_0^{T_{доп}} \varphi(T)\cdot dT,$$

где $T_{пк}^{ср}$ - средняя продолжительность приемочного контроля, $T_{доп}$ - допустимое время проведения приемочного контроля, $\varphi(T)$ - функция плотности времени проведения приемочного контроля. Эта вероятность по статистическим данным об отказах может оцениваться выражением:

$$\overline{P}_с = 1 - \frac{N_{нс}}{N_о},$$

где $N_{нс}$ - число случаев несвоевременно проведенного контроля, $N_о$ - общее количество проведенных процессов приемочного контроля за календарный отрезок времени, $\overline{P}_с$ - статистическая оценка вероятности своевременного проведения приемочного контроля. При большом числе $N_о$ статистическая оценка $\overline{P}_с$ практически совпадает с вероятностью своевременного проведения приемочного контроля $P_с$.

$$T_{пк}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{m} T_{пкi}}{m},$$

где $T_{пк}$ - количество времени, которое проходится на выполнение i-го приемочного контроля, m – общее количество проведенных процессов приемочного контроля, $T_{пкi} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$,

где T_1 - время контроля правильности функционирования БАСУ в соответствии с инструкцией по отысканию и устранению неисправностей, а также, с инструкцией по комплексному контролю; T_2 - время контроля правильности функционирования БАСУ при изменении питающего напряжения; T_3 - дополнительное время на мероприятия по устранению несоответствия БАСУ какому-либо требованию ТУ; T_4 - время выполнения дополнительных проверок в выборочном режиме, в случае отрицательного результата тестовых проверок или наличия предотказных состояний параметров;

Предложенные методологический подход и методика оценки эффективности ТСПК с ИСППР при проведении приемочного контроля высоконадежных изделий с ограничением на время контрольных операций расширяют сферу прикладных исследований теории эффективности и могут быть использованы при выполнении анализа с целью достижения высокой эффективности процесса функционирования технологических систем контроля.

Список литературы:

1. Смирнов В. А. Современный подход к совершенствованию технологических систем контроля и диагностирования сложных технических объектов. Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения» Часть II / под общ. Ред. В.В. Алейника, К.Е. Легкова, В.Д. Боева и др.; ответст. За вып.: С.В. Чернышев. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2013. С. 216-220.
2. Смирнов В. А. Модель контролируемого параметра в бортовых системах управления // Научная сессия ГУАП: сб.докл. Ч.II. Технические науки. – СПб.: ГУАП. - 2013. - С. 74-77.
3. ГОСТ 27.002-89 - Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Госстандарт, 1989.
4. ГОСТ 27.004-85 - Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. Госстандарт, 1985.
5. Корогодин В. И., Корогодина В. Л. Информация как основа жизни. – Дубна: Издательский центр "Феникс", 2000. С. 38.
6. Ларин В.П., Смирнов В.А. Интеллектуализация технологии приемочного контроля сложных технических объектов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: IX междунар. науч.-практич. конф. «Электронные средства и системы управления», окт. 2013. – вып. 1(31). – 2014. – С. 191-196.

УДК 728.7(517.3)+72.012.6

ОСОБЕННОСТИ МАШИННОГО ДИЗАЙНЕРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ С БЫСТРЫМ ПРОТОТИПИРОВАНИЕМ.

С. О. Никифоров
д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ
Б. С. Никифоров
канд.техн.наук., и.о. доцента кафедры технологии и предпринимательства педагогического института БГУ, г.Улан-Удэ
В. Н. Михайлов
аспирант Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ
О. С. Никифорова
г. Улан-Удэ

Представлены особенности машинных дизайн - технологий проектирования изделий с процедурой быстрого проектирования на основе модульного синтеза. Дан алгоритм их структурного проектирования, и представлены их эксплуатационные показатели качества.

Ключевые слова: машинные дизайн – технологии, прототипирование, модульный синтез, быстрое прототипирование, показатели качества.

S.O. Nikiforov, Dr. Sc. Engineering,Prof.
B.S. Nikiforov, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.
V.N. Mikhailov, P.G.
O.S. Nikiforova, P.G.

The features of machine design – technologies on the basis of modular synthesis with rapid prototyping. The algorithm of their structural design is given and their operational indicators of quality are presented.

Key words: machine design – technologies, designing, modular synthesis, modular synthesis, rapid prototyping, indications of quality.

Введение

Тема разработки и вывода на рынок качественно новых успешных продуктов чрезвычайно актуальна для развития экономики России. В этом плане при создании инновационных продуктов необходим целостный системный подход к исследованию, проектированию, изготовлению, эксплуатации, сервису, контролю и утилизации на основе понятия «жизненны цикл изделия» (ЖЦИ) [1], где это понятие образует цикл качества изделия на все его стороны (ГОСТ 15.004-82). Технические требования к изделию – это требования и нормы, определяющие показатели качества и эксплуатационные характеристики продукции с учетом действующих стандартов и норм. Главной целью проектирования продукции становится ее конкурентоспособность, определяемая качеством и затратами на его достижение, а успех этого определяется менеджментом качества на всех стадиях ЖЦИ. До 75% качества продукции закладывается при проектировании и до 20% добавляется при его изготовлении. На заключительные стадии ЖЦИ – эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт – приходится от 5 до 10% качества, но и на этой стадии качество изделия определяется качеством проектирования и производства. Такой подход позволяет объединить процессы производства и проектировании продукции в единое целое и выявить общие закономерности формирования ее качества на данных стадиях.

Проектируемый дизайнером объект представляет собой некую пространственно организационную сущность средствами технического и художественного дизайна, которая при необходимости может быть овеществлена хотя бы в одном экземпляре, например, средствами быстрого прототипирования изделия [2,3] что позволяет быстро реагировать на конъюнктуру и потребности рынка.

Особенности дизайнерского проектирования, показатели качества изделий, процесса их создания.

Производство разного рода изделий создало предпосылки появления современного дизайна, включая машинные дизайн - технологии [2,3]. При создании изделий анализ образует основу процесса дизайнерского проектирования с учетом функционально - технических особенностей изделия, создается необходимая упорядоченность модулей, определяется экономическая целесообразность, т.е. создается внутренне согласованная пространственно - целостная система. Необходимость получения улучшенных функциональных свойств и повышения потребительской стоимости изделий требует от дизайнера особого внимания к комплексу функций, обеспечивающихся выбором основных конструктивных узлов (модулей) и структурных отношений между ними, к материалу и способам его обработки (технологии) [4]. Совокупность формируемых функциональных свойств изделия можно разделить на две группы: направленные на получение полезного эффекта при потреблении; на затраты при производстве и эксплуатацию. При этом потребление и функции изделия вносят свои критерии его оценки. Логику дизайна удобно представить понятиями «морфологии» изделия и её «аксиологии» [5], где под морфологией понимается структура изделия, целенаправленно формируемая человеком при его создании, т.е. дизайнер раскрывает при воспроизведении проекта вещественные, натуральные свойства создаваемого объекта. Однако, кроме формообразования изделия, должны выполняться полезные функции - общественно-ценностные свойства, определяющие понятие «аксиология». Начальный этап дизайнерской разработки подразумевает аксиологию, т.е. всесторонний анализ того, что представляет собой изделие для потребителя и как оно взаимодействует с ним и обществом. После анализа следует этап синтеза - создание приемлемой морфологической структуры, композиционная проработка формы изделия и ее элементов, включая художественное оформление, например, при необходимости, орнаментальную отделку***[3-6].*** Выявляются особенности морфологии изучаемого объекта, изучается топология функционально - компоновочных структур в целом и их модулей, включая характер их взаимного расположения в изделии. Эффективным является системный подход к анализу функциональных моделей (систем), где проводится целостное их рассмотрение, в частности, на предмет выявления синергетических свойств того, к чему приводит взаимосвязь и взаимовлияние модулей. Таким образом, морфология и классификация иллюстрируют свойства модулей и изделия в целом, а типология (анализ эволюции) отражает эволюцию объектов в свете традиций их применения. При создании и эксплуатации изделия с высокими показателями качества необходимо различать понятия качества процесса создания (моделирования, проектирования, изготовления), эксплуатации, сервиса и показатели самого изделия (рис. 1).

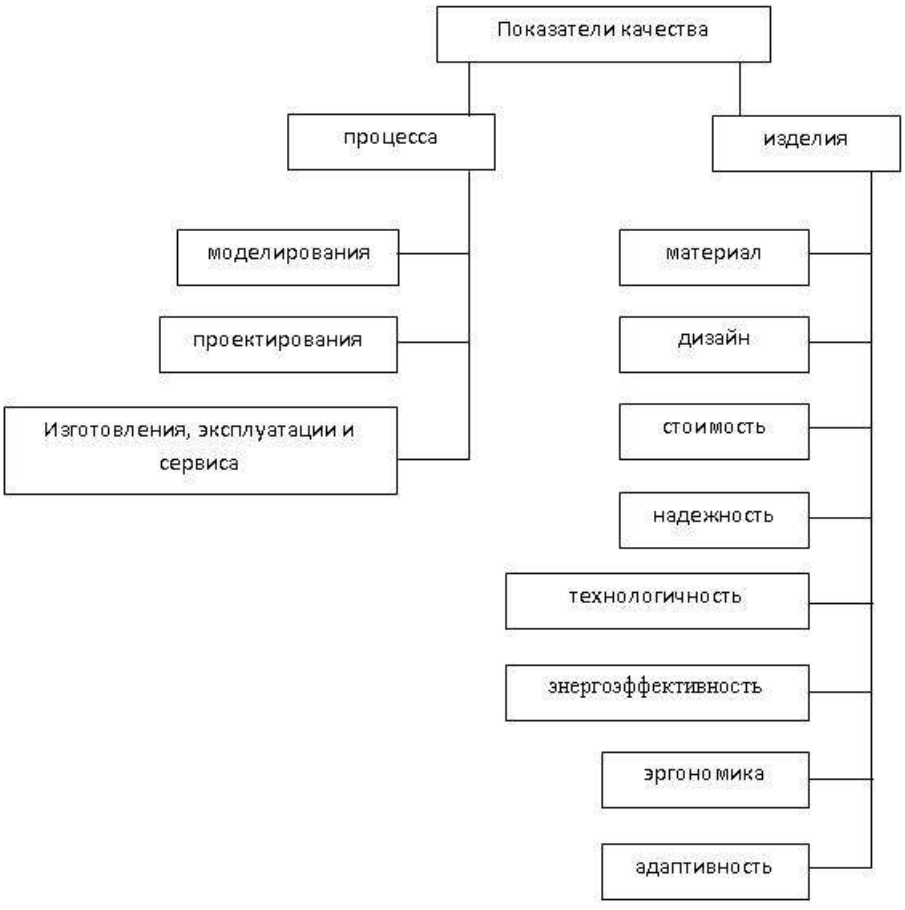


Рис.1. Показатели качества изделия и процесса создания, эксплуатации и сервиса.

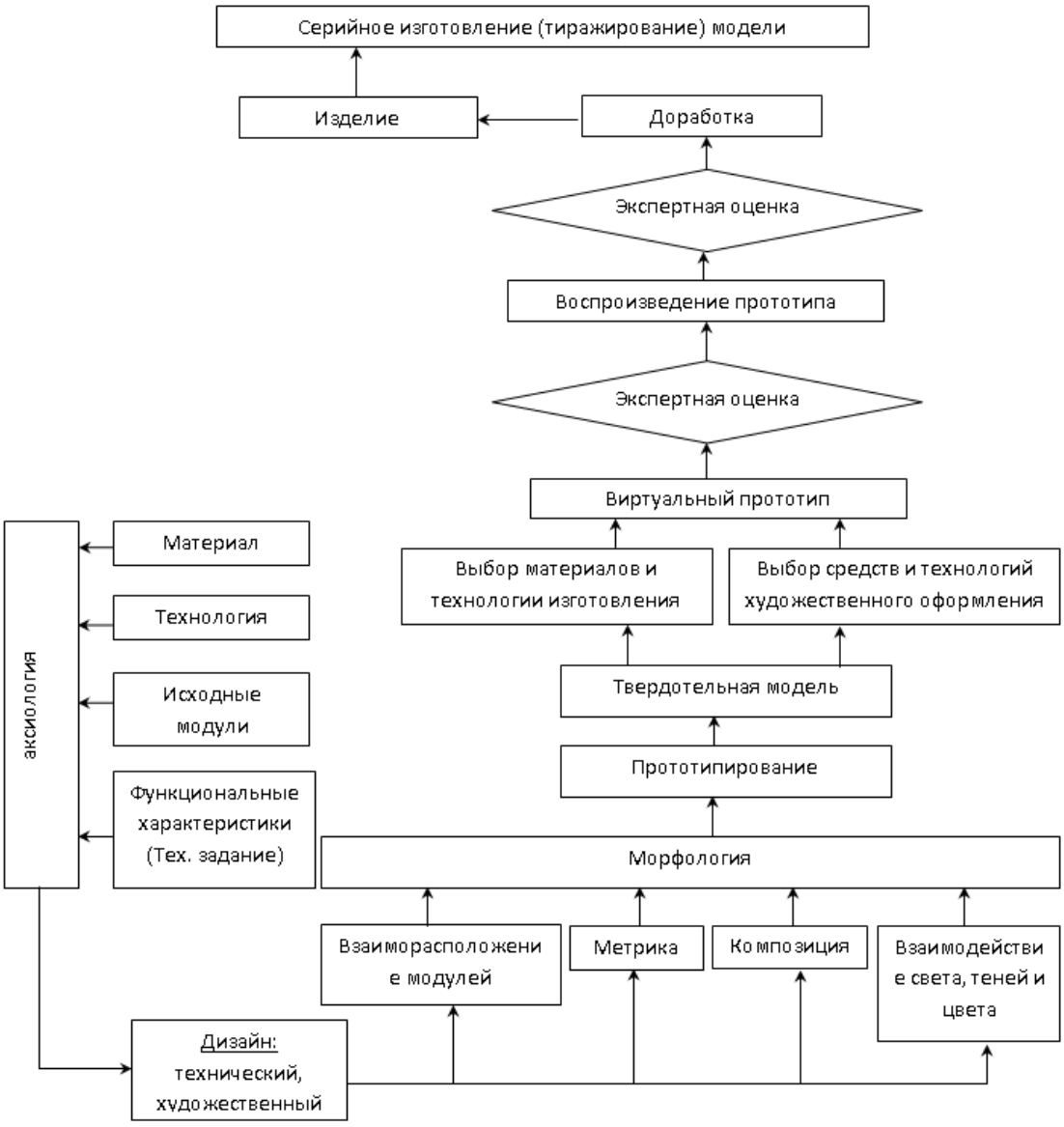


Рис.2. Процедура общего подхода к формированию изделия с учетом морфологических и аксиологических свойств.

Можно выделить следующие характерные особенности дизайна:

- для дизайна характерны синергетические свойства, когда его технический и художественный составляющие согласовывая функциональные свойства изделия, оказывают эстетическое воздействие на потребителя и представляют особый эффект качества изделий в соответствии с возможностями современных технологий и материалов, отвечают сегодняшним требованиям к промышленным изделиям;
- средствами дизайна проектируются не форма, а изделие, его элементы (модули), их взаимосвязь - взаиморасположение в нем;
- дизайн характеризуется качеством структуры, т.е. рациональностью организации изделия, когда оно воспринимается как единое целое, как с точки зрения практической полезности в глазах потребителя, так и с позиций производства. На рис.2 представлена процедура общего подхода к формированию изделия с учетом его морфологических и аксиологических свойств.

Воплощение в каком-либо изделии заданного набора показателей качества является целью проектирования, а материальные воплощения показателей качества - целью производства (изготовления). Результатом проектирования является проект, результатом производства - продукция.

Машинные дизайн - технологии быстрого прототипирования

Путь от идеи до готового изделия должен быть максимально коротким, поскольку оперативно реагировать на запросы рынка выпуском качественных изделий значит обеспечить производителю конкурентные преимущества. Для быстрого реагирования на изменения в конъюнктуре и потребностей рынка перспективно применение машинных дизайн -технологий. Это, в первую очередь, относится к использования процедур быстрого прототипирования и последующего тиражирования в массовом производстве.

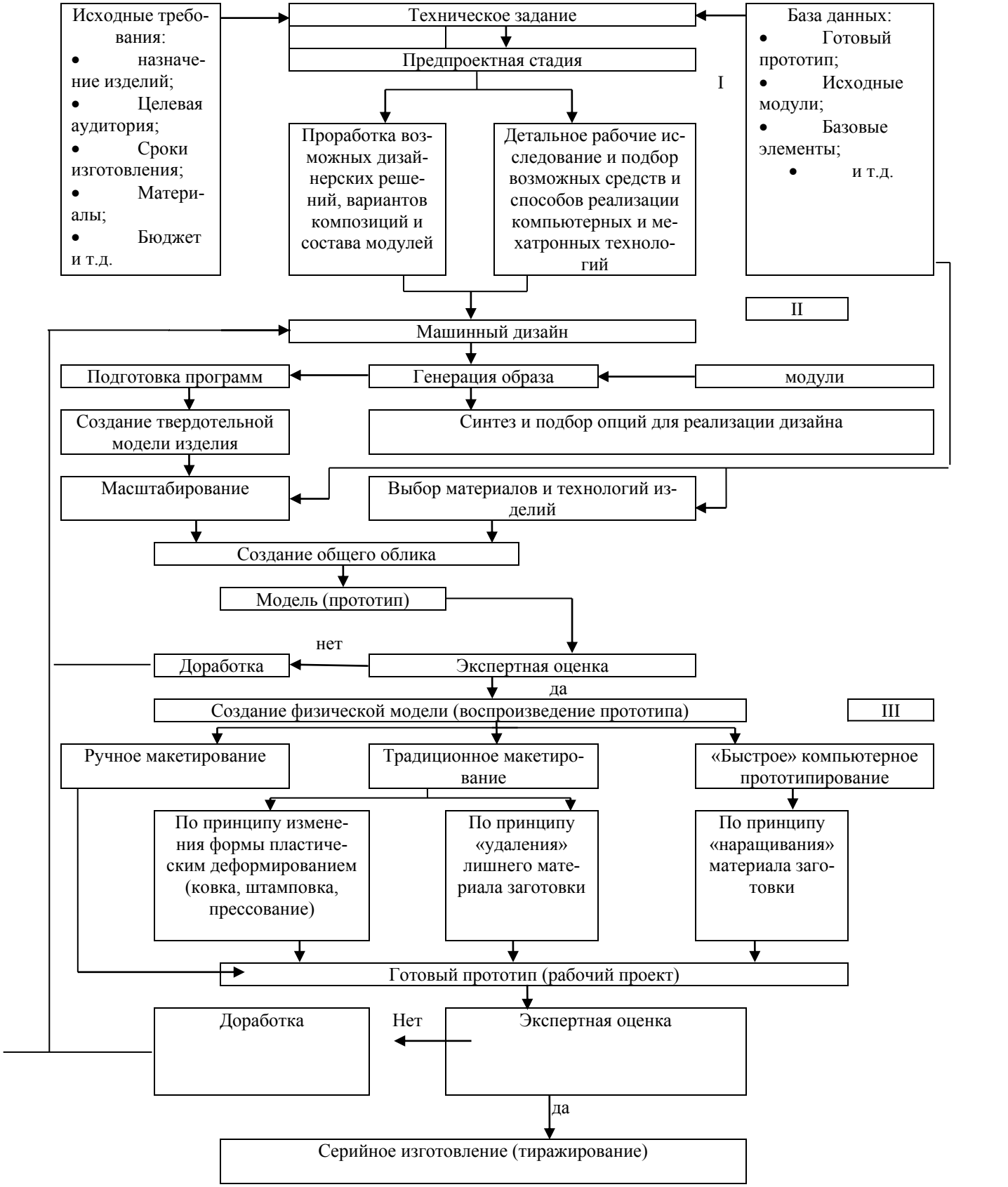


Рис. 3. Алгоритм машинного дизайнерского прототипирования.

В процессе разработки новой продукции, возникает необходимость в опытных образцах - моделях (прототипах)[2].

Термин «прототип» в технике означает принятую работающую модель или опытный образец и может относиться как к макету - материализованному образу объекта, так и к работоспособному изделию, способному выполнить требуемые функции.

Модели прототипы требуется для:

- эффективной сегментации рынка сбыта путем демонстрации заказчикам потребительских образцов разрабатываемого изделия;
- использования в рекламных компаниях;
- более качественной отработки дизайнерами эстетически совершенных внешних форм и функциональных свойств изделия (эргономики и др.);
- внесения необходимых коррективов конструкторами еще до запуска изделий в производство.

Таким образом, уже на стадии прототипирования имеется возможность оценить эстетические и функциональные свойства продукта. При необходимости возможно постоянное обновление дизайна изделия, внесение изменений в конструкцию, постоянная модернизация самого изделия.

На физической модели можно проводить различные тесты еще до того, как будет готов окончательный вариант, осуществлять проверку параметров формы изделия, собираемости и функциональности создаваемого продукта.

Прототип удобен в прикладных задачах, требующих оценки формы деталей и проверки, характеристик опытного образца (макета). На рис.3 представлен алгоритм иерархической последовательности реализации процесса машинной дизайн - технологии прототипирования, где уровень I представляет проектную стадию, уровень II - процесс реализации процедуры машинного дизайна (с учетом возможности орнаментального дизайна проектируемого изделия, если это предусмотрено требованиями технического задания); уровень IIIотражает фазу создания твердотельной модели изделия.

Таким образом, в общемслучае при автоматизированной дизайнерской проработке необходимо различать следующие аспекты:

- машинный конструктивно - компоновочный дизайн изделия в целом и компьютерное моделирование его декора;
- выбор технологии мехатронного воспроизведения прототипа;
- экспертную оценку прототипа и доработку проекта;
- тиражирование.

Пример реализации данной методологии дан в применении на дизайн – проекте монгольских юрт [9].

Библиография

1. Аюшеева А.О., Челпанов И.Б., Никифоров Б.С., Интегрированные производственные системы. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 60с.
2. Челпанов И.Б., Никифоров С.О., Кочева Т.В., Никифоров Б.С. Машинные дизайн технологии быстрого прототипирования // Вестник БГУ. Вып.9: Математика и информатика. – 2010. – С. 283-289.
3. Никифоров С.О., Никифорова О.С., Никифоров Б.С. Машинные дизайн технологии техническое и художественное моделирование при прототипировании и производстве изделий // Автоматизация и современные технологии. – 2012. - № 5. – С. 14-20.
4. Никифоров С.О., Мандаров Э.Б., Никифоров Б.С., Ганбат Ш. Влияние специфики свойств материалов в мехатронных технологиях производства изделий с орнаментальной обработкой // Фундаментальные проблемы современного материаловедения 2008. №4, т.5. С.112-117.
5. Никифоров С.О., Никифоров О.С., Никифоров Б.С. Об учете морфологии и аксиологических особенностей при машинном дизайнерском проектировании с прототипированием безреверсных мехатронных манипуляционных устройств // Вестник компьютерных и инновационных технологий – 2011 - №9. С. 36-40.
6. Никифоров Б.С., Никифоров С.О., Жалсанова О.С. Машинное дизайнерское проектирование изделий с орнаментальной отделкой // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2010. – №10. – С. 11-21.
7. Никифоров С.О., Жалсанова О.С., Никифоров Б.С. Компьютерные и мехатронные технологии машинного орнаментирования изделий // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. - № 2. – С. 9-18.
8. Никифоров С.О., Мандаров Э.Б., Никифоров Б.С. Мехатронные устройства машинного орнаментирования изделий. – Улан-Удэ: Изд-во СО РАН. 2002 -153 с.
9. Никифоров С.О., Михайлов В.Н., Никифоров Б.С. Особенности дизайна монгольских юрт (гэр): генезис, типология, каркасно – модульные технологии и их трансформации // Вестник БНЦ СО РАН. 2014 - №1. – С. 88-99.

МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СОБЫТИЙНО-ИМИТАЦИОННОГО МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Добрынин Владимир Николаевич

Канд. техн. наук, проф. Института системного анализа и управления ГОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна», г. Дубна,

Эндерев Владимир Алексеевич

директор ООО «Центропроект», г. Белгород,

Миловидова Анна Александровна

Аспирант, ГОУ ВПО Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Институт системного анализа и управления, г. Дубна,

Принципы управления качеством дискретно-непрерывных технологических процессов являются основой для построения широкого класса комплексных событийно-имитационных моделей и систем управления качеством ТП. При этом, включение в систему управления агентов, как локальных взаимодействующих подсистем управления, обеспечивает качественную коррекцию протекания технологического процесса в заданной области пространства показателей эффективности. В статье авторами раскрывается содержание высказанных гипотез.

Определим понятийный базис, необходимый для изложения содержания статьи. Под технологическим процессом будем понимать упорядоченную последовательность работ людей и механизмов (систем) направленных на преобразование исходного материала (энергии, знаний, информации) в конечный продукт с заранее заданными качествами (свойствами). В нашем изложении главным свойством упорядоченности является протекание работ в определённом временном регламенте, т.е. отношение между любой парой работ может определяться как: раньше, позже, одновременно. Под непрерывным технологическим процессом понимается такой процесс, в котором для любой пары работ, находящихся в отношении раньше или позже, всегда найдётся работа между этими работами. В противном случае процесс может быть назван дискретным. Когда речь идёт о дискретно-непрерывном технологическом процессе всегда можно выделить группы дискретных и непрерывных работ.

Приведём пример. Доставка руды с карьера на фабрику представляет собой дискретный процесс. Более того, если рассматривать грузовой поезд как совокупность грузовых вагонов (думпкаров), тогда разгрузка грузового поезда на фабрике осуществляется дискретно и состоит из следующих операций (для любого думпкара): позиционирование думпкара относительно входного бункера, разгрузка думпкара. Преобразование руды на фабрике «дробление-обогащение» представляет собой непрерывный процесс. Для дискретно-непрерывных процессов имеется возможность преобразования в адекватные дискретные процессы, следующим образом. Руда с карьера доставляется порциями на фабрику грузовыми поездами. Длительность доставки руды и разгрузка поезда определена регламентами. Объём поставляемой руды поездом также определён. Свойства поставляемой руды, с заданными разбросами, известны. Изменение значений свойств поставляемой руды может колебаться от поезда к поезду. Выделенные свойства руды существенно влияют на переменные состояния технологического процесса (такие как, размеры щелей дробилок, скоростей питателей, наполненности рудой бункеров, грансостава и т.д.). Таким образом, влияние значений свойств руды на технологический процесс определяет возможность рассмотрения дискретно-непрерывного движения руды как дискретного (в пространстве свойств руды) с длительностью дискретизации равной длительности доставки и разгрузки руды, при этом, значения свойств руды на этом интервале постоянны. Обобщая сказанное, сформулируем первый принцип.

Принцип №1. Для преобразования дискретно-непрерывного технологического процесса в дискретный процесс необходимо:

a) определить перечень переменных, характеризующих состояние технологического процесса;
b) определить перечень свойств исходного материала, влияющий на состояние технологического процесса;
c) определить функциональную зависимость переменных состояния ТП от свойств исходного материала;
d) определить длительность дискретизации в пределах которого значения свойств исходного материала неизменны.

Согласно этому принципу технологический процесс представляется следующим образом: в интервалах длительностей дискретизации переменные состояния ТП неизменны, а на концах интервалов возможны изменения переменных состояния. Перейдем к рассмотрению следующего принципа. Определим систему показателей, характеризующих качество технологического процесса. Когда речь идёт о показателе качества ТП подразумевается некоторая вычислимая переменная, зависящая от состояния ТП и характеризующая ТП на определённом интервале времени. Формально такую переменную называют функционалом.

Принцип №2. Для получения функциональной зависимости показателей от переменных состояния ТП необходимо:

a) определить систему показателей (как функционалы от переменных состояния ТП), характеризующих качество техпроцесса и качество промежуточного и конечного продуктов;
b) определить функциональную зависимость показателей от состояния ТП.

Из принципов №1 и №2 следует, что показатели качества являются зависимыми от свойств исходного сырья и переменных состояния ТП. Определим понятие эффективности. Под эффективностью ТП будем понимать систему показателей, на значения которых наложены определённые условия.

Принцип №3. Для определения эффективности ТП необходимо: зафиксировать эффективность ТП как систему показателей с условиями, определить способ вычисления эффективности. В соответствии с принципом №3 создаются условия оценки качества протекания ТП во времени и возможность управления технологическим процессом. Данный принцип может быть назван как принцип оценки качества и управляемости ТП.

Принцип №4. Рассмотрим понятие управление качеством ТП. В нашем представлении объектом управления является дискретный процесс преобразования исходного материала с заданными свойствами в конечный продукт. Сам технологический процесс характеризуется переменными состояния, изменяющимися дискретно во времени. Определена система показателей, как функционалов от состояния ТП. Определена эффективность ТП, характеризуемая системой показателей с наложенными на них условиями. Суть управления состоит в поддержки на заданном интервале времени состояния ТП таким образом, чтобы текущие показатели качества удовлетворяли заданным условиям. Если считать, что ТП достиг определённой эффективности, и возникло требование повышения эффективности относительно достигнутой, в таком случае говорят о задаче оптимального управления в гуманитарном смысле. В первом случае говорят о задаче стабилизации в пространстве показателей.

Принцип №5. Структурно-функциональной организации системы управления ТП. Для построения системы управления решения задачи стабилизации или оптимального управления необходимо:

a) определить условия, накладываемые на систему показателей или значения достигнутых показателей;
b) определить метрику сравнения текущих показателей с требуемыми;
c) определить интервалы измерения текущих показателей;
d) определить систему переменных характеризующих состояние ТП;
e) определить систему измерения текущих переменных состояния ТП;
f) определить интервалы измерения переменных состояния;
g) сформировать блок измерения текущего состояния ТП;
h) сформировать блок сравнения текущих показателей с эффективными;
i) сформировать блок выявления причин возможных нежелательных отклонений в значениях текущих показателей от требуемых;
j) сформировать блок ранжирования причин отклонений текущих значений показателей;
k) сформировать блок поиска управляющих решений, устраняющих нежелательные причины;
l) сформировать блок оценки предлагаемых решений;
m) сформировать блок выбора управленческих решений;
n) разработать план мероприятий реализации управленческих решений;
o) распределить план между исполнительными органами;
p) осуществлять контроль исполнения плана реализации управленческих решений.

Согласно принципу №4 обеспечивается возможность реализации общей системы управления качеством ТП.

Принцип №6. Структурно-функциональная декомпозиция системы управления ТП на подсистемы включает:

– управление стабильной работы (в рамках заданных регламентов) технологической схемы дробления и обогащения;
– управление качеством ТП в пространстве показателей или задача стабилизации.

Когда речь идёт о подсистеме управления, обеспечивающей стабильность протекания ТП в заданных регламентах, имеется в виду система АСУ ТП.

Задачи стабилизации и надёжности функционирования АСУ ТП являются неизменными. Это обстоятельство позволяет создавать регламенты (организационные, управленческие, функциональные, процессные) АСУ ТП. Неизменным для этого уровня являются известные качественные особенности месторождения и руды, поступающей на фабрику за определённый период времени. При таком подходе всегда имеются потери эффективности функционирования ТП. Снижение этих потерь осуществляется на комбинатах за счёт специалистов технологов (с большим практическим опытом и развитыми органами ощущений). В определённых точках ТП органолептическими методами (зрение, слух, обоняние, осязание) технологи косвенно измеряют качество исходного и промежуточного сырья, оценивают возможность изменения качества и, в конечном итоге, принимают решение о необходимости изменения управляющих переменных технологического процесса (тем самым изменяя режимы работы ТП). Таким образом, на фоне стабильной и надёжной работы ТП (за счёт АСУ) осуществляется качественное управление (задача коррекции). Следует отметить, управление качеством ТП и его автоматизация традиционно осуществляется (поэтапно для разных единиц оборудования) на уровне АСУ, что по нашему мнению неверно. Контур качественного управления, с учётом включения агентов, в настоящее время ни структурно, ни функционально, ни организационно не разработан. Это связано в первую очередь с отсутствием информации о функциональной деятельности агентов (что они делают частично отражено в должностных инструкциях, а как они измеряют, оценивают, принимают решения можно только догадываться и строить различные агентные модели).

Согласно сказанному предложенный принцип позволяет зафиксировать:

– автоматизированную систему управления АСУ решающую задачи надежности и стабильности функционирования ТП,
– систему управления качеством ТП (как надстройку над АСУ ТП), решающую задачу коррекции функционирования ТП в пространстве качества исходной и промежуточной руды.

Система управления качеством ТП частично осуществляется соответствующими регламентами работ (должностные инструкции, правила взаимодействия различных подразделений). Однако сегодня говорить об автоматизации этого уровня в большинстве случаев не приходится.

Принцип №7. Мультиагентность. Каждый из сотрудников (агент) может решать частную задачу и при этом у него есть представления о вкладе результата решения задачи в общую. Кроме того у агента есть представления о деятельности других агентов (что они должны делать известно, но как они выполняют свои функции агенту неизвестно, или известно с определённым уровнем неопределённости). Несмотря на разнообразие отношений, суть коллективной деятельности состоит в эффективном (время-ресурсы-качество) достижении общей цели (решения общей проблемы или задачи).

Рассмотрим пример. Управление качеством техпроцесса связано с изменчивостью свойств поступающей руды на фабрику: крепость (твёрдая, средней твёрдости, мягкая), крупность (мелкая, средняя, крупная), влажность (очень влажная, влажная, средней влажности, сухая), и т.д. Как правило, техпроцесс настроен на определённые осреднённые свойства руда для определённой группы вертушек. Однако изменчивость свойств руды может происходить не планово. Это приводит к различного рода потерям: неэффективная работа оборудования, время работы ТП, потеря качества переработки руды. Для сглаживания потерь предусмотрено регулярное осуществление специалистами контроля изменчивости свойств руды на линии ТП в определённых точках. В этих точках специалист (по косвенным признакам) осуществляет измерение некоторых свойств текущей и частично обработанной руды оценивает возможное изменение свойств руды, осуществляет

выбор решения (в случае изменения свойств руды) принимает решение и передаёт принятое решение органу принимающее окончательное решение. Вышесказанное представляется как гипотезы о деятельности агента. Известно лишь, что в каждой точке контроля он органолептическим методом осуществляет измерения. Неизвестно качество выполненных измерений, конечные эффекты принятых решений специалистом. Поскольку таких специалистов несколько и их профессиональный опыт различен и мера ответственности высокая в результате имеем мультиагентную организацию специалистов, с разным уровнем опыта и профессионализма, решающую одну проблему (задачу) – повышение эффективности ТП за счёт своевременного изменения режимов работы ТП в зависимости от свойств руды. Принцип мультиагентности обеспечивает возможность разработки системы управления качеством (для решения задачи коррекции ТП) на фоне функционирования ТП в плановом режиме.

Принцип №8. Событийно-имитационный подход к построению модели ТП. В отличие от других видов моделей (например, математических, процессных, логических и т.д.) имитационная модель характеризуется следующими особенностями:

1. Имитационная модель отражает структурные особенности исследуемого объекта.
2. Имитационная модель отражает процессы, происходящие в объекте исследования по принципу: «вход-процесс-выход».
3. Процессы представляются функциями и / или правилами, и / или экспериментальными таблицами, связывающими входы с выходами.
4. Целостность имитационной модели представляется системой ограничений на входы, выходы, процессы и связи (отношения).
5. Отношения между компонентами представляются ограничениями на связи между входами и выходами.
6. Динамика изменения состояния имитационной модели, характеризуется выходными переменными модели, зависящими от времени.

Все процессы, происходящие в объекте исследования, рассматриваются как события, характеризуемые временной протяженностью и определённой завершённостью. Рассмотренный принцип событийно-имитационной модели, через его особенности, обеспечивает возможность анализа объекта исследования, как в области принятых ограничений, так и в области параметров.

Рассмотренная совокупность принципов является методологической основой, для создания широкого класса компьютерных систем управления качеством дискретно-непрерывных технологических процессов на основе имитационно-событийного мультиагентного подхода.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ЗАХВАТЕ МЕТАЛЛА ВАЛКАМИ ТРУБОПРОКАТНОГО СТАНА

Натриашвили Тамаз Мамиевич
Докт. техн. наук, директор института механики машин, г. Тбилиси
Мебония Слава Арсеньевич
Докт. техн. наук, зав. отдела, института механики машин, г. Тбилиси
Мшвилдадзе Придон Киязович
Акад.докт., гл.инж. института механики машин, г. Тбилиси

Ударные нагрузки в трубопрокатных станах обусловлены характером про-цесса прокатки на его начальной стадии, а именно захватом движущейся с оп-ределенной скоростью трубы-заготовки валками стана. При этом различают первичный захват металла , когда она вступает во взаимодействие с валками и вторичный захват, когда труба-заготовка сталкивается с неподвижной оправкой установленной с помощью стержня в очаге деформации стана [1, с.42].

На рис.1 дана схема вторичного захвата трубной заготовки валками автоматического стана трубопрокатной установки.

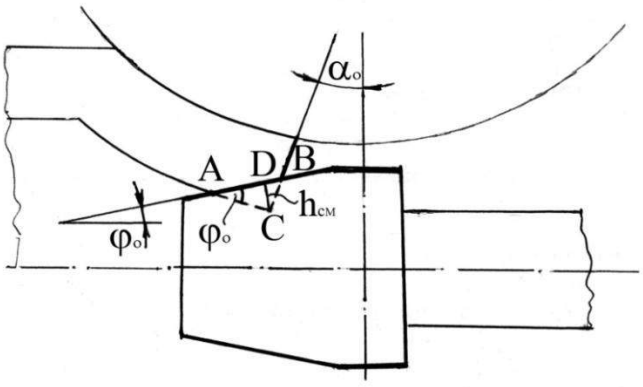


Рис.1.Схема процесса вторичного захвата металла валками автоматстана

Поскольку при прокатке взаимодействие рабочих валков стана происходит с нагретым до высокой температуры металлом, при расчетах силовых параметров необходим учет пластических свойств металла, что значительно усложняет расчеты. В таком случае зависимость величины местного смятия α от усилия на контакте Р должна быть представлена в виде:

$$\alpha = bP^n,$$

где $b-$ коэффициент податливости материала; $n--$ показатель степени, зависящий от формы соударяемых тел в зоне контакта.

Разработанная в работе [2, с.35] феноменологическая теория удара позволяет расчитывать параметры удара для разного характера взаимодействия тел, в том числе и для упруго-пластического удара, поэтому рассматриваемый здесь метод расчета учитывает основные положения этой теории.

Выбор модели процесса соударения в значительной степени определяется скоростью соударяемых тел, при этом минимальная скорость соударения тел при которой в материале возникают должна быть расчитана по формуле:

$$V_{S1} = \frac{\pi^2[\frac{4(1-\mu_1)}{E_1} + \frac{4(1-\mu_2)}{E_2}\sigma_{T1}^{2S}}{32\sqrt{10\rho_1 e^S (1-2\mu_1)^S}}$$

Здесь μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона; E_1, E_2 – модули Юнга; σ_{S1} – предел текучести материала; ρ_1 – Плотность материала; e – коэффициент напряжен-ного состояния.

Исследованиями авторов работы [3, с.211] установлено, что при прокатке труб на автоматическом стане, оправочный стержень под действием осевой силы теряет устойчивость и принимает форму пространственной кривой, что в особенности характерно для автоматстанов малых трубопрокатных установок. С учетом этого, в данном случае, может быть принята расчетная схема процесса соударения трубы-заготовки с оправкой автоматстана, представленая на рис.2.

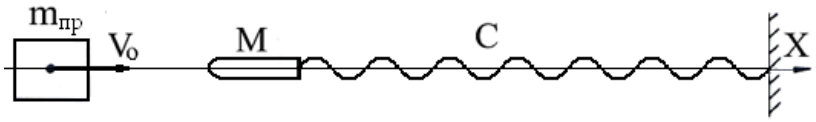


Рис.2. Расчетная схема процесса соударения:

m_{np} – приведенная масса; M – масса стержня с оправкой; C - жесткость стержня; v_0 – скорость трубы-заготовки

Приведенная масса определяется по формуле [4, с.19] :

$$m_{np} = \frac{2I_B \cdot \omega_B}{v_0^2},$$

где I_B – момент инерции валков автоматстана; ω_B – угловая скорость валка;

v_0 – скорость трубы-заготовки

Силовая функция при пластическом ударе имеет следующий вид:

$$\alpha = bQ^n,$$

где $b-$ коэффициент податливости материала; $n-$ показатель степени.

Показатель степени n может быть определен по диаграмма растяжения материала (см.рис.3) как отношение

$$n = \frac{tg\alpha_2}{tg\alpha_1}.$$

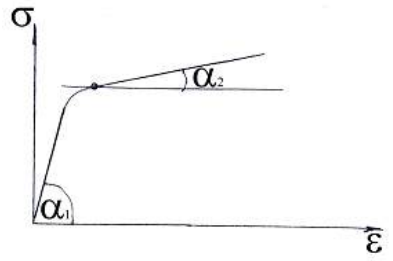


Рис.3. Диаграмма растяжения материала

В случае соударения тела массы $m_{np} = m$, движущегося со скоростью v_0, с телом массы M опирающегося на спиральную пружину жесткостью C система уравнений удара имеет вид:

$$M\ddot{X} + CX = Q(t)$$

$$m\ddot{\alpha} + m\ddot{X} = -Q(t) \quad \text{.....(1)}$$

$$\alpha = bQ^n$$

Параметры b и определяются через геометрические и механические характеристики соударяемых тел по методике изложенной в работах [5, с. 68].

Система уравнений (1) может быть преобразована в нелинейное дифурав-нение 4-го порядка с постоянными коэффициентами, решение которого воз-можно с примененем ЭВМ . Однако путем линеаризации зависимости $\alpha = bQ^n$ может быть получено дифуравнение, разрешаемое способами приемлемыми для инженерных расчетов.

Используя методику работы [6,с. 325], линеаризацию осуществляем путем приравнивания потенциальных энергий

нелинейной и линейной систем, в момент наибольшего сжатия при соударении:

$$\int_0^{\alpha_{MAX}} b\alpha^q d\alpha = \frac{b\alpha_{\max}^{1+q}}{1+n} = \frac{c_1\alpha_{\max}^2}{2},$$

откуда жесткость линеаризованной системы равна

$$c_1 = \frac{2b\alpha_{\max}}{1+n}.$$

Податливость линеаризованной системы, как величина обратная жесткости, определяется выражением $\delta = 1/c_1$; тогда получаем,что $\alpha = \delta \cdot Q$, а ее вторая и четвертая производные соответственно равны $\ddot{\alpha} = \delta\ddot{Q}$, $\alpha^{IY} = \delta Q^{IY}$.

Подставляя эти величины в систему уравнений (1) получаем линейное дифуравнение 4-го порядка с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} Q^{IV} + A\ddot{Q} + BQ = 0 \\ A = \dfrac{1+\beta+\omega^2 m\delta}{m\beta\delta} \\ \beta = \dfrac{\omega^2}{m\beta\delta} \end{cases} \quad \text{.....(2)}$$

здесь $\beta = \frac{m}{M}$; $\omega^2 = \frac{C}{M}$ – собственная частота колебаний стержня.

Решение системы (2) имеет вид:

$$Q = C_1 Cos\lambda_1 t + C_2 Cos\lambda_2 t + C_3 Cos\lambda_3 t + C_4\lambda_4 t;$$

Путем последовательного дифференцирования этого выражения , с учетом начальных условий находим значения произвольных постоянных:

$$C_1 = C_3 = 0;\ C_2 = \frac{V_0}{\lambda_2(\lambda_4^2 - \lambda_2^2)\delta} \times (\lambda_2^2 - \frac{1+\beta}{m\beta\delta});$$

$$C_4 = \frac{V_0}{\lambda_4\delta}[1 - \frac{1}{\lambda_4^2 - \lambda_2^2}(\lambda_4^2 - \frac{1+\beta}{m\beta\delta})].$$

Максимальное значение силы удара равно:

$$Q_{\max} = C_2 Sin\lambda_2 t_{\max} + C_4\lambda_4 t_{\max},$$

где $t_{\max}$ – время достижения максимального значения силы удара, определяемое путем приравнивания нулю первой производной от $Q_{\max}$.

Значение этого времени может быть найдено графически (см.рис.4).

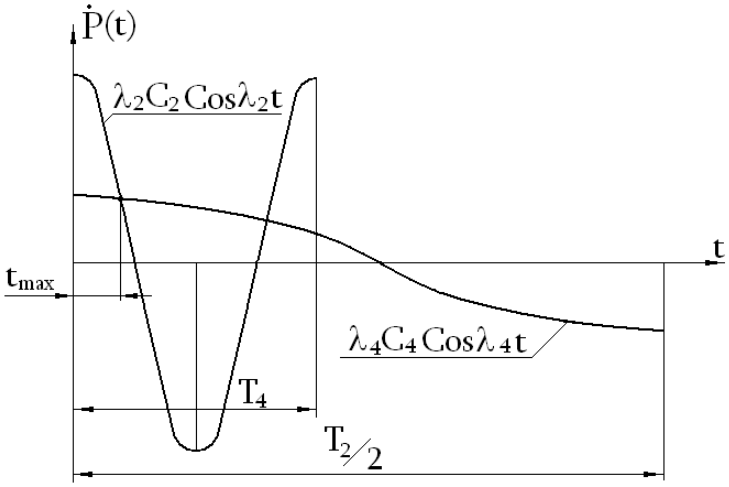


Рис.4. Определение времени достижения максимума силы удара

Практические расчеты по данной методике, проведенные для случая прокатки труб D127x4 из стали 10 на автоматстане трубопрокатного агрегата 140 показали, что максимальное значение силы удара составляет порядка 38 тонн, что примерно в 1,6 раза превышает эту величину усилия при установившейся прокатке - 23 тонны [7,с. 130].

Список литературы

1. Шевакин Ю.Ф., Глейберг А.З. Производство труб. М.,Металлургия, 1968. – 440 с.
2. Адамия Р.Ш., Лобода В.М. Основы рационального проектирования метал лургических машин. М.,Металлугия,1984. - 128 с.
3. Анисифоров В.П., Гриншпун А.И. Анализ усилий действующих на стержень автоматического стана. Тр. ВНИИМЕТМаш, сб. 29, 1971. – с.211-219.
4. Адамия Р.Ш., Мебония С.А., Микаутадзе М.М. Исследование сил ударного взаимодействия оправки со стержнем в очаге деформации автоматстанов трубопрокатных установок. Тр.ГПИ, № 11(268), 1983. – с.19-26.
5. Лобода В.М., Спиваковский В.Б. Определение параметров удара на основе феноменологических моделей неупругих сред. Металлургическое машиноведение и ремонт оборудования. М.,Металлургия, вып.3, 1974. – с. 68-77.
6. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. М.,Машиностр. 1972
7. Розов Н.В. Производство труб. М.,Металлургия,1974. – 598 с.

АНАЛИЗ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ КАМЕР В АКТИВНОЙ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Коротаев В.В.
Д.т.н., проф. Каферы ОЭПиС. Университет ИТМО, Санкт-Петербург
Нгуен Х.В.
Аспирант кафедры ОЭПиС, университет ИТМО, Санкт-Петербург
Ярышев С.Н.
К.т.н, доцент кафедры ОЭПиС, университет ИТМО, Санкт-Петербург

Стереоскопическая система в общем случае представляет собой оптическую систему, состоящую из двух произвольно ориентированных камер. С помощью стереоскопической системы можно получить информацию о положении объекта в пространстве, а также о его размерах. Благодаря этому обстоятельству стереоскопия в настоящее время применяется во многих областях науки и техники таких как астрономия [1-2], робототехника [3], системы технического зрения [4-8]. В автомобиле в настоящее время стереоскопическая система играет роль активной системы безопасности. Существуют 4 вида расположения камеры в стереоскопической системе такие как: нормальный, равноотклоненные влево и вправо, и конвергентный [9]. В данной работе авторы представляют анализ схемы расположения камеры в активной стереоскопической системе безопасности для автомобиля.

Источниками погрешности измерения стереоскопической системы являются: ошибка определения внутренних и внешних параметров стереоскопической системы и ошибка определения координат сопряженных точек в стереопаре. При проведении измерений с помощью стереоскопической системы вследствие погрешности определения внутренних и внешних параметров стереоскопической системы возникает систематическую погрешность, причем эта погрешность может быть скомпенсирована. Случайная погрешность играет большую роль в стереоскопической системе и для нормальной схемы стереоскопической системы, ее можно определить по следующей формуле [11]:

$$d_X = \frac{XdB}{B} + \frac{Ydx}{f} - \frac{XY}{Bf}dp,$$

$$d_Y = \frac{YdB}{B} + \frac{Ydf}{f} - \frac{Y^2}{Bf}dp,$$

$$d_Z = \frac{ZdB}{B} + \frac{Ydz}{f} - \frac{ZY}{Bf}dp,$$

где d_p – погрешность измерения продольного параллакса; B – стереобаза; (dx,dz) – погрешность определения координаты исследуемого объекта на изображениях; f – фокусное расстояние оптической системы камеры; (d_X, d_Y, d_Z) – погрешности определения пространственных координат объекта по осям OX, OY, OZ; df – погрешность измерения фокусного расстояния; dB – погрешность измерения стереобазы; (X,Y,Z) - пространственные координаты объекта.

Из вышеуказанной формулы видно, что при неизменном положении объекта чем больше фокусное расстояние оптической системы камеры тем меньше погрешность определения координат объекта. Аналогично для стереобазы, чем больше стереобаза тем меньше погрешность определения координат объекта.

Рассмотрим случай, когда вторая камера вращается вокруг вертикальной оси, а первая камера остается неподвижной. При этом стереоскопическая система имеет конвергентный вид. В плоскости изображения левой камеры выбирается точка X_1 и необходимо найти ее сопряженную точку в плоскости изображения правой камеры. Для точки X_1 реальная сопряженная точка правой камеры – X_2. Вследствие неточности определения сопряженной точки вместо точки X_2 получается точка X_2'. Полученная систематическая погрешность X_2X_2' равна Δ. Из-за погрешности Δx, вместо точки M(X,Y,Z) получается точка M' и величина погрешности определяется как MM'=d=$(dx^2+dz^2)^{1/2}$. Углы OMO'=β, $H_2O'X_2$=α, $X_2O'X_2$'=Δα. Из треугольника O'MM' получаем:

$$d = \frac{O'M.\sin(\Delta\alpha)}{\sin(180-\beta-\Delta\alpha)},$$

где

$$\Delta\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{x_2+\Delta}{f}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{x_2}{f}\right),$$

$$dz = \frac{d.f}{\sqrt{f^2+{x_1}^2}}, dx = \frac{d.x_1}{\sqrt{f^2+{x_1}^2}}.$$

Рассмотрим случай, когда правая камера вращается вокруг оси O'Y' и расстояние между камерами (стереобаза) OO' неизменно. В этом случае длина отрезка O'M и угол β также неизменны. Тогда из формулы (1) следует, что значение d зависит от значения Δα:

$$d = \frac{O'M.\sin(\Delta\alpha)}{\sin(180-\beta).\cos(\Delta\alpha)-\cos(180-\beta).\sin(\Delta\alpha)} = \frac{O'M}{\sin(\beta).\operatorname{cotg}(\Delta\alpha)+\cos(\beta)}.$$

При увеличении Δα, значение функции cotg(Δα) уменьшается, а величина d увеличивается. При постоянном значении Δ величина угла Δα зависит от положения X_2 на плоскости изображения правой камеры. При движении точки X_2 к H_2 значение угла Δα увеличивается. Следовательно, погрешность измерения системы также увеличивается. В то же время при движении точки X_2 к краю плоскости изображения правой камеры, значение угла Δα уменьшается и погрешность измерения системы также уменьшается. Углы, при которых стереоскопическая система имеет максимальную и минимальную погрешности, описываются следующими формулами:

$$\omega_{max} = arctg\left(\frac{OO'-X}{Z}\right);$$

$$\omega_{min} = \omega_{max} \pm arctg\left(\frac{X_{2max}}{f}\right).$$

Из этого следует, что при повороте второй камеры погрешность измерения стереоскопической системы уменьшается. Для проверки этого в системе Matlab, авторы построили модель стереоскопической системы, ко-

торая состоит из двух одинаковых камер. Фокусное расстояние оптической системы каждой камеры f=12мм; размер пикселя w=h=2,2мкм; координаты главной точки относительно начала координат фотоприёмника u_0=1068, v_0=801; разрешение фотоприемника 2136x1602 пикселей.

При исследовании зависимости погрешности измерения стереоскопической системы от угла расположения камер, величина стереобазы составляла 200мм, координаты исследуемой точки M=(274,-72,2900), погрешность определения сопряженной точки составляла величину 1 пиксель, угол поворота второй камеры изменяется от -180 градусов до 180 градусов. Были получены результаты, которые показаны на рисунке 2.

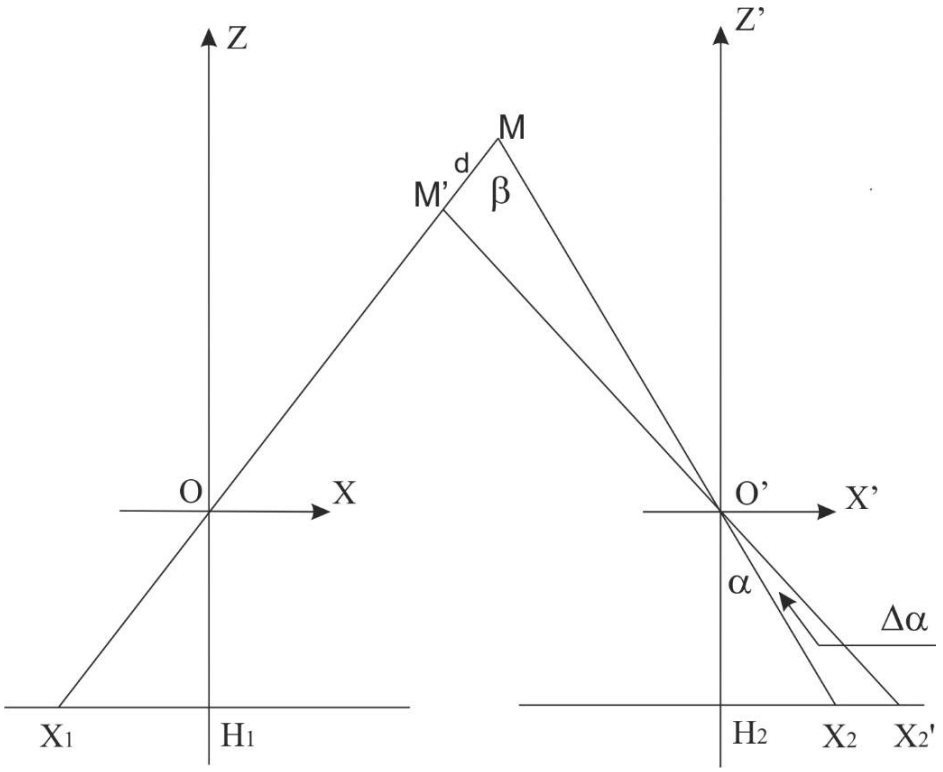


Рис. 1 Стереоскопическая система

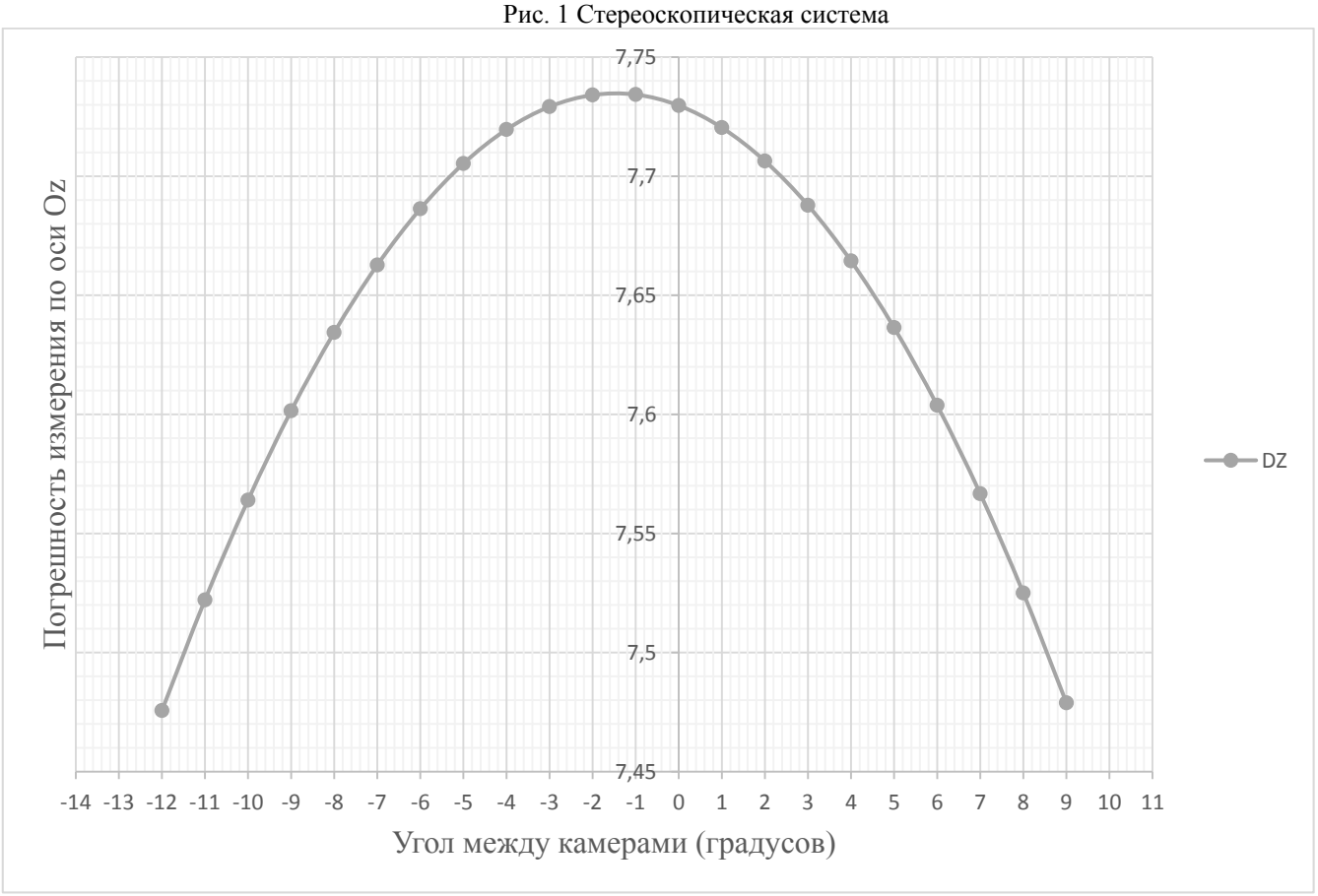


Рис. 2 Зависимость погрешности измерения от угла расположения камер

На основе анализа, приведенного выше, можно сказать, что конвергентная схема расположения камеры в стереоскопической системе имеет лучший результат измерения по сравнению с нормальной схемы расположения. Для автомобиля, наблюдаемая сцена часто имеет небольшой горизонтальный размер, но требует большую глубину. Для одной и той же наблюдаемой сцены, нормальная стереоскопическая система требует камеру с более широким полем зрения оптической системы чем в конвергентной стереоскопической системе. При этом погрешность измерения нормальной стереоскопической системы больше чем конвергентной стереоскопической системы. В итоге, в качестве активной системы безопасности для автомобиля, предпочтительно выбрать стереоскопическая система конвергентного вида с максимально возможной стереобазой.

Список литературы

1. P. C. Liewer, E. M. DeJong, J. R. Hall, JPL/Caltech, N. Sheeley, A. Thernisien, R. A. Howard, NRL, W. Thompson, GSFC and the SECCHI Team. Determination of CME 3D Trajectories using COR Stereoscopy + Analysis of HI1 CME Tracks. Paper presented at the STEREO SWG, Pasadena, 2009, February. http://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/meetings/SWG/SWG_Feb_2009/Paulett/TrackingCMEs_STEREOv6.ppt
2. Mark D.S., Waste C., "Role of stereoscopic imaging in the astronomical study of nearby stars and planetary systems," Proc. SPIE 3012, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems IV, 1997. P. 289.
3. Lazaros Nalpantidis, Antonios Gasteratos. Stereo Vision Depth Estimation Methods for Robotic Applications. 2012.
4. Linda G. Shapiro, George C. Stockman. Computer Vision. 2001.
5. Zhiguo Ren L.C. Three-dimensional structure measurement of diamond crowns based on stereo vision. 2009. pp. APPLIED OPTICS Vol. 48, No. 31.
6. Haußecker B.J.A.H. Computer Vision and Applications, A Guide for Students and Practitioners. 2000.
7. К. Г. АРАКАНЦЕВ, А. А. ГОРБАЧЁВ, М. Г. СЕРИКОВА. СТЕРЕОСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ФАКТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ // ИЗВ. ВУЗОВ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. 2013. Т. 56, № 5. 2013. Р. 34.
8. Пономарев С.В. МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ СТЕРЕОЗРЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики №6. 2013. С. 40.
9. П.Н.Бруевич. Фотограмметрия. Москва: НЕДРА, 1990.
10. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Новосибирск: НГТУ, 2002. 352 с.
11. А.С.Назаров. Фотограмметрия : учеб. пособие для студентов вузов. НТООО "ТетраСистемс", 2006.

ДЕФОРМАЦИЯ И ГАРАНТИРОВАННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ОБОЛОЧЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ВЗРЫВОМ НЕКОНТАКТНЫХ ЗАРЯДОВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВВ

Володин Геннадий Тимофеевич
Д-р техн. наук, профессор кафедры математического анализа ТулГУ, г. Тула
Новиков Андрей Сергеевич
ОАО «Конструкторское бюро приборостроения», г. Тула

Нахождение условий гарантированного разрушения оболочечных элементов конструкций взрывом является актуальной научно-технической проблемой при проектировании взрывозащитных инженерных сооружений, несущих элементов конструкций взрывоопасных производств, в военном деле и т.д. Указанные задачи сводятся к необходимости определения связи между геометрическими, механическими характеристиками оболочки, условиями ее закрепления в составе некоторой конструкции с энергетическими и геометрическими характеристиками заряда взрывчатого вещества (ВВ), его расположением в пространстве ближней зоны действия взрыва.

В предлагаемой работе приведены постановка, решение и пример расчета задачи о гарантированном разрушении цилиндрической оболочки, шарнирно опертой по всему своему контуру, взрывом неконтактного заряда конденсированного ВВ сферической формы массой C в воздухе (рис. 1). Центр массы заряда ВВ расположен над центром симметрии плана оболочки (рис. 1), т.е. на оси Oz введенной правой декартовой системы координат $Oxyz$.

Физическая модель задачи (принятые допущения) состоят в следующем [1, 2]: рассматривается пологая цилиндрическая оболочка $2a \times 2b$ в плане, со стрелой подъема срединного слоя над плоскостью плана δ. Оболочка имеет толщину h, радиус кривизны R и является тонкой. Материал оболочки однородный и изотропный с плотностью ρ. Рассматривается упругий режим деформирования вплоть до разрушения оболочки. Принимаются известные классические гипотезы теории тонких оболочек при изгибе. Прогибы оболочки предполагаются сравнимыми с ее толщиной, что приводит к геометрической нелинейности определяющих уравнений задачи [1].

Тип и энергетические характеристики сферического заряда ВВ радиуса r_0 определяются обобщенным параметром A_0 [1, 2]. Рассматривается ближняя область действия взрыва $h_1/r_0 \le 15$ [1, 2], для которой давлением окружающей среды пренебрегаем по сравнению с давлением продуктов взрыва. Вследствие кратковременности действия взрывной нагрузки (время её действия τ не превышает $2 \cdot 10^{-4}$ с) начальными смещениями точек оболочки, за время действия нагрузки, можно пренебречь [1, 2].

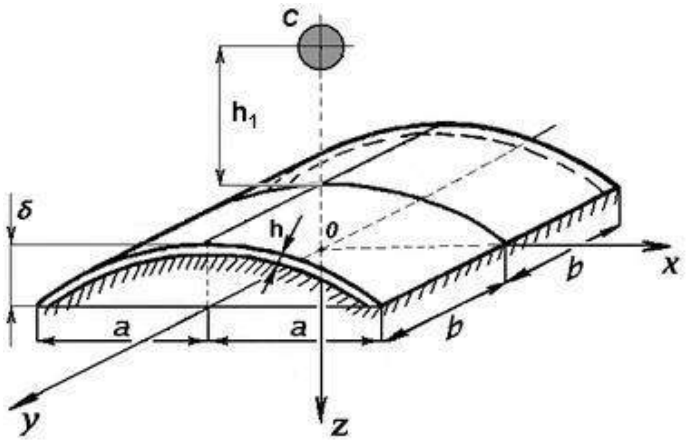


Рисунок 1. Схема расположения заряда ВВ над оболочкой при взрыве

Математическая модель задачи, построенная на принятых допущениях и учитывающая геометрическую нелинейность, представляет собой начально-краевую задачу, которая в безразмерных переменных

$$U=\frac{u}{a},\ V=\frac{v}{b},\ W=\frac{w}{\mathrm{h}},\ \xi=\frac{x}{a},\ \eta=\frac{y}{b},\ \lambda=\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{h}},\ T=\frac{t}{t_0},$$

где $u = u(x,y,t)$, $v = v(x,y,t)$, $w = w(x,y,t)$ – компоненты вектора перемещения произвольной точки срединного слоя оболочки; $\mathrm{H}\in[-\mathrm{h}/2,\mathrm{h}/2]$; $t_0 = 2\cdot10^{-4}$ с, имеет вид [1, 2]

$$\frac{\partial^2U}{\partial\xi^2}+\frac{1-\mu}{2}\left(\frac{a}{b}\right)^2\frac{\partial^2U}{\partial\eta^2}+\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2V}{\partial\xi\partial\eta}+\left(\frac{\mathrm{h}}{a}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\xi}\frac{\partial^2W}{\partial\xi^2}+\frac{1+\mu}{2}\left(\frac{\mathrm{h}}{b}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\eta}\frac{\partial^2W}{\partial\xi\partial\eta}+$$
$$+\frac{1-\mu}{2}\left(\frac{\mathrm{h}}{b}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\xi}\frac{\partial^2W}{\partial\eta^2}-\rho\frac{1-\mu^2}{E}\left(\frac{a}{t_0}\right)^2\frac{\partial^2U}{\partial T^2}=0,\ (1)$$

$$\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2U}{\partial\xi\partial\eta}+\frac{\partial^2V}{\partial\eta^2}+\frac{1-\mu}{2}\left(\frac{b}{a}\right)^2\frac{\partial^2V}{\partial\xi^2}+\left(\frac{\mathrm{h}}{b}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\eta}\frac{\partial^2W}{\partial\eta^2}+\frac{1+\mu}{2}\left(\frac{\mathrm{h}}{a}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\xi}\frac{\partial^2W}{\partial\xi\partial\eta}+$$
$$+\frac{1-\mu}{2}\left(\frac{\mathrm{h}}{a}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\eta}\frac{\partial^2W}{\partial\xi^2}-\rho\frac{1-\mu^2}{E}\left(\frac{b}{t_0}\right)^2\frac{\partial^2V}{\partial T^2}=0,\ (2)$$

$$\frac{\partial^4W}{\partial\xi^4}+2\left(\frac{a}{b}\right)^2\frac{\partial^4W}{\partial\xi^2\partial\eta^2}+\left(\frac{a}{b}\right)^4\frac{\partial^4W}{\partial\eta^4}-12\left(\frac{a}{\mathrm{h}}\right)^2\frac{\partial^2W}{\partial\xi^2}\left(\frac{\partial U}{\partial\xi}+\mu\frac{\partial V}{\partial\eta}\right)-12\frac{a^4}{\mathrm{h}^2b^2}\frac{\partial^2W}{\partial\eta^2}\left(\mu\frac{\partial U}{\partial\xi}+\frac{\partial V}{\partial\eta}\right)-$$
$$-12\left(\frac{a}{\mathrm{h}}\right)^2\frac{\partial W}{\partial\xi}\left(\frac{\partial^2U}{\partial\xi^2}+\frac{1-\mu}{2}\left[\frac{a}{b}\right]^2\frac{\partial^2U}{\partial\eta^2}+\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2V}{\partial\xi\partial\eta}\right)-$$
$$-12\frac{a^4}{\mathrm{h}^2b^2}\frac{\partial W}{\partial\eta}\left(\frac{\partial^2V}{\partial\eta^2}+\frac{1-\mu}{2}\left[\frac{b}{a}\right]^2\frac{\partial^2V}{\partial\xi^2}+\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2U}{\partial\xi\partial\eta}\right)-12(1-\mu)\left(\frac{a}{\mathrm{h}}\right)^2\frac{\partial^2W}{\partial\xi\partial\eta}\left(\left[\frac{a}{b}\right]^2\frac{\partial U}{\partial\eta}+\frac{\partial V}{\partial\xi}\right)+$$
$$+12\rho\left(\frac{a}{\mathrm{h}}\right)^4\frac{1-\mu^2}{E}\left(\frac{\mathrm{h}}{t_0}\right)^2\frac{\partial^2W}{\partial T^2}=0,\ (3)$$

$$U(\xi,\eta,T)\big|_{T=0}=0,\ V(\xi,\eta,T)\big|_{T=0}=0,\ W(\xi,\eta,T)\big|_{T=0}=0,\ (4)$$

$$\left.\frac{\partial U}{\partial T}\right|_{T=0}=0,\ \left.\frac{\partial V}{\partial T}\right|_{T=0}=0,\ \left.\frac{\partial W}{\partial T}\right|_{T=0}=f(\xi,\eta),\ (5)$$

$$U=0,\ V=0,\ W=0,\ \text{при } \xi=\pm1,\ (6)$$

$$U=0,\ V=0,\ W=0,\ \text{при } \eta=\pm1,\ (7)$$

$$\frac{\partial^2W}{\partial\xi^2}+\mu\left(\frac{a}{b}\right)^2\frac{\partial^2W}{\partial\eta^2}=0,\ \text{при } \xi=\pm1,\ (8)$$

$$\frac{\partial^2W}{\partial\eta^2}+\mu\left(\frac{b}{a}\right)^2\frac{\partial^2W}{\partial\xi^2}=0,\ \text{при } \eta=\pm1.\ (9)$$

где $U = U(\xi,\eta,T)$, $V = V(\xi,\eta,T)$, $W = W(\xi,\eta,T)$ – компоненты безразмерного вектора перемещений; μ и E – коэффициент Пуассона и модуль Юнга материала оболочки соответственно; функция $f(\xi,\eta)$ выражается через действующий импульс, созданный взрывной волной. Таким образом, математическая модель состоит из уравнений инерционного движения оболочки (1)-(3), начальных (4), (5) и граничных (6)-(9) условий. Неизвестные компоненты безразмерного вектора перемещений $U(\xi,\eta,T)$, $V(\xi,\eta,T)$ и $W(\xi,\eta,T)$ из которых и состоит начально-краевая задача, аппроксимируем, следуя методу Власова-Канторовича [4, 6], путем разложения их в ряд

$$U(\xi,\eta,T) = \sum_{k=1}^{p} \alpha_k(T)\cdot U_k(\xi,\eta),\ p \in N, \quad (10)$$

$$V(\xi,\eta,T) = \sum_{j=1}^{m} \beta_j(T)\cdot V_j(\xi,\eta),\ m \in N, \quad (11)$$

$$W(\xi,\eta,T) = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i(T)\cdot W_i(\xi,\eta),\ n \in N, \quad (12)$$

где $U_k(\xi,\eta)$, $V_j(\xi,\eta)$, $W_i(\xi,\eta)$ – безразмерные линейно независимые аналитически заданные координатные функции, удовлетворяющие граничным условиям (6)-(9), а $\alpha_k(T)$, $\beta_j(T)$, $\gamma_i(T)$ – неизвестные функции безразмерного времени T, подлежащие определению. Подставляя выражения (10)-(12) в уравнения движения (1)-(3) и начальные условия (4), (5) задачи, получаем соответственно невязки: $N_1(\xi,\eta,T)$, $N_2(\xi,\eta,T)$, $N_3(\xi,\eta,T)$ – для уравнений движения, и $R_1(\xi,\eta,C)$, $R_2(\xi,\eta,C)$, $R_3(\xi,\eta,C)$ – для начальных условий [1]. Для минимизации невязок, получаемых из уравнений движения, применим процедуру Власова-Канторовича [4], для которой

$$\begin{cases} \int\limits_{G_\Lambda} N_1(\xi,\eta,T)\cdot U_k(\xi,\eta)d\Lambda = 0,\ \ k = \overline{1,p},\ \ p \in N, \\ \int\limits_{G_\Lambda} N_2(\xi,\eta,T)\cdot V_j(\xi,\eta)d\Lambda = 0,\ \ j = \overline{1,m},\ \ m \in N, \\ \int\limits_{G_\Lambda} N_3(\xi,\eta,T)\cdot W_i(\xi,\eta)d\Lambda = 0,\ \ i = \overline{1,n},\ \ n \in N, \end{cases} \quad (13)$$

где G_Λ=[-1,1]×[-1,1], а $d\Lambda = d\xi d\eta$, а для минимизации невязок по начальным условиям – процедуру Б.Г. Галеркина [7], по которой являются ортогональными в рассматриваемой области: $R_1(\xi,\eta,C)$ - к каждой координатной функции $U_k(\xi,\eta)$, $R_2(\xi,\eta,C)$ - к каждой функции $V_j(\xi,\eta)$, $R_3(\xi,\eta,C)$ - к каждой функции $W_i(\xi,\eta)$ [1, 2]. Выполнив минимизацию невязок по указанным правилам, придем к нелинейной системе дифференциальных уравнений второго порядка относительно искомых функций $\alpha_k(T)$, $\beta_j(T)$, $\gamma_i(T)$ с начальными условиями, зависящими от значения массы C заряда ВВ. Оставляя в рядах (10)-(12), например, по одному слагаемому, и, выполнив некоторые преобразования, получим следующую систему дифференциальных уравнений с начальными условиями

$$\begin{cases} \ddot{\alpha}_1(T) = \alpha_1(T)\cdot I_1 + \beta_1(T)\cdot I_2 + \gamma_1^2(T)\cdot I_3, \\ \ddot{\beta}_1(T) = \alpha_1(T)\cdot I_4 + \beta_1(T)\cdot I_5 + \gamma_1^2(T)\cdot I_6, \\ \ddot{\gamma}_1(T) = \gamma_1(T)\cdot I_7 + \gamma_1(T)\cdot\alpha_1(T)\cdot I_8 + \gamma_1(T)\cdot\beta_1(T)\cdot I_9 \end{cases} \quad (14)$$

$$\alpha_1(0) = 0,\ \beta_1(0) = 0,\ \gamma_1(0) = 0,\ \dot{\alpha}_1(0) = 0,$$
$$\dot{\beta}_1(0) = 0,\ \dot{\gamma}_1(0) = \psi_1,$$

где $I_1, I_2, \ldots, I_9$ – константы, полученные при интегрировании (13), а ψ_1 – величина, зависящая от массы C заряда ВВ. Следовательно, задав массу заряда ВВ, можно определить компоненты вектора перемещений произвольной точки срединного слоя оболочки как функцию положения точки и времени T, найти распределение напряжений внутри оболочки и проверить выполнение условий гарантированного разрушения материала. Для нахождения области (зон) разрушения воспользуемся критерием энергии формоизменения [3], в котором учтем динамический характер действующей нагрузки. Этот критерий запишем в виде [1]

$$\omega_1(\xi,\eta,T)\cdot\lambda^2 + \omega_2(\xi,\eta,T)\cdot\lambda + \omega_3(\xi,\eta,T) \ge 0$$

где $\omega_1(\xi,\eta,T)$, $\omega_2(\xi,\eta,T)$, $\omega_3(\xi,\eta,T)$ – функции, определяемые безразмерными напряжениями, учитывающими динамический предел текучести материала оболочки при растяжении, λ – безразмерная толщина оболочки, $\lambda \in [-0.5, 0.5]$. Поверхность фронта разрушения определяется уравнением

$$\omega_1(\xi,\eta,T)\cdot\lambda^2 + \omega_2(\xi,\eta,T)\cdot\lambda + \omega_3(\xi,\eta,T) = 0. \quad (15)$$

Полученное уравнение (15) позволяет «следить» за перемещением поверхности (фронта) разрушения оболочки с изменением времени, при фиксированных массе заряда ВВ и его расположении в пространстве ближней зоны.

В качестве примера приведем расчеты для цилиндрической оболочки из дюралюминия, для которой: a = 0.4 м, b = 0.6 м, R = 3 м, h = $3\cdot10^{-2}$ м, δ = 0.061 м; $\rho = 2.8\cdot10^3$ кг/м^3, $E = 7.3\cdot10^{10}$ Па, μ = 0.34, $\sigma_T = 4.5\cdot10^8$ Па, K = 1.25 [5].

Заряд ВВ изготовлен из литого тротила, для которого обобщенный параметр A_0 = 400 м/с [1, 2] и плотность ρ_0 = 1630 кг/м^3, расположен на высоте h_1 = 0.2 м от срединного слоя оболочки. Координатные функции выбраны в виде [1]

$$U_k(\xi,\eta) = -\sin(\pi\xi)\cos\left(\frac{\pi}{2}\eta\right)\exp\left(-[k-1]\cdot\left[\xi^2+\eta^2\right]\right), \quad (16)$$

$$V_j(\xi,\eta) = \sin(\pi\eta)\cos\left(\frac{\pi}{2}\xi\right)\exp\left(-[j-1]\cdot\left[\xi^2+\eta^2\right]\right),$$

$$W_i(\xi,\eta) = \cos^{i+2}\left(\frac{\pi}{2}\xi\right)\cos^{i+2}\left(\frac{\pi}{2}\eta\right).$$

Для системы дифференциальных уравнений с начальными условиями (14) при массе заряда ВВ C = 0.3 кг и порядковых номеров координатных функций (16) k = 1, j = 1, i = 6 вид фронта разрушения (15) оболочки для момента времени T = 1.5 показан на рис. 2*А* и 2*Б*, $\lambda_1(\xi,\eta,T)$ и $\lambda_2(\xi,\eta,T)$ – корни уравнения (15). При этом $\lambda_1(0,0,1.5)$ = 0.356, а $\lambda_2(0,0,1.5)$ = - 0.345.

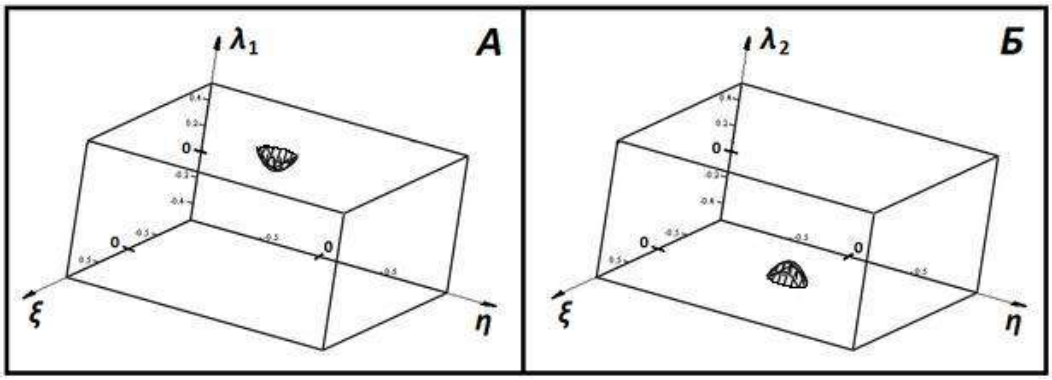


Рисунок 2. Поверхности разрушений

Расчеты показывают (рис. 2), что в оболочке формируются зоны разрушения, которые увеличиваются с течением времени, занимая определенную область оболочки. Полученные результаты исследований позволяют прогнозировать возможные разрушения оболочки взрывом и масштаб этих разрушений.

Список литературы

1. Володин Г.Т., Новиков А.С. Геометрическая нелинейность в задачах разрушения оболочечных конструкций взрывом // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. – Вып. 3. С. 94-103.
2. Володин Г.Т., Новиков А.С. Деформация и разрушение цилиндрических оболочек взрывом неконтактных зарядов конденсированных взрывчатых веществ // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2014. – Вып. 1. Ч.1. С. 117-132.
3. Гольденблат И.И., Копнов В.А. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 1968. – 191 с.
4. Ильин В.П., Карпов В.В., Масленников А.М. Численные методы решения задач строительной механики. Минск: Высшая школа, 1990. – 349 с.
5. Косенков В.М., Бычков В.М. Метод определения реологических и энергетических характеристик ударного сжатия металлов // Прикладная механика и техническая физика. 2012. – Т. 53. №6. С. 134-143.
6. Митчелл Э., Уэйт Р. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными. М.: Изд-во «Мир», 1981. – 214 с.
7. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина. М.: Мир, 1988. – 347 с.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА ОТ КРУГЛОПИЛЬНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ПРИМЕНЕНИЕМ УНИФИЦИРОВАННЫХ ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИХ ПРОКЛАДОК

Осмоловский Денис Сергеевич

Канд. тех. наук, ст. преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия» г. Воронеж

Асминин Виктор Федорович

Док. тех. наук, профессор, заведующий кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия» г. Воронеж

Болучевский Александр Владимирович

Аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия» г. Воронеж

Круглопильные деревообрабатывающие станки относятся к одному из наиболее шумных видов деревообрабатывающего оборудования (уровень шума на рабочем ходе достигает 110-115 дБА). Доминирующим источником шума от круглопильных деревообрабатывающих станков на рабочем ходе является пильный диск, вследствие возбуждения в нем звуковой вибрации [2,8,9].

Разработана и запатентована конструкция унифицированных вибродемпфирующих прокладок (ВДПСТ), которые помещаются между пильным диском и зажимными фланцами станка. Предлагаемая конструкция состоит, по меньшей мере, из двух идентичных вибродемпфирующих прокладок, состоящих каждая из слоя основы (например, тканевой или бумажной) и слоя мелкодисперсных минеральных абразивных частиц, наносимых адгезионным способом на основу. При этом фрикционная площадь контактирующих поверхностей увеличивается в несколько раз за счет взаимного проникновения мелкодисперсных частиц слоев прокладок, что позволяет повысить их акустическую эффективность, при этом ограничить их размер до диаметра зажимного фланца. Основным фактором диссипации вибрационной энергии

в предложенной конструкции выступает сухое трение между минеральными абразивными частицами [1,5,8].

Натурные испытания проводились в производственных условиях на предприятии ОАО ХК «Мебель Черноземья» на деревообрабатывающем станке Ц-6 и ЦДК-40, фрагмент которых представлен на рис. 6 . Во время эксперимента распиливались плиты ДСП толщиной 12 мм пильным диском диаметром D=400мм, с количеством зубьев 72, толщиной H= 3мм, специально предназначенным для ДСП.

Во время эксперимента варьировался:

- размер (диаметр) ВДПСТ;
- количество прокладок, помещаемых между пильным диском и зажимным фланцем (толщина);
- вид основы бумажный и тканевый.

Зернистость частиц прокладок ВДПСТ (d, мкм) которая, как было установлено, оказывает существенное влияние на снижение шума (ΔL, дБ, дБА) была выбрана опираясь на результаты предыдущих исследований d=250 мкм для бумажной, и d=180 мкм для тканевой основы [6,7,8]. Эти значения зернистости были постоянными для всей серии натурных испытаний ВДПСТ. Также было исследовано влияние основы прокладок (без нанесения минеральных абразивных частиц) на уровень снижения шума. Для сравнительного анализа были изготовлены прокладки из распространенных демпфирующих материалов, таких как линолеум ПВХ и поранит. Акустические измерения проводились на рабочем месте оператора шумомером «Октава 101А» принимая во внимание регламентирующие документы по шуму и его измерению.

На рис. 1 представлены спектры шума круглопильного станка Ц-6 до и после применения ВДПСТ с варьируемыми параметрами. Из графической зависимости рис. 1 хорошо видно, что акустическая эффективность ВДПСТ возрастает с увеличением диаметра и толщины прокладок и достигает своих максимальных значений при радиусе прокладки 115 мм и двойной толщине прокладки. Однако необходимо отметить, что прокладки радиусом 85 мм, соответствующие размеру зажимного фланца по акустической эффективности практически не уступают, прокладкам радиусом 115мм.

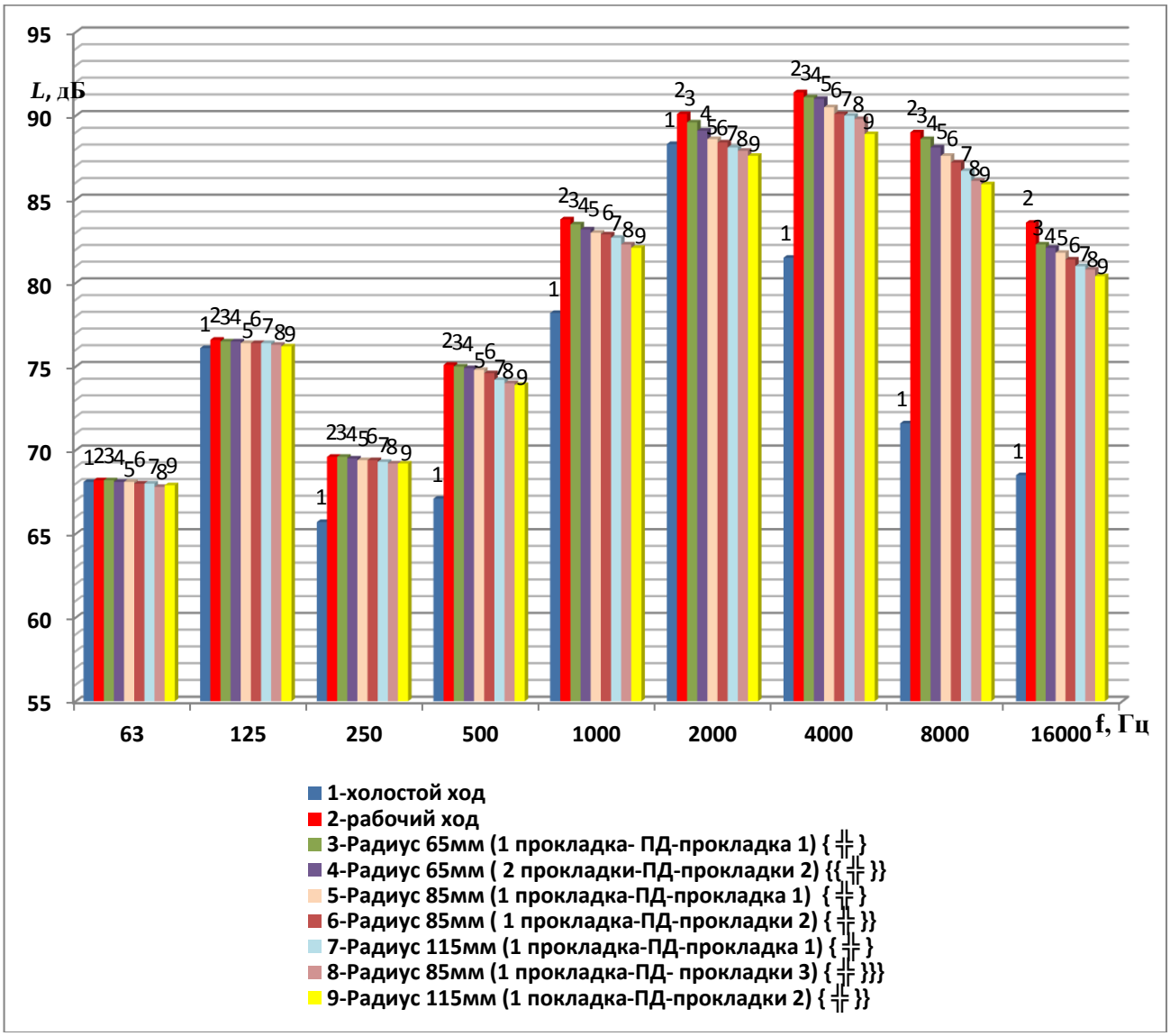


Рисунок – 1 Спектры шума станка Ц-6 до и после применения ВДПСТ (d=255мкм) с варьируемыми параметрами

Акустическая эффективность ВДПСТ увеличивается также, с повышением частоты. Наибольшее снижение шума на 2,5 – 3,5 дБ наблюдается в высокочастотном диапазоне. Что является неоспоримым достоинством ВДПСТ, так как в спектре шума деревообрабатывающих станков преобладают высокочастотные составляющие.

На рисунке 2 представлены спектры шума круглопильного деревообрабатывающего станка Ц-6 до и после применения ВДПСТ радиусом 85мм (d=255мкм) на бумажной и (d=180мкм) на тканевой основе. Видно, что спектры шума прокладок на бумажной и тканевой основах - идентичны. Из чего можно сделать вывод, что вид материала основы ВДПСТ не влияет на их акустическую эффективность. При прочих равных условиях, целесообразнее использовать ВДПСТ на бумажной основе, так как ее поверхностная плотность ниже, чем у ВДПСТ на тканевой основе.

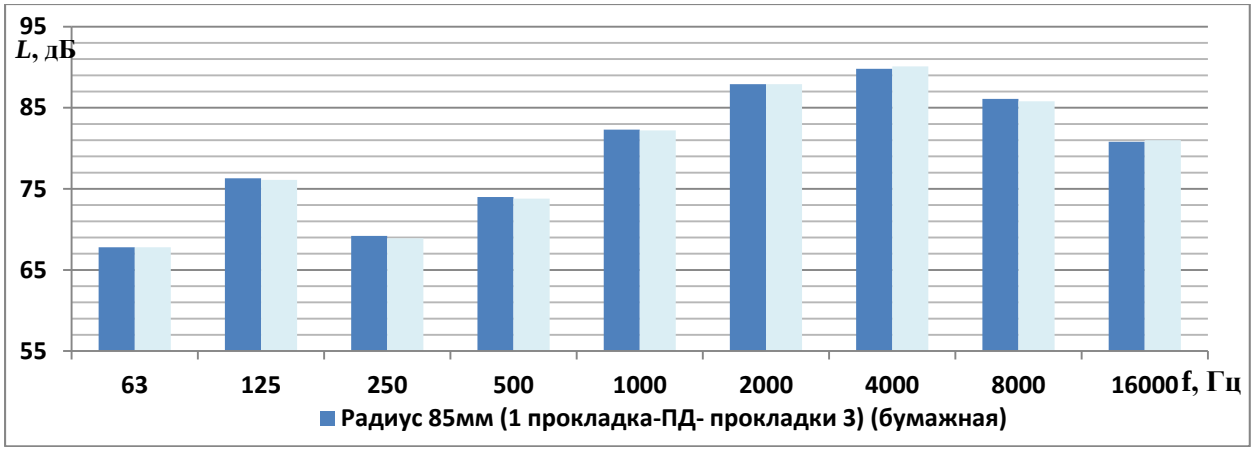


Рисунок 2 - Спектры шума круглопильного станка Ц-6 после применения ВДПСТ радиусом 85мм (d=255мкм) на бумажной и (d=180мкм) на тканевой основе

Для оценки вклада в акустическую эффективность материала основы ВДПСТ была проведена серия натурных экспериментов на станке Ц-6. В качестве прокладок использовался материал бумажной основы без нанесения абразивных частиц. Варьировалось количество и размер прокладок из бумажной основы. Результаты представлены рис. 3. Видно, что применение бумажной основы в виде прокладок не приводит к снижению шума, даже с увеличением их количества до четырех штук с каждой стороны пильного диска. Таким образом, подтверждается гипотеза о доминирующем влиянии сухого трения между минеральными абразивными частицами на диссипативные свойства ВДПСТ [3,4,6,7,8].

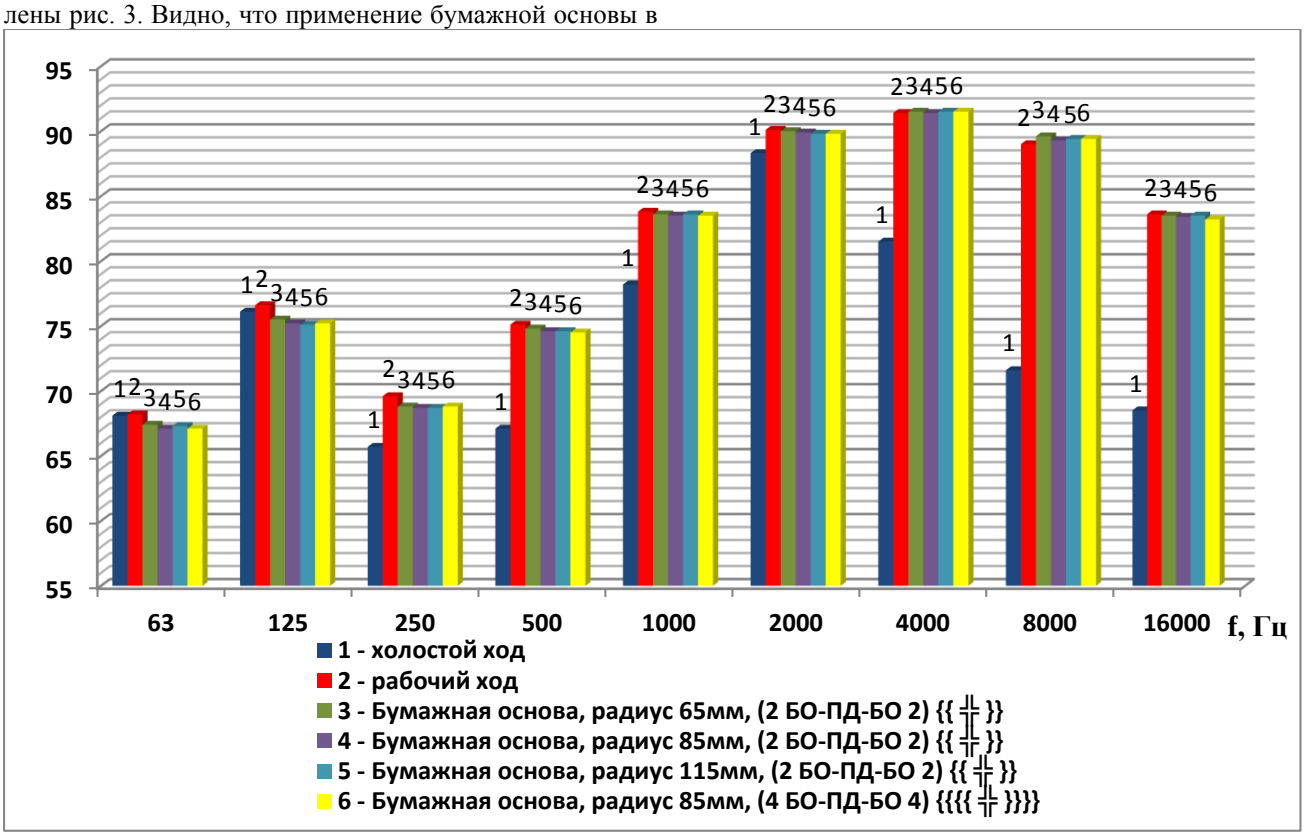


Рисунок 3 - Спектры шума деревообрабатывающего станка Ц-6 до и после применения бумажной основы прокладок (без нанесения минеральных абразивных частиц) с варьируемыми параметрами

На рис. 4 дана сравнительная оценка результатов натурных испытаний ВДПСТ-Б с прокладками из вязкоупругих материалов. Из диаграммы следует, что прокладки из полимерных вязкоупругих материалов несколько эффективнее разработанных ВДПСТ. Однако их применение ограничивает зависимость демпфирующих свойств от температуры. С повышением температуры (от 0 С° и выше) демпфирующая способность полимерных вязкоупругих материалов стабильно ухудшается. Поэтому применение прокладок из полимерных вязкоупругих материалов нецелесообразно и малоэффективно, по причине разогрева пильного диска в процессе пиления. ВДПСТ напротив, устойчивы к изменению температуры, а с увеличением ее до + 60С° даже наблюдается некоторое улучшение демпфирующих свойств. Это объясняется иным механизмом диссипации колебательной энергии, связанным с сухим трением [6,7,8].

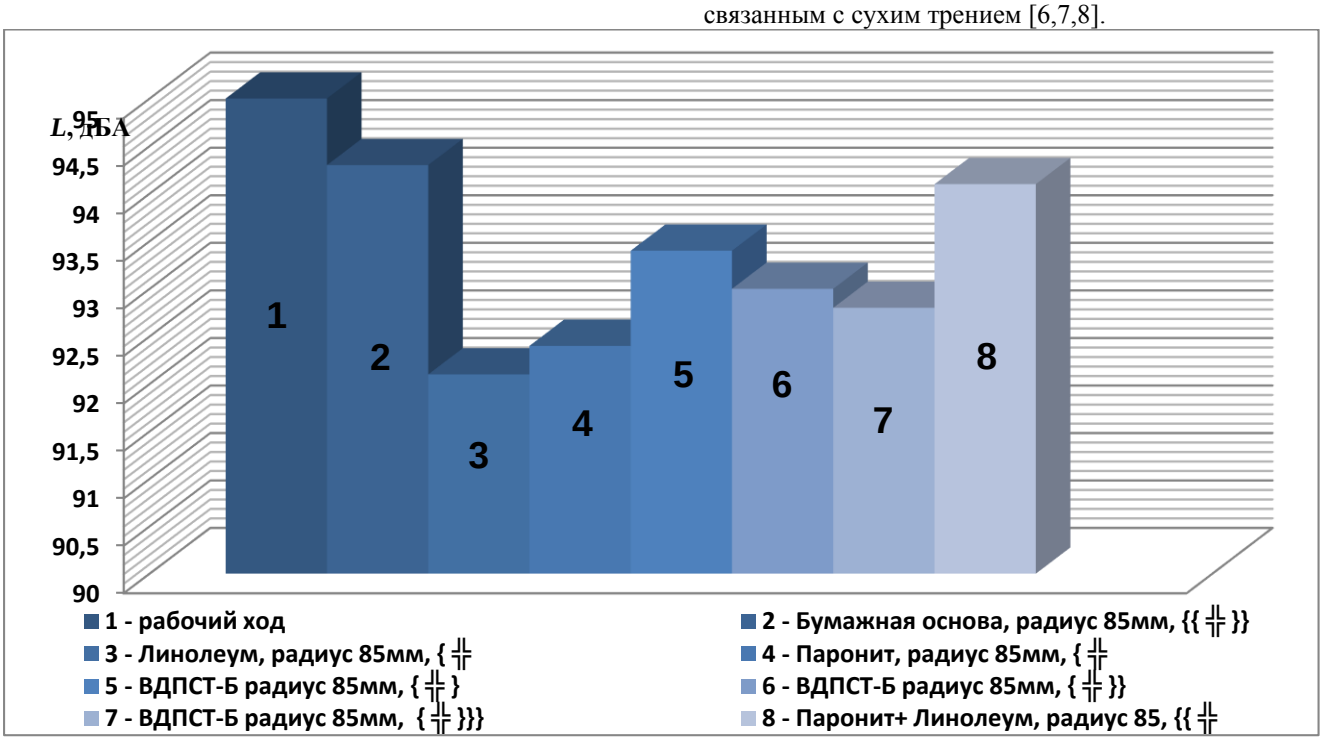


Рисунок 4 - Уровни звука деревообрабатывающего станка Ц-6 на рабочем ходу до и после применения прокладок радиусом 85мм изготовленных из следующих материалов: ВДПСТ-Б, ВДПСТ-Т, линолеума ПВХ, поранит, линолеум ПВХ + поранит и бумажной основы без нанесения частиц

Как видно на диаграмме рис. 5 увеличение радиуса прокладок больше 85мм, и применение больше двух прокладок с одной стороны пильного диска нецелесообразно, ввиду незначительного акустического эффекта от увеличения размеров ВДПСТ.

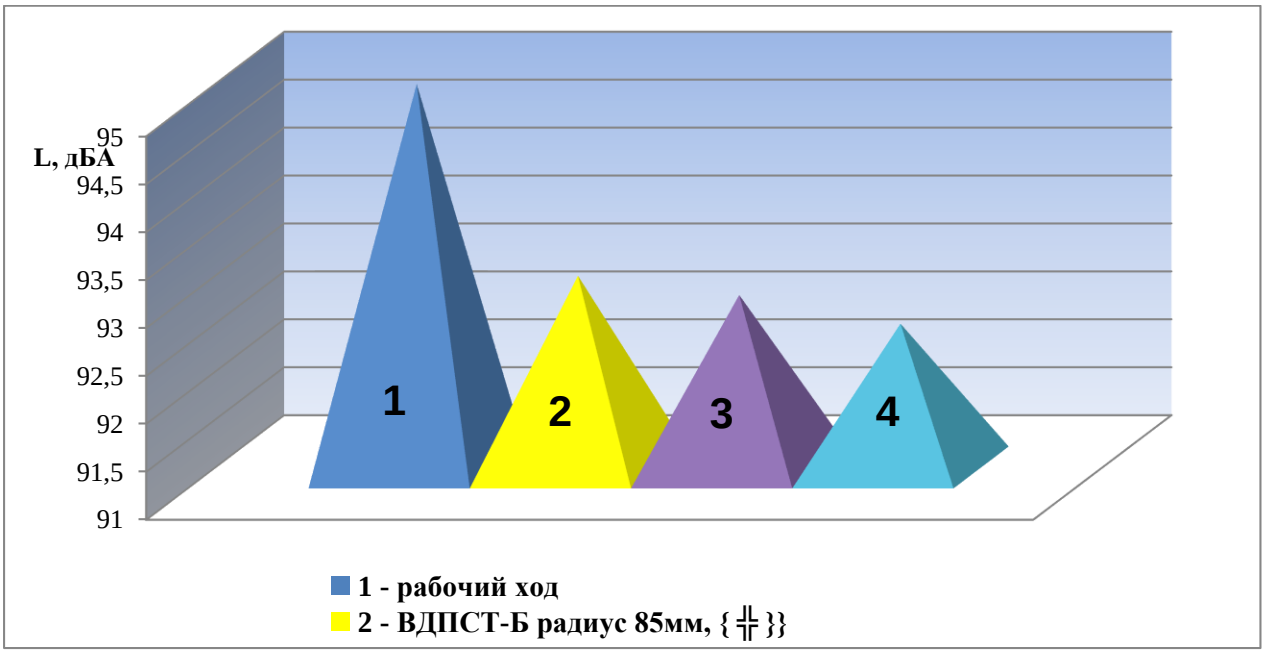


Рисунок 5 - Уровень звука от деревообрабатывающего станка Ц-6 на рабочем ходе до и после применения ВДПСТ-Б с варьируемыми параметрами

Рисунок 6 – Фрагмент испытаний ВДПСТ на деревообрабатывающем станке ЦДК-40

Библиографический список

1. Асминин В. Ф. Пат. 2450918 РФ, МПК B27B5/38, B27B33/08. Устройство для снижения шума и вибрации от дисковых пил [Текст]; В. Ф. Асминин, Д. С. Осмоловский ; патентообладатель ВГЛТА. - № 2010130441/02 ; заявл. 20.07.2010 ; опубл. 20.05.2012, Бюл. № 14
2. Иванов, Н. И. Основы виброакустики / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров. – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.
3. Михин, Н. М. Внешнее трение твердых тел [Текст] / Н. М. Михин. – М. : Наука, 1977. – 221 с.
4. Нашиф, А. Демпфирование колебаний [Текст] / А. Нашиф, Д.Джоунс, Дж.Хендерсон. – М. : Мир, 1988. – 448 с.
5. Осмоловский, Д. С. Пути снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков применением вибродемпфирования с сухим трением в узле крепления пильного диска [Текст] / Д. С. Осмоловский, В. Ф. Асминин // Леса России в XXI веке : материалы 1 Международной научно-практической интернет-конференции. - СПб. : 2009. - С. 257-259. - Библиогр.: с. 259 (2 назв.).
6. Осмоловский, Д. С. Экспериментальное исследование диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с фрикционным трением для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков [Текст] / Д. С. Осмоловский, В. Ф. Асминин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2011. - № 5 (323). - С. 59-63. - Библиогр.: с. 63 (3 назв.).
7. Осмоловский Д. С. Акустическая эффективность от применения вибродемпфирующих прокладок с сухим трением (ВДПСТ) для снижения шума от пильного диска круглопильных деревообрабатывающих станков [Текст] / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин // Безопасность жизнедеятельности.- 2012. - № 8 (140). – С. 14-19. - Библиогр.: с. 19 (4 назв.).
8. Осмоловский, Д. С. Снижение шума от круглопильных станков вибродемпфированием: научное обоснование конструкции вибродемпфирующего устройства, оценка его эффективности и практическая реализация : Монография / Д. С. Осмоловский, В. Ф. Асминин ; Воронеж. гос. лесотехн. акад. - Германия : LAP Lambert academic publishing, 2013. - 133 с. : ил.
9. Соколов, Г. А. Борьба с шумом в деревообрабатывающей промышленности/ Г.А. Соколов; Ленная промышленность - М.; 1974. –144с.

ДОСТИЖЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ СИСТЕМ

Остапчук Александр Константинович
Канд. техн. наук, доцент, г. Курган
Шашков Алексей Игоревич
аспирант, г. Курган
Михалищев Александр Геннадьевич
аспирант, г. Курган

Необходимость быстрого освоения производства новых изделий требует разработки расчетных методов определения технологических условий обработки, позволяющих на стадии проектирования технологического процесса изготовления изделий закладывать решения, обеспечивающие при минимальных затратах заданные величины эксплуатационных показателей (усталостной прочности, контактной жесткости, износостойкости и т.д.), которые определяют надежность и долговечность выпускаемой продукции. Одним из факторов обеспечения эффективности и надежности обработки на металлорежущих станках и станочных системах с числовым программным управлением является учет влияния нестабильности входных параметров процесса резания на оптимальность решений, принимаемых на этапах проектирования технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ. Для автоматического оборудования с ЧПУ возникла проблема создания подобных автоматизированных функций в системе управления резанием.

Анализ отказов машин выявил следующие причины, связанные с технологией их изготовления:

- необоснованные технические условия на параметры технологического процесса;
- недостаточный запас надежности технологического процесса по параметрам качества;
- недостаточная технологическая надежность оборудования;
- игнорирование явления технологического наследования, приводящее к проявлению различных побочных явлений.

Основные эксплуатационные свойства деталей машин – износостойкость, прочность, коррозионная устойчивость в значительной мере определяются состоянием их поверхностного слоя. В современном производстве назначение и технологическое обеспечение параметров состояния поверхностей деталей недостаточно обосновано, что приводит либо к завышению требований и удорожанию машин, либо к их занижению и снижению надежности.

Как правило, разрушение деталей начинается с поверхности, поэтому техническое решение проблемы повышения качества машин в значительной мере связано с технологическим обеспечением качества поверхностного слоя деталей, которое включает как геометрические характеристики, так и физико-механические свойства.

Шероховатость поверхности деталей машин существенно влияет на износостойкость, но не всегда наиболее износостойкой оказывается поверхность с минимальной шероховатостью. Установлено, что при одинаковых условиях изнашивания после приработки создаётся оптимальная шероховатость, независящая от первоначальной шероховатости. Поэтому при обработке целесообразно создавать поверхности, шероховатость которых будет соответствовать приработанным поверхностям трения при конкретных условиях изнашивания. Для повышения износостойкости при окончательной обработке следует по возможности уменьшать структурную неоднородность поверхностного слоя и создавать равномерные напряжения по всей поверхности.

Известные характер и степень влияния параметров поверхностного слоя на эксплуатационные свойства позволяют решить вопрос об управлении качеством поверхностного слоя с целью создания требуемых эксплуатационных характеристик. Полученные параметры поверхностного слоя позволяют не только обеспечить эксплуатационные показатели детали с меньшей себестоимостью, но и значительно повысить надежность узла в целом.

Для получения необходимых эксплуатационных показателей необходимо разработать компьютеризированную технологию проектирования и изготовления изделий, построенную на принципах CALS-технологий и включающую в себя все этапы создания образца новой машины от разработки математической модели эксплуатационных показателей до управления станками и технологическими условиями обработки в процессе производства.

Сущность работы заключается в комплексном подходе к проблеме управления надежностью, обоснованию и технологическому обеспечению системы параметров поверхностного слоя с учетом эксплуатационных свойств, а также в разработке практических рекомендаций по их реализации в производственных условиях.

При решении данной проблемы требуется:

- разработать методику анализа, определения и расчета требуемых показателей качества исходя из служебного назначения деталей;
- разработать методику оценки и прогнозирования динамического состояния обрабатывающей системы;
- разработать и создать систему обеспечения требуемых параметров качества поверхностного слоя на основе динамического мониторинга;
- разработать алгоритмы и программное обеспечение для управления оборудованием и технологическими условиями обработки и создать согласующее устройство для штатной системы управления с внешней ЭВМ;
- синтезировать разработанные элементы, методологический аппарат и информационную поддержку в единую конструкторско-технологическую систему проектирования и изготовления деталей машин.

Задача оценки качества деталей, и в конечном результате получения годной детали, к обычным трудностям производства добавляет свои специфические трудности, вызванные дороговизной оборудования, техническим состоянием оборудования и т.д. До настоящего времени отсутствуют надежные технические решения комплекса вопросов контроля качества поверхности. Решение данной проблемы возможно при создании адаптивных систем управления. Как правило, адаптивные системы, используемые в настоящее время, проектируются на конкретный станок или систему, регулирование ведется по определенным показателям оптимальные значения, которых необходимо устанавливать экспериментально в каждом новом сочетании деталь – технологическая система. Анализ отечественных и зарубежных источников показывает, что в настоящее время при оценке качества поверхностей основываются преимущественно на стандартизованных параметрах шероховатости поверхности, ее макрогеометрии и некоторых физико-механических характеристиках, что не позволяет в полной мере оценить необходимые эксплуатационные параметры контактирующих поверхностей. При учете некоторых не стандартизованных характеристик появляется возможность формулирования некоего комплексного показателя качества поверхности применительно к различным эксплуатационным нагрузкам, алгоритма управления процессом резания, реализуемого с помощью адаптивных систем управления, основанных на применении в производственном процессе ЭВМ. Для более эффективного использования технологического оборудования необходимо решить проблему создания надежного аппарата диагностирования процесса обработки, т.е. динамического мониторинга. Надежным источником информации о динамических процессах, происходящих в технологической системе являются, сигналы виброакустики. Идея динамического мониторинга по сигналам виброакустики основана на предложении, что конкретному состоянию технологической системы должно соответствовать сугубо индивидуальное акустическое излучение. Акустическое излучение как носитель полезной информации обладает большой емкостью, которая обусловлена его чрезвычайно широкий спектром (рисунок 1, рисунок 2). Проведенные экспериментальные исследования различных процессов обработки подтвердили возможности диагностирования процесса обработки средствами вибродиагностики и позволили разработать предварительную модель интегрированной системы диагностики и управления процессами обработки на станках с ЧПУ, а также алгоритм оценки состояния технологической системы. Спроектирован и изготовлен опытный образец платы сопряжения внешней ЭВМ со штатной системой ЧПУ станка. Разработан и зарегистрирован комплекс информационной поддержки и программного обеспечения для реализации динамического мониторинга, моделирования процессов обработки и шероховатости поверхности. Созданы компьютерные программы для определения величины относительного смещения базовых и обрабатываемых поверхностей. Разработана экспертная система «Технолог», позволяющая по заданным параметрам качества изготавливаемой детали, назначать оптимальные режимы и условия обработки. Спроектирован и запатентован ряд прогрессивных инструментов и устройств.

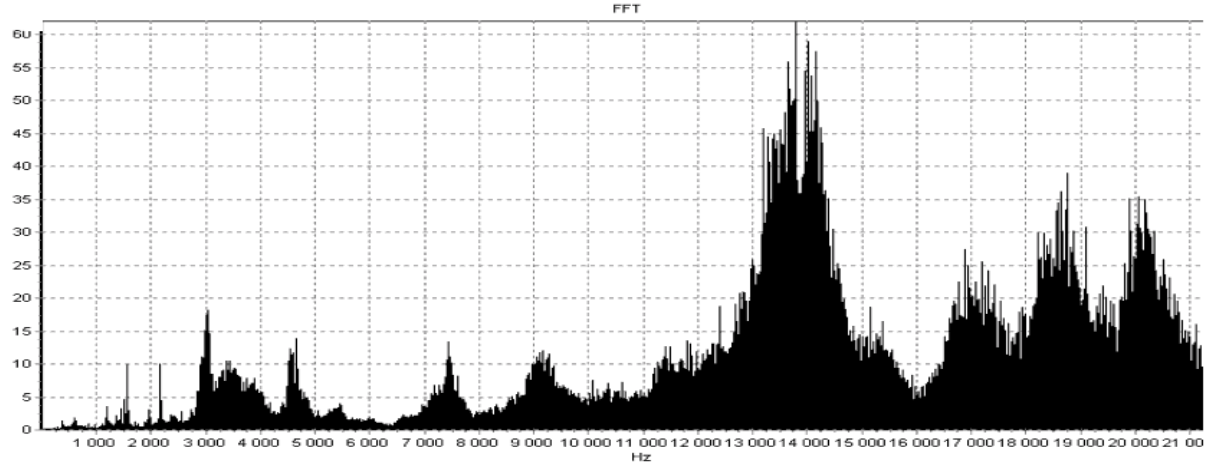


Рисунок 1. Спектр виброакустического сигнала при точении

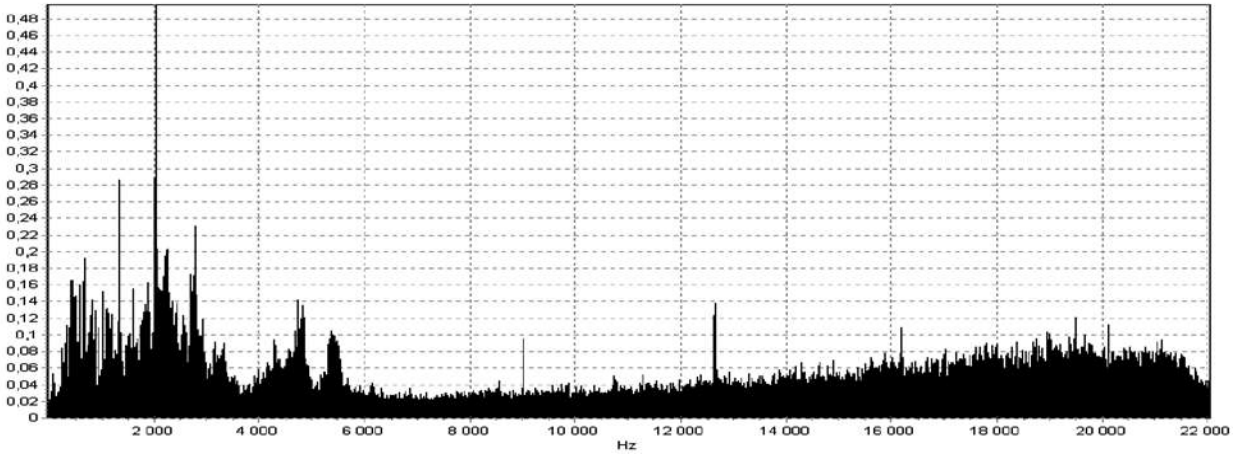


Рисунок 2. Спектр виброакустического сигнала при выглаживании

Изучение спектра современных программных продуктов в области CALS-технологий, проведение экспериментальных исследований, разработка математического аппарата и устройства сопряжения внешней ЭВМ с устройством ЧПУ позволит создать обрабатывающий комплекс механообработки с использованием динамического мониторинга комплекса САПР.

Список литературы:

1. Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Кучеренко Е.С. Синергетический подход к определению отклика технологической системы на внешнее воздействие // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2011. №3. С. 36-41.
2. Курдюков В.И., Остапчук А.К., Маслов Д.А., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Оценка состояния технологической системы при помощи размерности фазового пространства // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009. №1.С. 57-59.
3. Остапчук А.К., Хрипунов С.В. Применение теории детерминированного хаоса к прогнозированию точности обработки // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2005. №2. С. 37-41.
4. Симонов А.М. Основы обеспечения качества поверхности деталей машин с использованием динамического мониторинга/ Монография. КИЖТ. Г. Курган. 2010.

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СПРОСА РОССИЙСКОГО РЫНКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Петрунина Маргарита Владимировна
Студент 4 курса факультета бизнес-информатики Высшей школы экономики, г.Москва.

1. Математические модели экономической оценки спроса на мобильные приложения

Рынок мобильных устройств зародился в 2009 г. и официально считается годом зарождения рынка мобильных приложений в России. Это на год позже, чем в других развитых странах, но при этом можно наблюдать достаточно высокие темпы роста как в денежном, так и в количественном выражении.

На сегодняшний день существует несколько моделей анализа данного рынка. *Структурная модель* использует панель данных, состоящую из топа 300 мобильных приложений, имеющих ранг цены, продаж, характеристик с AppStore и GooglePlay. Полезность *i*-го покупателя от *j*-го мобильного приложения определяется на основе данных AppStore и GoogleAndroidMarket Южной Кореи с помощью факторной модели

$$u_{jt}= X_{jt}\,\beta_i+\alpha_i\cdot P_{jt}+\xi_{jt}+\varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

где u_{jt} – полезность *i*-го покупателя от *j*-го мобильного приложения на рынке *t*, X_{jt} – вектор наблюдаемых характеристик (размер, время использования, категории приложений и др.), ξ_{jt}, α_i, β_i – коэффициенты регрессии. Так же эта модель включает ненаблюдаемые характеристики (например, шоки на рынке). Потребитель *i* выбирает приложение *j*, которое дает максимальную полезность. Но здесь появляется проблема эндогенности цены (цена коррелирует с ненаблюдаемыми характеристиками продукта, т.е. с ошибкой ε_{ijt} [1, с. 1-4]).

Модель спроса при влиянии систем рекомендации активно используют российские интернет-магазины, такие как Яндекс.Маркет, Юлмарт и другие, которые анализируют данные различных показателей покупателей, прошлые покупки, оценки, просмотр аналогов и цены, после чего предоставляют рекомендации своим клиентам. Задачей системы рекомендаций является включение данных о пользователях и их предпочтениях, а также предположение возможных интересов. Так как, исходя из анализа продаж, ритейлеры имеют возможность рекомендовать определенные товары, тем самым, увеличив продажи. Для данной модели был разработан эмпирический метод оценки воздействия и эффективности рекомендаций. Модель в общем виде выглядит следующим образом [2]:

$$\log rank_{it}=\alpha+\alpha_1\cdot\log price_{it}+\alpha_2\cdot rec_{it}+\alpha_3\cdot rating_{it}+\alpha_4\cdot rev_{it}+\alpha_5\cdot\log rank_{it-1}+u_{it},$$

где *rank* – рейтинг продаж, *rec* – переменная силы рекомендации, *rating* – средняя величина рейтинга, *rev* – величина недавно добавившихся отзывов, *price* – цена, *u* – случайная ошибка, $\alpha,\alpha_1,\ldots,\alpha_5$ – коэффициенты регрессии.

Другой взгляд на модель спроса предполагает, что для оценки параметров уравнения, связывающего продажи и ранг продаж платного программного обеспечения, достаточно знать цену каждой программы, ранг загрузок, общее количество продаж всех попавших в выборку программ. Для двух рейтингов продаж: рейтинга количества скачиваний (downloadrank) и рейтинга выручки от продаж (revenuerank), рассматривается место каждого программного обеспечения [3].

$$\ln revenue_rank_t=A+A_1\cdot download_rank_t+v_t,$$

где A, A_1 – коэффициенты регрессии, v_t – ошибка.

Кроме того, проводились исследования влияния на спрос официальных и неофициальных комментариев и оценок продукта. Количество скачиваний или покупки продукта напрямую зависит от количества «звезд» и отзывов. Точно такая же ситуация и с рынком мобильных приложений. Чем лучше отзывы о конкретном продукте, тем чаще его будут скачивать. Следствием этого становится улучшение позиции в рейтинге, что в свою очередь увеличивает полезность, определяемую структурной моделью (1) [4].

Приведенные математические модели позволяют делать прогнозы успешности продажи определенных групп мобильных приложений в рассматриваемом сегменте пользователей.

2. Качественные методы исследование российского рынка мобильных приложений

Другой механизм оценки спроса на рынке мобильных приложений основан на качественных методах исследования. В период с 2010 по 2013 гг. произошел огромный

скачок популярности мобильных приложений и приложений на планшеты. Это касалось всех ведущих платформ, таких как AndroidOS и iOS. Итак, в 2013 г. исследователями J'son&PartnersConsulting было проведено качественное исследование российского рынка мобильных приложений. Его результаты позволяют выявить модель потребления приложений для смартфонов и планшетных ПК.

Статистика за октябрь 2012 г. (рисунок 1) свидетельствует, что использование мобильных устройств гораздо выше, чем планшетов в связи с компактностью, но функциональностью первого. Несмотря на почти равную функциональность, планшеты чаще всего используются для просмотра видео, а также чтения документов в транспорте дальнего следования. Для использования смежных функций, а также доступа в интернет при пешем перемещении или пользовании городским транспортом, чаще используются смартфоны. Они удобней, компактней, легче.

Рисунок 1. Частота использования видео приложениями со смартфона и планшетного ПК, Россия, октябрь 2012 [5]

По мнению исследователей, основными мировыми трендами рынка разработки мобильных приложений являются:

- Формирование рынка сервисов для разработчиков;
- Развитие бизнес-приложений;
- Активное применение технологии HTML-5.

Что касается России. Рынок мобильной разработки в нашей стране на данный момент переживает бурный рост. Увеличивается количество мобильных разработчиков. К сравнению, в 2007 г. их количество составляло 400 человек, к 2013 г. – увеличилось до 4100 (рисунок 2).

Рисунок 2. Общее количество компаний разработчико в России 2007-2013гг. [5]

Чем выгодно это увеличение? Если мы обратим внимание на российские драйверы рынка мобильных приложений, то ими являются:

1) Увеличение количества заказчиков. К 2013 г. на рынке мобильной разработки произошел переход от рынка предложения к рынку спроса. Многие заказчики начали обращать внимание на мобильный сегмент, как на средство массовой коммуникации. Вследствие этого, количество заказчиков сравнялось и даже чуть превышает количество разработчиков.

2) Рост мобильного потребления. В целом, растет потребление мобильных сервисов населением России, растут продажи смартфонов и планшетов, растет потребляемый мобильный трафик. Этот рост фундаментален для рынка мобильных разработок.

3) Рост мобильной рекламы. Рынок мобильной рекламы связан с рынком мобильных разработок непосредственно, и данные рынки растут с примерно одинаковыми темпами, являясь смежными. Рост бюджетов мобильной рекламы является последовательным и закономерным в зависимости от роста количества мобильных приложений и их конкуренции за пользователя.

4) Стимулирование данного рынка со стороны владельцев платформ. Google, Apple, Microsoft стимулируют

разработчиков локальных рынков путем проведения конкурсов, создания более выгодных условий сотрудничества. Цель владельцев платформ – максимальное количество приложений для своей платформы и получение более конкурентного сервиса для пользователя. На это тратятся большие бюджеты, но в долгосрочной перспективе это будет иметь свои плоды. По данным экспертов J'son&PartnersConsulting, новая операционная система, которую собирается запускать компания Samsung, будет достаточно агрессивно привлекать разработчиков.

5) Высокие бюджеты на разработку. Рынок мобильных разработок является трендовым среди рынков прочих разработок, поскольку бюджеты, выделяемые на создание мобильных приложений, остаются достаточно высокими в отличие от бюджетов на разработку сайтов. Хотя, по мнению многих экспертов цены на разработку мобильных приложений снизятся в ближайшие два года, когда сойдет первый «бум».

Как мы видим, развитие данного рынка по всем опорным точкам достаточно интересно и прибыльно. Все представленные выше драйверы базируются один на другом, создавая взаимозависимую цепь факторов развития как отдельного приложения, так и рынка в целом. Но, несмотря на актуальность рынка мобильной разработки, существуют барьеры, препятствующие развитию данного рынка. Эксперты выделяют следующие факторы:

1) Недостаточное количество подготовленных кадров. Как и на любом другом рынке разработки, компании, занимающиеся непосредственно созданием мобильных приложений, страдают от «кадрового голода». На рынке вакансий немного специалистов, ориентированных на мобильную разработку. Но в 2013 г. ситуация начала меняться, многие разработчики переквалифицировались из смежных областей, таких как веб-разработка, разработка бизнес-систем и других.

2) Высокие цены на разработку приложения. Данная позиция может быть как драйвером, так и барьером рынка одновременно. Из-за высоких бюджетов многие заказчики временно откладывают заказ на разработку приложения до понижения цены, что вполне обоснованно. Этот факт свидетельствует об отложенном спросе на мобильные приложения, который и будет помогать расти рынку в последующие 2 – 3 года.

3) На рынке мобильных разработчиков уже сформировалось ядро лидирующих компаний, которые к настоящему моменту накопили опыт и экспертизу. Появляются отечественные проекты, нацеленные специально на мобильных разработчиков. Так же создаются конструкторы, позволяющие без навыков программирования создавать мобильные приложения. Это можно назвать индикатором перехода рынка мобильной разработки в массовый сегмент.

3. Тенденции развития рынка мобильных приложений

В начале своего существования рынок мобильных приложений в России оценивался в $3млн, однако за 1 год прирост объема рынка составил 473% по сравнению с предыдущим годом, и уже в 2010 г. оценивался в $14,2млн (рисунок 3).

Рисунок 3. Российский рынок мобильных приложений, млнUSD, 2009-2012гг. [5]

По данным экспертов, рынок мобильных приложений по итогам 2012 г. составил $137,3 млн. динамика роста составит 295% по сравнению с предыдущим периодом. Но отмечается, что российский рынок мобильных приложений будет расти медленнее, чем мировой. По состоянию на 2013 г. на рынке мобильных приложений присутствуют факторы, влияющие на развитие данного рынка. Исследователями выделяется несколько общемировых трендов рынка мобильных приложений:

1) Рост числа мобильных устройств. Число смартфонов и планшетных ПК продолжает расти, их доля в общем количестве мобильных устройств увеличивается. Данная тенденция указывает на меняющуюся структуру потребления мобильных медиа и вызывает повышенный интерес многих компаний к мобильному рынку.

2) Увеличение влияния мобильных социальных сетей. Широкое распространение современных мобильных устройств меняет модель коммуникации людей, общение через мобильные устройства упрощается и становится дешевле.

3) Операционные системы Android, iOs, Windows 8. Основными платформами для современных мобильных устройств являются Android и iOs. Но появление нового и достаточно сильного игрока Microsoft с его платформой Windows 8 и WindowsPhone, по мнению экспертов J'son&PartnersConsulting, изменит структуру рынка мобильного маркетинга.

4) Рост количества планшетных компьютеров. Планшеты стремительно вытесняют ноутбуки с рынка, практически замещая их, поскольку основной функционал планшетов практически идентичен ноутбукам.

5) Развитие мобильных платежных систем и мобильного банкинга. Осуществление оплат с использованием мобильного устройства упрощает процесс покупки, повышает безопасность и дает пользователю управление над своими банковскими счетами. В целом, это сильно меняет модель оплаты услуг и товаров, и, как следствие, их потребления.

6) Изменение модели потребления. Глобальная мобилизация. Для пользователей мобильные устройства становятся удобнее, чем компьютеры, для решения повседневных задач.

7) Геопозиционирование. В связи с увеличением количества пользователей смартфонов, наблюдается значительный рост популярности GPS-навигации, привязанной к таким мобильным приложениям, как Forsquare, FacebookPlaces, Twitter.

8) Проникновение LTE и его влияние на мобильный маркетинг. Благодаря развитию LTE сетей, пользователи мобильных устройств получают доступ в Интернет на более высоких скоростях, нежели в сетях 3G. Это открывает дополнительные возможности для использования различных интернет-сервисов, недоступных при подключении к 3G.

Барьеры роста рынка мобильных приложений не столь многочисленны, как драйверы. Исследователи выделили только 2 пункта:

1) Неосведомленность пользователей. Владельцы смартфонов, особенно их возрастная аудитория, не пользуются большинством полезных функций своего гаджета, а используют его просто как обычный телефон для совершения звонков, реже – отправки смс.

2) Сложности оплаты. Вопрос оплаты для многих пользователей развивающихся рынков остается сложным препятствием для роста. Люди пока не до конца доверяют мобильным системам и не хотят оставлять данных своих платежных инструментов в системе.

Проведенные исследования показывают, что на российском рынке приложений существует конкуренция между мобильными версиями и версиями для планшетов. Несмотря на схожую функциональность планшетов и смартфонов, их назначение определяется набором используемых приложений, подходящих для решения различных задач. Поэтому рынок мобильных приложений регулируется потребностью в каждом из них. При этом количественные и качественные методы оценки спроса на приложения позволяют определить направление развития соответствующей отрасли.

Список литературы

1. AnindyaGhose, Sang Pil Han. Estimating Demand for Mobile Applications in the New Economy //file:///C:/Users/user/Downloads/SSRN-id2378007.pdf
2. BhavikPathak, Robert Garfinkel, Ram D. Gopal, RajkumarVenkatesan, Fang Y. Empirical Analysis of the Impact of Recommender Systems on Sales//Journal of Management Information Systems. 2010. Vol. 27. No. 2.PP. 159–188 //http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2069586
3. Rajiv Garg, Rahul Telang. Inferring app demand from publicly available data. MIS Quarterly, Forthcoming, May 1, 2012. PP. 1 – 25 //file:///C:/Users/user/Downloads/SSRN-id1924044.pdf
4. Judith Chevalier, Dina Mayzlin. The effect of word of mouth on sales: online book reviews. Journal of Marketing Research Vol. XLIII (August 2006), pp. 345–354. //http://faculty.som.yale.edu/dinamayzlin/chevalier_mayzlin.pdf
5. **Список новых исследований**

   //J'son&PartnersConsultinghttp://www.json.ru/ru/markets_research/new_research/

ВЛИЯНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯГОД ЖИМОЛОСТИ

Короткий Игорь Алексеевич
Док. тех. наук, доцент кафедры «Теплохладотехника», г. Кемерово
Расщепкин Александр Николаевич
Канд. тех. наук, доцент кафедры «Теплохладотехника», г. Кемерово
Федоров Дмитрий Евгеньевич
Канд. тех. наук, младший научный сотрудник НОЦ ХКТиТ, г. Кемерово

Консервирование холодом является одним из наиболее распространенных и надежных методов продления сроков хранения пищевых продуктов. При хранении продуктов в условиях низких температур происходит значительное замедление биохимических реакций, приводящих к порче сырья. Интенсивность изменений в продукте при замораживании и хранении в условиях низких температур зависит от свойств самого продукта, а также от технологических параметров процессов низкотемпературной обработки. В первую очередь это касается температуры заморозки и продолжительности хранения продукта [1, 2].

Замораживание как способ консервирования применяется для широкого спектра пищевых продуктов, в том числе для ягод, которые являются богатым источником витаминов, минеральных веществ и незаменимых аминокислот [3, 4]. Перспективы консервирования холодом плодов и ягод сырья заключены в возможности сохранения биологически ценных компонентов данного вида сырья при правильном подборе режимов обработки.

Таким образом, целью настоящей работы является исследование воздействия замораживания и низкотемпературного хранения на качественные показатели ягод. В качестве объекта исследования была выбрана жимолость, которая благодаря своему уникальному составу является ценным лечебным средством. Состав свежей жимолости представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав свежих ягод жимолости

Наименование показателя	Фактическое содержание
Массовая доля влаги, % в т.ч. свободная	85,3±0,1 41,2±0,1
Сахара всего, % в т.ч. моносахара сахароза	5,5±0,02 4,6±0,02 0,9±0,02
Пектиновые вещества, % в т.ч. водорастворимый пектин протопектин	0,55±0,02 0,26±0,02 0,29±0,02
Органических кислот (по яблочной), %	2,9±0,1
Витамин С, мг/100 г	24,7±0,1
Каротиноиды, мг/100 г.	1,8±0,1

Ягоды жимолости перед замораживанием сортировали, удаляли плодоножки, промывали водой и просушивали на сетке под струей воздуха. Для исследований использовалось 2 вида замораживания:

- естественной конвекцией в холодильной камере при температуре воздуха минус 12° С в слое ягоды 4 см;
- в скороморозильном аппарате на сетчатом поддоне путем пропускания воздуха со скоростью 4 м/с и температуре минус 40° С до достижения температуры в геометрическом центре ягоды минус 18° С.

Ягоду, замороженную в условиях естественной конвекции, хранили при температуре минус 12° С, для ягоды, замороженной в скороморозильном аппарате температура хранения составляла минус 18° С.

В таблице 2 представлены результаты анализа качественных показателей ягод жимолости, замороженных естественной конвекцией и в скороморозильном аппарате.

Таблица 2

Изменение качественных показателей замороженных ягод жимолости

Наименование показателя	Срок хранения, месяцев				
	0	3	6	9	12
Замороженные при естественной конвекции					
Массовая доля свободной влаги, %	44,9	48,1	50,2	59,7	63,3
Общий сахар, %	5,5	4,7	3,9	3,1	2,3
Моносахара, %	4,6	4,0	3,4	2,8	2,0
Сахароза, %	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3
Органические кислоты, %,	2,9	3,2	3,8	4,1	4,3
Пектиновые вещества, % в т.ч.: водорастворимый пектин протопектин	0,38 0,17 0,21	0,33 0,14 0,19	0,31 0,13 0,18	0,31 0,12 0,18	0,30 0,12 0,18
Витамин С,мг/100 г	22,0	18,8	14,5	11,7	10,0
Замороженные в скороморозильном аппарате					
Содержание свободной влаги, %	41,6	41,9	42,3	45,1	47,2
Общий сахар, %	5,5	5,2	4,9	4,4	3,9
Моносахара, %	4,6	4,4	4,2	3,9	3,4
Сахароза, %	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
Органические кислоты, %,	2,9	3,0	3,2	3,4	3,6
Пектиновые вещества, % в т.ч.: водорастворимый пектин протопектин	0,49 0,22 0,27	0,46 0,19 0,27	0,43 0,17 0,26	0,42 0,16 0,26	0,41 0,15 0,26
Витамин С,мг/100 г	23,0	20,3	17,3	15,7	14,6

Результаты экспериментальных данных свидетельствуют о том, что ягоды, замороженные в скороморозильном аппарате, при хранении в большей степени сохраняют сахара, пектиновые вещества и витамин С по сравнению с ягодами, замороженными при естественной конвекции. В процессе хранения ягод жимолости наблюдался распад общих сахаров с одновременным снижением содержания моносахаров и сахарозы. Степень потерь витамина С за 6 месяцев хранения составляет от 30% при быстром замораживании до 41,4% при замораживании естественной конвекцией. При хранении наблюдалось также незначительное увеличение кислотности и снижение содержания пектиновых веществ. Повышение содержания свободной влаги через 12 месяцев хранения у ягод жимолости, замороженных конвекцией несколько выше, чем у быстрозамороженных ягод.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что для длительных сроков хранения ягод целесообразно использовать быстрое замораживание. Температура ягод при этом должна быть стабильна и не превышать минус 18°С. Медленное замораживание целесообразно применять в случае, когда срок хранения не превышает 6 месяцев.

Список литературы

1. Короткая, Е.В. Влияние замораживания на физико-химические показатели ягод черной смородины/ Е.В. Короткая, И.А. Короткий // Хранение и переработка сельхозсырья. -2006, № 3. –С. 15-17.
2. Короткий, И.А. Исследование влияния режимов замораживания и низкотемпературного хранения на качественные показатели ягод черной смородины / И.А. Короткий // Вестник КрасГАУ. – 2008. - № 2. – С. 291-294.
1. 3 Федоров, Д.Е. Концентраты сибирских ягод – источник энергии в условиях современного антропогенного развития человечества / Д.Е. Федоров, Г.А. Масленникова // «Экологические проблемы природных и антропогенных территорий». - Чебоксары, 2010. – С. 165-166.
3. Круглякова Г.В. Заготовка, хранение и переработка дикорастущих ягод и грибов – М.: Экономика, 1990. – 159с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРЕТО - ОПТИМАЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ 3D-ГРАФИКОВ ПРИ НЕРЕГУЛЯРНОМ ИЗМЕНЕНИИ АРГУМЕНТОВ

Романова Ирина Константиновна
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Робототехнические системы и мехатроника»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Проектирование систем, свойства которых должны удовлетворять нескольким критериям качества, усложняется часто встречающейся на практике взаимной противоречивостью этих критериев. Эта проблема решается в рамках многокритериальной оптимизации. Важнейшую роль в проблеме многокритериальной оптимизации играет аксиома Парето. Если оценка одного из двух вариантов не хуже оценки второго варианта по всем компонентам, причем, по крайней мере, по одной из них – строго лучше, то первый вариант предпочтительнее второго [2]. Обзору получения Парето - оптимальных решений, посвящена, в частности, статья [5].

Одним из распространенных методов решения задач многокритериальной оптимизации является зондирование пространства параметров при использовании эффективных методов генерации пробных точек. Известен алгоритм зондирования пространства параметров, называемый методом ЛПТау – последовательности [3]. Исследуемые области параметров характеризуются многомерностью, что заставляет при исследовании этих областей отказаться от традиционных решетчатых сеток и воспользоваться так называемыми равномерно распределенными последовательностями, в число которых входит и ЛПТау - последовательность. В качестве примера рассмотрим генерацию ЛПТау – последовательности для двумерного случая с помощью программы [4]. На рис.1 приведены точки, принадлежащие равномерно распределенной последовательности (символы *) и для сравнения там же приведен график для равномерной сетки (символы о).

Визуализация полученных расчетов целевых функций весьма полезна для проектировщика, однако возникает проблема нерегулярности получаемых пробных точек.

Известен ряд алгоритмов, используемых при визуализации нерегулярного множества точек в 3-х и *n*- мерной области.

Во-первых, множество точек может быть представлено с помощью выпуклой оболочки множества точек, принадлежащих *n*-мерному пространству R^n, определяемой как наименьшее выпуклое множество, содержащее все эти точки. Для построения выпуклой оболочки точек из трехмерного пространства и пространств более высоких размерностей используется, например, функция convhulln пакета МАТЛАБ [1] .

Вторым подходом к визуализации является триангуляция. Если задан набор точек на плоскости, то задача триангуляции такого набора состоит в соединении всех точек непересекающимися отрезками так, чтобы новых отрезков уже нельзя было добавить без пересечения с имеющимися. Триангуляция может быть неединственная. Важный в приложениях класс триангуляций составляют триангуляции Делоне, для которой внутрь окружности, описанной вокруг каждого треугольника, не попадают точки множества. Для визуализации функций, заданных на непрямоугольной области определения строится триангуляция Делоне множества точек на плоскости. После этого применяются функции для визуализации.

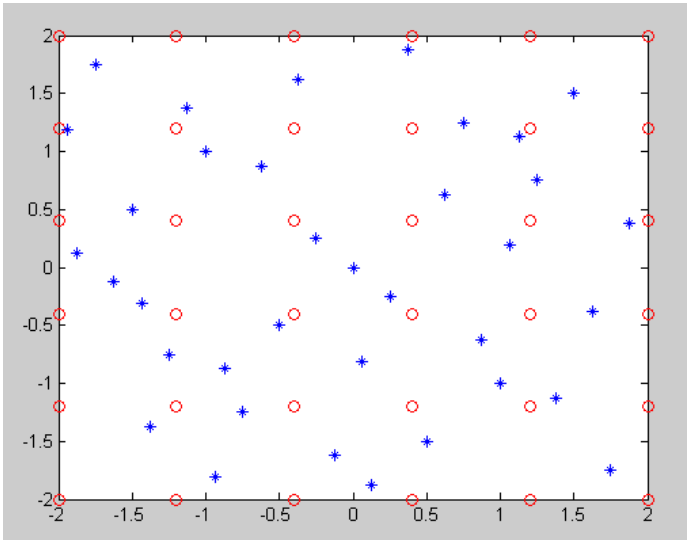


Рисунок 1. Распределение пробных точек для равномерной сетки и равномерно распределенной последовательности

Третьим способом является построение диаграммы Вороного. Если на плоскости задано множество из k различных точек, то диаграмма Вороного определяется как деление плоскости на k ячеек (по числу точек), каждая ячейка содержит одну точку из исходного набора и для любой ячейки выполняется следующее свойство. Ячейка, которая содержит точку (x_i,y_i), содержит также все точки плоскости, которые ближе к (x_i,y_i), чем к любой другой точке из исходного набора.

Предлагаемый ниже оригинальный алгоритм основан на использовании понятия эффективных точек. Задачей, как и ранее, является соединение всех точек непересекающимися отрезками. Понятие эффективных точек взято из параметрической оптимизации систем. Напомним определение эффективных точек. Пусть в n-мерном замкнутом множестве D_N заданы m непрерывных функций $\Phi_1(A),...\Phi_m(A)$. Точка A' безусловно лучше, чем точка A, если при всех $\nu=1,2,...m$ $\Phi_\nu(A') \le \Phi_\nu(A)$ и хотя бы при одном имеет место строгое неравенство. В этом случае можно также сказать, что точка A безусловно хуже, чем точка A'. Если не существует точки $A' \subseteq D_N$, безусловно лучшей, чем A, то точка A называется эффективной. Если существует точка A', безусловно лучшая, чем A, то точка A называется неэффективной. Эффективные точки называют также паретовскими или нехудшими. Название паретовские часто используют для обозначения образов эффективных точек в пространстве критериев. Паретовские точки расположены на границе множества возможных точек П, что вытекает из свойства, называемого минимальным свойством эффективных точек. Простейший алгоритм выделения приближенно эффективных точек состоит в следующем. Помечается точка A_{i1} из D_N , сравнивается со всеми оставшимися из D_N, исключаются все точки A_j, которые безусловно хуже, чем A_{i1}. Затем из оставшихся точек выберем непомеченную точку, например A_{i2} и пометим ее. Сравнивая ее со всеми оставшимися точками (включая A_{i1}) , исключим те из них, которые безусловно хуже, чем A_{i2} и т.д. После конечного числа шагов останутся только помеченные точки. Можно доказать, что все оставшиеся точки приближенно эффективные.

Для рассматриваемой задачи визуализации применим механизм эффективных точек с целью сортировки координат x и y, тем самым интерпретируя пространство параметров как критерии. В этом – главное отличие от традиционного выделения эффективных точек, выполняемого в пространстве критериев.

Процесс носит итерационный характер. На первом этапе выделяем эффективные точки, которые будут составлять первый слой. Далее исключим эти точки из рассмотрения и вновь решим задачу определения эффективных точек для оставшихся. Тогда получим второй слой и т.д., пока все точки не будут отсортированы по слоям.

Следующей задачей является соединение точек между собой. Для этого сформируем матрицу M_s (MREZSV). Ее назначение – формирование булевых величин (1 или 0) – признаков наличия или отсутствия связей между точками. Пусть число точек в экспериментах N (N=25). Очевидно, что размерность этой матрицы будет $N \times N$. В результате поиска эффективных точек получили вектор точек по слоям: 1 |2 6 |3 7 11 |4 8 12 16 |5 9 13 17 21 |10 14 18 22 |15 19 23 |20 24 |25 |. Обозначим этот вектор IEFMAS. Число слоев обозначим через NSL=9. Число точек в каждом слое будет записано в массив NEFSL. Расположим точки по слоям, причем внутри слоя точки отсортированы по одной из координат, например, по x (см. таблицу 1)

Таблица 1.

Структура массива слоев

	isl=1	isl=2	…	isl=NSL
isl =1				
isl =2				
…				
isl=NSL				

Очевидно, что в силу симметрии матрицы достаточно заполнить только верхнюю треугольную матрицу. Нижнюю треугольную матрицу можно сделать нулевой (геометрически это означает, что достаточно соединить 2

точки А и Б линией от А до Б. Линия от Б до А дублирует первую).

Структура матрицы – блочная. Каждый из блоков представляет собой матрицу связей между слоями isl=*i*, isl=*j*.

Чтобы избежать пересечений, необходимо соединить между собой только соседние блоки. Это означает, что матрица связей (см. таблицу 2) имеет диагональную структуру, причем заполняются только две диагонали: главная – для связей внутри блока *V* и вторая – связей с соседними блоками *S*. Остальные блоки являются нулевыми.

Таблица 2

Матрица связей

	isl=1	isl=2	…	isl=NSL-2	isl=NSL-1	isl=NSL
isl =1	V_1	S_{12}	…	[0]	[0]	[0]
isl =2	[0]	V_2	…	[0]	[0]	[0]
…	…	…	…	…	…	…
isl=NSL-2	[0]	[0]	…	V_{NSL-2}	$S_{NSL-2,NSL-1}$	[0]
isl=NSL-1	[0]	[0]	…	[0]	V_{NSL-1}	$S_{NSL-1,NSL}$
isl=NSL	[0]	[0]	…	[0]	[0]	V_{NSL}

Рассмотрим далее оба типа блоков. Для формирования блока внутрислойного соединения используем тот же принцип, что и для блоков основной матрицы связей, а именно, соединяются только ближайшие соседние точки. Этот принцип позволит избежать перекрестных линий. Так как с самой собой точку соединять не имеет смысла, очевидно, на главной диагонали стоят нули. Ниже главной диагонали также можно ввести нули (достаточно однонаправленного соединения между двумя точками). Заполненной будет только вторая диагональ, поскольку она представляет собой выражение связи соседних точек. В таблице 3 представлен блок для *k*-того слоя.

Таблица 3

Блок матрицы для k-того слоя

	i=1	i=2	…	i= NEFSL(k) -2	i= NEFSL(k) -1	i= NEFSL(k)
i=1	0	1	…	0	0	0
i=2	0	0	…	0	0	0
…	…	…	…	…	…	…
i= NEFSL(k)-2	0	0	…	0	1	0
i= NEFSL(k)-1	0	0	…	0	0	1
i= NEFSL(k)	0	0	…	0	0	0

Рассмотрим формирования блока связи между соседними слоями, например, слоем *k* и *k*+1. Так как число точек в соседних слоях $n_{слk}$= NEFSL(*k*) и $n_{слk+1}$ =NEFSL(*k*+1) в общем случае не равно, рассмотрим 3 варианта. Первый случай, когда $n_{слk}$= $n_{слk+1}$. Каждую точку из *k*-того слоя соединим с 2 точками из *k*+1 -ого слоя.

Таблица 4

Блок связи для k-того слоя

		(k+1) -ый слой.					
k-тый слой.		i=1	i=2	…	i= NEFSL(k+1)-2	i= NEFSL(k+1)-1	i= NEFSL(k+1)
	i=1	1	1	…	0	0	0
	i=2	0	1	…	0	0	0
	…	…	…	…	…	…	…
	i= NEFSL(k)-2	0	0	…	1	1	0
	i= NEFSL(k)-1	0	0	…	0	1	1
	i= NEFSL(k)	0	0	…	0	0	1

В результате получили единичные главную и вторую диагонали.

Во втором случае, если $n_{слk}$< $n_{слk+1}$, крайние (первую и последнюю) точки *k*- того слоя соединяем с несколькими крайними точками из *k*+1- ого слоя. Матрицу признаков получаем, сначала заполнив первые $n_{слk}$ точек базовой квадратной матрицей размерности $n_{слk}$× $n_{слk}$, а затем сдвинуть ее вправо на $n_{\text{сдв}} = 1 + \text{int}\{(n_{слk+1} - n_{слk})/2\}$. Остальные элементы матрицы равны нулю за исключением первых и последних точек, т.е.

$$M(1,1...n_{\text{сдв}-1}) = 1; \quad M(n_{слk}, n_{\text{сдв}} + n_{слk+1} - 1...n_{слk+1}) = 1$$

Так, для блока размерности 3×4 имеем

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

В случае, если $n_{слk}$>$n_{слk+1}$, можно сформировать обратную матрицу, т.е. соединить слои $n_{слk+1}$ и $n_{слk}$, а затем транспонировать полученную матрицу. Полученная в итоге матрица связей используется для соединения точек z_i и z_j, соответствующих парам точек $\{x_i, y_j\}$ и $\{x_j, y_j\}$.

На рис.2 показан результат выделения слоев в пространстве параметров.

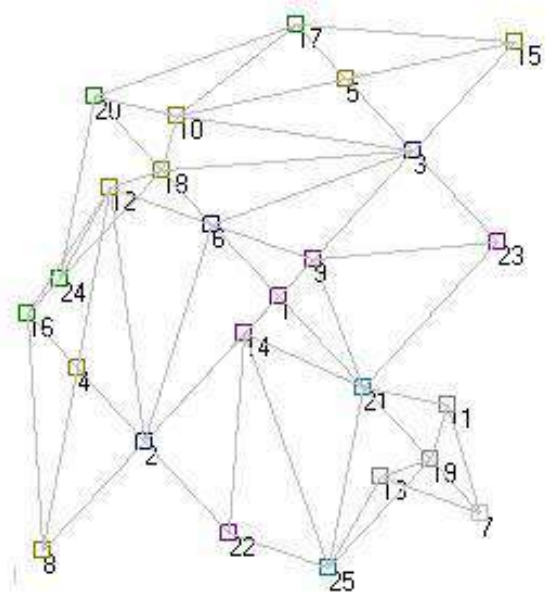
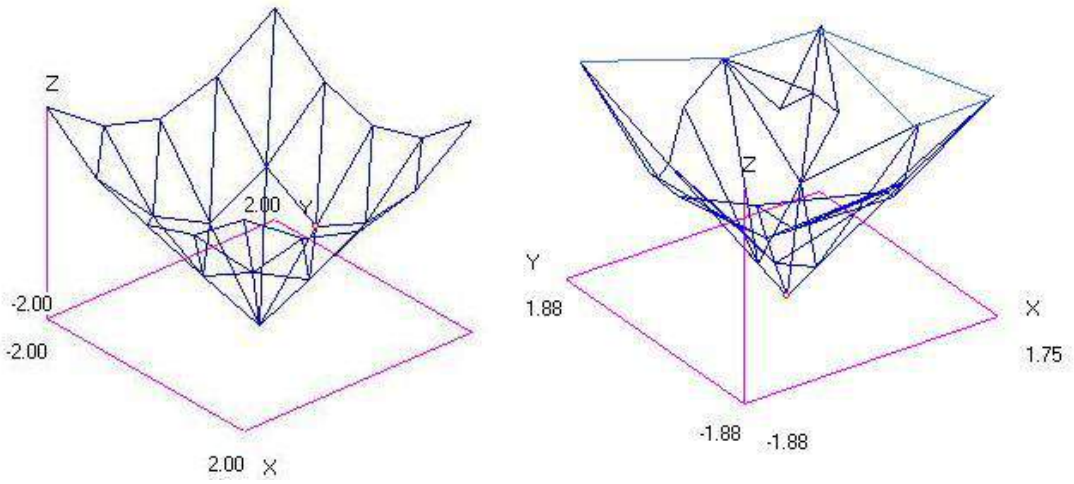


Рисунок 2. Формирование слоев

Заметим, что при формировании слоев мы рассматривали эффективные точки только относительно верхнего левого угла. Если теперь дополнительно рассмотреть все остальные углы, и выделить в них только первые слои, мы получим соединение точек по внешней границе.

Проверим алгоритм для следующего примера: построение поверхности конуса. Результаты для регулярной сетки и для точек аргументов, полученных по методу LPTau, показаны на рис. 3, а и 3б.



а) *б*)

Рисунок 3. Результат применения алгоритма визуализации для конуса при регулярной сетке (а) и LPTau- последовательности (б).

Преимуществом предлагаемого алгоритма является то, что решение вспомогательной задачи визуализации получаемых в процессе многовариантного анализа расчетов значений критериев и их Парето-анализ использует один и тот же подход, основанный на поиске эффективных точек. Алгоритм является оригинальным и не требует привлечения специальных функций таких объемных пакетов, как MATLAB.

Список литературы

1. Дьяконов В.П. MATLAB 6. 5 SP1 / 7 + Simulink 5 / 6 в математике и моделировании.- М.: СОЛОН-Пресс, 2005.- 575 с
2. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. М.:Изд. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008 г., 197с.
3. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Дрофа , 2006, 175 с.
4. Романова И.К. Программный комплекс «Многокритериальная оптимизация систем управления». Свидетельство о государственной регистрации № 2012610400 Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентным и товарным знакам от 10.01.2012 г.
5. Романова И.К. Применение аналитических методов к исследованию парето - оптимальных систем управления //. Наука и образование/ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон журн.2014. № 4 . Режим доступа http://technomag.edu.ru/doc/704897.html DOI 10.7463/0414.0704897

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ TiNi ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ

П.О. Русинов, Ж.М. Бледнова
Канд. техн. наук, с.н.с. кафедры «Динамика и прочность машин»
Кубанский государственный технологический университет, г.Краснодар

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных особенностей современных наукоемких технологий является стремление создавать и использовать новые материалы, обладающие, помимо уникальных сочетаний механических, физических и других свойств, способностями активно реагировать на изменение внешних условий или внешнее воздействие (интеллектуальные материалы). К числу таких материалов относятся, в первую очередь, сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ) [1,2]. Уникальное сочетание функциональных свойств памяти с высокими механическими характеристиками нашли широкое практическое применение при создании изделий, стабильно работающих в условиях длительного механоциклирования, коррозионных сред, ударных воздействий и интенсивного изнашивания, с возможностью обратимого формоизменения [3-5]. Непосредственное использование сплавов с ЭПФ в качестве конструкционных материалов в машиностроении хотя и открывает широкие возможности, но является дорогостоящим. Этот недостаток может быть компенсирован созданием новых экономичных технологий формирования поверхностных слоев из сплавов с ЭПФ [6]. Значительное повышение функционально-механических свойств поверхностных слоев из сплавов с ЭПФ может быть достигнуто при формировании наноструктурного состояния [7]. Формирование наноструктурных состояний, как в объеме, так и на их поверхности достигается различными комбинированными методами обработки в условиях высокоэнергетических воздействий [7-9]. При этом в комбинированных методах реализуется принцип синергетичности, который проявляется в новых качественных эффектах при совмещении процессов различного кинетического механизма [10]. Именно таким совмещенным процессом является измельчение и механическая активация (МА) порошков для поверхностного модифицирования [9,11].

Целью настоящей работы является повышение функционально-механических свойств стальных изделий путем создания наноструктурного состояния в покрытии из материала с ЭПФ плазменным напылением МА порошка TiNi.

Методика эксперимента. Для формирования поверхностных слоев TiNi на стали использовалась технология плазменного напыления МА порошков марок ПН55Т45 и ПНК1-ВЛ7. Напыление TiNi осуществляли через промежуточный слой чистого никеля Ni (δ=100 мкм), обеспечивающего прочную связь на границе сталь - TiNi, на цилиндрических (∅ 10 мм, сталь 45) образцах. Общая толщина слоя варьировалась в пределах 0,9÷1 мм.

Порошки Ni, NiTi марок ПНК1-ВЛ7, ПН55Т45 для плазменного напыления подвергались МА в высокоскоростной планетарной шаровой мельнице (аттриторе), со стальной мешалкой и стальными шарами ∅ 6 мм. Скорость вращения мешалки составляла 900 мин$^{-1}$, отношение массы шаров к массе загрузки порошка составляло 20:1.

В процессе МА порошка ПН55Т45 происходит его дробление и пластическое деформирование. Частички порошка ПН55Т45 до МА имели размер 5-18 мкм, после МА представляют собой плоские диски размером от 0,9 до 7 мкм, с наночастицами (рис.1). Зависимость среднего размера частиц порошка TiNi от времени МА представлена на рис. 2.

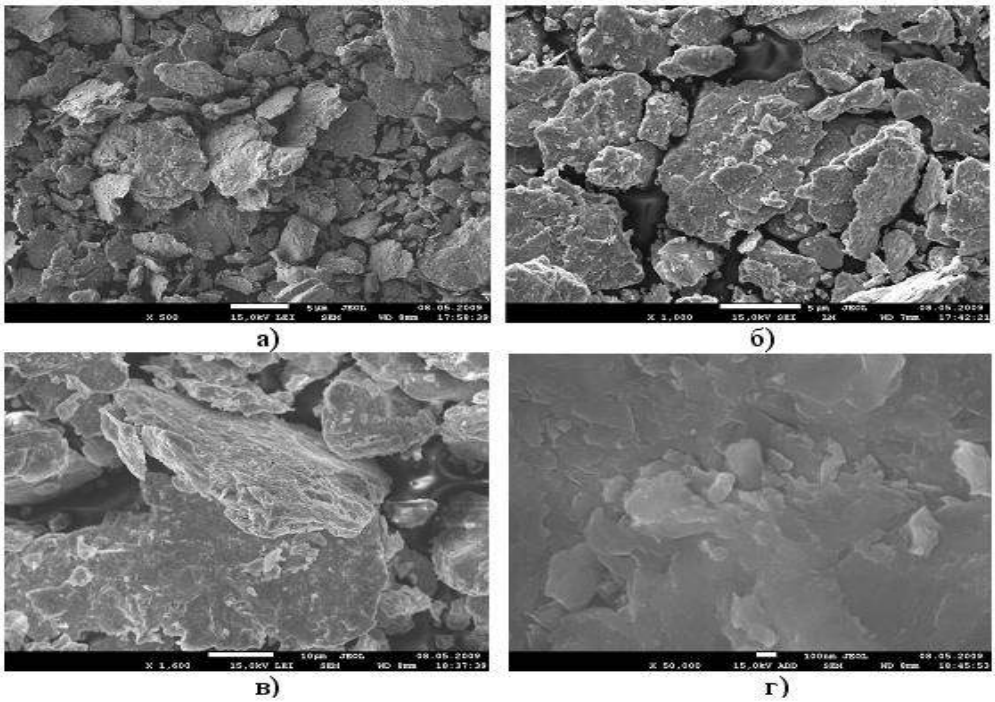


Рис.1. Порошок ПН55Т45 механически активированный в аттриторе в течение 1ч, ×500 – а); ×1000 – б); ×1600 – в); ×50000 – г)

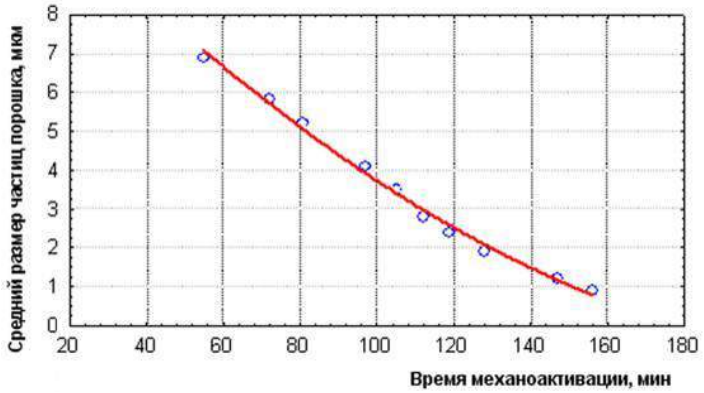
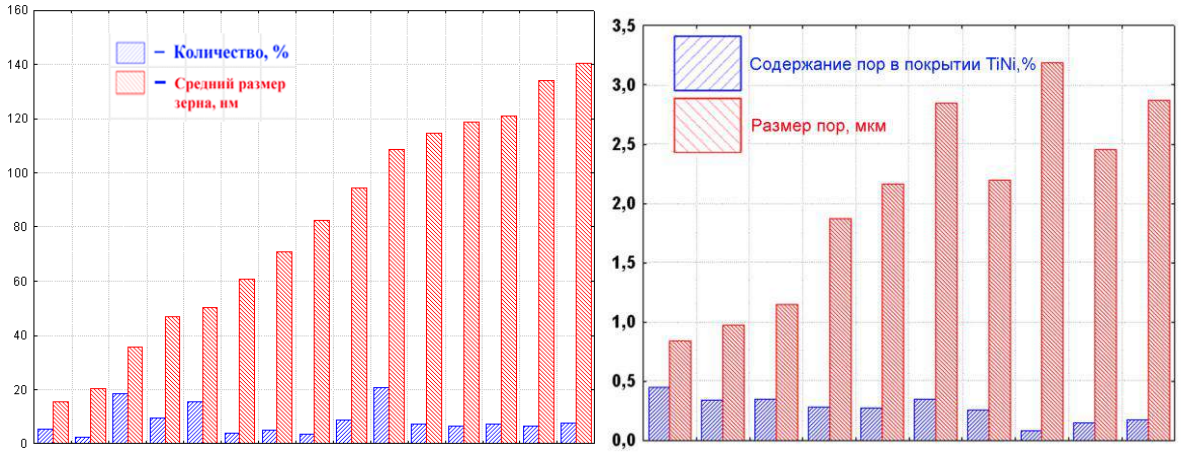


Рис. 2. Зависимость среднего размера частиц порошка ПН55Т45 от времени механоактивации

Плазменное напыление осуществлялась на модернизированной универсальной плазменной установке УПУ-3Д [12, 13]. Плазмообразующим газом являлась аргонно-азотная смесь. В результате отработки технологического процесса и статистической обработки технологических параметров установлены оптимальные режимы плазменного напыления материалов с ЭПФ TiNi: плазмообразующий газ Ar = 80%, N2 = 20%; дистанция напыления 150 мм; напряжение 38 В; ток 305 А; мощность 11,6 кВт; расход плазмообразующего газа 0,483 л/с. Плазмообразующий газ Ar = 70%, N2 = 30%; дистанция напыления 150 мм; напряжение 47 В; ток 297 А; мощность 13,96 кВт; расход плазмообразующего газа 0,467 л/с. Поверхностный слой TiNi поэтапно подвергали полному термомеханическому циклу (ТМЦ) обработки, включающему механическую, термическую и комбинированную термомеханическую обработки (ТМО) [12].

После напыления и механической обработки в размер, проводился вакуумный отжиг образцов: сталь+TiNi при Т=873К в течение 1 ч. Для придания поверхностному слою необходимых функционально-механических свойств его подвергали ТМО методом поверхностного пластического деформирования (ППД) в условиях комнатных температур (20-30°С) в несколько приемов. Обкатку цилиндрических образцов из стали 45 с TiNi покрытием проводили в условиях комнатных температур, при следующих параметрах обкатки роликами: контактная нагрузка (на каждый ролик) Р=3÷4 кН, диаметр ролика d_1 - ∅ 50 мм, ширина ролика b_1 - 8 мм, скорость обкатки $v=94\cdot10^{-3}$ м/с, продольная подача – S=0,08 мм/об. Контроль термомеханического возврата образцов, подвергнутых комбинированной обработке в ТМЦ производился после нагрева до температур обратного мартенситного превращения.

Структурно-механические особенности формирования поверхностных слоев из сплава с ЭПФ. В результате плазменного напыления МА порошков образуется нанокристаллическое покрытие (рис. 3,а) с минимальным содержанием пор 3-5% (рис. 3,б), увеличивается прочность сцепления покрытия с основой (50-60 МПа).



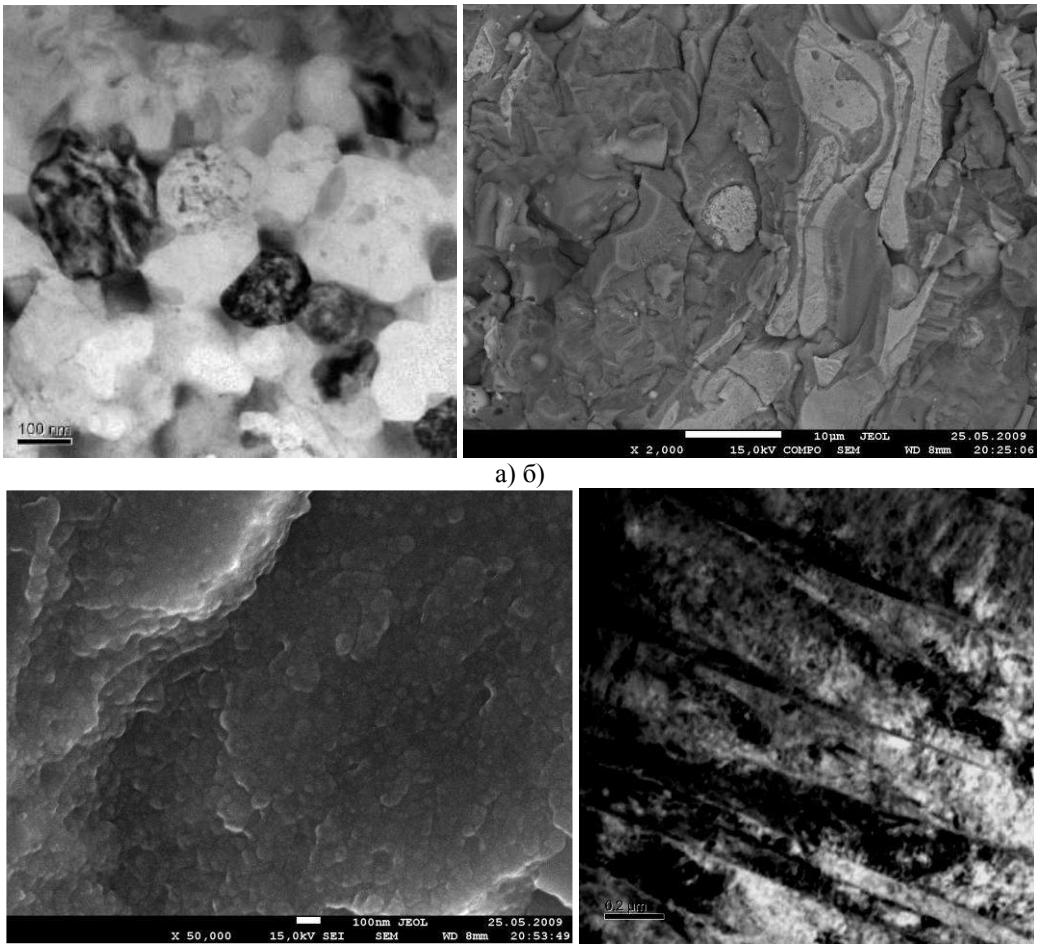
а) б)

Рис. 3 – Количественное распределение размера зерен и их процентного содержания в покрытии TiNi – а); распределение пор в покрытии и их процентное содержание TiNi – б)

Результаты рентгенофазового анализа показали, что при комнатной температуре исходное фазовое состояние слоя TiNi после плазменного напыления МА порошка представляет собой мартенситную фазу B19' с моноклинной решеткой, аустенитную B2-фазу с кубической решёткой, фазу Ti_3Ni_4 с ромбоэдрической решёткой, фаза Ni_3Ti с гексагональной решеткой, фаза $NiTi_2$ с кубической решеткой, небольшое количество TiO и $NiTiO_3$ с ромбоэдрической решеткой (менее 1%). Наличие небольшого количества

побочных интерметаллидных фаз Ni_3Ti связано с различием в коэффициентах диффузии Ni и Ti ($D_{Ni} > D_{Ti}$), поэтому при их взаимодействии образуется интерметаллид с большим содержанием легко диффундирующего компонента.

Структура напыленного слоя TiNi имеет крайне слабую травимость обычными реактивами, что во многом объясняется сильным измельчением зерна в результате высокоскоростного нагрева, быстрого охлаждения, и значительной деформации (рис. 4), что обеспечивает особые структурные эффекты. В связи с характерными особенностями плазменного напыления МА порошка (высокая скорость охлаждения и быстрая закалка покрытия) при напылении в поперечном разрезе слоя TiNi отсутствуют четко выраженные столбчатые дендриты, структура может быть охарактеризована как нанокристаллическая.



а) б)

в) г)

Рис. 4. Наноструктурированное TiNi покрытие, полученное плазменным напылением МА порошка: ×120000 – а); ×2000 – б); ×50000 – в); микроструктура B19' мартенсита, ×100000 – г)

Полученное TiNi покрытие имеет наноразмерную структуру с размером зерна 15-140 нм (рис. 4), На рис. 4, а показана наноразмерная структура B2 аустенита (размер зерна порядка 80-120 нм) с включениями интерметаллидной фазы Ti_2Ni (размер зерна порядка 10-30 нм). На рис. 4,г представлена игольчато-пластинчатая структура моноклинной фазы B19' TiNi.

Влияние термической обработки на структуру и функционально-механические свойства поверхностного слоя TiNi

Термомеханическая обработка использовалась как необходимый способ эффективного повышения комплекса функционально-механических свойств поверхностного слоя из сплава с ЭПФ. В практическом плане наибольший интерес представляют такие функциональные свойства, как величина реактивных напряжений при запрете возврата деформации и обратимая деформация. Для обеспечения этих характеристик необходима комплексная обработка с определенными деформационными условиями, соответствующими температурному интервалу мартенситных превращений поверхностного слоя из сплава с ЭПФ. Так, достижение необходимого уровня развиваемых реактивных напряжений формовосстановления TiNi (σ_R) и обратимой деформации (ε_R) в термомеханическом цикле обработки поверхностного слоя осуществлялось как в условиях комнатных температур, так и повышенных температур обкаткой цилиндрических поверхностей.

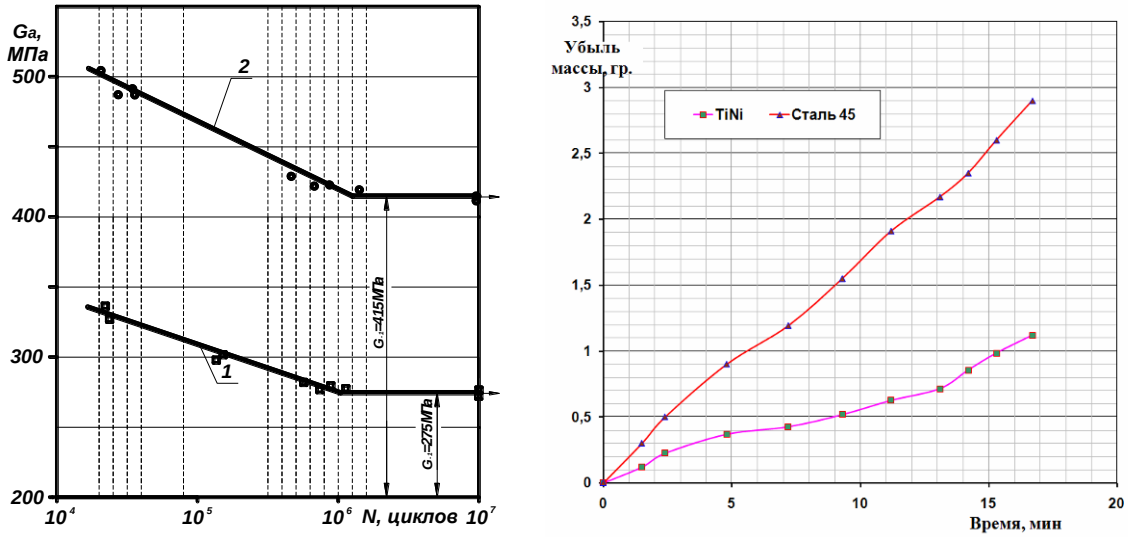
Эффективный слой из сплава TiNi в свободном состоянии восстанавливает наведенную деформацию при нагреве до температур A_s-A_f. При выборе оптимального диапазона пластического деформирования стали с поверхностным слоем TiNi необходимо учитывать ограничение допустимой степени деформации, которая, в свою очередь, определяется механическими свой-

ствами покрытия и основы. Величина наведенной пластической деформации не должна превышать 6-15%, поскольку более высокая степень деформирования в некоторой мере подавляет эффект памяти формы, увеличивая при этом величину неупругих деформаций [15].

После проведения отжига с последующим пластическим деформированием слоя TiNi наблюдается высокая плотность дефектов кристаллического строения аустенитной B2-фазы с формированием мелкозернистого аустенита (TiNi размер зерна порядка 60-80нм), что приводит к повышению микротвердости (частично снимаемой отжигом) и циклической долговечности всех исследуемых образцов. Наши исследования показали, что при полном цикле обработки, включающем плазменное напыление МА TiNi, отжиг, а затем ППД приводит к формированию однородной нанокристаллической структуры, повышению долговечности и функционально-механических возможностей сплавов с ЭПФ. Такая тренировка слоя TiNi в несколько приемов дает сочетание повышенной твердости и сопротивления усталости при малоцикловом нагружении со стабильными функциональными характеристиками ЭПФ.

Эксплуатационные свойства покрытий из сплава с ЭПФ TiNi

Общеизвестно об уникальных усталостных свойствах никелида титана, его износо- и коррозионностойкости [1,3,14] Этот сплав в различных формах: в виде проволоки, лент и полос оказывает высокое сопротивление в условиях циклического нагружения. Высокие характеристики сопротивления усталости получены и при исследовании TiNi слоев после аргонодугового способа наплавки [6]. В настоящей работе, как показали испытания образцов (сталь 45+ TiNi) на многоцикловую усталость при изгибе с вращением, наблюдается повышение долговечности (рис.5,а). Предел выносливости (σ_{-1}) стали 45 без покрытия составил 275 МПа, а после ПМСЭПФ NiTi – 415 МПа (увеличился на 51%).



а) б)

Рис.5. Влияние поверхностного модифицирования стали 45 материалом с ЭПФ на основе TiNi на предел выносливости на воздухе: 1 – сталь 45 без покрытия; 2 – сталь 45 с покрытием TiNi δ= 1 мм – а); на интенсивности изнашивания – б)

Повышение долговечности образцов с наноструктурированным поверхностным слоем TiNi объясняется как особенностями разрушения наноструктурированных материалов, заключающимися в торможении разрушения на границах зерен, препятствии ветвлению и движению трещин вследствие упрочнения границ, так и псевдоупругостью поверхностного слоя TiNi, присущей материалам с ЭПФ. Накопленная поверхностным слоем деформация способна восстанавливаться в процессе циклической разгрузки и, таким образом, не накапливаться в материале, что повышает его долговечность [16].

В настоящее время для определения величины износа материалов применяют различные методы, среди которых можно отметить весовой, метод определения линейного износа, метод искусственных баз и другие. Испытание на износостойкость образцов поверхностно модифицированных TiNi производилась по величине убыли массы NiTi (ГОСТ 16429-70). Испытания проводились при сухом трении закаленной втулки из стали У10 о поверхность образцов с покрытиями толщиной 1мм, скорость вращения образца внутри втулки составляет 1500 об/мин, при нагрузке 300 Н. Через каждые 2 минуты проводилось взвешивание образцов. На (рис.5,б) представлены результаты обработки этих экспериментов (с помощью прикладного пакета Statistica v6.0 в среде SPSS) при испытаниях на износостойкость стали 45 после поверхностного модифицирования TiNi. Полученные зависимости описываются уравнениями общего вида: $I = C + a \cdot t$, где C, a - эмпирические коэффициенты (C = 0,099; a = 0,048); t – время, мин. Результаты исследования показали, что увеличение износостойкости стали 45 с покрытием TiNi после плазменного напыления МА порошка и последующего отжига составило (~30÷90 %), а повышение износостойкости в результате полного ТМЦ обработки - (~3÷4 раза).

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что комплексный метод формирования поверхностно-модифицированных слоев из материалов с ЭПФ,

включающий плазменное напыление механоактивированных порошков на основе TiNi, последующую термическую и термомеханическую обработку позволил сформировать в поверхностных слоях наноструктурное состояние, обладающее повышенным уровнем функциональных, механических и эксплуатационных свойств; показано, что предварительная механоактивация порошка TiNi позволила снизить пористость покрытий (пор менее 3-5%) и обеспечить прочность сцепления покрытия с основой (60МПа).

Экспериментально установлено, что после плазменного напыления МА порошка с ЭПФ на основе TiNi циклическая долговечность в условиях многоцикловой усталости увеличивается на ~30-50%. Износостойкость стали 45 после наплавки и отжига TiNi слоев увеличилась в 3-4 раза, а после их тренировки в термомеханическом цикле в 3,8÷4,7 раза.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 2416 (2014) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации и гранта Президента Российской Федерации.

Список литературы:

1.Хачин В.Н., Пушин В.Г., Кондратьев В.В. Никелид титана: Структура и свойства. М.: Наука, 1992. - 161 с.
2.Otsuka K., Kakeshita T. Science and technology of shape-memory alloys: new developments //mrs bulletin. 2002. - p. 91-98.
3.Материалы с эффектом памяти формы*:* Справ. изд. / Под ред. Лихачева В.А. – Т. 1. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1997. – 424 с.
4.Duering T.W. et all. Engineering Aspects of Shape Memory Alloys. – London: Buttenworth-Heinemann, 1990. - p. 499.
5.Молодцов Г.А. и др. Формостабильные и интеллектуальные конструкции из композитных материалов. – М.: Машиностроение, 2000. – 352 с.
6.Бледнова Ж.М., Махутов Н.А., Чаевский М.И., Поверхностное модифицирование материалами с эффектом памяти формы. Краснодар: Издательский дом-ЮГ. - 354 с.
7.Устинов В.В., Пушин В.Г. Сагарадзе В.В. Нанотехнологии получения функциональных и конструкционных интеллектуальных материалов с памятью формы в институте физики металлов уральского отделения РАН. Материалы первой межд. науч.-тен. конф. Нанотехнология функциональных материалов. С.-П. НИУ СПбГПУ, 2010. – С. 42-44.
8.Валиев Р.З. Создание наноструктурных металлов и сплавов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации // Российские нанотехнологии, 2006. № 1-2. - С. 208-216.
9.Поверхностные слои и внутренние границы раздела в гетерогенных материалах / Под ред. Панина В.Е. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2006. -520.
10.Степанов Е.Г., Серебряков С.П., Березина Л.В., Абрамов М.А. Наноразмерные эффекты в процессах самоорганизации и структурообразования в неорганических материалах / Материалы Всероссийской конференции «Нанотехнологии в производстве авиационных газотурбинных двигателей летательных аппаратов и энергетических установок» «ГТДнанотехнологии-2010). –РГАТА, 2010. С. 12- 16.
11.Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий. Новосибирск, Изд. СО РАН, 2009. – 342 с.
12.Бледнова Ж.М., Русинов П.О. Формирование наноструктурированных поверхностных слоев из материалов с памятью формы на основе TiNi и NiAl // Российские нанотехнологии. - 2010. - № 3-4. – С. 58-64.
13.Пат. № 2402628 Установка для получения наноструктурированных покрытий деталей с цилиндрической поверхностью с эффектом памяти формы / Авторы: Ж.М. Бледнова, П.О. Русинов. Заяв. 23.03.2009. Опуб. 27.10.2010.
14.Ооцука К., Симидзу К. и др. Сплавы с эффектом памяти формы – М.: Металлургия, 1990. - 224 с.
15. Бледнова Ж.М., Будревич Д.Г., Махутов Н.А., Чаевский М.И. Структурно-механические свойства материалов, поверхностно-модифицированных сплавами с эффектом памяти формы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов – 2003. - №9. – С. 61-64.
16.Матвиенко Ю.Г. Деформирование и разрушение наноматериалов на микро- и наномасштабных структурных уровнях // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2007. – Т.73. - № 1. – С.83-90.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК НА ГИБОЧНО-РАСТЯЖНОМ ОБОРУДОВАНИИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Корзунина Вера Васильевна
Канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной математики и прикладных информационных технологий, г. Воронеж
Шабунина Зоя Александровна
Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры вычислительной математики и прикладных информационных технологий, г. Воронеж

В последнее время возможности гибочно-растяжного оборудования с программным управлением в машиностроении значительно расширяются за счёт увеличения числа координат, управляемых программно и позиционно. Программное управление технологическим процессом осуществляется на основе математического моделирования процесса формообразования, целью которого является определение текущего напряжённо-деформированного состояния заготовки в процессе формообразования и оценка вероятности появления браковочных признаков. В настоящей работе изложены основные алгоритмические

положения шагового метода конечных элементов определения напряжённо-деформированного состояния заготовки.

Численно задачи формообразования деталей из листовых заготовок изгибом с растяжением по жёсткому пуансону решаются тем или иным шаговым методом и, как правило, реализуется конечно-элементная модель расчёта [3]. На каждом шаге контактная задача, описывающая процесс формообразования, является упруго – пластической задачей с изменяющимися со временем границами. Область контакта и граничные условия в момент времени $t_m = t_{m-1} + \Delta t_m$ определяются напряжённо – деформированным состоянием в момент времени t_{m-1}. Текущее напряжённо-деформированное состояние определяет зоны прилипания и скольжения заготовки по поверхности пуансона и величину возникающих сил трения. При этом само напряжённо-деформированное состояние определяется всей историей деформирования. В методе конечных элементов [1] в форме метода перемещений уравнения упруго - пластического равновесия конструкций представляются в матричном виде

$$[K]\{U\} = \{Q\}, \quad (1)$$

где $[K]$ – упруго - пластическая матрица жёсткости ансамбля конечных элементов, $\{U\}$ – вектор-столбец перемещений, $\{Q\}$ – вектор-столбец узловых нагрузок. Матрица жёсткости $[K]$ зависит не только от реологических параметров материала конструкции, но и от её напряжённо-деформированного состояния, определяемого узловыми перемещениями $\{U\}$. Таким образом, уравнения равновесия (1) в любой момент времени являются системой нелинейных алгебраических уравнений, получить решение которой можно с помощью какого-либо итерационного метода. При использовании шагового метода значения $\{U\}^m$ на каждом m-ом шаге нагружения определяются зависимостью

$$\{U\}^m = \{U\}^{m-1} + \{\Delta U\}^m, \quad (2)$$

а уравнения равновесия записываются в виде

$$[K]^m\{\Delta U\}^m = \{\Delta Q\}^m, \quad (3)$$

где $\{\Delta U\}^m$ – вектор приращений перемещений для m-ого шага, $\{\Delta Q\}^m$ – вектор приращений нагрузок для m-ого шага. Система уравнений (3) нелинейна. Неизвестными в системе уравнений (3) являются приращения перемещений $\{\Delta U\}^m$. Рассмотрим сначала граничные условия, налагаемые на эти приращения перемещений. Оставляя в стороне проблему, связанную с определением закона нагружения заготовки, будем полагать, что этот закон известен. Здесь под законом нагружения понимается траектория движения торцов листовой заготовки, то есть фактически будем считать, что граничные условия для приращения перемещений торцов заготовки заданы.

В области контакта заготовки с пуансоном необходимо поставить граничные условия непроникания. Обычно под условиями проникания понимают требование отсутствия перемещений точек контакта заготовки в направлении нормали к пуансону в области контакта заготовки и пуансона. Геометрически не составляет труда определить область контакта заготовки и пуансона к концу $(m-1)$-ого шага. Но ставить граничные условия непроникания на таким образом определённые области контакта, категорически нельзя. В самом деле, бич формообразования, один из важнейших браковочных признаков - гофрообразование, при котором точки контакта могут «уходить» с поверхности пуансона. Поэтому в области контакта запрещено перемещение точек по направлению внутренней нормали к пуансону, а от поверхности пуансона, по направлению внешней нормали, перемещение возможно.

Таким образом, при переходе от $(m-1)$-ого к m-ому шагу нагружения, необходимо определять не просто всю область контакта к концу $(m-1)$-ого шага, а ту часть контакта, из которой точки заготовки не «уходят» с поверхности пуансона на m-ом шаге. В качестве критерия «ухода» точки обычно ставится условие сонаправленности нормального давления на поверхности контакта с внешней нормалью к пуансону на m-ом шаге нагружения. Очевидно, что определить часть контакта, на которой точки не «уходят» с поверхности пуансона, можно только каким-то итерационным вычислительным процессом.

Далее рассмотрим процедуру формирования приращений усилий $\{\Delta Q\}^m$. Поскольку на торцах заготовки приняты граничные условия в приращениях перемещений, то $\{\Delta Q\}^m$ определяются силами трения. Трение является едва ли не определяющим фактором в процессах обработки металлов давлением, поэтому так важно наиболее точным образом определять $\{\Delta Q\}^m$. Удельная сила трения τ – это составляющая вектора напряжений, касательная к поверхности контактирования. Простейшей классической закономерностью для удельной силы трения является закон Кулона – Амонтона

$$\tau = kp, \quad (4)$$

где p – нормальное давление, k – коэффициент трения. Вообще, проблеме описания закономерностей трения и определению параметров принятых закономерностей уделяется большое внимание, известно достаточно много различных формул определения τ. Мы не будем обсуждать преимущества и недостатки этих формул, просто будем полагать, что она каким-либо образом выбрана, так как для построения обсуждаемого итерационного процесса важен совсем иной аспект контактного взаимодействия. Дело в том, что из-за того, что в процессе нагружения область контакта заготовки и пуансона меняется, наибольшие приращения сил трения приходятся на области либо вновь вступившие в контакт, либо отошедшие от контакта. Более того, вычислительные эксперименты показывают, что удовлетворительные численные решения дают только методы типа «предиктор - корректор». Следовательно, приращения усилий $\{\Delta Q\}^m$ должны также определяться итерационно на каждом шаге нагружения.

Обратимся теперь к особенностям итерационного вычисления обобщённой упруго - пластической матрицы жёсткости $[K]$. При формировании упруго-пластической матрицы $[K]$ для каждого конечного элемента должна быть определена упруго-пластическая матрица $[D]^e$, связывающая приращения напряжений $[\Delta\sigma]^e$ и деформаций $[\Delta\varepsilon]^e$ для этого элемента по «упругому закону»

$$[\Delta\sigma]^e = [D]^e[\Delta\varepsilon]^e, \quad (5)$$

здесь матрица $[D]^e$ соответствует матрице упругости изотропного упругого тела с «переменными параметрами упругости» [2]. Если в конце $(m-1)$-ого шага нагружения интенсивности напряжений и деформаций соответственно равны $\sigma_i^{(m-1)}$ и $\varepsilon_i^{(m-1)}$, то для первой итерации

m-ого шага берётся модуль упругости $E^{m(1)}$, равный касательному модулю обобщённой кривой деформирования в конце $(m-1)$-ого шага. Далее проводится конечно-элементный расчёт «упругого тела», определяется $\{\Delta\varepsilon^{m(1)}\}$, суммарная деформация $\{\varepsilon^{m(1)}\} = \{\varepsilon^{(m-1)}\} + \{\Delta\varepsilon^{m(1)}\}$ и вычисляется интенсивность деформации $\varepsilon_i^{m(1)}$. По величине $\varepsilon_i^{m(1)}$ определяется из диаграммы деформирования интенсивность напряжений $\sigma_i^{m(1)}$ и находится следующее приближение «модуля упругости»:

$$E^{m(2)} = \frac{\sigma_i^{m(1)} - \sigma_i^{(m-1)}}{\varepsilon_i^{m(1)} - \varepsilon_i^{(m-1)}}, \quad (6)$$

что соответствует «хордальному модулю». На следующих итерациях m-ого шага проводятся аналогичные вычисления. На каждой итерации шага нагружения необходимо проверять условия нагружения. Для этого достаточно сравнить интенсивность деформаций в конце $(m-1)$-ого шага с текущим значением интенсивности деформаций. Если имеет место разгрузка, то для расчёта принимается обычный модуль упругости E. Рекомендуется делать столько итераций, чтобы величины $E^{m(j)}$ в соседних итерациях оказались достаточно близкими. Вычислительная практика показала, что для перехода от $(m-1)$-ого шага нагружения к m-ому шагу достаточно сделать три итерации. Пусть к началу m-ого шага деформирования известно напряжённо-деформированное состояние заготовки и пересчитана сетка конечных элементов, вычислены силы трения $\{Q^{(m-1)}\}$ в области контакта заготовки с пуансоном. На первой итерации формируется обобщённая матрица жёсткости с использованием касательного модуля упругости с предыдущего шага; учитываются граничные условия (приращения перемещений) на торцах заготовки и условие непроникания (в точках контакта заготовки с пуансоном, в которых нормальные напряжения совпадают по направлению с внутренней нормалью к пуансону, запрещается перемещение точек по нормали к поверхности, то есть считается, что эти точки «не уходят» с поверхности контакта); решается построенная система линейных уравнений относительно приращений перемещений; определяется напряжённо-деформированное состояние заготовки и область контакта первой итерации. На второй итерации формируется обобщённая матрица жёсткости с использованием хордального модуля упругости (6); учитываются граничные условия (приращения перемещений) на торцах заготовки и условие непроникания (в точках контакта первой итерации, для которых нормальные напряжения, вычисленные в первой итерации, совпадают по направлению с внутренней нормалью к пуансону, запрещается перемещение по направлению нормали); учитываются приращения силы трения для точек контакта из первой итерации (то есть по первой итерации вычисляется сила трения $\{Q^{m(1)}\}$, а приращения сил трения будут равны $\{Q^{m(1)}\} - \{Q^{(m-1)}\}$); решается построенная система линейных уравнений относительно приращений перемещений; определяется напряжённо-деформированное состояние заготовки и область контакта второй итерации; для точек, которые «не уходят» с поверхности пуансона вычисляется $\{Q^{m(2)}\}$. На третьей итерации формируется обобщённая матрица жёсткости с использованием хордального модуля

$$E^{m(3)} = \frac{\sigma_i^{m(2)} - \sigma_i^{(m-1)}}{\varepsilon_i^{m(2)} - \varepsilon_i^{(m-1)}};$$

учитываются граничные условия (приращения перемещений) на торцах заготовки и условие непроникания (в точках контакта второй итерации, для которых нормальные напряжения, вычисленные во второй итерации, совпадают по направлению с внутренней нормалью к пуансону, запрещается перемещение по направлению нормали); учитываются приращения силы трения для точек контакта из второй итерации, равные $\{Q^{m(2)}\} - \{Q^{(m-1)}\}$; решается построенная система линейных уравнений относительно приращений перемещений; определяется напряжённо-деформированное состояние заготовки и область контакта второй итерации; вычисляется сила трения $\{Q^{m(3)}\}$ для точек, которые «не уходят» с поверхности.

Отметим одну особенность предлагаемого итерационного алгоритма. Если в качестве конечных элементов использовать простейшие линейные элементы (тетраэдры), то неизбежно возникает проблема вычисления компонент напряжений и деформаций в узлах конечно-элементной сетки. В самом деле, при линейной аппроксимации перемещений в пределах одного конечного элемента напряжения и деформации постоянны, а в узловых точках сходятся несколько конечных элементов с различными значениями напряжений и деформаций. Поэтому общая картина напряжённо-деформированного состояния, получаемая с помощью таких элементов, может совершенно искажать истинное решение. Следовательно, для получения относительно верных результатов необходимо проводить сглаживание компонент деформаций и напряжений. Хорошие результаты даёт глобальное интегральное среднеквадратичное сглаживание.

Рассмотрим процедуру глобального сглаживания для трёхмерных задач метода конечных элементов с линейными конечными элементами (тетраэдрами). Пусть $\bar{g}$ – кусочно-постоянная функция, принимающая заданные постоянные значения в пределах каждого тетраэдра, g – непрерывная кусочно-линейная функция, представимая для каждого тетраэдра в виде

$$g^e = \sum_i N_i(x,y,z) g_i, \quad (7)$$

где $N_i(x,y,z)$ – линейные функции формы тетраэдра, g_i – значения функции g в узлах тетраэдра, суммирование проводится по узлам тетраэдра. Потребуем, чтобы квадратичное отклонение g от $\bar{g}$, определяемое выражением

$$I = \int_V (\llbracket g - \bar{g} \rrbracket)^2 dv, \quad (8)$$

где V – объём деформируемого тела, было минимальным. Используя традиционные конечно-элементные технологии нетрудно показать, что локальная матрица сглаживания $[A]^e$ и локальная «сила» $\{f\}^e$ отдельного тетраэдра, определяемые соотношением

$$\frac{dI^e}{d\{g\}^e} = [A]^e\{g\}^e - \{f\}^e \quad (9)$$

имеют вид

$$[A]^e = \frac{V^e}{20}\begin{bmatrix}2 & 1 & 1 & 1\\ 1 & 2 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 2 & 1\\ 1 & 1 & 1 & 2\end{bmatrix}, \{f\}^e = \frac{V^e}{4}\{g\}^e, \quad (10)$$

где V^e - объём рассматриваемого тетраэдра. При получении последних выражений использовались известные формулы интегрирования по объёму тетраэдра [1]

$$\iiint_V L_1^a L_2^b L_3^c L_4^d\, dxdydz = \frac{a!\,b!\,c!\,d!}{(a+b+c+d+3)!}6V, \quad (11)$$

где L_1, L_2, L_3, L_4 – L-координаты рассматриваемого тетраэдра. Далее процедурой ансамблирования по всем тетраэдрам деформируемого тела строится обобщённая ленточная матрица сглаживания $[A] = \sum_e [A]^e$ и обобщённый вектор «сил» $\{f\} = \sum_e \{f\}^e$. Для определения узловых значений решается система уравнений $[A]\{g\} = \{f\}$. Таким образом, процедура отыскания узловых значений g_i подобна определению поля скалярной функции методом конечных элементов.

Список литературы:

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.:Мир, 1975. – 541с.
2. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1968, – 400с.
3. Оден Дж..Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. – М.:Мир, 1976. – 464с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ФОРМЫ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ПОСЛЕ КРОМКОГИБОЧНОГО ПРЕССА SMS MEER

Шинкин Владимир Николаевич
доктор физ.-мат. наук, профессор Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва
Барыков Александр Михайлович
кандидат эконом. наук, директор дивизиона труб большого диаметра ОАО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса

THE MATHEMATICAL MODEL OF THE CALCULATION OF THE TUBE BILLET FORM AFTER THE FLANGING PRESS BY SMS MEER

Vladimir N. Shinkin, Doctor of Sciences, Professor of the National Research Technological University «MISiS», Moscow
Alexander M. Barykov, Candidate of Economic Sciences, Director of the Major-Diameter Pipes Division of Open Joint Stock Company «Vyksa Steel Works», Vyksa

АННОТАЦИЯ

Получена математическая модель расчета формы трубной заготовки после кромкогибочного пресса SMS Meer (КГП).

ABSTRACT

The mathematical model for the calculation of the tube billet form after the flanging press by SMS Meer is obtained.

Ключевые слова: стальные сварные трубы большого диаметра; кромкогибочный пресс.
Keywords: the steel welded major-diameter pipes; the flanging press.

Производство труб большого диаметра. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и газа является важнейшей частью экономики России [1]. Магистральные трубопроводы состоят из последовательно сваренных стальных труб большого диаметра, которые производят из стального листа. Такой лист получают с помощью процесса прокатки на металлургических заводах [2–7]. Листовой прокат правят в листоправильных многороликовых машинах для устранения дефектов поверхности листа [8–12]. Для обеспечения высоких требований к эксплуатации магистральных трубопроводов в практике трубного производства утвердился процесс формовки трубной заготовки по схеме JCOE, разработанный фирмой SMS Meer [8, 9, 13–28].

Дефект образования гофра продольной кромки трубной заготовки на КГП SMS Meer изучался в работах [8, 9, 13, 15, 18–22], вредное влияние остаточных напряжений металла после ТФП SMS Meer на процесс экспандирования трубы − в [8, 9, 25], дефект «точка перегиба» при изгибе трубной заготовки на ТФП SMS Meer − в [8, 9, 26, 27], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы − в [8, 9, 29, 30], дефект трубы раскатной пригар с риской – в [8, 9, 31].

Поперечная подгибка кромок заготовки на КГП SMS Meer. Введем систему координат *Oxy* с началом в точке контакта листовой заготовки с матрицей (рис. 1). Пусть *H* и *l* – высота подъема и «длина» кромки заготовки при формовке, H_1 и l_1 – после формовки (распружинивания).

Контактный профиль матрицы задан в кромкогибочном прессе SMS Meer с помощью уравнения эвольвенты окружности (рис. 2):

$$b(\varphi) = r\cos\varphi + r\varphi\sin\varphi, \quad a(\varphi) = r\sin\varphi - r\varphi\cos\varphi, \quad \frac{da(b)}{db} = \operatorname{tg}\varphi,$$

где φ – «угол» эвольвенты, *r* = const.

Длина дуги и радиус кривизны эвольвенты равны $S(\varphi) = r\varphi^2/2$ и $\rho_{эв}(\varphi) = r\varphi$.

Пусть φ_0 – угол, соответствующий началу эвольвентной поверхности матрицы, а φ_k – угол, соответствующий концу поверхности. Зависимость координат $x(\varphi)$ и $y(\varphi)$ поверхности матрицы от $a(\varphi)$ и $b(\varphi)$ имеет вид

$$b_0 = r\cos\varphi_0 + r\varphi_0 \sin\varphi_0, \quad a_0 = r\sin\varphi_0 - r\varphi_0\cos\varphi_0, \quad \rho_{эв}(\varphi) = r\varphi,$$
$$x(\varphi) = -\big(a(\varphi) - a_0\big)\sin\varphi_0 - \big(b(\varphi) - b_0\big)\cos\varphi_0, \quad x(\varphi_k) = l,$$
$$y(\varphi) = \big(a(\varphi) - a_0\big)\cos\varphi_0 - \big(b(\varphi) - b_0\big)\sin\varphi_0, \quad y(\varphi_k) = H.$$

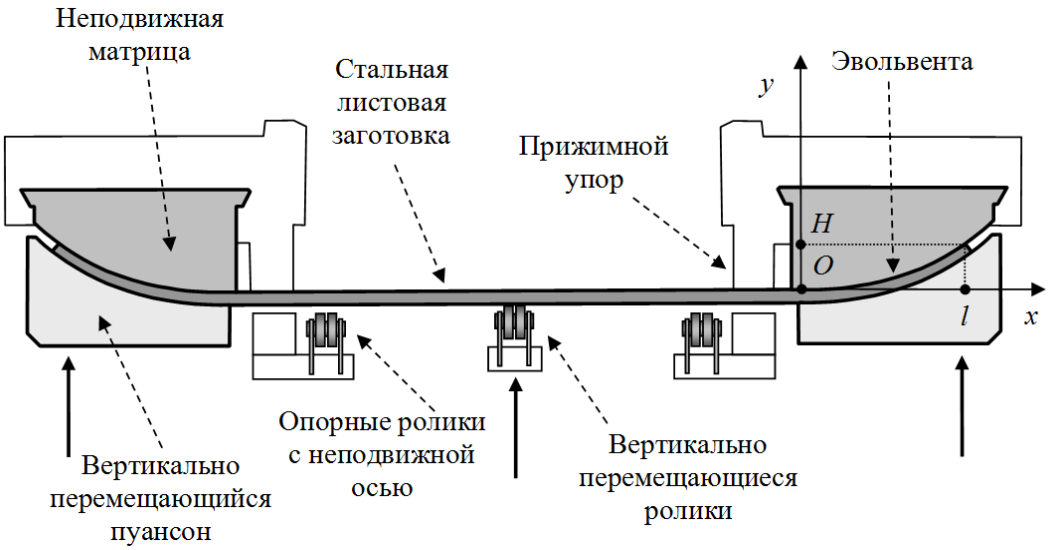


Рисунок 1. Подгибка кромок заготовки на КГП SMS Meer

Радиус кривизны нейтральной плоскости стальной заготовки равен $\rho = r\varphi + h/2$. Сопротивление деформации стали $\sigma_т^* = \mu_{кгп}\sigma_т$, где $\sigma_т$ – предел текучести стали, $\mu_{кгп} = \text{const} \approx 1$ – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость деформации заготовки.

После деформации на КГП кромки заготовки распружиниваются. Будем использовать модель упругопластической среды с линейным упрочнением. Тогда остаточный радиус кривизны нейтральной плоскости заготовки после распружинивания ρ_0 и коэффициент пружинения заготовки β равны

$$\rho_0 = \beta(\rho)\rho, \quad \beta(\rho) = \frac{1}{\left(1 - \dfrac{\Pi_р + \Pi_с}{2E}\right)\left(1 - 2\dfrac{\rho\sigma_т^*}{hE}\right)^2\left(1 + \dfrac{\rho\sigma_т^*}{hE}\right)},$$

где h и ρ – толщина и радиус кривизны нейтральной плоскости стальной листовой заготовки; E –модуль Юнга; $\Pi_р$ и $\Pi_с$ – модули упрочнения при растяжении и сжатии.

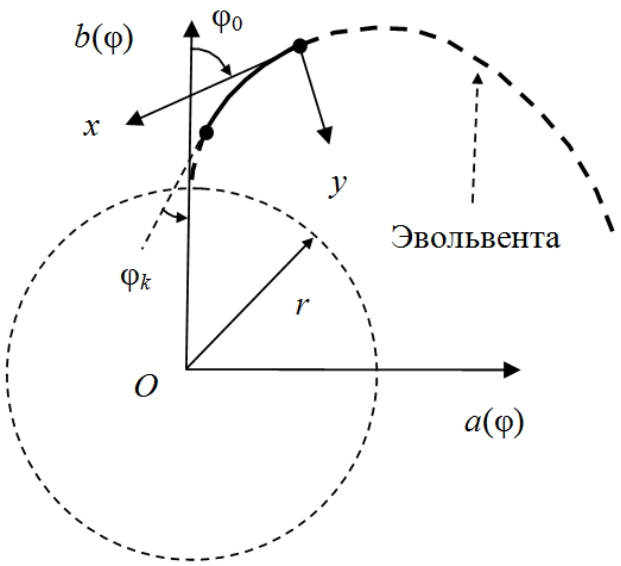


Рисунок 2. Эвольвента и система координат для расчета рабочего профиля матрицы КГП SMS Meer

Величина φ_0 всегда задана. Пусть $\Delta L_{\text{кгп}}$ – длина подгибаемой кромки по эвольвенте с одной стороны заготовки. Тогда

$$\varphi_k = \frac{-\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 4\left(\varphi_0{}^2 + \frac{h}{r}\varphi_0 - 2\frac{\Delta L_{\text{кгп}}}{r}\right)}}{2} \approx \sqrt{\varphi_0{}^2 - 2\frac{\Delta L_{\text{кгп}}}{r}}, \quad \frac{h}{r} << 1.$$

Получить точное значение профиля нейтральной плоскости стальной листовой заготовки ($x\beta$, $y\beta$), H_1 и l_1 после ее распружинивания можно с помощью численной *многорадиусной схемы расчета Шинкина для кромкогибочного пресса* (рис. 3):

$$j = 1 \ldots N \ (N = 1000), \quad \varphi_j = \varphi_0 - \frac{(\varphi_0 - \varphi_k)j}{N}, \quad \rho_{0j} = \rho_0(\varphi_j),$$

$$\Delta S_0 = 0, \quad \Delta S_j = \frac{r\varphi_j{}^2 + h\varphi_j}{2} - \frac{r\varphi_{j+1}{}^2 + h\varphi_{j+1}}{2},$$

$$\psi_0 = 0, \quad \Delta\psi_j = \frac{\Delta S_j}{\rho_{0j}}, \quad \psi_j = \Delta\psi_0 + \ldots \Delta\psi_j,$$

$$y\beta_0 = 0, \quad y\beta_j = y\beta_{j-1} + \rho_{0\,j-1}\left(\cos\psi_{j-1} - \cos\psi_j\right), \quad y\beta_N + \frac{h}{2}\left(\cos\psi_N - 1\right) = H_1,$$

$$x\beta_0 = 0, \quad x\beta_j = x\beta_{j-1} + \rho_{0\,j-1}\left(\sin\psi_j - \sin\psi_{j-1}\right), \quad x\beta_N - \frac{h}{2}\sin\psi_N = l_1.$$

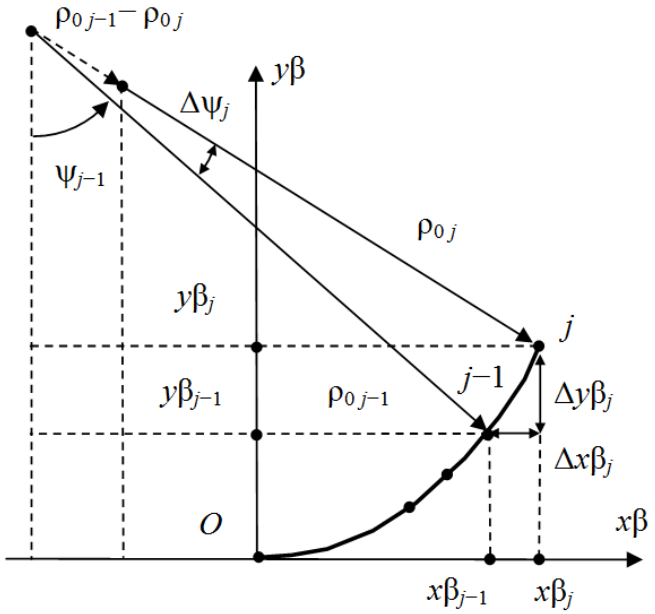


Рисунок 3. Многорадиусная схема расчета профиля нейтральной плоскости заготовки после распружинивания

Список литературы:

1. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. М.: ИЦ «ЕЛИМА», 2004. 1104 с.
2. Зайков М.А., Полухин В.П., Зайков А.М., Смирнов Л.Н. Процесс прокатки. М: «МИСиС», 2004. 640 с.
3. Бельский С.М., Третьяков В.А., Барышев В.В., Кудинов С.В. Исследование процесса формирования ширины сляба в черновой группе широкополосного стана // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1998. № 1. С. 24–29.
4. Скороходов В.Н., Чернов П.П., Мухин Ю.А., Бельский С.М. Математическая модель процесса свободного уширения при прокатке полос // Сталь. 2001. № 3. С. 38–40.
5. Скороходов В.Н., Мухин Ю.А., Бельский С.М., Мазур С.И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 1 // Производство проката. 2007. № 12. С. 17–19.
6. Скороходов В.Н., Мухин Ю.А., Бельский С.М., Мазур С.И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 2 // Производство проката. 2008. № 1. С. 21–24.

7. Бельский С.М. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков // Производство проката. 2008. № 7. С. 21−24.
8. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. М: Изд. Дом МИСиС, 2014. 628 с.
9. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. М: Изд. Дом МИСиС, 2013. 655 с.
10. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.
11. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан–5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.
12. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироликовой листоправильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.
13. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. С. 171−174.
14. Шинкин В.Н., Уандыкова С.К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. С. 110−112.
15. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновение гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14−22.
16. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Упругопластическое изменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. С. 53–56.
17. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
18. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.
19. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // Обработка металлов давлением, 2011. № 3(28). С. 7−11.
20. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. №4 (62). Вып. 4. С. 69−74.
21. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. С. 77−81.
22. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
23. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. С. 54−58.
24. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
25. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25−29.
26. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21−26.
27. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // МНТК «ОМД–2014. Фундаментальные проблемы. Инновационные материалы и технологии». Часть 2. М.: ООО «Белый ветер», 2014. 515 с. С. 40–45.
28. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12−19.
29. Шинкин В.Н., Барыков А.М., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14−16.
30. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // МНПК «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 301 с. С. 171–175.
31. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ *РОДА PENICILLIUM* В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кушевская Марина Александровна,
Сухих Станислав Алексеевич, *к.т.н.,*
Бабич Ольга Олеговна, *к.т.н., доцент*
Садовая Татьяна Николаевна, *д.т.н.*
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Кемерово

В процессе жизнедеятельности человек постоянно контактирует с различными микроорганизмами, бактериями и плесневыми грибами. Кроме этого, человечество сознательно использует свойства микроорганизмов и сами микроорганизмы в различных отраслях народного хозяйства. Так, например, уже много веков некоторые страны Европы широко используют плесневые грибы в производстве различных сыров. Среди сыров, в технологии которых используются плесневые грибы, можно отметить Камамбер, английский Стилтон Рокфор, Бри, Голубой датский, итальянский Горгонцол и др. Некоторые виды плесневых грибов применяют в пищевой и фармацевтической промышленностях, в частности для производства янтарной и лимонной кислот. Страны Востока, особенно в Японии, плесневые грибы используют в технологии производства спиртных напитков, особой популярностью пользуются рисовая водка и соке [1; 2].

На рост, развитие и скорость метаболизма плесневых и микроскопических грибов влияют множественные факторы окружающей среды. Факторы окружающей среды, оказывающие положительное влияние на синтез органических и биологически активных соединений плесневых грибов называются благоприятными. Но встречаются неблагоприятные факторы внешней среды, которые приводят к необратимым негативным процессам жизнедеятельности плесневых и микроскопических грибов и даже к их гибели. Среди таких факторов можно выделить активную кислотность реакционной среды.

От величины активной кислотности реакционной среды зависит поступление питательных веществ в клетку, скорость и качество образования пигментов, синтез витаминов, антибиотиков, активность ферментов, а также скорость спорообразования.

Исследование направлено на изучение скорости роста плесневых грибов *Penicillium* в условиях различной активной кислотности. При этом, в ходе эксперимента, активную кислотность изменяли в интервале 2,50–7,00 при температуре окружающей среды 35 °С. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изучение скорости роста плесневых грибов *Penicillium* в условиях различной активной кислотности

Значение pH	Скорость роста плесневых грибов, КОЕ/г, сутки						
	0	7	15	30	40	50	60
7,00	(19,80± ±1,19)× ×10^1	(9,23± ±0,55)× ×10^2	(12,84± ±0,77)× ×10^2	(18,30± ±1,10)× ×10^2	(35,73± ±2,14)× ×10^1	(16,90± ±1,01)× ×10^3	(30,47± ±1,83)× ×10^4
6,50	(19,80± ±1,19)× ×10^1	(12,40± ±0,74)× ×10^2	(17,68± ±1,06)× ×10^2	(22,80± ±1,37)× ×10^2	(39,87± ±2,39)× ×10^1	(19,90± ±1,19)× ×10^3	(35,05± ±2,10)× ×10^4
5,5	(19,80± ±1,19)× ×10^1	(14,05± ±0,84)× ×10^2	(20,94± ±1,25)× ×10^2	(26,34± ±1,58)× ×10^2	(43,60± ±2,61)× ×10^1	(22,60± ±1,35)× ×10^3	(38,77± ±2,32)× ×10^4
4,5	(19,80± ±1,19)× ×10^1	(17,70± ±1,06)× ×10^2	(23,15± ±1,39)× ×10^2	(28,20± ±1,69)× ×10^2	(49,20± ±2,95)× ×10^1	(25,50± ±1,53)× ×10^3	(42,11± ±2,52)× ×10^4
3,5	(19,80± ±1,19)× ×10^1	(13,46± ±0,80)× ×10^2	(18,40± ±1,10)× ×10^2	(22,22± ±1,33)× ×10^2	(38,19± ±2,29)× ×10^1	(19,44± ±1,16)× ×10^3	(33,93± ±2,03)× ×10^4
2,5	(19,80± ±1,19)× ×10^1	(11,37± ±0,68)× ×10^2	(16,15± ±0,97)× ×10^2	(19,85± ±1,19)× ×10^2	(34,22± ±2,05)× ×10^1	(17,30± ±1,04)× ×10^3	(26,67± ±1,60)× ×10^4

Анализ эмпирических данных, представленных в таблице 1 позволил сделать вывод о том, что плесневые грибы рода *Penicillium* интенсивно растут только на питательных средах, имеющих активную кислотность 4,5. При этом органолептический анализ позволил идентифицировать образцы мицелия трех видов. Первый характеризуется плотным, с короткими, тесно перевитыми нитями мицелием. Второй вид мицелия характеризуется высокими, длинными нитями и последний тип - быстро образующийся мицелий с бело-желтой окраской, более толстой по сравнению с другими мицелиями.

Уже более 50 лет тому назад было установлено, что у каждого фермента существует оптимальное значение активной кислотности реакционной среды, т.е. значение pH среды при котором фермент проявляет максимальную каталитическую активность по отношению к субстрату. Большинство природных энзимов имеют максимальную каталитическую и удельную активность в пределах нейтрального значения. Лишь единицы природных ферментов могут проявлять наивысшую каталитическую активность в резко кислой или резко щелочной среде.

Известно, что на качество продукта влияют органолептические показатели. Органолептические показатели сыра с плесневыми грибами, зависят от вкуса пептидов, содержащихся в продукте, который, в свою очередь, зависит от вкуса остатков аминокислот, входящих в их состав. В этой связи проводили исследования по изучению влияния активной кислотности реакционной среды на протеолитическую активность плесневых грибов рода *Penicillium.* Результаты исследований влияния активной кислотности реакционной среды на стабильность протеолитической активности плесневых грибов *Penicillium* представлены на рисунке 1.

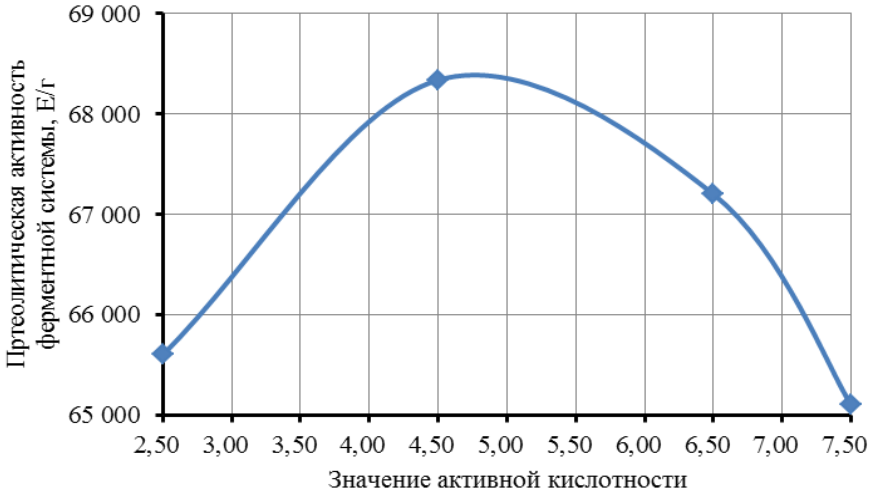


Рисунок 1 – Изменение протеолитической активности ферментной системы плесневых грибов рода *Penicillium* в зависимости от активной кислотности среды

Идентификация результатов исследований влияния активной кислотности реакционной среды на стабильность протеолитической активности плесневых грибов рода *Penicillium*, представленных на рисунке 1, свидетельствуют о том, что протеолитические ферменты имеют достаточно высокую каталитическую активность, которая увеличивается в кислой среде. Так, наибольшая протеолитическая активность ферментной системы плесневых грибов рода *Penicillium* наблюдается при pH, равной 4,50, и составляет 68 820 $\frac{\text{усл.ед}}{\text{г}}$. При значении активной кислотности 7,5 и более протеолитическая активность ферментной системы плесневых грибов рода *Penicillium* составляет 64 980 Е/г.

Список литературы

1. Ефимов, К.М. Скорая помощь против плесени // Сыроделие и маслоделие.- 2009.- № 3.- С. 26-27.
2. Методическое руководство по идентификации плесневых грибов рода Penicillum, планируемых при производстве сыров.- Углич, 2005.- 293 с.

БЛОКСЕКЦИОННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ

Сычев Сергей Анатольевич
к.т.н., докторант
Россия, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Принципы высокоскоростного полносборного индустриального строительства в условиях Севера состоят в следующем: применение индустриальных унифицированных конструкций заводского изготовления в виде легких многослойных сэндвич-панелей и укрупненных блок-модулей нескольких типов; комплексная механизация сборочных процессов, транспортизация и поточная организация монтажа элементов на основе комплектных поставок сэндвич-панелей; технологичность проектных решений, точность монтажа и ритмичность сборочно-монтажных операций на строительной площадке средствами мобильной малогабаритной техники. Такой технологии гарантирует минимальные затраты труда, уменьшает продолжительность сборки, повышает качество, быструю готовность объектов и энергоэффективность объемно-блочного строительства в суровых климатических условиях и слабой инфраструктуре. Наиболее важными показателями при выборе вариантов конструктивно-технологических решений в суровых условиях являются продолжительность выполнения работ и ускоренные темпы интенсификации процессов. Быстровозводимые модульные здания

(БМЗ) - это сооружения, монтируемые из объемных унифицированных элементов - блок-модулей заводского изготовления, включая системы внутреннего инженерного оборудования, обеспечивающих заданные физико-механические свойства конструкций, устойчивость, жесткость, прочность, неизменяемость геометрических размеров модулей при их транспортировании и монтаже.

Различные способы поэлементного монтажа зданий, включающего поэтапный монтаж каркаса здания, кровли и несущих элементов перекрытий и покрытий, имеют известные недостатки, связанные с зависимостью от метеоусловий, большой трудоемкостью работ, значительными сроками монтажа, необходимостью применения тяжелого транспортного и подъемно-монтажного оборудования. Основным недостатком вариантного проектировании технологии возведения зданий и сооружений (в частности, технологии монтажа конструкций), является одновариантность, ориентированная на заранее определенную последовательность процессов. Отечественный и зарубежный опыт строительства в северных районах показывает, что центр тяжести затрат переносится на отдаленные жилищные объекты и здания промышленно-общественного назначения.

Анализ показывает целесообразность применения ускоренной технологии возведение зданий и мансардных этажей из объемных блоков полной заводской готовности, а также новые технологии возведения мансард из монолитного пенобетона, легких металлических конструкций, несъемной опалубки VELOX, технологии каркасно-деревянных панелей Haus-Concept, клееных деревянных конструкций SEPA и сэндвич-панелей (Россия), австрийской компании H. Katzenberger Beton (Австрия) - многоугольные стеновые элементы мансарды из сборного железобетона. Уникальная технология китайской строительной компания Broad Sustainable Building (BSB) усовершенствовавшей уникальную технологию сверхбыстрой постройки зданий из готовых к сборке модулей, сооружая пятизвездочный отель в 30 этажей за 15 дней. На место строительства привозятся заранее изготовленные на заводах элементы здания: несущие стальные колонны, панели стен и полов, с вмонтированными в них электрическими кабелями, водопроводными трубами, напольной плиткой и светодиодными светильниками. Элементы соединяются друг с другом по типу «LEGO», монтируются лестницы и внешние стены из многослойных стеклопакетов 15 см толщины. Характерно, что в здание монтируется гигантский «холодильник», работающий на природном газе. Такой агрегат централизованной системы кондиционирования и вентиляции весом 3500 т способен охлаждать 500 тыс. кубометров жилплощади.

Технология ускоренного монтажа мансард из укрупненных унифицированных сэндвич-панелей. Разработана и обоснована принципиально новая индустриальная быстровозводимая технология ускоренного монтажа мансард из унифицированных ЛМК сэндвич-панелей, обеспечивающая скоростной монтаж и точность сборки при использовании малогабаритных мобильных средств механизации: многофункционального гидравлического подъемника-манипулятора и передвижных подмостей в виде монтажной фермы-шаблон.

Суть ускоренной полносборной технологии устройства мансарды состоит в следующем: на уровне монтажного горизонта по несущим стенам периметра здания устраивают бетонный пояс, в котором анкерах устанавливают угловые панели. Ферма-шаблон (передвижной кондуктор) применяется для предотвращения складывания и прогиба конструкций. Разработанное конструктивно-технологическое решение стыковки сэндвич-панелей монтажа блока на рис. 1.

Следует отметить, что технология изготовления позволяет транспортировать элементы здания целиком без применения техники высокой грузоподъемности. Для примера, при ширине здания 12 метров, применяется 5 угловых и 10 прямолинейных панелей, при этом высота мансарды составит 3,65 м.

Технология монтажа зданий и мансард из блок-модулей полной заводской готовности. Объёмно-пространственный блок-модуль - это комплексно проработанная технологами, архитекторами, конструкторами, монтажниками и другими специалистами комбинированная система рис. 2, в которой оптимальным образом учитываются факторы экономичности, технологичности изготовления, транспортирования, монтажа и демонтажа, удобства и безопасности эксплуатации.

Опытно-производственные работы подтверждают, что при дистанционном управлении монтажным краном, оборудованным координатно-шаговым механизмом и жесткой траверсой, сокращается время монтажного цикла в 1,5 раза и увеличивается производительность крана на 40-60 %.

Для примера, двухэтажный 10 квартирный жилой дом из 28 объемных блок-модулей полной заводской готовности с размерами в плане 20,5 х 24,0 м имеет техническое подполье, два жилых этажа с высотой помещений 2,5 м в свету, чердак со скатной крышей. Фундаменты здания – ленточные бетонные с продольными и поперечными стенами, обеспечивающими опирание объемных блок-модулей нижней поверхностью по всему их периметру.

Объём дома V= 3225 м^3; Площадь F = 976 м^2; Высота 2 этажа; Масса 20 т. При этом степень заводской готовности – 95%.

REFERENCES

1. Adam FM (2005) Technical diagnostics and monitoring during the construction and operation of prefabricated modular buildings based on the criteria of safety and quality: avtoref. dis. on competition is Learned. step. doctor of technical Sciences: specialty 05.23.08 Technology and organization of construction». SPbgasu, SPb, Russia, pp. 33.
2. Adam FM (2001) Modulare Raumsysteme als moderne Form des Bauens. Berlin, Germany, pp. 54.
3. Badin G, Sychev S, Pavlova N (March, 2013) Energy-economic house: Energy-Efficient construction technologies. Journal TransmitWorld, Verona, Italia, pp. 10.
4. Badin G.M., Sychev S.A. (2013) Modern technologies of construction and reconstruction of buildings. BHV-Petersburg, St. Petersburg, Russia, pp. 288.
5. Foreitek T (2010) Concrete attic of polygonal wall of precast elements designed in Allplan Precast. - № 10. //Housing construction, Moscow, Russia, pp. 44–47.
6. Peldschus F, Zavadskas E (1997) Matrix games in building technology and management. Technika, Vilnius, Estonia. pp. 89.
7. Sychev SA. (2011) Технология ускоренного возведения мансард. LAP LAMBERT AP, Germany, pp. 152.
8. Sychev SA (2008) Technology of installation of prefabricated structures. *Bulletin of Civil Engineers*, 3(29): 28-30.

РАЗРАБОТКА МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ПОВЫШЕННОЙ УСВОЯЕМОСТИ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ СПАСАТЕЛЕЙ

Табакаева Оксана Вацлавовна[1], Лысенко Татьяна Евгеньевна[2], Табакаев Антон Вадимович[3]

1- д.т.н., профессор кафедры биотехнологии и функционального питания ДВФУ, г.Владивосток

2- магистрант 1 курса ДВФУ, г.Владивосток

3- аспирант ДВФУ, г.Владивосток

В настоящее время чрезвычайные ситуации являются частым явлением в жизни каждого человека. При их ликвидации важное значение имеет адаптация организма спасателя к экстремальным условиям ЧС. Одним из механизмов такой адаптации является изменение метаболизма, но основании которого и должен формироваться пищевой рацион спасателя. Пища может быть дополнительным адаптационным фактором и это необходимо учитывать и разрабатывать новые специализированные продукты питания для спасателей, в полной мере отвечающие потребностям их организма при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В экстремальных условиях резко возрастают потребности организма в

высокобелковых продуктах. Для человека основным источником белка вляются мясные продукты, которые благодаря высокому содержанию лизина, аргинина, аланина, глицина, пролина и серосодержащих аминокислот они способны повышать резистентность организма и общую сопротивляемость к различным стрессовым факторам. Поскольку традиционные продукты не восполняют в полной мере потерь белка в организме спасателей, необходимо создание продуктов с увеличенным содержанием белка. Но, кроме повышения доли белка в специализированных продуктах необходимо большое внимание уделять повышению усвояемости данных продуктов. Низкая усвояемость продуктов требует дополнительных физиологических затрат от организма, а также снижает коэффициент полезного действия пищи. Поэтому разработка продуктов специализированного назначения с повышенной усвояемостью для спасателей является актуальной задачей пищевой биотехнологии.

В настоящее время мясные белки достаточно успешно частично заменяются соевыми белками, которые выполняют и функционально-технологические функции. В качестве соевого белка используются соевые изоляты и концентраты. Наиболее широкий и разнообразный круг этих продуктов используется в эмульгированных мясных продуктах, таких как вареные колбасы и сосиски без жира. Они придают конечным продуктам аппетитный вид, соответствующую текстуру и вкус при существенном удешевлении производства. Это происходит за счет способности продуктов переработки соевых бобов связывать жиры и воду, оказывать стабилизирующее и связующее действие. Те же функции эти продукты выполняют и в мясопродуктах фаршевого типа - котлетах, рулетах и колбасах грубой структуры. Наряду с указанными преимуществами в этих изделиях создается желаемая структура изделия и уменьшаются потери при обжаривании. При правильном подборе рецептуры этих изделий соевые продукты лучше сохраняют в них воду и белки и таким образом позволяют лучше балансировать продукты с точки зрения питательности [2].

Одной из основных задач для разработчиков новых видов мясных продуктов является получение изделий, обладающих комплексом заданных полезных свойств и имеющих высокие потребительские качества. Использование растительного сырья при производстве мясных продуктов позволяет не только обогатить их биологически активными веществами, но и нормализовать кислотность в организме человека, повысить усвояемость этих продуктов.

При использовании соевых белковых продуктов в технологии мясных продуктов возможно: увеличить выход готовой продукции; снизить потери при термообработке; улучшить сочность продукта; улучшить связывание жира и воды; обогатить продукт белком; снизить себестоимость [1].

На кафедре биотехнологии и функционального питания Дальневосточного федерального университета разработана технология получения вареных колбас с использованием в составе низкомолекулярных соевых пептидов. Как известно, [3] низкомолекулярные соевые пептиды не проявляют антигенных свойств, что будет использовано при разработке отечественной технологии производства высокобелковых гипоаллергенных продуктов с повышенной усвояемостью.

Низмолекулярные соевые пептиды получены из соевого белка методом кислотного и ферментативного гидролиза с последующим разделением фракций по молекулярной массе. Использованы пептиды с молекулярной массой не более 50 кДа.

С целью моделирования свойств фаршевой системы с использованием низкомолекулярных соевых пептидов было приготовлено несколько фаршевых опытных систем с внесением НСП. Фарш готовили по рецептуре колбасы вареной «Черноморской» 2 сорта (ТУ 9213-020-020 68640-96). В опытных образцах проведена замена части мясного сырья (говядины) и соевой муки гидратированными низкомолекулярными соевыми пептидами. Опытный образец № 1 содержание гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов (ГНСП) (соотношение 1:10) составляло 10 %. В опытном образце № 2 содержание гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов (соотношение 1:10) составляло 12 % от массы сырья, в опытном образце № 3 – 15 % от массы сырья. Контрольный образец состоял из мясного модельного фарша без добавок.

Модельные фаршевые образцы подвергали тепловой обработке на водяной бане до достижения температуры в центре образца 71±1^{0}С. Образцы исследовали в течение 7 суток. Все это время образцы хранили в бытовом холодильнике при температуре 6-8°С.

Результаты определения химического состава контрольного и опытных образцов, содержащих гидратированные низкомолекулярные соевые пептиды, свидетельствуют о том, что в опытных образцах № 1 и № 3 содержание влаги выше, чем в образце 1 и контроле. В опытных образцах массовая доля белка выше, чем в контрольном образце. В контрольном образце содержание жира и золы несколько больше, чем в опытных образцах. Это объясняется тем, что в опытных образцах была проведена замена мясного сырья гидратированными низкомолекулярными соевыми пептидами. Содержание массовой

доли влаги в готовом продукте соответствует требованиям нормативной документации (ТУ 9213-020-02068640-96).

Введение добавки гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов в состав фарша для вареной колбасы «Черноморская» способствует увеличению значений ВСС, ВУС и ЖУС. Причем увеличение этих показателей в большей степени наблюдается у опытного образца № 3 с содержанием добавки 15 %.

Установлено, что контрольный образец обладает меньшими значениями напряжения среза, в то время как значения напряжения среза в образцах с добавкой гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов в различных концентрациях несколько выше. В случае содержания гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов в количестве 15% напряжение среза имеет наибольшие значения. Увеличение значений напряжения среза в опытных образцах связано с количественным содержанием в них добавки гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов. Результаты измерения показывают, что у образцов, в состав которых входит добавка гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов в количестве 15%, структура более упругая. Следовательно, можно сказать, что добавка гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов позволяет получить продукт с более плотной структурой.

Результаты расчета выхода готовой продукции показали, выход у опытного образца с добавкой гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов в количестве 15% увеличился на 1,3% и у опытного образца с концентрацией добавки 12 % - на 1,1%, при введение 10 % добавки - на 1,0 %.

Важным показателем качества высокобелкового продукта является глубина и скорость перевариваемости белков в желудочно-кишечном тракте под действием пищеварительных ферментов. Проведены исследования по влиянию добавки гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов на перевариваемость пищеварительными ферментами. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Перевариваемость «in vitro» образцов вареной колбасы с введением гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов

Перевариваемость мг тирозина/г белка	Образцы			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Пепсином	6,02±0,08	7,12±0,11	7,88±0,09	8,36±0,10
Трипсином	11,20±0,10	13,27±0,09	15,80±0,11	16,27±0,09
Суммарная	17,22±0,76	20,39±0,89	23,68±1,06	24,63±1,12

Представленные данные показывают, что наибольшей доступностью действию пищеварительных ферментов характеризуется опытный образец № 3. У остальных опытных образцов, содержащих гидратированные низкомолекулярные соевые пептиды, значения незначительно ниже, но значительно превышают значения в контрольном образце. Это напрямую связано с увеличением доступности гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов по сравнению с белками соевой муки и говядины за счет ферментативного и кислотного гидролиза.

Таким образом, введение гидратированных низкомолекулярных соевых пептидов в состав вареной колбасы позволяет получать мясной продукт с повышенной усвояемостью и улучшенными показателями качества и функционально-технологическими характеристиками.

Список литературы:

1. Глазова, Г.В. Характеристика функциональных свойств белковых препаратов / Г.В. Глазова, О.И. Шиленок, И.В. Кочиева, С.Н. Толкунов, Н.Н. Толкунова // Мясная индустрия. 2007. № 3. С. 48-51.
2. Микляшевски, П. Использование соевых белков в переработке мяса / П. Микляшевски, В.В. Прянишников, Е.В. Бабичева, А.В. Ильтяков // Все о мясе. 2006. № 3. С. 10-13.
3. K. Sato, K.Hashimoto. Bioactive peptides – large-scale preparation. American Oil Chemist Society.2007, VOL 18; № 11, P. 756-760.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ САМООБСЛУЖИВАНИЯ

Туровский Федор Александрович
студент 3 курса Южно-Российского государственного политехнического университета им. М.И. Платова, факультета информационных технологий и управления, г. Новочеркасск;
Туровская Елена Владимировна
вед. инженер кафедры «Информационная безопасность, телекоммуникационные системы и информатика», г. Новочеркасск.

Умелое использование новейших достижений в области информационных технологий, системного анализа и технологий искусственного интеллекта позволяет значительно повышать и укреплять конкурентоспособность предприятий, открывает широкий спектр возможностей для новых форм организации труда и повышения его производительности.

Задача автоматизации функций персонала отдела «Склад самообслуживания» компании «ИКЕА-Дон» относится к классу целочисленных задач многокритериальной оптимизации и предусматривает выбор наилучших мест хранения (ячеек) для вновь поступивших товаров; товаров, на которые распространяются акции (скидки, ликвидация); товаров, пользующихся повышенным спросом у покупателей. Определение нового порядка размещения

должно предусматривать не только поддержание соотношений уровня продаж, типа, размера и цветовой гаммы, но и минимальное число перемещений уже размещённых товаров.

Были проанализированы работы, выполняемые сотрудниками отдела, и определена функция персонала, требующая автоматизации на качественно новом уровне.

Далее были проанализированы существующие методы решения многокритериальных задач оптимизации и разработана математическая модель процесса оптимального размещения элементов (товаров) в заданном пространстве, разделённом на элементы – ячейки с адресной системой хранения. Осуществлено моделирование динамических, функциональных и информационных аспектов системы.

Произвели оценку и выбрали метод и технологии для решения многокритериальной задачи размещения методом рангов. Выбранным решением (и технологией) стал эволюционный алгоритм, оперирующий представлением искомого решения в виде последовательности программных структур с целочисленными и вещественными полями.

Учёт специфики задачи проявился в разработке уникального алгоритма, позволяющего сузить пространство поиска оптимальных решений за счёт предложенного способа представления хромосом, механизма скрещивания, механизмов мутации и разделение алгоритма поиска решения на два этапа.

Программная модель проходила проверку при моделировании следующих ситуаций:

– поступлении новых товаров (больших и малых групп);

– удалении отдельных товаров из ассортимента;

– проведении мероприятий, связанных с объявлением акций на отдельные группы товаров;

– увеличении числа товаров одной группы до критического (превышения числа товаров группы над числом ячеек этой товарной группы);

– плановой профилактике состояния склада.

В результате исследований была подтверждена работоспособность алгоритма и определены диапазоны изменения параметров эволюционного алгоритма при различной степени наполняемости склада.

На начальном этапе моделирования допустимо считать, что количество торговых мест на Складе фиксировано, т.е. не используются площади Склада полного обслуживания.

Информацию о товарах, снимаемых с продажи, содержит только артикул. Информацию о товарах, на которые распространяется та или иная акция, содержит артикул и новое значение планируемого уровня продаж. Оба вида товаров размещаются в отдельных текстовых файлах с исходными данными.

Информацию о структуре склада и его разделении на зоны программная модель получала из конфигурационного файла, внутренняя структура которого имеет вид:

```
[Storage properties]
Zone = 7                    //число зон
GoodsGroup=5                //число товарных групп
1Zone=1     //соответствие зона-товарная группа
2Zone=2
. . .
7Zone=5
Floor=2                 //число доступных этажей
1RowCountCells=24    //число ячеек в каждом ряду
2RowCountCells=24
. . .
20RowCountCells=36
. . .
25RowCountCells=45

[Storage map]   //деление ячеек по зонам (группам
                  товаров)
1RowSide1=1
1RowSide2=2,
2Row Side1=2
2Row Side1=3
. . .
```

Настройка параметров программной модели осуществляется в меню «Конфигурация», сохраняется в конфигурационном файле и содержит следующие параметры:

```
[Project properties]
PlanningHorizons=week [/mounth/quarte]
PopulationSize=1000
SuitableSolutionSize=20
StopSolutionPersent=on
StopNumberCycle=off
SuitableSolutionPersent=90
NumberCycle=100000

[Crossover properties]
PointSize=10

[Mutation properties]
1Mutation=on
2Mutation=on
3Mutation=off
Frequency=1000
LawChange=const [line_a_b]   //закон изменения

[1Fitness]
IncrementSize=10   //величина приращения
1Critery=on
  //критерий (2.6)
2Critery=on
  //критерий (2.7)
3Critery= off
  //критерий (2.8, 2.9)
. . .
[2Fitness]
IncrementSize=5    //величина приращения
1Critery=on       //критерии (2.10-2.19)

2Critery=off
3Critery=off
. . .
 k_F =on              //учёт частоты спроса
k_SZ=on               //учёт сезонного спроса
k_IM=on               //учёт импульсного спроса
k_PC=off    // учёта расстояния между товарами
          //с аналогичными упаковками
k_A=on                //учёт участия в акциях
```

На первом этапе исследования моделировались штатные ситуации, связанные с поступлением новых товаров одной или нескольких товарных групп, при этом общий объём товарной группы не превышал объём выделенных под неё ячеек более чем на 75%. Данные получены на ПК следующей конфигурации: процессор: Intel Pentium Dual-Core G2020 2.9GHz/3 MB 2 ядра; память: DDR3 4Gb 1333 МГц; видеокарта: GeForce GT610 1Гб (64bit, DDR3); жёсткий диск: HDD 500 Гб 7200 об./мин.

Испытания проводились при варьировании следующих параметров:

– размер популяции: от $5L_C$ до $15L_C$ (5, 7,10,12,15);

– процент свободных ячеек: от 35 до 25 (35, 30, 25);

– число точек скрещивания: от 1 до 20 (1, 2, 5, 10, 15, 20);

– параметры мутации: от 1 до 3 типов одновременно; частота мутации от 100 до 10000 (100, 500, 1000, 2000,5000, 7000,10000).

Экспериментальным путём было определено наилучшее число точек скрещивания, равное 5, использование только одного (любого) типа мутации с частотой, равной одной мутации на 200 циклов. Использование всех трёх типов мутации одновременно является оправданным только при снижении частоты мутации до значений 1раз на 1000 циклов и более.

Уменьшение числа используемых критериев значительно понижает скорость получения решений, но при реальном использовании системы каждый критерий улучшает искомое решение, поэтому результаты моделирования при неполном числе критериев в настоящее время интереса не представляют.

На втором этапе исследования моделировались следующие нештатные ситуации:

1. Увеличение числа товаров до критического (число товаров каждой товарной группы составляет 90-95% от числа ячеек для этой товарной группы).

2. Увеличение числа товаров одной группы до критического (превышение числа товаров группы над числом ячеек этой товарной группы на 5-10% при 80%-ной загрузке остальных товарных групп), что бывает крайне редко, но возможно.

Любое из предложенных решений ведёт к усложнению алгоритма работы проектируемой системы. При моделировании ситуации «Не хватает ячеек для товаров одной товарной группы» оценочная функция допускала следующие решения:

– размещение товаров в смежных зонах;

– объединение ряда товаров из слабо-заполненных ячеек в одной ячейке, т.е. каждое торговое место может быть разделено горизонтальными балками ещё на торговые места, называемыми уровнями.

Оба эти решения не относятся к числу удачных, и осуществить выбор одного из них можно либо в соответствии с приоритетом, либо предоставить право выбора персоналу (скорее всего, старшему менеджеру Склада). Кроме того, можно принять решение о том, что в случае невысокого уровня полученных решений, система предоставляет право размещения персоналу склада с указанием свободных ячеек всего Склада, подходящих по весо-габаритным характеристикам. В этом случае следует предусмотреть интерфейс для ввода информации о самостоятельном размещении отдельных товаров.

Результаты исследования работы алгоритма на пилотном проекте показали, что:

1. Размещение товаров в соответствии с характеристиками: «Уровень продаж», «Планируемый уровень продаж», «Показатель импульсного спроса», «Акция» и т.д. для новых товаров позволяет получить более эффективное решение задачи в сравнении только лишь с весо-габаритными показателями и функциональным назначением товаров (последнее – нестрого).

2. Отказ от субъективного принятия решений о размещении товаров позволил освободить персонал от поиска свободных мест и трудоёмкого процесса перемещения товаров.

3. По приблизительным оценкам руководящего состава «Склада самообслуживание» качество размещения новых товаров ничуть не уступает решениям, принимаемым опытными сотрудниками Склада, а в ряде случаев превосходит его, что позволило увеличить продажи отдельных позиций товаров (крупногабаритной мебели и сопутствующих товаров).

Список литературы:

1. Manual. Руководство по размещению товаров на складах самообслуживания ООО «IKEA»;
2. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, технологии, управление и логистика. - М.: Проспект, 2005. - 176 с.;
3. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы [Текст] / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ПРИКЛАДНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Тюрбеева Татьяна Борисовна
Преподаватель кафедры «ИТ и ВС» ФГБОУ ВПО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва
Волкова Галина Дмитриевна
Д.т.н., профессор, профессор кафедры «ИТ и ВС» ФГБОУ ВПО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

В настоящее время спрос на автоматизированные системы (АС), позволяющие ускорять процесс производства продукции и её поставки на рынок, многократно вырос.

Проведенное исследование существующей нормативной базы для создания АС, изложенное в работах [1,2,3], позволило выявить множество проблем, связанных с разноплановостью, неоднозначностью существующих нормативных документов в силу исторических изменений (разработка и внедрение ЕСПД, ГОСТов для АСУ и САПР и их объединение и т.д.) и заимствований (принятие зарубежных регламентов в качестве отечественных ГОСТов). Такая разноплановость нормативных документов, используемых при создании автоматизированных и/или программных систем, породило необходимость формирования эталона для их сравнения, оценки и выявления наилучших компонентов. Методологическим базисом для формирования эталона проработки процессов создания, функционирования и развития АС является системный подход.

Проведенные исследования и моделирование процессов создания, функционирования и развития прикладных автоматизированных систем (ПАС) по выделенным подходам, таких как методология автоматизации интеллектуального труда (МАИТ), ГОСТы 34-го комплекса и ГОСТ Р ИСО_МЭК 12207-99, на основе существующей нормативной базы позволили установить специфику моделей функционирования АС в этих подходах и формально описать вышеперечисленные процессы. Сравнительный анализ компонентов формального описания процессов создания и функционирования ПАС по указанным подходам позволил сформировать интегральные модели этих процессов. Графическая форма интегральной модели процесса создания ПАС представлена на рисунке 1 [4].

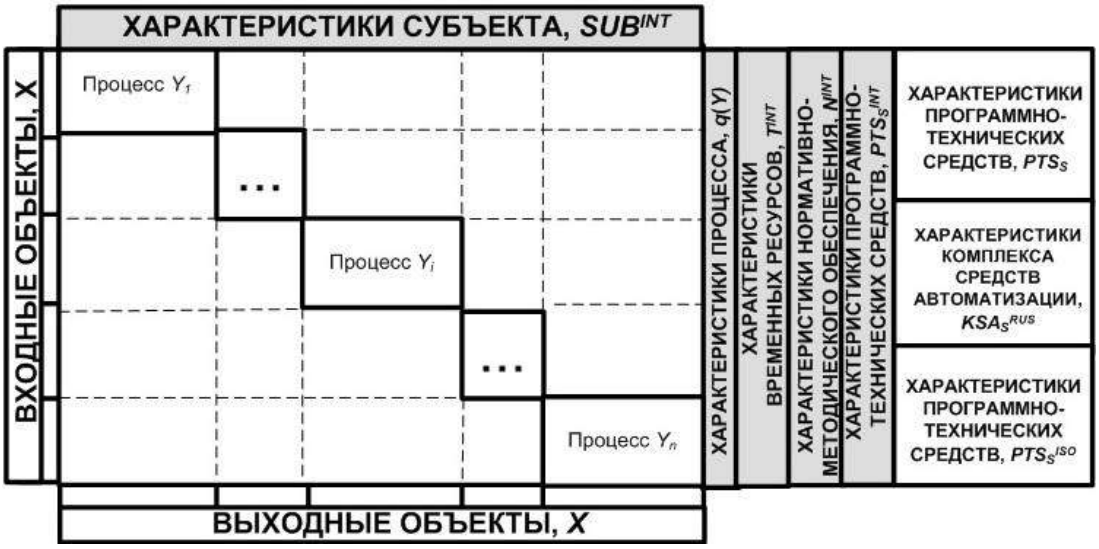


Рис.1. Графическая форма интегральной модели процесса создания ПАС

Интегральная модель процесса создания АС на базе системного подхода описывается следующим образом:

$$S = < Y, X, q(Y), q(X), Z, R >, \quad (1)$$

где $Y = < Y_M \cup Y'_{RUS} \cup Y'_{ISO} >$ - интегральная структура процесса создания АС, в которой Y_M - система этапов и действий по МАИТ, Y'_{RUS} - система этапов и действий по ГОСТам 34-го комплекса, приведенная к промышленному способу создания АС, Y'_{ISO} - классификационная структура работ и задач по ГОСТ Р ИСО_МЭК 12207-99, приведенная к промышленному способу создания АС; $X = < X_M \cup X'_{RUS} >$ - интегральная система результатов (входов/выходов) действий, в которой X_M - система результатов по МАИТ, X'_{RUS} - система документирования по ГОСТам 34-го комплекса, приведенная к промышленному способу создания АС; $q(Y) = \bigcup_{i=1}^{m} q_i(Y)$ - множество разнородных свойств элементов системы, описывающих структуру процесса создания автоматизированной системы; $q(X) = \bigcup_{i=1}^{m} q_i(X)$ - множество разнородных свойств элементов системы, описывающих систему результатов; $Z = < SR^{INT}, q(SR^{INT}), R_{SR}^{INT} >$ - структура, описывающая среду процесса создания АС, в которой $SR^{INT} = SUB^{INT} \cup T^{INT} \cup PTS_S^{INT} \cup N^{INT}$ – среда процесса создания АС; включающая следующие компоненты: SUB^{INT} - множество элементов среды, описывающее субъекта процесса создания АС; T^{INT} - множество элементов среды, имеющее временные характеристики; $PTS_S^{INT} = < PTS_S \cap KSA'^{RUS}_S \cap PTS'^{ISO}_S >$ - система элементов, описывающих программно-технические средства процесса создания АС; PTS_S - система элементов, описывающих программно-технические средства процесса создания по МАИТ, KSA'^{RUS}_S - система элементов, описывающих комплекс средств автоматизации по ГОСТам 34-го комплекса, приведенная к промышленному способу создания АС, PTS'^{ISO}_S - система элементов, описывающих программно-технические средства по ГОСТ Р ИСО_МЭК 12207-99, приведенная к промышленному способу создания АС; $N^{INT} = < N_S \cup N_M \cup N'_{RUS} \cup N'_{ISO} >$ - множество элементов среды, описывающее структуру элементов нормативно-методического обеспечения, в котором N_S - множество элементов среды, описывающее общую структуру нормативных фондов при создании ПАС и правила представления результатов, N_M - множество элементов среды, регламентирующее структуру процесса создания, правила выполнения всех действий и правила представления результатов по МАИТ, N'_{RUS} - множество элементов среды, регламентирующее структуру процесса создания и правила представления результатов по ГОСТам 34-го комплекса, приведенное к промышленному способу создания

АС, N'_{ISO} - множество элементов среды, регламентирующее структуру процесса создания по ГОСТ Р ИСО_МЭК 12207-99, приведенное к промышленному способу создания АС; $q(SR^{INT})$ – множество свойств элементов среды; R_{SR}^{INT} – множество связей между элементами среды; R - множество связей между элементами системы S.

Структура формального описания интегральной модели процесса создания АС обусловила представление (в матричной форме) нормативно-методического комплекса по следующим аспектам: по фазам жизненного цикла АС и по инвариантным компонентам.

Создание ПАС в соответствии с промышленным способом включает следующие этапы: предпроектное обследование, проектирование, подготовка реализации, реализация. Функционирование ПАС в соответствии с промышленным способом может быть раскрыто такими этапами, как опытная эксплуатация (переходный/ настраиваемый режим), промышленная эксплуатация (стационарный/ штатный режим), обслуживание (обеспечение работоспособности и устранение нештатных ситуаций). Развитие ПАС содержит те же этапы, что и процесс создания ПАС, но объем работ на них определяется требуемым уровнем вносимых изменений в исходную ПАС.

Предложенная матричная форма для описания состава и структуры нормативно-методического комплекса интегральной модели процесса создания АС обеспечивает раскрытие процесса по этапам (столбцы), а строки укрупненной структуры нормативно-методического обеспечения определены следующими компонентами (Рис.2): компонент «Результат» раскрыт в виде совокупности решений и документов по этапам; компонент «средства» раскрыт техническим, программным и методическим обеспечением этапа.

Индексация этапов и компонентов с учетом их уточнения позволяет сформировать индекс любой ячейки матричной формы нормативно-методического обеспечения. Каждая ячейка имеет уникальный номер в матрице – *x.y*, где *x* – номер строки, *y* – номер столбца. В особых случаях возможно деление внутри ячейки.

Особенностью описания состава нормативно-методического обеспечения в такой матричной форме является описание регламентов, относящихся как к содержимому отдельных ячеек матрицы, так и к содержимому связей этих ячеек. Другими словами, содержимым каждой ячейки являются регламенты по структуре фиксированного компонента на определенном этапе жизненного цикла АС, а содержимым связей ячеек будут регламенты, определяющие ограничения на взаимосвязь как компонентов внутри определенного этапа (столбец матрицы), так и развертки компонента по фазам (строка матрицы), вследствие чего индексация связей усложняется и может иметь вид: $[x_1...x_7].[y_1...y_{11}]$, где *x* – индекс компонента, а *y* – индекс этапа. Так, например, [3.4].1 – это ограничения, накладываемые на соотношение компонентов Субъект и Результат-Документ на этапе предпроектного обследования, что обуславливает, в частности, наличие регламента о порядке подписания и утверждения того или иного документа на этапе предпроектного обследования, а 4.[1.2.3.4] - это ограничения, накладываемые на соотношение компонента Субъект и этапы процесса создания АС, т.е. регламент, описывающий количество исполнителей, их квалификацию на всех этапах создания АС, а также взаимодействие между специалистами, группами специалистов (подразделениями, организациями и т.д.).

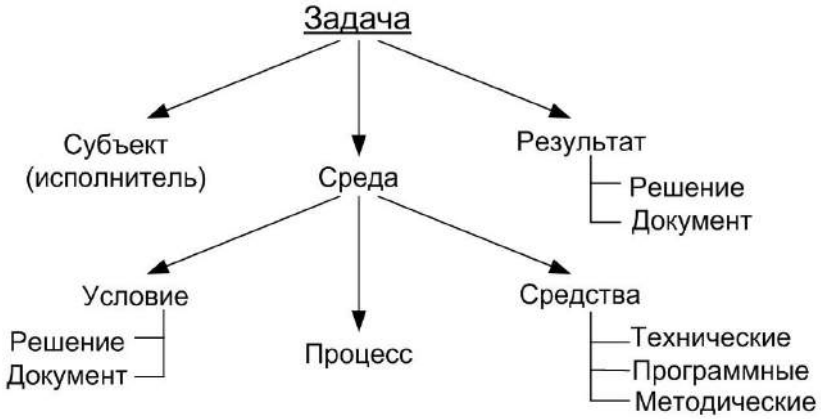


Рис.2. Инвариантная структура задач

Специфичным компонентом является «Решение». Так как создание АС осуществляется в терминах процесса ее перспективного функционирования, то каждое Решение на соответствующем этапе создания должно быть представлено таким же набором компонентов, в том числе описывающих процесс, субъекта, средства в соответствии с интегральной моделью Графическая форма интегральной модели процесса функционирования АС представлена на рисунке 3 [4].

Индексация матричной формы для компонента Результат-Решение осуществляется по правилу дополнительного индекса с сохранением предыдущей индексации, т.е. *x.y.z*, где *x=2* – индекс компонента Решение, *y* – индекс этапа создания АС, *z* - индекс компонента в матричной форме Результат-Решение (Табл.1).

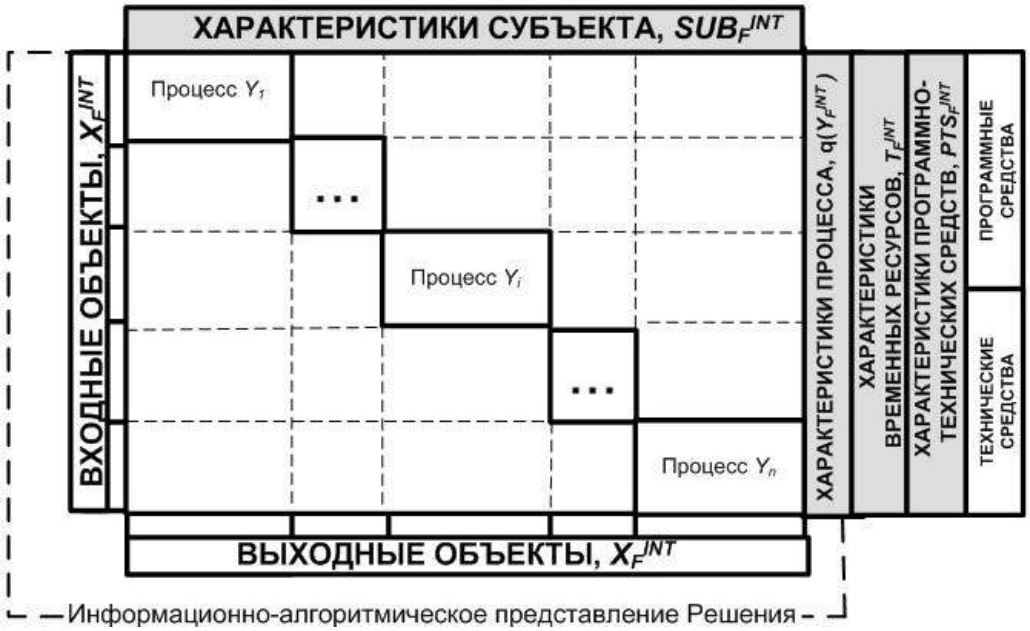


Рис.3. Графическая форма интегральной модели процесса функционирования ПАС

Таким образом, компонент Результат-Решение описывается в отдельной матричной форме следующими составляющими: - информационно-алгоритмическое представление содержит, как процессные характеристики, так и характеристики входных/выходных объектов, которые в совокупности определяют соответствующее модельное представление на этапе; - характеристики Субъекта описывают требования к специалистам в условиях функционирования АС, инструкции по использованию АС и т.д.; - характеристики Технических и Программных средств описывают на начальных этапах создания АС требования к программно-технической реализации, далее - выбор, обоснование средств реализации и их использование.

Таблица 1

Уточненные состав и структура компонента «Решение» процесса создания ПАС

Фаза ЖЦ			Создание			
Решение			**1**	**2**	**3**	**4**
Информационно-алгоритмическое представление			2.1.1 Описание начального модельного представления автоматизируемой задачи	2.2.1 Описание концептуального модельного представления и инфологического модельного представления автоматизируемой задачи инвариантные к среде реализации	2.3.1 Описание даталогического логического модельного представления и даталогического физического модельного представления автоматизируемой задачи, ориентированные на выбранную среду и средства	2.4.1 Готовая ПАС (информационно-программно-технический комплекс) и ее описание
Субъект			2.1.2 Требования к составу, квалификации специалистов в условиях функционирования АС	2.2.2 Уточненные требования к составу, квалификации специалистов в условиях функционирования АС	2.3.2 Проекты должностных обязанностей по работе с автоматизированными процедурами	2.4.2 Инструкции специалистам по использованию АС
Средства	Технические		2.1.3 Требования/ ограничения по использованию технических средств	2.2.3 Рекомендации по выбору технических средств	2.3.3 Выбор и обоснование технических средств	2.4.3 Описание/ использование технического и сетевого оборудования
	Программные		2.1.4 Требования/ ограничения по использованию программных средств	2.2.4 Рекомендации по выбору программных средств	2.3.4 Выбор и обоснование программных средств	2.4.4 Описание/ использование прикладного и общесистемного ПО

Разработанные состав и структура нормативно-методического комплекса позволяют выявить набор требований, регламентирующих различные аспекты деятельности по процессу создания ПАС, что обеспечивает полную проработку всех составляющих этих процессов, уменьшает количество ошибок, сокращает сроки их выполнения за счет четкого распределения работ на каждой фазе ЖЦ АС.

(Данная статья подготовлена в рамках выполнения инициативного проекта №12-07-00185 «Исследование и обоснование научно-методического обеспечения процессов создания, функционирования и развития прикладных автоматизированных систем на основе методологии автоматизации интеллектуального труда» по гранту РФФИ).

Список литературы:

1. Волкова Г.Д. Развитие методологии автоматизации интеллектуального труда как теоретической основы создания прикладных автоматизированных систем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2006. № 1. С. 105-117;
2. Волкова Г.Д., Григорьев О.Г., Новоселова О.В., Григорьева Л.В., Тюрбеева Т.Б. Проблематика нормативного обеспечения процессов создания и развития прикладных автоматизированных систем // Materialy IX mezinarodni vědecko - prakticka conference «Věda a vznik – 2012/2013». - Dil 33. Moderni informační technologie: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o , 2013. С.12-16;
3. Тюрбеева Т.Б., Волкова Г.Д., Григорьев О.Г. Анализ и моделирование процесса создания прикладных автоматизированных систем на основе применяемых решений // Вестник МГТУ «СТАНКИН». Научный рецензируемый журнал. М.: МГТУ «СТАНКИН» - июнь 2013, № 2 (25), С. 91-95;
4. Тюрбеева Т.Б., Волкова Г.Д., Григорьев О.Г. Формальное описание интегрального представления процессов создания, функционирования и развития прикладных автоматизированных систем на основе применяемых решений // Вестник МГТУ «СТАНКИН». Научный рецензируемый журнал. М.: МГТУ «СТАНКИН». 2014. №1(28). С.98-101.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Остапчук Александр Константинович
Канд. техн. наук, доцент, г. Курган
Тютнев Александр Евгеньевич
аспирант, г. Курган
Кузнецова Елена Михайловна
аспирант, г. Курган

Перед нами стоит задача выяснить свойства решений дифференциального уравнения, не решая его. В этом случае обобщением системы дифференциальных уравнений становится динамическая система. Несмотря на отсутствие интегрирующихся уравнений, можно изучать поведение динамической системы по её выходным данным, т.е. временному ряду. Наибольший интерес представляют диссипативные динамические системы, у которых фазовый объем со временем не остается постоянным. Изменение фазового объема приводит к тому, что все решения диссипативной системы будут стягиваться к некоторому подмножеству фазового пространства (аттрактору). Динамика диссипативных систем весьма разнообразна. В системе может реализовываться либо регулярный режим движения - стационарный, периодический или квазипериодический, что соответствует простым аттракторам – стационарной точке, предельному циклу, инвариантному тору, либо хаотический режим, который характеризуется странным аттрактором. Осуществить прогнозирование следующего члена временного ряда возможно только при регулярном движении системы. Определить состояние системы можно путем вычисления различных критериев. Все характеристики можно разделить на две группы. Первая группа носит динамический характер, т.е. временную зависимость. К ней относятся корреляционная энтропия и показатели Ляпунова. Вторая группа носит геометрический характер траекторий - фрактальная, информационная и корреляционная размерности, отображение Пуанкаре.

Размерность определяет количество информации, необходимое для задания координат точки, принадлежащей аттрактору, в рамках указанной точности. Существует два типа размерности: зависящий только от метрических свойств аттрактора и зависящий от статистических свойств потока, обусловленных динамикой. К первому типу относится фрактальная размерность, которая для хаотического режима является дробной величиной. Информационная и корреляционная размерности определяются с учетом вероятности посещения траекторией различных областей аттрактора. Множество значений размерностей аттрактора может рассматриваться как характеристика степени пространственной неоднородности аттракторов. Это в дальнейшем дает возможность оценки временного интервала в процессе построения функциональной зависимости. Поскольку хаос является следствием неустойчивости фазовых траекторий, то имеет смысл выяснить меру разбегания фазовых кривых, т.е. корреляционную энтропию. Её увеличение свидетельствует об увеличении беспорядка. Для систем большой размерности энтропия равна сумме положительных показателей Ляпунова. Величина корреляционной энтропии обратно пропорциональна интервалу времени, на котором можно предсказать состояние хаотической системы. Если энтропия достигает нуля, то система становится полностью предсказуемой, что характерно для регулярных процессов. Для истинно случайных процессов энтропия неограниченно велика.

Необходимую классификацию аттракторов можно произвести при помощи спектра показателей Ляпунова, характеризующих скорость разбегания фазовых траекторий. Хаотическому режиму соответствует наличие в спектре положительных показателей. Сумма показателей Ляпунова для диссипативных систем отрицательна. Если эта сумма равна нулю, то фазовый объем системы во времени не изменяется - система консервативна и аттракторов не содержит. В случае положительной суммы фазовый объем во времени нарастает. Для оценки горизонта прогноза необходимо вычислить наибольший показатель Ляпунова. Время предсказуемости системы обратно пропорционально величине наибольшего показателя.

Следует обратить внимание на дополнительные критерии, широко применяющиеся в анализе временных рядов: показатель Херста и автокорреляционную функцию. Автокорреляционная функция является достаточно эффективной характеристикой рассматриваемой системы. Если с течением времени она стремится к нулю и система не имеет устойчивых стационарных точек, то следует ожидать, что будет наблюдаться хаотический режим движения. Показатель Херста, вычисляемый с помощью фрактальной размерности, содержит минимальные предположения об изучаемой системе и может классифицировать временные ряды. Согласно диапазону показателя можно определить эргодичность ряда. Если система возрастает в предыдущем периоде, то, скорее всего, в следующем периоде начнется спад. И наоборот, если шло снижение, то вероятен близкий подъем. Такой ряд более изменчив, чем случайный ряд. Эргодичность свидетельствует о плотном покрытии поверхности аттрактора фазовыми траекториями. Условие эргодичности является необходимым для наступления хаоса, но не достаточным. Характерной особенностью эргодического движения является неизменность объема и формы. Иногда, перемещаясь в пространстве, объем сильно деформируется, создавая тем самым странный аттрактор (рисунок 1). Происходит своего рода перемешивание. Фазовые траектории динамической системы с перемешиванием неустойчивы по отношению к изменению начальных условий и разбегаются с течением времени, что означает непредсказуемость поведения системы. Перемешивание приводит к необратимости, но влечет за собой эргодичность.

Еще один критерий динамического хаоса основан на построении отображения Пуанкаре, которое представляет собой сечение фазовых кривых некоторой секущей поверхностью без касания. Фазовая траектория какой-либо точки поверхности сечения неоднократно пересекает поверхность в одном и том же направлении, следовательно, возникает отображение поверхности в себя. Если в сечении имеем точку, то в фазовом пространстве этому соответствует периодическое движение по предельному циклу. Множеству точек отображения Пуанкаре, плотно заполняющих определенную замкнутую кривую, соответствует движение по тору. Множество точек, нерегулярным образом заполняющие некоторые области, указывает на наличие в фазовом пространстве странного аттрактора. Минус данного критерия – это отсутствие информации о продолжительности промежутков времени пересечения и топологических свойствах фазовых траекторий.

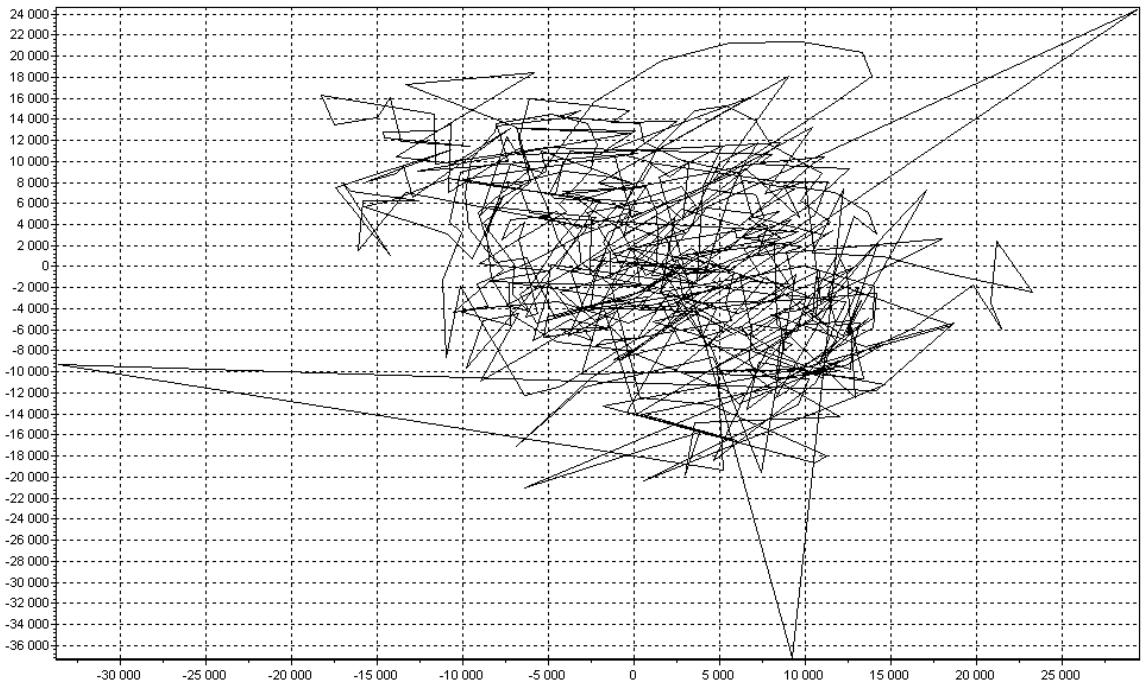


Рисунок 1. Аттрактор

Допустим, что, применяя различные методы определения состояния системы, нам удалось определить наличие регулярного режима. Возникает необходимость, как можно дольше удерживать её в этом состоянии, т.е. изменять настройку начальных параметров системы, чтобы избежать последовательности бифуркаций - событий, состоящих в качественном изменении характера наблюдаемого процесса. Может возникнуть обратная ситуация, когда нам потребуется вывести систему из хаоса в состояние равновесия. Совокупность таких событий, подразумевает сценарий перехода к хаосу.

Подробнее остановимся на сценарии перехода «тор-хаос», т.к. соответствующее тору квазипериодическое движение встречается крайне редко. Под действием постоянных возмущений такое движение, скорее всего, с течением времени разрушается и даёт начало хаотическому движению. Ещё Д. Рюэль и Ф. Такенс показали, что при изменении управляющего параметра после трех бифуркаций начиная со стандартного состояния, возникает квазипериодическое движение, но оно, как правило, неустойчиво, на месте разрушенного трехмерного тора появляется странный аттрактор. Каждая динамическая система задается соответствующим векторным полем. Совокупность всех возможных векторных полей образует функциональное пространство. Каждая точка этого функционального пространства отвечает одной из динамических систем, и наоборот. Если слегка возмутить векторное поле, то мы получим новую динамическую систему, векторное поле которой будет похоже на исходное, т.е. достаточно слабо пошевелить векторное поле системы, чтобы квазипериодическое движение стало хаотическим.

Удержать систему в режиме тора крайне сложно, при этом можно отыскать критическое значение параметров, которое позволит избежать наступления бифуркаций перехода к хаосу. Рассмотрим сечение Пуанкаре, построенного для тора в трехмерном фазовом пространстве. Границей области различного динамического поведения в этом случае будет замкнутая линия, в пределах которой реализуется критическая ситуация. Если выпустить траекторию из точки x_n то, оставаясь на торе, она обойдет вокруг него и пересечет поверхность в точке x_{n+1}. Если начальное значение x_n через некоторое число шагов воспроизводится с целым числом периодов, то режим считается периодическим, и ему соответствует рациональное число вращения. Квазипериодическим режимам отвечает иррациональное число вращения, определяемее как:

$$w = \lim_{n\to\infty} \frac{x_{n+1} - x_n}{2\pi n} \qquad (1).$$

Число вращения может быть представлено единственным образом в виде разложения в цепную дробь:

$$w = \cfrac{1}{a_0 + \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \ldots}}} \qquad (2),$$

где a_0, a_1, a_2 …- натуральные числа.

Самая простая бесконечная цепная дробь получается, если все элементы равны единице, т.е. имеем дело с так называемым золотым средним. Это число вращения аппроксимируется рациональным числом (подходящей дробью). Подходящие дроби для этого числа получаются как отношения последовательных чисел Фибоначчи:

$$w = \frac{F_{m-1}}{F_m} \qquad (3).$$

Теперь нужно построить модель, которая будет правильно передавать поведение системы на больших промежутках времени, т.е. построить уравнение ренормгруппы для критической точки, отвечающей иррациональному числу вращения. Идея данного метода состоит в том, чтобы рассмотреть последовательность операторов для интервалов времени, заданных последовательными знаменателями подходящих дробей. Для начала нужно построить зависящий от критического значения оператор. Далее строятся операторы, зависящие от параметров немного меньших и немного больших критического. Затем, заменяя переменные, добиваемся того, чтобы новый оператор совпадал со старым. Получаем последовательность операторов для возрастающих интервалов времени, тем самым переходим от старого к новому оператору. В критической точке получаемые операторы одинаковые, следовательно, система будет вести себя одинаково на различных промежутках времени. При выходе параметров из критической точки оператор будет перестраиваться, что позволит контролировать тот или иной режим динамической системы.

Итак, перед нами появляется принципиальная возможность предсказания поведения динамической системы в регулярном режиме. Аналитически вычислить функцию, зависящую от членов исходного временного ряда, невозможно. Но эта функция существует и можно попытаться определить её свойства по данному ряду с помощью нейросети. Это позволит вычислять следующие компоненты ряда по предыдущим. Согласно теореме Такенса, можно найти зависимость каждого члена выборки от предыдущего, т.е. построить некую функцию. Обучение этой функции производится на временном интервале, продолжительность которого определяется величиной информационной размерности фазового аттрактора данного временного ряда. На оставшемся промежутке времени проводится проверка способности нейросети качественно вычислять функцию. Значения, получаемые в качестве прогноза нужно сравнить с заранее известными значениями временного ряда. Только после этого можно поставить задачу о более долгосрочном прогнозировании.

Список литературы:

1. Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Кучеренко Е.С. Синергетический подход к анализу точности деталей // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Физиология, психофизиология, психология и медицина. 2006. №5-1. С. 130-131.
2. Курдюков В.И., Остапчук А.К., Маслов Д.А., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Оценка состояния технологической системы при помощи размерности фазового пространства // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009. №1.С. 57-59.
3. Остапчук А.К., Хрипунов С.В. Применение теории детерминированного хаоса к прогнозированию точности обработки // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2005. №2. С. 37-41.
4. Харин В.В., Остапчук А.К. Обеспечение качества поверхностей деталей транспортных машин на основе теории детерминированного хаоса // Инновационный транспорт. 2011. №1. С. 55-58.

ВЫБОР ХЛАДОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСТВОРОВ

Короткий Игорь Алексеевич
доктор технич. наук, профессор, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово
Мальцева Оксана Михайловна
старший преподаватель, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово
Валиахмедов Тимур Замирович
аспирант, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово

Для определения криоскопических температур растворов с поддержанием заданной разности температур, между исследуемым раствором и охлаждающей средой (хладоносителем) нами был спроектирован и изготовлен лабораторный стенд [1].

Лабораторный комплекс состоит из 3 гидравлически связанных емкостей:

I - Рабочая емкость (1), обнесенная теплоизоляцией, в которой имеются отверстие под цилиндрическую колбу (4) с размещенной в ней пробиркой с исследуемым раствором (2), отверстия для уравнительных линий и отверстие для трубопровода подачи хладоносителя.

II - Емкость для приготовления отепленного хладоносителя (9), обнесенная теплоизоляцией, где размещены нагреватель для подогрева хладоносителя (7), насос для перекачки отепленного хладоносителя (10) в рабочую емкость, отверстие для уравнительной линии и отверстие для установки термопары.

III - Емкость для хладоносителя с низкой температурой (8), охлаждаемой извне, в которой имеются насос (11) для подачи в рабочую емкость холодного хладоносителя и отверстие для уравнительной линии.

Измерение температуры в исследуемой жидкости, а также во всех трех емкостях осуществляется с помощью термопар (16). Контрольно-измерительный комплекс включает в себя аналоговый модуль ввода (12), измеритель-регулятор (13), преобразователь интерфейса (14) и ПК (15).

Комплекс размещен на общем основании, каждая емкость закреплена. В системе трех емкостей поддерживается постоянный уровень хладоносителя, т.к. емкости гидравлически связаны уравнительной линией.

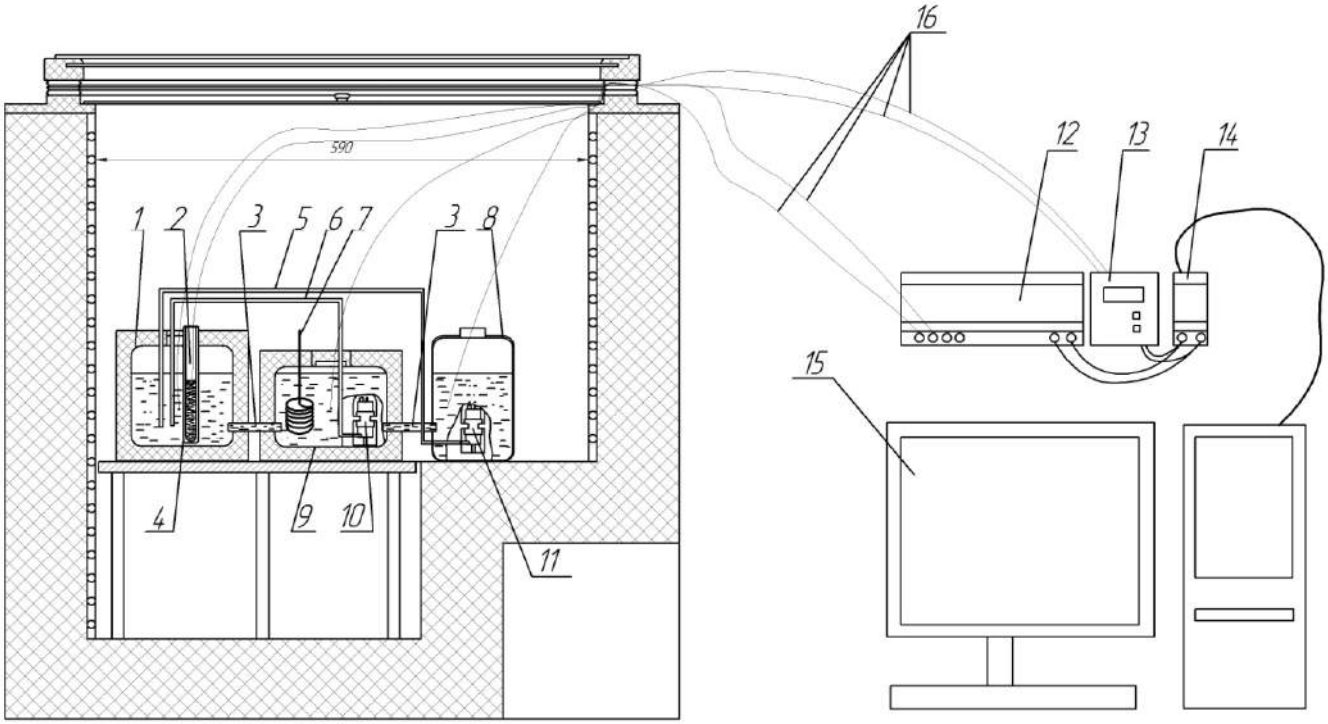


Рисунок 1 - Схема определения криоскопических температур растворов.
1 – рабочая емкость; 2 – пробирка с исследуемым раствором; 3 – уравнительные трубопроводы; 4 – цилиндрическая колба; 5,6 – трубопроводы подачи хладоносителя; 7 – нагреватель; 8 – емкость с холодным хладоносителем; 9 – емкость для приготовления отепленного хладоносителя; 10 – насос подачи отепленного хладоносителя; 11 - насос подачи охлажденного хладоносителя; 12 – модуль ввода МВА8; 13 – измеритель- регулятор ТРМ202; 14 – преобразователь интерфейса АС-4; 15 – ПК.

Хладоносителем называют вещество, которое осуществляет перенос теплоты от объекта охлаждения к испарителю холодильной машины, не меняя при этом своего агрегатного состояния. Вещество, выбранное в качестве хладоносителя, должно иметь низкую температуру замерзания, малые вязкость и плотность, высокие теплопроводность и теплоемкость, быть безопасным и безвредным, химически стойким, инертным по отношению к металлам, а также недефицитным и недорогим. При всем многообразии существующих в настоящее время хладоносителей их низкотемпературная группа весьма ограничена. Среди солевых хладоносителей можно отметить водные растворы хлорида натрия (до -20 С) и хлорида кальция, работающего при температурах до -50°С. Несколько шире ряд органических соединений, которые можно применять при низких температурах; дихлорметан (R30), трихлорэтилен, ацетон, водные растворы некоторых спиртов. В этот ряд можно включить и водные растворы гликолей, однако, их вязкость заметно увеличивается при температурах ниже -35°С. Обе названные группы хладоносителей весьма уязвимы с точки зрения экологической чистоты, особенно хладоносители органического происхождения. Они отрицательно влияют на окружающую среду, большая их часть пожаро- и взрывоопасна при положительных температурах, а этиленгликоль, R30 и трихлорэтилен являются токсичными соединениями [2].

К экологически чистым низкотемпературным хладоносителям можно отнести только водные растворы хлоридов натрия и кальция, водные растворы пропиленгликоля и этилового спирта.

Солевые водные растворы (хлориды кальция и натрия) хорошо известны и проверены на практике. Хлорид кальция применяют в технике с давних пор, например еще в конце XIX в. при смешении гексагидрата хлорида кальция со снегом или льдом получали эвтектический лед с температурой плавления -55°С. Водный раствор хлорида кальция широко применяют в современной холодильной технике благодаря его теплофизическим свойствам и возможности использования в широком диапазоне температур(+40…-50°С). Раствор $CaCl_2$ имеет большую коррозионную активность, чем раствор NaCl, по отношению к черным металлам и меди, однако, из-за более низкой температуры замерзания и меньшей стоимости раствор хлорида кальция находит большее распространение.

Водные растворы одноатомных и многоатомных спиртов имеют достаточно низкие температуры замерзания, обладают сравнительно невысокой коррозионной активностью, но некоторые из них токсичны и имеют высокую вязкость. Этиленгликоль применяют в диапазоне температур кипения от -40 до - 60°С. Этиленгликоль оказывает значительное коррозионное воздействие на металлы, поэтому в раствор добавляют ингибиторы коррозии. Этиленгликоль является достаточно токсичным веществом. Кроме того, при температурах ниже - 20ºС у них, как и у солевых растворов, резко возрастает вязкость, что приводит к значительным затратам энергии на обеспечение их циркуляции в системах охлаждения.

Спирты имеют более низкие температуры замерзания: этиловый спирт ($t_{зам}$ = -117°С), пропиловый спирт ($t_{зам}$= -127°С). Метиловый спирт ($t_{зам}$ = - 97,8°С) ядовит и применять его в качестве хладоносителя не рекомендуется.

Пропиленгликоль в виде водного раствора используется в качестве хладоносителя холодильного оборудования при охлаждении различных пищевых продуктов до температур в интервале от +12°С до -50°С, а также при погружном (экстренном) замораживании продуктов. Несмотря на высокую стоимость, хладоносителей на основе пропиленгликоля, они оказались конкурентоспособными на мировом и российском рынках хладоносителей для интервала рабочих температур от +2°С до -18°С. Пропиленгликоль разрешен к применению во всех странах для использования в качестве пищевой добавки (Е 1520). Коррозионная активность пропиленгликоля ниже, чем у большинства известных водных растворов солей и спиртов, что позволяет применять недорогие низколегированные стали для оборудования и снизить стоимость используемого оборудования и трубопроводов во вторичном контуре холодильного оборудования. При температурах ниже -20ºС растворы пропиленгликоля становится очень вязкими.

Хладоноситель на основе глицерина по токсичности и другим свойствам близок к пропиленгликолевому, но обладает еще более высокой вязкостью и большей активностью по отношению к полимерным прокладочным материалам.

Водные растворы органических солей ацетат калия, формиат калия (фирменные названия- «Tyfoxit», «Freezium») пригодны к использованию при низких температурах до -55ºС, обладают высокой теплопроводимостью (до 0,56Вт/(мК). Вязкость ниже, чем у хладоносителей на основе многоатомных спиртов. Недостаток - коррозионная активность (хотя и значительно ниже, чем у растворов солей). Кроме того, они плохо совместимы с мягкими припоями и хлорид - содержащими флюсами.

Формиатные хладоносители имеют ряд существенных положительных свойств: низкая вязкость, хорошая теплопроводность и высокая удельная теплоемкость, нетоксичность, невоспламеняемость, быстрая биоразрушаемость. Высокая теплопроводность приводит к быстрой и эффективной теплопередаче даже при низкой скорости жидкости. Способность формиатных хладоносителей передавать тепло позволяет применять меньшие по размерам теплообменники, что ведет к экономии средств за счет снижения материалоемкости оборудования. Они совместимы с большинством материалов традиционно используемых в холодильной технике. Все вышесказанное свидетельствует о том, что формиатные хладоносители имеют преимущества при температурах ниже минус 20 ºС.

На рисунке 2 представлена зависимость вязкости хладоносителей от температуры.

Выводы

Оптимальным выбором для установки определения криоскопических температур растворов служит формиатный хладоноситель «Freezium» обладающим низкой вязкостью, хорошей теплопроводностью и высокой удельной теплоемкостью. Обладает стабильными теплофизическими свойствами в широком диапазоне температур. Кроме того, этот хладоноситель нетоксичен, обладает низкой летучестью и не воспламеняется.

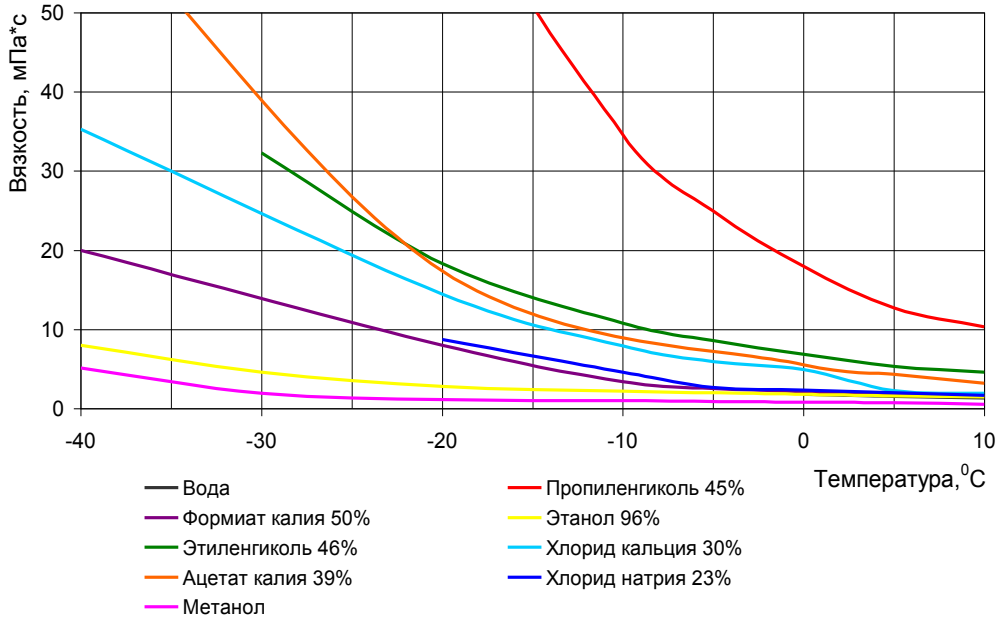


Рисунок 2 – Вязкость хладоносителей

Список литературы:

1. Короткая Е.В. Исследование влияния режимов замораживания и низкотемпературного хранения на качественные показатели молочнокислых заквасок / Е.В. Короткая, И.А. Короткий, Е.А. Ибрагимова//Вестник КрасГАУ. –2011. №7. С. 196-201.
2. Курылев Е.С. Холодильные установки/Е.С. Курылев, В.В. Оносовский, Ю.Д. Румянцев –СПб.: Политехника, 1999. –576 с.

АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ГЕЛИЕВЫХ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЧЕИСКАТЕЛЯХ

Владимир Тимофеевич Барченко
Кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета СПбГЭТУ "ЛЭТИ", г. Санкт-Петербург
Максим Львович Виноградов
Кандидат технических наук, ассистент Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета СПбГЭТУ "ЛЭТИ", г. Санкт-Петербург

HELIUM MASS SPECTROMETRIC LEAK DETECTORS REQUIREMENT ANALYSIS
Vladimir Timofeevich Barchenko, Ph.D., Associate Professor, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" (ETU), St. Petersburg
Maksim Lvovich Vinogradov,Ph.D., assistant at St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" (ETU), St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование состояния гелиевых масс-спектрометрических течеискателей на 104 предприятиях и научных учреждениях. Установлено процентное соотношение течеискателей ПТИ-7, ПТИ-10, СТИ-11, ТИ1-14, ТИ1-15, ТИ1-22, ТИ1-30, ТИ1-50 и иностранных моделей. Приведено сравнение характеристик течеискателей разных поколений и проанализирована потребность в современных течеискателях.

ABSTRACT

The authors conducted a study on the status and condition of helium mass spectrometer leak detectors at 104 enterprises and scientific institutions in Russia. The percentage of different leak detectors models, such as PTI-7, PTI-10, STI-11, TI1-14, TI1-15, TI1-22, TI1-30, TI1-50 and foreign leak detectors, was found. There are the comparison of the characteristics for different generations leak detectors and the demand analysis for modern leak detectors in this article.

Ключевые слова: течеискатель, контроль герметичности, поиск течей, масс-спектрометр, гелий.
Keywords: leak detection, leak detector, leak localization, mass spectrometer, helium.

Гелиевый масс-спектрометрический течеискатель – это прибор для предназначенный для выявления, локализации и количественной оценки величины течи, принцип работы которого основан на разделении по массам сложной смеси газов и паров в электрическом и магнитном полях. Масс-спектрометрический течеискатель имеет собственную откачную систему, что обеспечивает возможность проверки любых вакуумных систем и объемов, откачанных до глубокого вакуума; готовых замкнутых изделий и изделий со штенгелем; отдельных узлов и дета-

лей (замкнутых и незамкнутых), а также позволяет проверять на герметичность объекты, содержащие пробный газ, путем отбора проб из окружающего их пространства [1].

Анализ наличия гелиевых масс-спектрометрических течеискателей на предприятиях России и других стран СНГ проведен путем опроса 615 специалистов, применяющих в работе неразрушающие методы контроля герметичности. Масс-спектрометрический метод контроля герметичности используется на 104 предприятиях из указанной выборки. Распределение моделей течеискателей, используемых на предприятиях, с указанием годов выпуска приборов представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение течеискателей на предприятиях по моделям

Модель течеискателя	Годы производства	Доля приборов данной модели, %
ПТИ-7 и старше	до 1970	13
ПТИ-10	1973–1988	33
СТИ-11	1970-1973	2
ТИ1-14	1986-2001	17
ТИ1-15	1990-2001	1
ТИ1-22 «Гелмасс»	с 2004	10
ТИ1-30	с 2006	4
ТИ1-50	с 2010	8
Иностранные ТИ	–	12

Общее количество гелиевых масс-спектрометрических течеискателей на рассмотренных предприятиях составляет 1 036 шт. Некоторые крупные потребители течеискателей и вакуумной техники не смогли предоставить информацию о количестве используемых приборов по объективным причинам. Учитывая данные обстоятельства и принимая в расчет количество организаций, участвовавших в опросе, мы оцениваем охват приведенного исследования как 10% отечественного рынка течеискателей. Таким образом, оценка общего числа масс-спектрометрических течеискателей, используемых в России, может достигать 10 000 шт.

Характеристики различных моделей течеискателей.

Поколение 1 (1948–1988 гг.). Течеискатели построены на базе паромасляного насоса, обладающего стабильной откачкой легких газов. Флюктуации парциального давления гелия на входе насоса не превышают 1%. В качестве форвакуумного насоса служит масляный пластинчато-роторный насос. Применяется азотная ловушка, которая помимо защиты анализатора от паров масел откачной системы, хорошо адсорбирует пары воды, постоянно поступающие в течеискатель при смене испытуемых изделий. Течеискатели характеризуются высокой чувствительностью и надежностью, однако имеют значительные габаритные размеры и большую массу, а также требуют длительной подготовки к измерениям.

Таблица 2

Технические характеристики течеискателей первого поколения

Технические характеристики	ПТИ-7	ПТИ-10	СТИ-5
Минимальный достоверно регистрируемый поток гелия, не более, $м^3 \cdot Па/с$, · по входу · со щупом	$5x10^{-12}$ –	$5x10^{-13}$ –	$5x10^{-15}$ –
Потребляемая мощность, Вт	1100	1100	1100
Габаритные размеры, мм	600x780x1250	1470x675x620	1245x70x1325
Масса, кг	250	215	260

Поколение 2 (1986-2001 гг.). В моделях течеискателей вместо паромасляного насоса применен турбомолекулярный насос (ТМН). Применение ТМН оказалось возможно благодаря созданию в 70-х годах прошлого века нового поколения надежных малогабаритных насосов, выпускаемых ведущими фирмами по производству вакуумной продукции. Применение в течеискателях ТМН улучшило характеристики приборов контроля герметичности и значительно расширило возможности течеискания, в первую очередь позволив применить новую схему испытаний – схему противотока [2].

В вакуумной схеме течеискателя ТИ1-15 параллельно пароструйному насосу присоединен цеолитовый насос. Применение этого насоса, за счет селективной откачки тяжелых газов, позволило сразу повысить чувствительность течеискателя в 100 и более раз. Впервые такая схема была предложена в течеискателях СТИ-8, СТИ-11. В этих течеискателях предусмотрены два режима испытаний: предварительный (при откачке анализатора и испытуемого изделия паромасляным насосом) и высокочувствительный (при откачке анализатора и изделия цеолитовым насосом).

Таблица 3

Технические характеристики течеискателей второго поколения

Технические характеристики	**ТИ1-14**	**ТИ1-14М**	**ТИ1-15**	**ТИ1-20**
Минимальный достоверно регистрируемый поток гелия, не более, $м^3 \cdot Па/с$, · по входу · со щупом	$7x10^{-12}$ $1x10^{-7}$	$7x10^{-12}$ $1x10^{-7}$	$7x10^{-14}$ $5x10^{-11}$	$1x10^{-12}$ $1x10^{-7}$
Потребляемая мощность, Вт	750	950	1000	1000
Габаритные размеры, мм	Вакуумная система 398x667x470 Регистрирующее устройство 270x325x338	580x672x1525	Вакуумная система 680x665x547 Регистрирующее устройство 270x325x338	580x672x1525
Масса, кг	75 + 20	60	93 + 20	145

Поколение 3 (с 2011 г.). Течеискатели ТИ1-50, ТИ1-30 и ТИ1-22 "Гелмасс" имеют анализатор с фокусировкой в однородном магнитном поле и двойным катодом, комплектуются турбомолекулярными насосами ТМН-150/63 и пластинчато-роторными форвакуумными насосами или безмасляными спиральными насосами [3]. Приборы автоматизированы и позволяют осуществлять контроль герметичности с высокой производительностью.

Таблица 4

Технические характеристики течеискателей третьего поколения

Технические характеристики	**ТИ1-50**	**ТИ1-22 «Гелмасс»**	**ТИ1-30**
Минимальный достоверно регистрируемый поток гелия, не более, $м^3 \cdot Па/с$, · по входу · со щупом	$5x10^{-13}$ $1x10^{-9}$	$7x10^{-12}$ $1x10^{-8}$	$7x10^{-12}$ $1x10^{-8}$
Потребляемая мощность, Вт	400	700	700
Габаритные размеры, мм	484x470x392	670x600x1085	640x555x1130
Масса, кг	39	80	85

Масс-спектрометрический метод контроля герметичности является наиболее совершенным и широко применяемым в самых разных отраслях промышленности России и других стран СНГ. Это обусловлено его высокой чувствительностью, избирательностью к пробному газу, безопасностью для оператора и окружающей среды. На отечественных предприятиях используются около 10 000 масс-спектрометрических течеискателей, однако порядка 50% приборов были введены в эксплуатацию более 25 лет назад. Доля современных отечественных течеискателей составляет только 23%. Потребители демонстрируют спрос на приборы контроля герметичности. Ремонт и обслуживание устаревших моделей течеискателей на данный момент осложнены, т.к. приборы много лет назад сняты с производства и поиск запасных частей для них является затруднительным.

По этой причине, в ближайшие годы ожидается ускорение обновления парка течеискателей на новые модели. Замене подлежат 77% течеискателей, т.е. около 7 700 шт.

Скорость замены течеискателей в данный момент, согласно статистике продаж в сфере вакуумной техники, составляет около 200 приборов в год. Обновление оборудования для контроля герметичности при таких темпах затянется на десятилетия. Для обеспечения непрерывности процессов контроля герметичности на предприятиях стран СНГ при сохранении текущего уровня производства, интенсивность процесса закупки новых приборов должна быть увеличена на порядок.

В данный период отечественным производителям течеискателей важно предоставить потребителю высококачественный продукт с характеристиками, соответствующими лучшим мировым аналогам, и с проработанной метрологической поддержкой осуществления контроля герметичности в различных отраслях промышленности.

Список литературы:

1. Виноградов, М.Л. Высоковакуумный детектор потока гелия для течеискателя / М.Л. Виноградов // Технологии техносферной безопасности. – 2013. - Вып. 5 (51). – 9 с.
2. Ермолов, И. Н. Методы и средства неразрушающего контроля качества / И.Н. Ермолов, Ю.А. Останин. - М.: Высшая школа, 1988. - 368 с.
3. Шешин, Е.П. Вакуумные технологии: учеб. пособие / Е. П. Шешин. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 501 с.

МОДИФИКАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ БЛАНКЕТА ИТЭР С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ СУХОМ ТРЕНИИ

Зайцев Андрей Николаевич
аспирант, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), г.Москва
Куксенова Лидия Ивановна
д.т.н., зав. лаб. «Методов и технологий упрочнения»
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), г.Москва
Александрова Юлия Петровна
к.т.н., доцент кафедры «Физическая химия», МАИ (Московский авиационный институт), г.Москва

Применение Al_2O_3 в качестве электроизоляционных покрытий (ЭИП) в термоядерных реакторах выявило ряд проблем, основная из которых высокий коэффициент трения μ=0,45-0,95 при скольжении без смазки [1-5]. Высокий коэффициент трения является основным фактором больших сдвиговых напряжений в ЭИП, что вызывает опасность когезионного/адгезионного разрушения (отслоение, отрыв и т.п.).

Одним из способов снижения касательных напряжений может быть нанесение дополнительного триботехнического слоя на наиболее нагруженную поверхность детали с ЭИП, обладающего одновременно высокими триботехническими и электроизоляционными свойствами (Рисунок 1).

В работе исследуется возможность применения в качестве антифрикционного покрытия плазменные оксидные покрытия Al_2O_3-40TiO_2, Cr_2O_3.

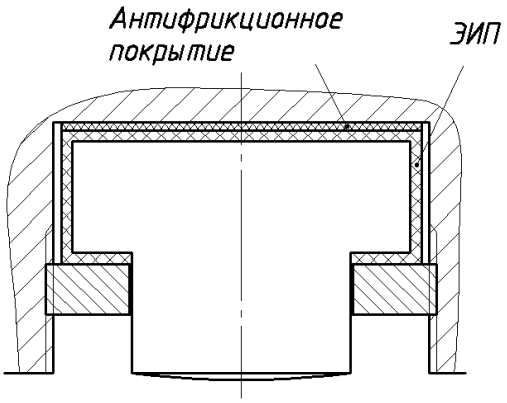


Рисунок 1. Общий вид радиальной контактной наклад первой стенки бланкета ИТЭР с антифрикционным покрытием

Материалы и методики эксперимента

Рассматриваемые покрытия получались методом плазменного напыления на установке УПУ–8М, оснащенной плазмотроном мощностью 15 кВт. В данном плазменном распылителе подача порошка осуществлялась в доанодную зону. Для подачи порошкового материала использовались дозаторы Praxair 1264 с применением средств автоматизации (робот–манипулятор Kuka KP-16). Перечень напылявшихся материалов и режимы напыления представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Режимы напыления покрытий на установке УПУ–8М

Параметры	Al_2O_3-40%TiO_2 (Metco 131VF, -45+5 μm)	Cr_2O_3 (Metco 106, -90+11 μm)	Al_2O_3 (HCStarck Amperit 740.001, -45+22 μm)
Сила тока (А) × напряжение (В) = мощность (кВт)	320×55=17,6	310×45=13,95	310×46=14,26
Дистанция напыления, мм	105	100	100
Расход порошка, г/мин	17,8	8-9	8-9
Скорость перемещения плазмотрона V, см/мин	1100		
Расход плазмообр. газов, л/мин	Ar, 25-30; N_2, 2,0-2,4		
Расход транс. газа, л/мин	Ar, 2,5-3,0		
Охлаждающий газ, кг/см^2	Воздух, 2-3		
Кол-во проходов	3-4		

Толщина покрытия с подслоем (NiCr) после операции напыления составляла от 0,45 до 0,50 мм. Финишная подготовка образцов заключалась в шлифовальной обработке с использованием круга из материала карбида кремния зеленого (SiC, марка круга 64CF4606V). Толщина напыленного слоя после механической обработки составляла от 0,25 до 0,35 мм, шероховатость поверхности Ra=0,6-1,6 мкм в зависимости от материала покрытия.

Микроструктурный анализ плазменно-напыленных покрытий проводился на оптическом микроскопе Olympus GX51, Япония.

Измерение твердости плазменно-напыленных покрытий методом инструментального индентирования (ГОСТ Р 8.748-2011) проводилось на продольных шлифах на приборе Micro/Macro Scratch Tester (Nanovea, США) при следующих режимах: нагрузка 10-50 Н, скорость нагружения 10-50 Н/мин, скорость снятия нагрузки 8-40 Н/мин, время выдержки под нагрузкой 15 с. Каждая серия опытов состояла из 5-20 повторяющихся экспериментов (n=5-20). Микротвердость (при нагрузке 5 Н) определялась по восстановленному и невосстановленному отпечатку (ГОСТ 9450—76). Модуль упругости Е оценивался по нагрузочно-разгрузочной кривой в координатах усилие-глубина отпечатка с помощью программного обеспечения (Nanovea Indentation Testing v. 1.4.3 software) по методике Оливера-Фара.

Триботехнические испытания проходили в атмосфере при следующих условиях: линейная скорость вращения $V=1\cdot10^{-4}$ м/с, контактное давление Р=7 МПа, температура T_1=25 °С, T_2=250 °С. Радиус трения для всех испытаний составлял R=3,5 мм. Проводилось не менее 5-ти параллельных серий опытов (n=5). Для оценки величины износа плазменных покрытий и пальчиков использовался весовой метод с применением лабораторных аналитических весов с дискретностью $d=1\cdot10^{-4}$ г (Vibra HT/HTR, Япония).

Результаты экспериментов и их анализ

Результаты оптической микроскопии продольных шлифов плазменно-напыленных оксидных покрытий представлены на рисунке 2.

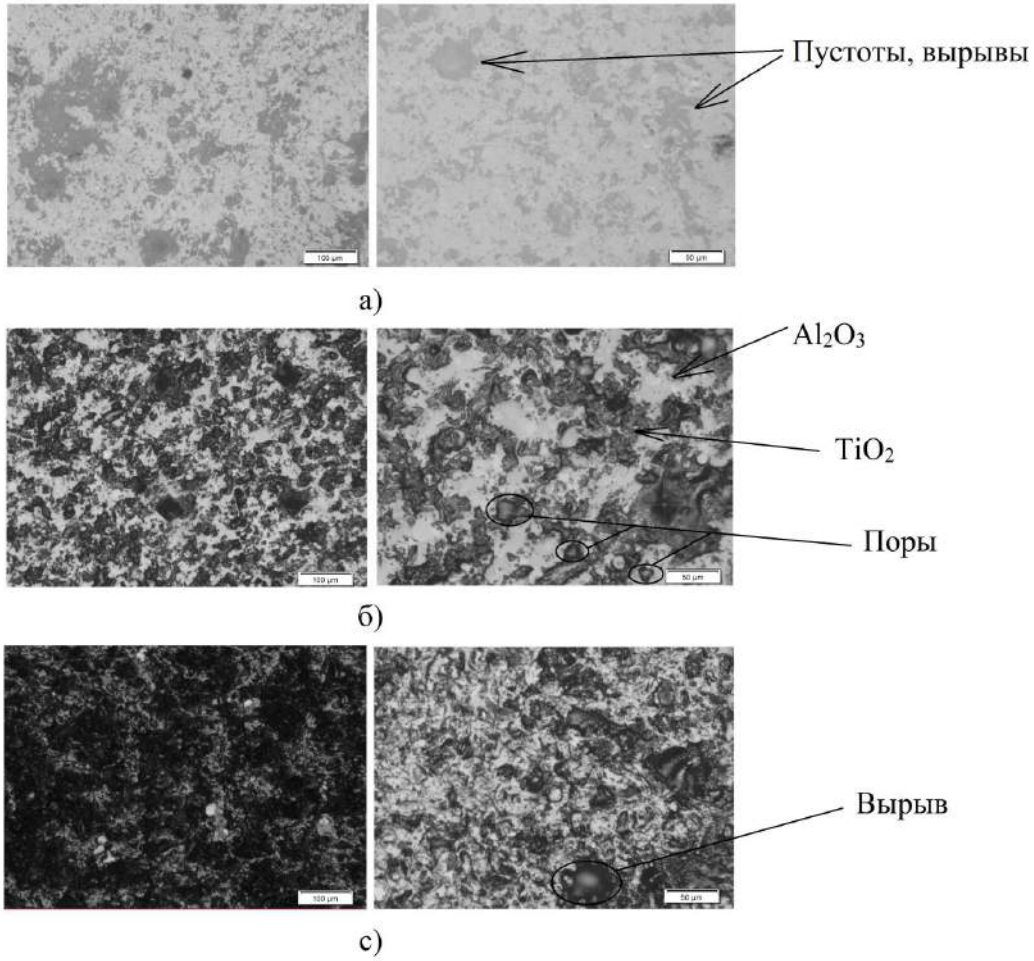


Рисунок 2. Топология поверхности плазменно-напыленных оксидных покрытий (×100, ×200) а) - Al_2O_3; б) - Al_2O_3-40%TiO_2; с) - Cr_2O_3

Микроструктура покрытия Al_2O_3-40%TiO_2 имеет существенные отличия от структуры Al_2O_3 и Cr_2O_3. Конгломерированные частицы порошка Al_2O_3-TiO_2 хорошо проплавлены, что возможно объясняется значительной долей присутствия оксида титана, который обладает более низкой температурой плавления $T_{пл}$= 1855 °С по сравнению с оксидом алюминия $T_{пл}$= 2038-2054 ° С. Отмечено незначительное количество дефектов покрытия в виде пор, вырывов и структурных неоднородностей (темные пятна). Отсутствие микротрещин может свидетельствовать о невысокой величине внутренних растягивающих напряжений.

Поверхность Al_2O_3 характеризуется высокой пористостью, неоднородностью структуры при отсутствием микротрещин. Наличие темных пятен, идентифицируется как пустоты, образующиеся при выкрашивании зерен в

процессе подготовки шлифов [6]. Последующие механические испытания (оценка триботехнических свойств, микротвердость, модуль упругости) указывают на значительное присутствие абсолютно твердых частиц (холодных), участвующих в формировании покрытия. Причиной выкрашивания слабосвязанных конгломерированных участков покрытия при первых актах взаимодействия поверхностей пар трения является значительная доля холодных частиц порошкового материала относительно остальных частиц, участвующих в процессе формирования.

Покрытие Cr_2O_3 характеризуются ярко выраженной слоистой структурой с незначительным количеством крупных пор, которые также могут возникать из-за выкрашивания под действием сил резания при подготовке шлифов. Механические свойства плазменно-напыленных покрытий представлены в таблице 2.

Таблица 2

Микротвердость, твердость, модуль упругости и шероховатость плазменно-напыленных оксидных покрытий и материалов пальчиков

Материал покрытия/ контртела	$HV_{0,5}$ (по диаг. отпечатка)	$HV_{0,5}$ (по диаграм.)	HV_1	HV_5	HV_8	E, ГПа	Ra (шлиф.), мкм
316L(N)-IG	181 ± 19	167 ± 23 (1,9 ± 0,4 ГПа)	-	-	-	140,3 ± 17,7	0,82 ± 0,04
БрАЖНМц9-4-4-1	209 ± 9	203 ± 22 (2,3 ± 0,3 ГПа)	-	-	-	78,5 ± 5,9	0,81 ± 0,08
Al_2O_3-40%TiO_2	493 ± 36	492 ± 38 (5,2 ± 0,4 ГПа)	436 ± 51 (4,6 ± 0,5 ГПа)	-	-	123,0 ± 25,2	0,60 ± 0,15
Al_2O_3	-	367 ± 23 (3,9 ± 0,2 ГПа)	414 ± 42 (4,4 ± 0,4 ГПа)	344 ± 15 (3,6 ± 0,2 ГПа)	307 ± 18 (3,2 ± 0,2 ГПа)	131 ± 12 (P= 80 Н)	1,60 ± 0,32
Cr_2O_3	1002± 23	910 ± 47 (9,1 ± 0,9 ГПа)	654 ± 84 (6,9 ± 0,9 ГПа)	-	-	187,2 ± 13,9	0,83 ± 0,27

Из таблицы 2 видно, что максимальной микротвердостью и модулем упругости обладают покрытия из оксида хрома ($HV_{0,1}$ 7-13 ГПа [1]).

У покрытий Al_2O_3, Al_2O_3-40%TiO_2 механические характеристики практически совпадают, причиной может быть значительное выгорание или деструкция TiO_2. Микротвердость (Al_2O_3, Al_2O_3-40%TiO_2) в 2-3 раза ниже литературных данных (HV 8-13 ГПа). Причиной может быть недостаточная степень прогрева частиц порошкового материала и преобладание абсолютно твердых или вторично затвердевших частиц.

Результаты исследования триботехнических характеристик (I_h – линейная интенсивность изнашивания; μ – коэффициент трения) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Триботехнические свойства плазменно-напыленных покрытий Al_2O_3, Al_2O_3-40%TiO_2, Cr_2O_3 и контробразцов

Триботехнические характеристики			Материал покрытия/материал контртела					
			Al_2O_3-40%TiO_2/ БрАЖН Мц9-4-4-1	Al_2O_3-40%TiO_2/ 316L(N)-IG	Cr_2O_3/ БрАЖН Мц9-4-4-1	Cr_2O_3/ 316L(N)-IG	Al_2O_3/ БрАЖН Мц9-4-4-1	Al_2O_3/ 316L(N)-IG
T=25 C	I_h	Покрытие	$(5,2 \pm 4,7)\cdot10^{-6}$	$(-2,9 \pm 0,9)\cdot10^{-6}$	$(1,5 \pm 1,9)\cdot10^{-6}$	$(8,4 \pm 2,5)\cdot10^{-6}$	$(5,2 \pm 1,6)\cdot10^{-6}$	$(1,1 \pm 0,3)\cdot10^{-5}$
		Контроб-разец	$(6,5 \pm 1,2)\cdot10^{-6}$	$(1,5 \pm 0,4)\cdot10^{-6}$	$(6,5 \pm 3,1)\cdot10^{-6}$	$(1,7 \pm 0,4)\cdot10^{-6}$	$(4,5 \pm 0,6)\cdot10^{-6}$	$(1,8 \pm 0,1)\cdot10^{-6}$
	μ		0,28 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,32 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,58 ± 0,01
T=250 C	I_h	Покрытие	$(3,2 \pm 2,3)\cdot10^{-6}$	$(3,0 \pm 0,3)\cdot10^{-7}$	$(1,1 \pm 1,2)\cdot10^{-6}$	$(4,6 \pm 1,4)\cdot10^{-7}$	$(5,5 \pm 2,4)\cdot10^{-6}$	$(5,7 \pm 2,1)\cdot10^{-6}$
		Контроб-разец	$(6,9 \pm 0,9)\cdot10^{-6}$	$(1,5 \pm 0,9)\cdot10^{-6}$	$(2,6 \pm 2,1)\cdot10^{-5}$	$(5,8 \pm 3,5)\cdot10^{-8}$	$(6,2 \pm 1,8)\cdot10^{-6}$	$(3,5 \pm 0,9)\cdot10^{-6}$
	μ		0,41 ± 0,02	0,51 ± 0,03	0,36 ± 0,01	0,40 ± 0,03	0,45 ± 0,02	0,56 ± 0,03

На поверхностях 3-х типов покрытий отмечалось образование внедрения продуктов износа пальчикового образца, при этом контробразец подвергался значительному износу за исключением «Cr_2O_3 - 316L(N)-IG» (T=250 C). Наличие наростов и внедрений в пустоты характеризуются отрицательными величинами интенсивности изнашивания $I_h=(-2,9 \pm 0,9)\cdot 10^{-6}$ для пары «Al_2O_3-40%TiO_2/316L(N)-IG» (T=25 C).Следует отметить, что по микротвердости покрытия Cr_2O_3 более чем в 2 раза превосходили покрытия Al_2O_3, Al_2O_3-40%TiO_2, а также характеризовались наибольшей прочностью сцепления с подложкой.

Хрупкое выкрашивание слабосвязанных частиц покрытия приводило к переходу от адгезионного к абразивному износу, что является одной из причин высокого коэффициента трения и износа.

Анализ адгезионных свойств и топологии поверхности плазменно-напыленных покрытий может использоваться, как косвенный метод оценки триботехнических свойств и, в большей степени, способности материала сопротивляться износу.

Список литературы:

1. G. Bolelli, V. Cannillo, L. Lusvarghi, T. Manfredini Wear behaviour of thermally sprayed ceramic oxide coatings. Wear, 2006, vol. 261, pp.1298-1315.
2. J.H. Ouyang , S. Sasaki Tribological characteristics of low-pressure plasma-sprayed A12O3 coating from room temperature to 800 °C. Tribology International, jan. 2005, vol. 38, issue 1, pp. 49-59.
3. W. Tian,Y. Wang ,Y. Yang Three body abrasive wear characteristics of plasma sprayed conventional and nanostructured Al2O3-13%TiO2 coatings. Tribology International, may-june 2010, vol.43, issue 5-6, pp. 876-881.
4. R. Gadow, D. Schere Ceramic and Metallurgical Composite Coatings with Advanced Tribological Properties under Dry Sliding Conditions. Thermal Spray, 2001: New surfaces for a new millennium, pp. 1069-1074.
5. Sure J., Shankar A.R., Mugali U.K. Surface modification of plasma sprayed Al2O3–40 wt%TiO2 coatings by pulsed Nd:YAG laser melting. Optics &Laser Technology, 2013, vol. 48, pp. 366-374.
6. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления: учеб. пособие по курсу «Технология конструкций из металлокомпозитов» / А.Ф. Пузряков.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2008.- 360 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА СЪЕМКИ С ПРЯМЫМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ УВЕЛИЧЕНИЕМ МАЛОКОНТРАСТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Жамова Карина Константиновна
Лившиц Александра Олеговна
Кунашик Екатерина Сергеевна
Вертов Герман Андреевич
Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

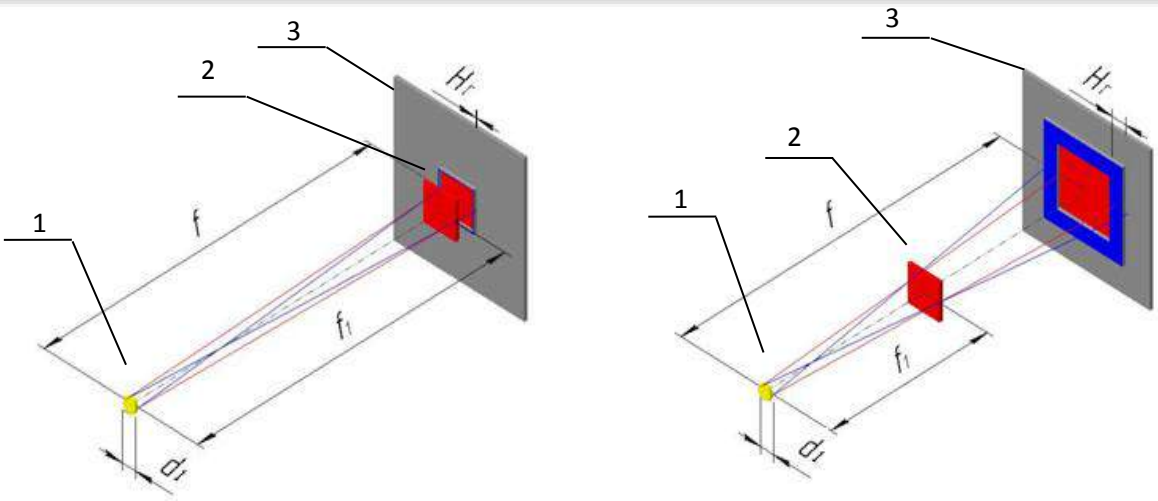
Одним из первых практических применений рентгеновского излучения явилось просвечивание различных объектов с целью изучения их внутреннего строения. Уже первые исследования в этой области, выполненные самим В.К. Рентгеном, позволили предложить ряд способов получения рентгеновских изображений, в том числе контактный способ и способ с увеличением изображения.

Традиционно рентгенография объектов исследования выполняется контактным способом съемки стандартной рентгенографии. При съемке контактным способом (рис. 1) используется источник излучения 1 с протяженным фокусным пятном d ($d_1 \approx 1$ мм). Объект съемки 2 располагается на достаточно большом расстоянии f от источника излучения 1 и вплотную – «в контакте» к приемнику излучения 3 (рис. 1, а). Хорошо заметно, что, во- первых, размер фокусного пятна d, а также расстояние между источником излучения и объектом f существенно влияют на качество (нерезкость $H_Г$) изображения. При этом величина расстояния f выбирается, исходя из требований к величине нерезкости получаемых снимков, с учетом конкретных размеров фокусного пятна рентгеновской трубки d_1 и толщины объекта. Во-вторых, даже незначительное удаление приемника излучения от объекта съемки на расстояние $\Delta f = f - f_1$ приводит к значительному ухудшению качества снимка вследствие увеличения нерезкости $H_Г$ (рис.1, б). Очевидно, что для уменьшения нерезкости изображения необходимо увеличивать расстояние между объектом и приемником излучения.

В общем случае отношение расстояний f и f_1 определяет коэффициент увеличения изображения объекта m по сравнению с его истинными геометрическими размерами

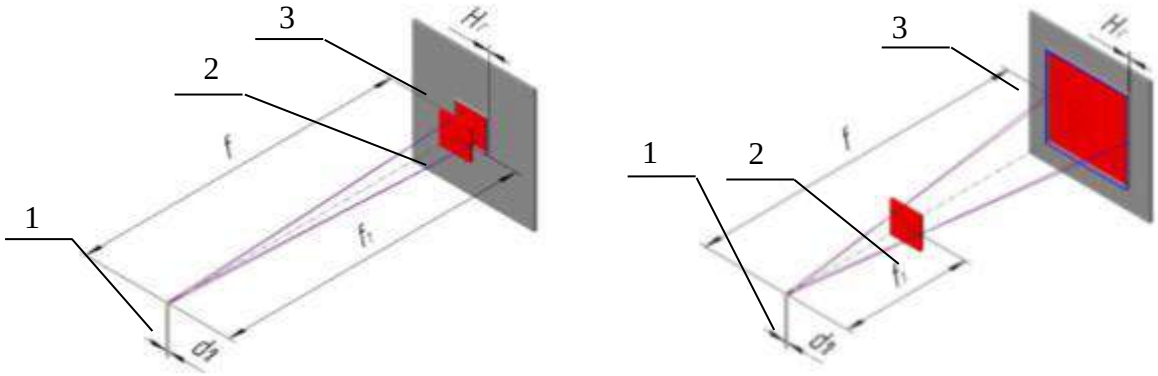
$$m = \frac{f}{f_1}.$$

Соответственно, при контактной съемке $f \approx f_1$ *и* $m \approx 1$.



а б

Рисунок 1 Рентгенооптическая схема съемки в стандартной рентгенографии:
а – контактный способ; б – способ съемки с увеличением изображения.



а б

Рисунок 2 Рентгенооптическая схема съемки в микрофокусной рентгенографии:
а – контактный способ; б – способ съемки с увеличением изображения.

При съемке с увеличением изображения используется, так называемый, точечный источник излучения 1 с фокусным пятном d микронных размеров (d_2<0,1мм). Объект съемки 2 (рис. 2) располагается на определенном расстоянии как от источника, так и от приемника излучения 3. Независимо от того, в каком положении находится объект съемки в пространстве между фокусным пятном источника излучения и плоскостью приемника, резкость полученного изображения сохраняется (рис.2, б).

Важнейшей отличительной особенностью использования микрофокусных источников излучения для рентгенографии (так называемая микрофокусная съемка) является возможность получения резких увеличенных рентгеновских изображений различных объектов. В зависимости от конкретных размеров фокусного пятна, геометрических параметров съемки и некоторых других факторов коэффициент увеличения размеров объекта на снимке по сравнению с его истинными размерами может составлять от нескольких единиц до нескольких сотен при сохранении качества и информативности изображения. Конкретное значение коэффициента увеличения определяется областью применения, а также задачами, которые должны быть решены в процессе рентгенографических исследований.

В современных маммографах традиционно реализуется метод контактной съемки, при котором используется мощная рентгеновская трубка с протяженным фокусным пятном, а качество изображения обеспечивается, в первую очередь, использованием приемников с максимально возможной разрешающей способностью. В связи с тем, что размер фокусного пятна, как уже указывалось, составляет 0.1-0.3 мм, это затрудняет возможность обнаружения микрокальцинатов, свидетельствующих об онкологических заболеваниях.

Как известно, использование подобного способа получения изображений позволяет проводить исследования со значительно меньшей радиационной нагрузкой на пациента и персонал, чем в случае контактной съемки. Это особенно важно ввиду жестких требований по дозовой нагрузке при исследовании молочной железы и позволяет на практике реализовать методику комплексного проведения рентгенологического обследования, когда у врача есть возможность сделать сначала обзорный снимок (рис. 3) контактным способом, что дает возможность оценить общее состояние тканей молочной железы, а в случае обнаружения «подозрительного» участка – сделать прицельный снимок (рис. 4) отдельного участка с 5÷7-кратным увеличением, позволяющим значительно повысить информативность исследования.

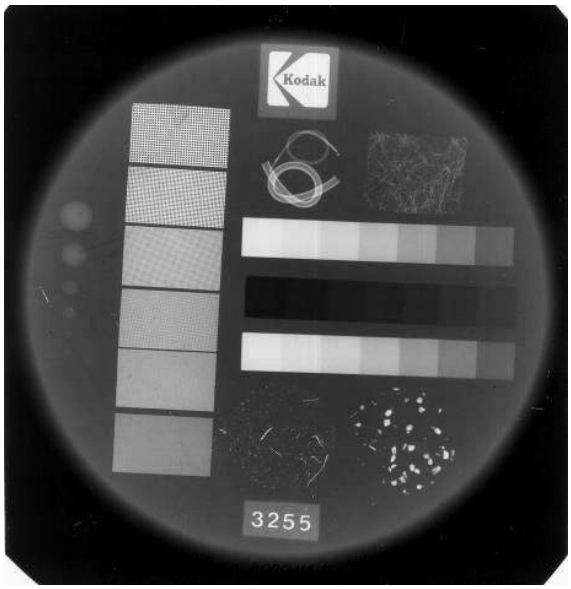
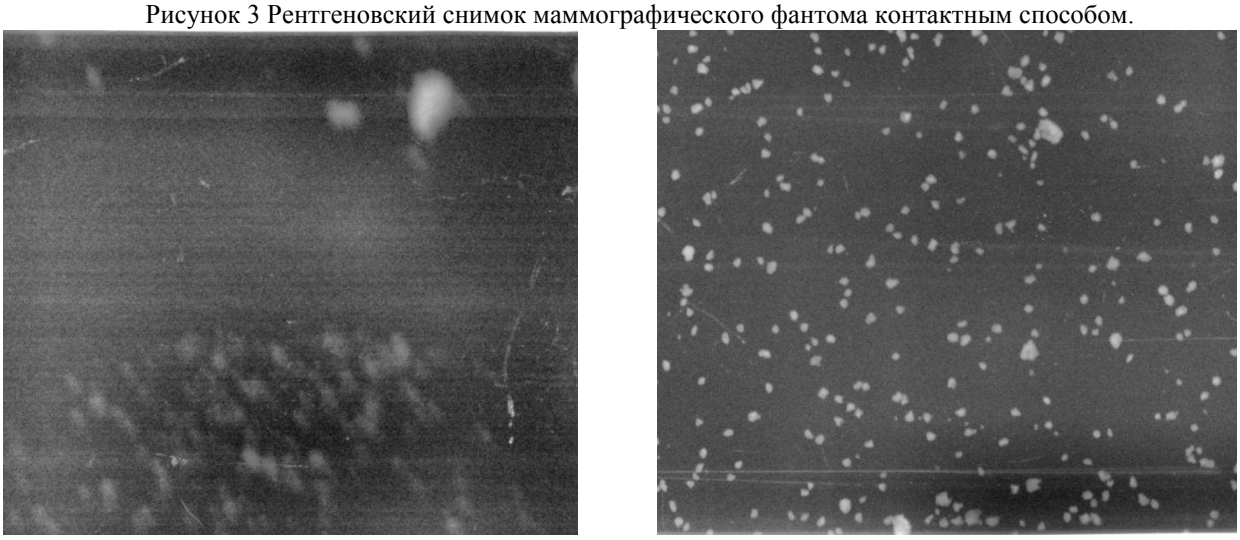


Рисунок 3 Рентгеновский снимок маммографического фантома контактным способом.



а б

Рисунок 4 - Рентгеновский снимок фрагмента маммографического фантома в области микрокальцинатов. а – оптически увеличенный контактный снимок; б – прицельный снимок с 6-кратным увеличением.

Дальнейшие исследования особенностей микрофокусной рентгенодиагностики показали, что информативность микрофокусных снимков повышается также за счет эффекта так называемого фазового контраста, когда на границе раздела двух сред (в нашем случае – ткани молочной железы и новообразования) изменение фронта падающей волны приводит к «оконтуриванию» границ малоконтрастных объектов, повышая их различимость на общем фоне снимка.

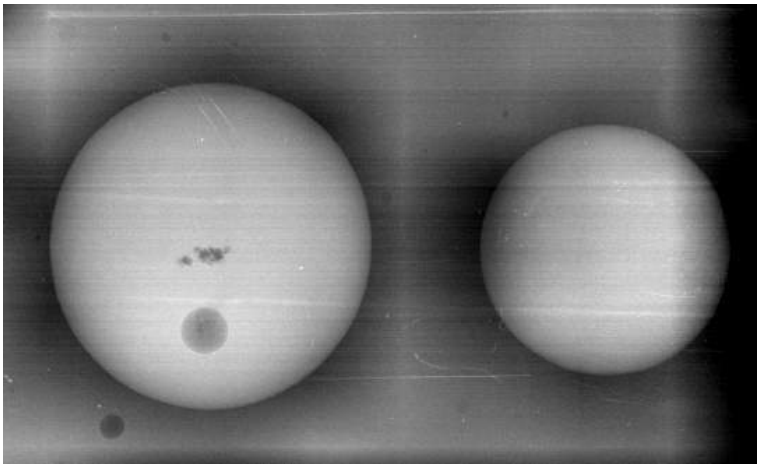


Рисунок 5. Рентгеновский снимок фрагмента маммографического фантома.

На изображении детали хорошо заметны не только темная, но и светлая оконтуривающая линии (на дефекте фантома – воздушном пузырьке). Следует отметить, что по периметру изображения деталей порядок следования линий: светлая, затем темная или наоборот – темная, затем светлая – меняется. Это связано с тем, что, как уже было сказано, в зависимости от соотношения плотности материалов «тела» тест-объекта и его деталей на границе раздела тест-деталь или деталь-деталь происходит внешнее или внутреннее отражение рентгеновского излучения. Так же хорошо эффект фазового контраста заметен и на других деталях тест-объекта (рис. 6), снимки которых получены в аналогичных условиях.

Особо следует обратить внимание на то, что оконтуривающие линии возникают даже между областями тест-объекта, выполненными из одного и того же материала. Например, на рисунке 7 отчетливо видны светлые и темные линии на границе раздела детали, содержащей микрокальцинаты, и тест-объекта.

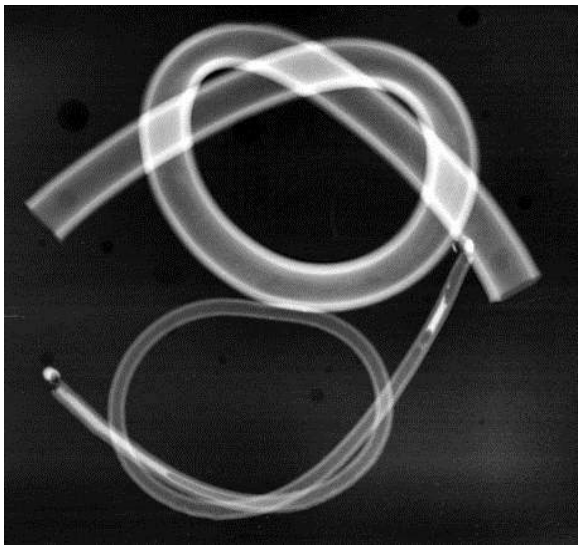


Рисунок 6 Рентгеновский снимок фрагмента маммографического фантома.

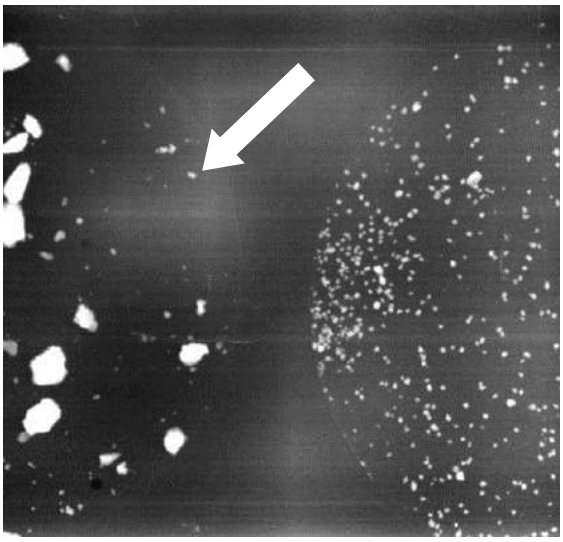


Рисунок 7 Рентгеновский снимок фрагмента тест-объекта в области микрокальцинатов.

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать вывод, что использование микрофокусных источников излучения и предложенной методики обследования молочной железы позволяет выявить онкологические заболевания на ранней стадии образования опухоли, вследствие чего существенно повышается вероятность безоперационного вмешательства.

Если при диагностике костных тканей этот эффект не имеет большого значения, то при регистрации онкологических заболеваний молочной железы на ранней стадии он может оказаться решающим для обнаружения заболевания и правильной постановки диагноза.

С целью полноты анализа следует отметить, что контактный способ съёмки принципиально также позволяет получить информацию о деталях объекта очень малого размера. Однако, для достижения высокой резкости рентгеновских изображений необходимо выполнить ряд условий. Первое – собственная разрешающая способность приёмника изображения должна быть выше, чем минимальный размер детали. Второе – искажение проекции детали в виде размытия изображения или полутени, обусловленные размером фокусного пятна, должны быть исключены путем максимально возможного уменьшения расстояния «деталь – приёмник изображения» и, соответственно, увеличения фокусного расстояния (расстояния «источник излучения – деталь»).

Для выполнения первого условия необходимо использовать в качестве приёмника изображения мелкозернистую безэкранную рентгеновскую плёнку. Для выполнения второго – изготовить специальные тонкие образцы, содержащие детали структуры объекта исследования.

В том случае, если контактным способом исследуется объект конечной величины, организация исследований дополнительно усложняется. Качественно этот процесс может быть описан следующим образом. Требуемая для достижения необходимой резкости рентгеновских изображений большая величина фокусного расстояния может быть обеспечена только путём использования мощных рентгеновских аппаратов. Однако увеличение мощности аппарата при условии сохранения контраста рентгеновского изображения неизбежно связано с увеличением тока рентгеновской трубки и, соответственно, размеров фокусного пятна, что необходимо для исключения перегрева мишени анода и преждевременного выхода трубки из строя. Увеличение же размеров фокусного пятна, в свою очередь, обуславливает дальнейшее увеличение фокусного расстояния, с целью сохранения резкости рентгеновского изображения, затем снова мощности аппарата, затем - снова размеров фокусного пятна и т.д. до достижения определённого компромисса между резкостью и мощностью.

Определенные трудности возникают и при анализе полученных изображений. Поскольку воспроизведение размеров деталей объекта на рентгеновской плёнке при контактном способе съёмки происходит в соотношении 1:1, то для этих целей необходимо использовать лупу или оптический микроскоп.

Практически единственным недостатком микрофокусных источников в целом является относительно низкая интенсивность генерируемого излучения, обусловленная естественными физическими ограничениями мощности, подводимой к мишени излучателя электронным пучком столь малого размера. По этой причине в ряде областей

медицины, например в кардиологии, микрофокусная рентгенодиагностическая аппаратура пока не используется. Однако, благодаря проводимым в настоящее время в нашей стране разработкам оригинальных методик рентгенографии, указанный недостаток успешно преодолевается в стоматологи, челюстно-лицевой хирургии, травматологии и некоторых других областях.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что предложенная методика обследования молочной железы, позволяет выявить онкологические заболевания на ранней стадии образования опухоли, вследствие чего существенно повышается вероятность безоперационного вмешательства.

Список литературы

1. Васильев А.Ю., Серова Н.С., Буланова И.М., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю. Микрофокусная рентгенография – от прошлого к будущему // Петербургский журнал электроники. 2008. № 2-3. С. 19-25.
2. Грязнов А.Ю., Потрахов Е.Н., Потрахов Н.Н. Цифровая микрофокусная рентгенография в клинической практике // Петербургский журнал электроники. 2008. № 2-3. С. 163-166.
3. Блинов Н.Н., Васильев А.Ю., Серова Н.С., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю. Микрофокусный способ получения фазоконтрастных рентгеновских изображений // Медицинская техника. 2009. № 4. С. 5-9.
4. Алпатова В.Г., Васильев А.Ю., Кисельникова Л.П., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю., Селягина А.С., Петровская В.В. Сравнительная оценка информативности микрофокусной рентгенографии с многократным увеличением изображения и радиовизиографии в эксперименте //
5. Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Бессонов В.Б. Метод формирования псевдообъемных изображений в микрофокусной // Биотехносфера. 2013. № 4 (28). С. 51-55.

КОМПОЗИЦИОННОЕ ЦЕМЕНТНОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИНТЕЗИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

Жегера Кристина Владимировна

аспирант Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза

Одним из основных направлений современного строительного материаловедения стала разработка сухих строительных смесей (ССС) с повышенными эксплуатационными свойствами и низкой себестоимостью. Решение этой задачи основывается на улучшении реологических и технологических свойств готовой ССС путем введения в ее структуру наноразмерных частиц[1, с. 66-67; 8, с. 30-34].

В работах [2, с. 42-44; 3, с. 20-23; 4, с. 63; 5, с. 30-31; 6, с. 36-39] рассмотрена возможность использования нанодисперсных добавок, таких как синтезированные гидросиликаты кальция (ГСК), золь кремниевой кислоты, органоминеральные добавки, в качестве регулирующих структурообразование известкового композита.

В работе предложено использовать в плиточных ССС композиционное цементное вяжущее (КЦВ), приготовленные с применением синтезированных алюмосиликатов. Синтез алюмосиликатов заключался в их осаждении из раствора технического сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ добавлением силиката натрия, последующим промыванием полученного осадка водой и его высушиванием [7, с. 37-42].

Для изучения закономерностей структурообразования композиционного цементного вяжущего изготовлялись образцы на Вольском портландцементе марки 400. Для синтеза наполнителя применялся технический сульфат алюминия первого сорта ООО «АЛХИМ» (г. Тольятти), жидкое натриевое стекло с модулем М=2,9, дистиллированная вода.

Изучено влияние дисперсности синтезированного наполнителя на свойства композиционного вяжущего. Полученные данные представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Изменение нормальной густоты и сроков схватывания композиционного вяжущего в зависимости от содержания добавки

Площадь удельной поверхности синтезированного наполнителя, $см^2/г$	Нормальная густота теста, %
-	28
6886	37,5
3111	45
906	47

Анализируя полученные данные установлено, что композиционное вяжущее характеризуется более высоким значением нормальной густоты, составляющим в зависимости от дисперсности 37,5% - 47%.

На рисунке 1 приведены экспериментальные данные оценки прочности образцов композита на основе композиционного вяжущего. Образцы изготовлены с равными реологическими характеристиками и содержанием добавки, равным 20% от массы цемента.

Анализируя полученные данные таблицы 1 и рисунка 1 можно сделать вывод, что чем больше площадь удельной поверхности синтезируемого наполнителя, тем выше прочность цементного композита при воздушно-сухом твердении. Так прочность при сжатии образца на основе композиционного вяжущего при удельной поверхности синтезированных алюмосиликатов $S_{уд}$ = 6886см^2/г превышает значение контрольного образца на 14,5%. Уменьшение дисперсности синтезированного наполнителя по сравнению с цементом приводит к снижению прочности при сжатии. Так, снижение прочности при сжатии композита при удельной поверхности наполнителя $S_{уд}$ = 906 см^2/г составляет 44,7%.

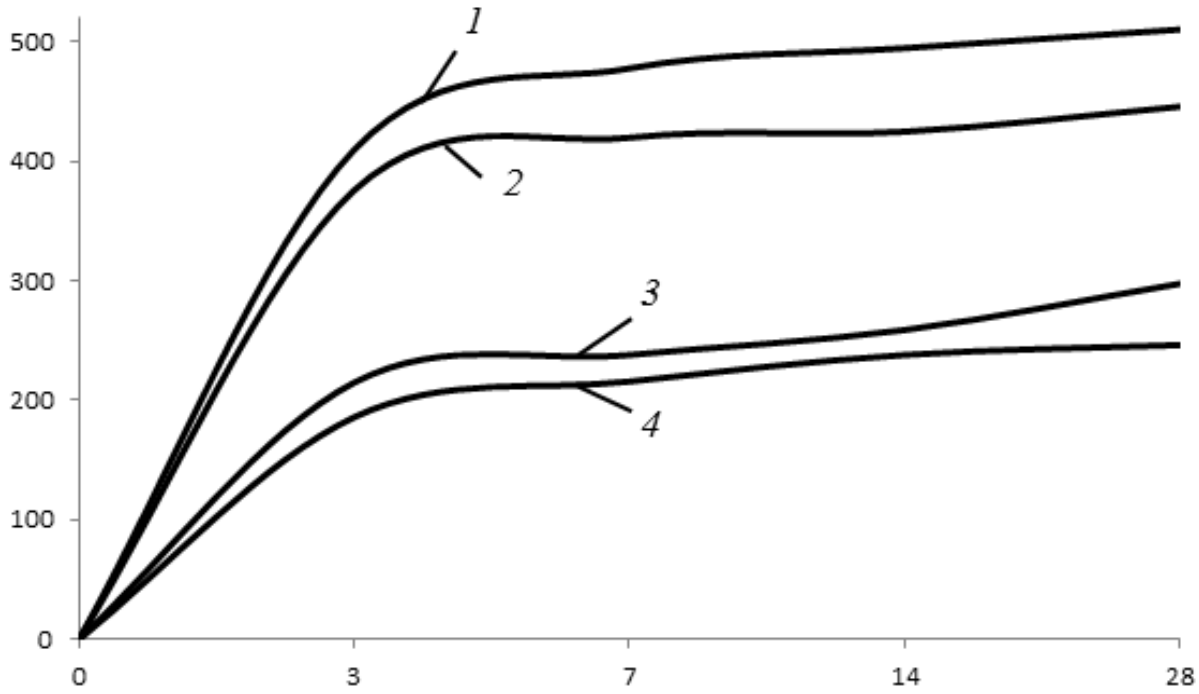


Рисунок 1. Кинетика твердения в воздушно-сухих условиях композита на основе композиционного вяжущего:
1 – композиционное вяжущее с наполнителем, удельная поверхность которого $S_{уд}$ = 6886 см^2/г;
2 – композиционное вяжущее без наполнителя (контрольный образец);
3 – композиционное вяжущее с наполнителем, удельная поверхность которого $S_{уд}$ = 3111 см^2/г;
4 – композиционное вяжущее с наполнителем, удельная поверхность которого $S_{уд}$ = 906см^2/г.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об эффективности применения композиционного цементного вяжущего с применением синтезированных алюмосиликатов в рецептуре сухих строительных смесей. Такое вяжущее характеризуется более быстрым набором прочности, что позволит использовать ССС на его основе при ремонтных работах.

Список литературы:

1. Баженов Ю.М., Королев Е.В. Оценка технико-экономической эффективности нанотехнологий в строительном материаловедении // Строительные материалы, 2009. – №6 – 98с.
2. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // Строительные материалы, 2008. – №11. – 100с.
3. Логанина В.И., Давыдова О.А., Симонов Е.Е. Влияние активации диатомита на свойства известковых композиций // Известия высших учебных заведений. Строительство,2011. – № 3. – 116с.
4. Логанина В.И., Давыдова О.А., Симонов Е.Е. Исследование закономерностей влияния золя кремниевой кислоты на структуру и свойства диатомита // Строительные материалы, 2011. – № 12. – 97с.
5. Логанина В.И., Макарова Л.В., Сергеева К.А. Свойства известковых композитов с силикатсодежащими наполнителями // Строительные материалы, 2012. – № 3. – 107с.
6. Логанина В.И., Петухова Н.А., Горбунов В.Н., Дмитриева Т.Н. Перспективы изготовления органоминеральной добавки на основе отечественного сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 9. – 100с.
7. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Макарова Л.В., Садовникова М.А. Реологические свойства композиционного известкового вяжущего с применением синтетических цеолитов // Известия высших учебных заведений. Строительство, 2013. – № 4. – 87с.
8. Строкова В.В., Везенцев А.И., Колесников Д.А., Шиманская М.С. Свойства синтетических нанотубулярных гидросиликатов // Вестник БГТУ им. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – № 4. – 98с.

УДК 631.22.017(07)

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

Зиганшин Булат Гусманович
Д.т.н., профессор кафедры «машин и оборудования в агробизнесе», Казанский государственный аграрный университет, г. Казань
Кашапов Ильдар Ильясович
Ассистент кафедры «машин и оборудования в агробизнесе», Казанский государственный аграрный университет, г. Казань
Гайнутдинов Рамиль Рушанович
Инженер, Казанский государственный аграрный университет, г. Казань
Нуриахметов Тимур Рашитович
Аспирант, Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

Эффективность работы доильной установки во многом зависит от стабильного вакуумного режима. Из-за нарушений вакуумного режима происходит торможение рефлекса молокоотдачи, нарушается режим работы доильных аппаратов и т.д. В связи с этим остро встает вопрос о повышении надежности элементов вакуумной системы, как об одном из путей повышения производительности операторов машинного доения и сокращения простоев доильно-молочного оборудования из-за технических и технологических отказов.

В настоящее время для создания вакуума в доильных установках чаще других применяются пластинчатый, водокольцевой и двухроторный вакуумные насосы [1]. Среди которых двухроторные вакуумные насосы обладают рядом преимуществ: стабильная подача, быстроходность, надежность. На кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ разработаны и исследованы вакуумные насосы различной конструкции [1, 2, 3, 4, 5] для доильных установок.

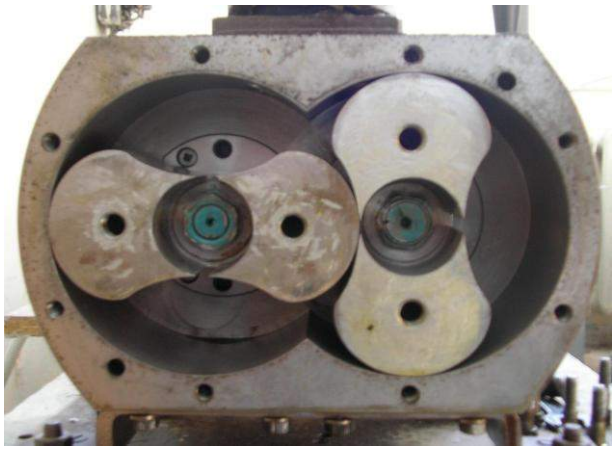
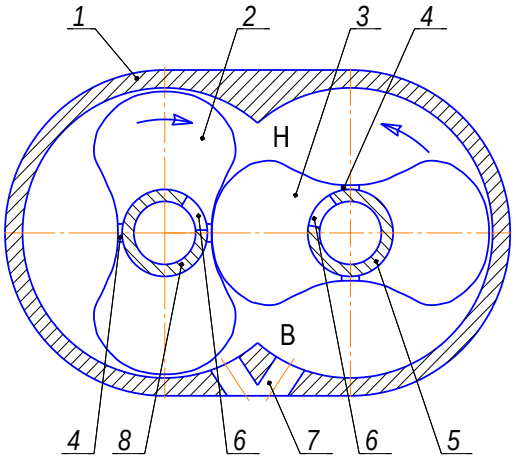


Рисунок 1 – Двухроторный вакуумный насос (патент РФ №2382905)

Двухроторный двузубый вакуумный насос. На рисунке 4 представлена схема двухроторного двузубого вакуумного насоса. Насос состоит из корпуса 1, ведущего и ведомого роторов 2 и 3, выхлопного окна 4 и всасывающее окна 5. Для уменьшения потерь энергии на всасывании окна выполнены по касательной к основной окружности.

Работа вакуумного насоса заключается в следующем. При вращении роторов в указанном направлении в полости всасывания происходит расширение объема, в результате чего засасывается свежая порция газа. При дальнейшем повороте роторов газ попадает в полость нагнетания, где в результате уменьшения объема происходит

Вакуумный насос с циклоидным профилем роторов. Разработан двухроторный вакуумный насос с циклоидным профилем роторов (рисунок 1) с внутренним сжатием газа, позволяющий снизить энергоемкость процесса. Насос (рисунок 2) состоит из корпуса 1, двух роторов 2 и 3, профили которых выполнены по эпициклоиде (зуб) и гипоциклоиде (впадина), всасывающего 7 и нагнетательного 4 окон, двух пустотелых коллекторов 5 и 8 с выпускными окнами в виде прорезей 6. Подача двухроторного вакуумного насоса определяется количеством газа, нагнетаемого в единицу времени. Подача зависит как от геометрической формы, размеров и частоты вращения роторов, так и от состояния газа на входе и выходе из насоса. Работа насоса происходит при условии герметичной установки роторов, т.е. перетечки газа через зазоры не происходит.



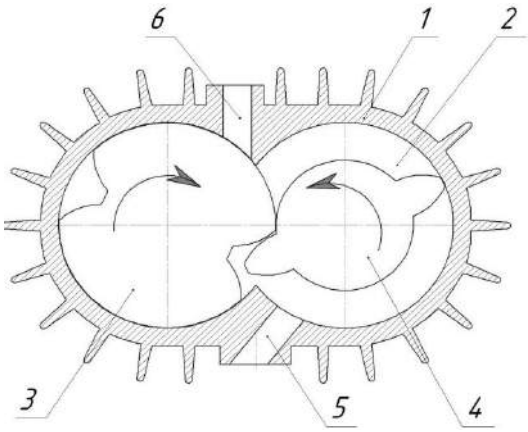
1 - корпус; 2, 3 – роторы; 4 – нагнетательные окна; 5,8 – коллекторы; 6 – выхлопные окна; 7 – всасывающие окна; H – полость нагнетания; B – полость всасывания

Рисунок 2 – Схема двухроторного вакуумного насоса с циклоидальным профилем роторов

внутреннее сжатие в момент, когда нагнетательное окно открыто. Применение сопряженных профилей (трапецеидальный зуб с эвольвентным профилем впадины) обеспечивает минимальный зазор в этом зацеплении и минимальный вредный объем впадины.

В данном вакуумном насосе большая степень внутреннего сжатия газа, что увеличивает подачу и уменьшает энергоемкость вакуумного насоса. При работе насоса роторы не касаются друг друга, что обеспечивает долговечность и надежную работу.

Рисунок 3 – Двухроторный двузубовый вакуумный насос (патент РФ № 2193689)



1 – корпус; 2 – камеры нагнетания; 3 – ротор ведомый; 4 – ротор ведущий; 5 – окно всасывающее; 6 – окно нагнетательное.

Рисунок 4 – Схема двухроторного двузубового вакуумного насоса

Водокольцевой вакуумный насос. Особенностью конструкции насоса (рисунок 6), является то, что он состоит из корпуса 1, внутренняя поверхность которого имеет цилиндрическую форму. В торцовых крышках выполнены нагнетательные 2 и всасывающие 3 окна. Внутри корпуса эксцентрично установлен вал 4 на котором закреплена крыльчатка, состоящая из втулки 5 и лопаток 6. На торцах лопаток расположены ребра жесткости 7, на которых выполнены продольные каналы 8. Продольные каналы 8 имеют параллельное сечение, уменьшающееся по глубине по мере приближения к вершине лопаток, при этом на вершине лопатки канал выполнен тупиковым для удержания воды. Принцип работы заключается в следующем. При вращении крыльчатки ротора жидкость, которая подается через торцовые крышки, приводится во вращение – образуется вращающееся жидкостное кольцо. Между втулкой крыльчатки и внутренней поверхностью жидкостного кольца образуется замкнутый переменный объем. В полости всасывающего окна происходит расширение объема, в результате чего всасывается свежая порция газа, а в полости нагнетания вначале газ сжимается, а затем нагнетается в атмосферу через нагнетательное окно 2. Через окно 2 вместе с газом нагнетается избыток жидкости вращающегося кольца. С целью увеличения полезного объема ячеек крыльчатки, уплотнения торцевых щелей и повышения прочности лопаток с торцовой стороны на лопатках установлены ребра жесткости, что позволяет уменьшить толщину лопатки, не снижая ее прочности. При подаче жидкости через торцовые крышки происходит уплотнение торцовых щелей. Часть жидкости, растекаясь по торцевой поверхности крыльчатки, под действием центробежных сил заполняет каналы, расположенные на торцевой стороне лопаток на ребрах жесткости и, тем самым, уплотняет щели, что способствует снижению перетечек газа.

Применение лопаток крыльчатки с ребрами жесткости на торцовой поверхности с продольными каналами позволяет улучшить характеристики насоса и тем самым повысить экономичность насоса.

Для обеспечения равномерного распределения уплотняющей жидкости по длине лопаток канал выполнен переменным сечением по глубине. При этом сечение канала уменьшается по мере приближения к вершине лопатки. Канал имеет тупик, который выполнен у вершины лопатки. Такая форма канала обеспечивает равномерное распределение уплотнения жидкости, что способствует снижению перетечек через щели.

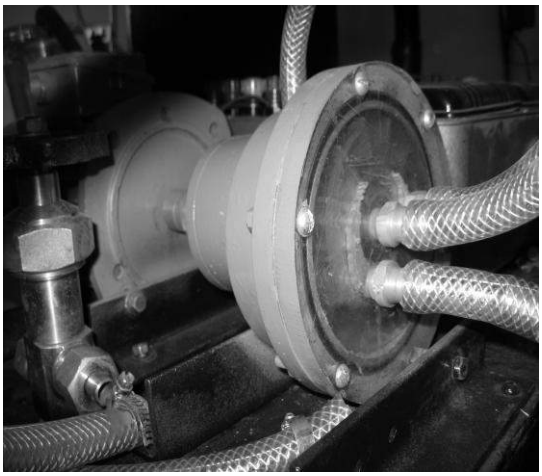
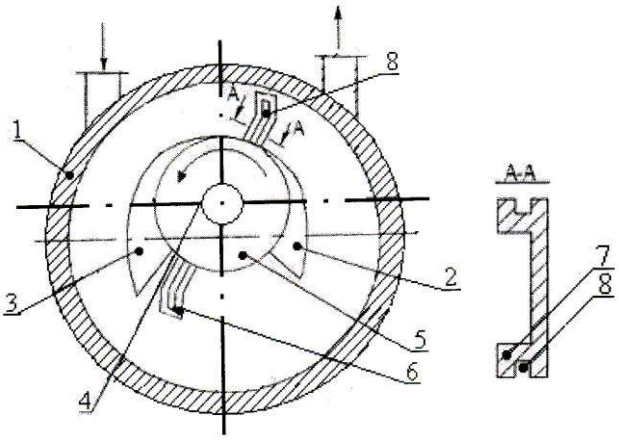


Рисунок 5 – Жидкостно-кольцевой вакуумный насос (патент РФ № 2347109)



1 – корпус; 2 – окно нагнетательное; 3 – окно всасывающее; 4 – вал; 5 – втулка; 6 – лопатки; 7 – ребра жесткости; 8 – продольные каналы.

Рисунок 6 – Схема жидкостно-кольцевого вакуумного насоса

Двухроторный шестеренчатый вакуумный насос. Повышение экономичности работы насоса достигается тем, что профилированные нагнетательные окна выполнены в торцовых крышках и расположены с шагом, равным шагу шестерни. Основания окон размещены на окружности впадин шестерни. Корпус насоса отличается наличием канавки в полости нагнетания, выполненной по радиусу, величина которого превышает радиус окружности выступов шестерен, или имеет наклонный срез. На рисунке 7 показан предлагаемый шестеренчатый вакуумный насос, на рисунке 8 – насос с дополнительными окнами.

Шестеренчатый насос содержит корпус 1, ведущую 2 и ведомую 3 шестерни, перекрывающие при вращении нагнетательные окна 4, выполненные в торцовых крышках. Корпус в зоне нагнетания имеет канавку 5, выполненную по радиусу, величина которого превышает радиус окружности выступов шестерен. На корпусе в зоне нагнетания может быть выполнен наклонный срез 6.

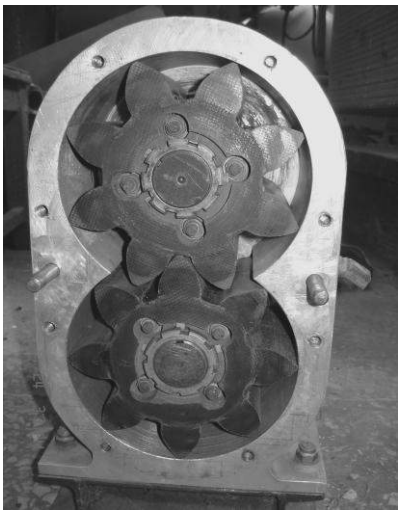
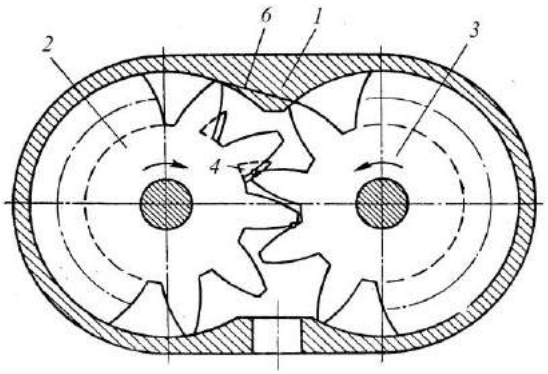


Рисунок 7 – Двухроторный шестеренчатый насос



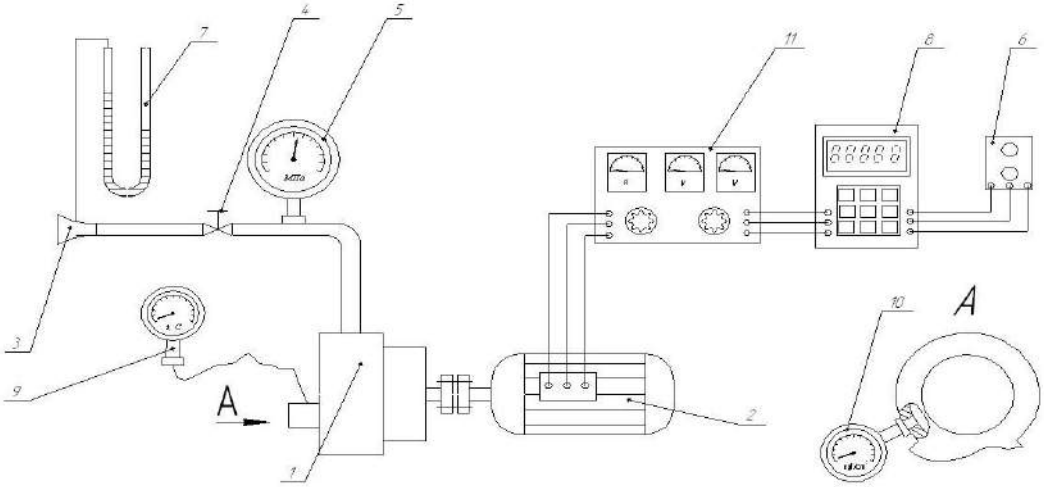
1 – корпус; 2 – шестерня ведущая; 3 – шестерня ведомая; 4 – окна нагнетательные; 5 – окно всасывающее; 6 – наклонный срез.

Рисунок 8 – Двухроторный шестеренчатый насос

Вакуумный насос, содержащий корпус с прямозубыми шестернями, имеющими внешнее зацепление, торцовые крышки и нагнетательные окна, отличается от аналогов тем, что с целью снижения энергопотерь нагнетательные окна выполнены по профилю зуба и расположены в торцовых крышках в зоне ведущей шестерни с шагом, равным шагу шестерни, при этом основания окон размещены на окружности впадин шестерни.

Насос также отличается тем, что с целью повышения его производительности в торцовых крышках в зоне ведомой шестерни выполнены дополнительные нагнетательные окна, повторяющие форму и месторасположение окон в зоне ведущей шестерни. С целью обеспечения его экономичной работы при более глубоком вакууме профиль корпуса в полости нагнетания выполнен по радиусу, величина которого превышает радиус окружности выступов шестерен. Корпус в зоне нагнетания имеет наклонный срез.

Для исследования и обоснования основных параметров двухроторных вакуумных насосов был создан универсальных стенд, структурно – функциональная схема которой приведена на рисунке 9.



1 – вакуумный насос; 2 – электродвигатель; 3 – сопло лаваля; 4 – вентиль для регулирования величины вакуума; 5 – вакуумметр; 6 – пульт управления; 7 – ртутный манометр; 8 – частотный преобразователь; 9 – манометрический термометр; 10 – манометр; 11 – комплект измерительной аппаратуры К–51

Рисунок 9 – Структурно-функциональная схема экспериментального стенда для исследования двухроторного вакуумного насоса

Исследование вакуумных насосов проводится на стенде при различных условиях смазки, различных соотношениях передаваемой мощности вращающимся ротором и различных числах оборотов.

Привод вакуумных насосов осуществляется от электродвигателя 2. Для изменения частоты вращения вакуумного насоса применяется преобразователь частоты тока 8, что обеспечивает плавное регулирование скорости вращения в широком диапазоне (от 3 до 6 тыс. мин.$^{-1}$). Так же этим прибором измеряется частота вращения, потребная мощность насосов. Данный прибор позволяет определить частоту вращения в широком диапазоне скоростей с высокой точностью, без отбора мощности. Подачу вакуумных насосов можно измерить с помощью сопла Лаваля. Для регулирования величины вакуума установлен вентиль 4. На всасывающем патрубке установлен вакуумметр 5, позволяющий определить величину вакуума. Температуру воздуха на входе и выходе из насоса, а также температуру корпуса можно замерить с помощью манометрического термометра 9 с гибким капилляром.

Отличительной особенностью двухроторных вакуумных насосов является внутреннее сжатие газа. Вследствие этого увеличивается подача насоса и уменьшаются энергозатраты. Для определения величины внутреннего сжатия в корпус насосов возле нагнетательного окна был установлен манометр 10.

С помощью разработанного экспериментального стенда можно определить следующие параметры: подачу вакуумного насоса, величину вакуума, величину внутреннего сжатия газа, потребную мощность, температуру нагрева газа в нагнетательном патрубке, температуру нагрева корпуса вакуумного насоса, частоту вращения ведущего вала. Полученные экспериментальные данные позволят обосновать конструктивно-технологические параметры вакуумного насоса. После обоснования которых можно изготавливать пилотные вакуумные установки для исследования в производственных условиях.

Список литературы:

1. Пат. 2382905 Российская Федерация, МПК^{7} F 04 C 25/02. Насос вакуумный двухроторный/Гаязиев И. Н., Волков И. Е., Зиганшин Б. Г.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. – № 2008117233/06. Заявл. 10.11.2009; опубл. 27.02.2010.
2. Пат. 2187704 Российская Федерация, МПК^{7} F 04 C 25/02. Двухроторный вакуумный насос/Волков И. Е., Зиганшин Б. Г. , Мустафин А. А.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. – № 2000113668/06. Заявл. 29.05.2000; опубл. 20.08.2002.
3. Пат. 2193689 Российская Федерация, МПК^{7} F 04 C 25/02. Насос вакуумный двухроторный / Волков И. Е., Зиганшин Б. Г. , Мустафин А. А.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. – № 2000117103/06. Заявл. 27.06.2000; опубл. 27.11.2002.
4. Пат. 2347109 Российская Федерация, МПК^{7} F 04 C 25/02. Жидкостно-кольцевой вакуумный насос / Зиганшин Б. Г. , Волков И. Е., Ситдиков Ф.Ф., Лукманов Р.Р., Кашапов И.И.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. – № 2007118001/06. Заявл. 14.05.2007; опубл. 20.02.2009.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$

Фаталиев Малик Бедалович
доцент, кандидат химических наук, Дагестанский государственный институт народного хозяйства, г. Махачкала
Хаджимурадова Хава Нажадиевна
[1]Президентский лицей, г. Грозный

Впервые методами визуально-политермического (ВПА), дифференциального термического (ДТА), рентгенофазового (РФА) и синхронного термического (СТА) анализов изучены процессы фазообразования в системе $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$ и ее ограняющих элементах. Выявлены характеристики нонвариантных точек (НВТ) и построена ее фазовая диаграмма. Обнаружено образование 5 новых бинарных соединений в ее ограняющих элементах: $2CsCl•3WO_3$, $2Cs_2MoO_4•3WO_3$, $CsCl•2WO_3$, $4CsCl•WO_3$, $3Cs_2MoO_4•2WO_3$.

Сложные оксиды и материалы на их основе, находят все большее применение в современной технике благодаря возможности варьирования физико-химическими, электрохимическими и оптическими характеристиками в широком диапазоне температур. Высокие требования, предъявляемые в настоящее время к качеству таких материалов, привели к актуальности разработки новых методов их получения [1,2].

Теоретической базой синтеза таких материалов служат фазовые диаграммы сложных оксидно-солевых систем, являющиеся носителями информации о фазовых равновесиях и комплексообразовании в них. Регулирование структуры и свойств материалов (новых фаз) наиболее эффективно при изучении систем со смешанным оксидно-солевым составом, в которых образуются гомо- и гетерополисоединения, что позволяет решать задачи синтеза новых стехио- и нестехиометрических соединений с широким набором физико-химических свойств, перспективных для применения в современной технике [3,4].

Термический анализ фазовых равновесий в системе $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$ проведен комплексом методов при изучении составов, расположенных на двенадцати внутренних разрезах (рис. 1). Характеристики пересечений внутренних разрезов системы приведены в таблице 1. По результатам их изучения выявлены составы и температуры точек, соответствующих пересечению их с моновариантными линиями, ограничивающими поверхности ликвидуса системы. Поверхность кристаллизации системы состоит из 8 полей, которые принадлежат исходным компонентам и бинарным соединениям, замыкающимся в НВТ. Выявлено, что доминирующее поле кристаллизации принадлежит WO_3, что связано с высокой температурой плавления и сравнительно малой растворимостью. Линии моновариантных равновесий соединяются, образуя шесть НВТ, из которых одна эвтектическая и пять перитектического характера (табл. 2). Для уточнения составов НВТ и температур совместной кристаллизации, граничащих фаз нами построена проекция поверхности ее ликвидуса на сторону $CsCl–Cs_2MoO_4$ (рис. 2). Температуры моновариантных процессов фазообразования в системе составляют 440-824^{0}C, а НВТ – 436-558^{0}C.

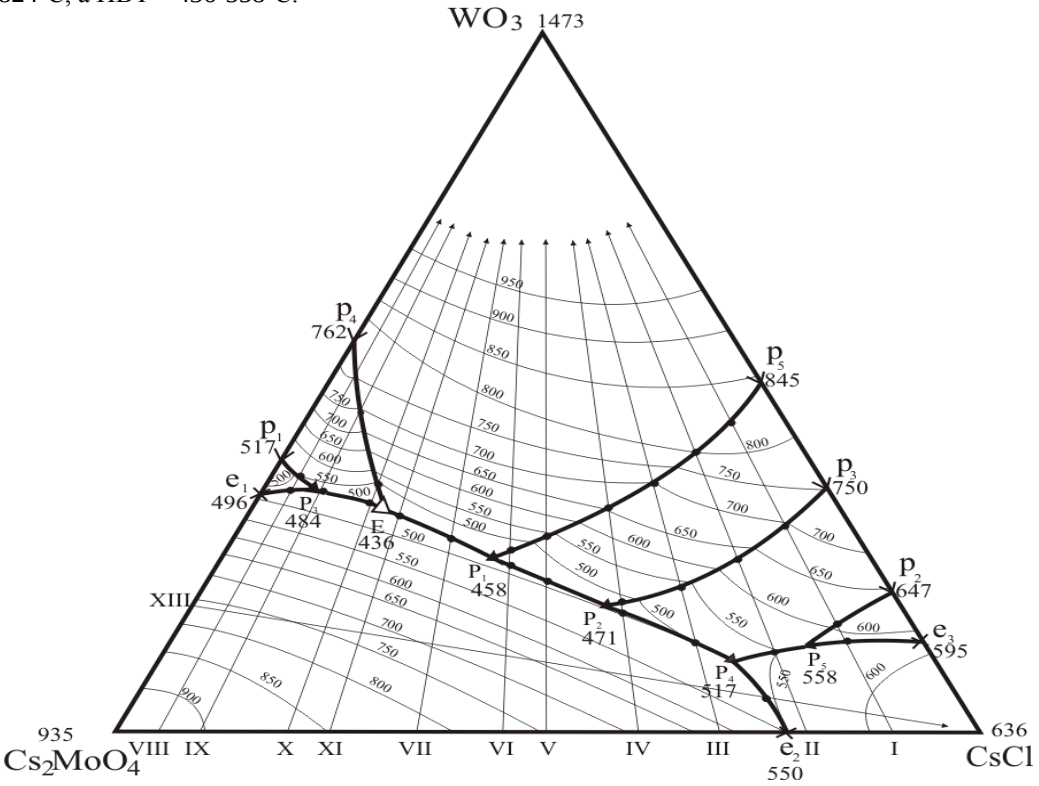


Рис. 1. Проекция поверхности ликвидуса системы $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$ на треугольник составов.

Таблица 1

Характеристики пересечений внутренних разрезов системы $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$

Разрез №	Состав исходной смеси, мол.%	Добавочный компонент	$t_{пл}$, ^0C	Кристаллизующиеся фазы
		WO_3, мол.%		
I	$90CsCl+10Cs_2MoO_4$	13 17 30 46	566 605 698 824	$CsCl + S_1$ $S_1 + S_2$ $S_2 + S_3$ $S_3+ WO_3$
II	$80CsCl+20Cs_2MoO_4$	12,5 24 41,5	555 637 806	$CsCl + S_2$ $S_2 + S_3$ $S_3+ WO_3$
III	$70CsCl+30Cs_2MoO_4$	10 20 37,5	512 520 690	$S_2+ Cs_2MoO_4$ $S_2 + S_3$ $S_3+ WO_3$
IV	$60CsCl+40Cs_2MoO_4$	16 18 33	475 490 658	$S_2+ Cs_2MoO_4$ $S_2 + S_3$ $S_3+ WO_3$
V	$50CsCl+50Cs_2MoO_4$	18 27	466 514	$S_3+ Cs_2MoO_4$ $S_3+ WO_3$
VI	$45CsCl+55Cs_2MoO_4$	21 24	462 484	$S_3+ Cs_2MoO_4$ $S_3+ WO_3$
VII	$35CsCl+65Cs_2MoO_4$	27,5	450	$Cs_2MoO_4+ WO_3$
VIII	$5CsCl+95Cs_2MoO_4$	36 39	490 507	$Cs_2MoO_4+S_4$ S_4+S_5
IX	$10CsCl+90Cs_2MoO_4$	36 49	478 696	$Cs_2MoO_4+S_5$ $S_5+ WO_3$
X	$20CsCl+80Cs_2MoO_4$	35 39	442 478	$Cs_2MoO_4+S_5$ $S_5+ WO_3$
XI	$25CsCl+75Cs_2MoO_4$	32	440	$Cs_2MoO_4+ WO_3$
		CsCl, мол%		
XII	$20WO_3+80Cs_2MoO_4$	70	533	$CsCl + Cs_2MoO_4$

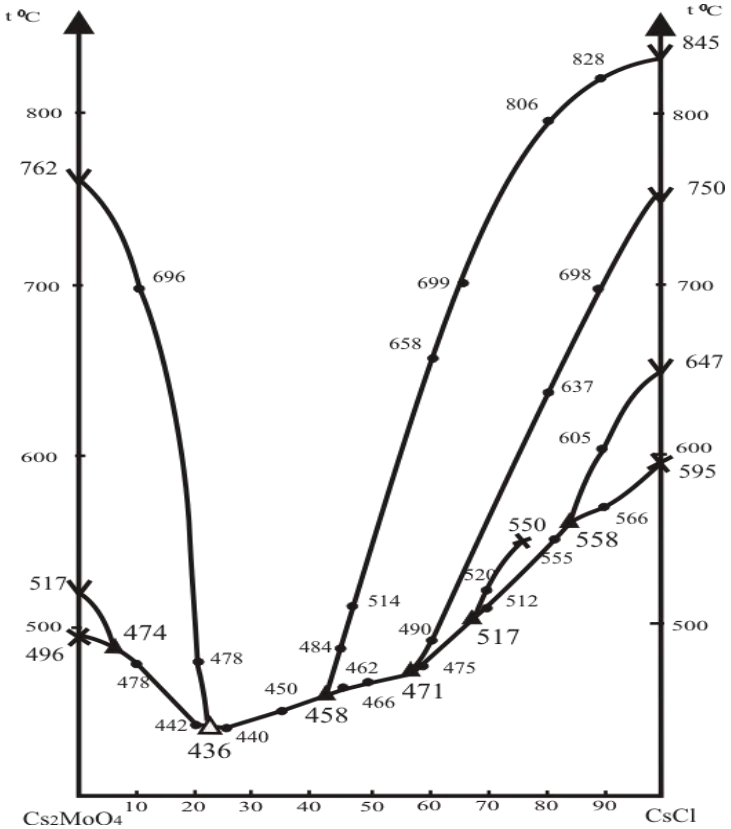


Рис. 2. Проекция поверхности ликвидуса системы $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$ на сторону $CsCl–Cs_2MoO_4$

Таблица 2

Характеристики НВТ системы $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$

НВТ	Состав, мол. %			$t_{пл}$,^{0}C	Твердые фазы
	CsCl	Cs_2MoO_4	WO_3		
E	15	53	32	436	$Cs_2MoO_4+2Cs_2MoO_4•3WO_3+WO_3$
P_1	73	14	13	458	$Cs_2MoO_4+2CsCl•3WO_3+WO_3$
P_2	65	25	10	471	$Cs_2MoO_4+3CsCl•2WO_3+2CsCl•3WO_3$
P_3	47	36	17	484	$Cs_2MoO_4+3Cs_2MoO_4•2WO_3+2Cs_2MoO_4•3WO_3$
P_4	32	44	24	517	$CsCl+3CsCl•2WO_3+Cs_2MoO_4$
P_5	5	59	36	558	$CsCl+4CsCl•WO_3+3CsCl•2WO_3$

Результаты экспериментального изучения фазовых равновесий в системе $CsCl–Cs_2MoO_4–WO_3$ перспективны для усовершенствования химической и электрохимической технологии получения молибдена, вольфрама и их цезиевых бронз.

Список литературы

1. Балихин В.С., Резниченко В.А., Павловский В.А. Процессы получения и рафинирования тугоплавких металлов. – М.: Наука, 1975. 211с.
2. Барабошкин А.Н., Молчанов А.М., Мартемьянова З.С., Виноградов – Жабров О.Н. Структура сплошных слоев вольфрама, электроосажденных из хлоридного расплава. – Труды Инта электрохимии УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1976, Т. 23, -С. 46-51.
3. Гасаналиев А.М. и др. Применение расплавов в современной науке и технике. Деп. в ВИНИТИ № 454 – хп 91.
4. Мохосоев М.В., Базарова Ж.Г. Сложные оксиды молибдена и вольфрама с элементами I – IV групп. М.: Высшая школа, 1990. 256с.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИИ ПОЛИАНИЛИНА С ВЫСОКОЙ И СТАБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ

Алиреза Ядоллах оглы Валипоур

Доктор философии по химии, предподователь факультета Шахид Бехишти, Технический Институт Урмии, Персия

Севил Салех кызы Машаева

Доктор философии по химии, б.н.с. лаборатории «Реакционноспособные олигомеры и полимеры», Института Полимерных Материалов НАН Азербайджана, г.Сумгайыт

Бахтияр Аждер оглы Мамедов

Член корр. НАНА, док. хим. наук, проф., зав. лаб. «Реакционноспособные олигомеры и поли меры», Института Полимерных Материалов НАН Азербайджана, г.Сумгайыт

В последние годы представляет большой интерес использование полифункциональных реакционноспособных полисопряженных высокомолекулярных соединений в качестве активных добавок к промышленновыпускаемым полимерам для улучшения их эксплуатационных показателей, а также для придания им комплекс необходимых и полезных свойств. Такие высокомолекулярные соединенияи их композиции с волокнами, термопластами, смолами и эластомерами широко используются при создании сенсоров, преобразователей и смарт материалов, а также в текстильной промышленности [1-3]. Целенаправленное изменение и управление электрических свойств таких материалов при сохранении их растворимости и плавкости является актуальной и важной задачей [3-7].

При проведении экспериментов использованы: анилин, персульфат аммония (АПС), малеиновый ангидрид (Германская компания MERCK) и стироль (Тебризская петрокомпания), полиэтиленгликоль cMn−500 (компания ACROSS USA). Осуществлена окислительная поликонденсация анилина в присутствии АПС в водной дисперсии под воздействии ультразвуковых волн и темплатная окислительная поликонденсация анилина в присутствии матрицных полимеров по методиками, приведенными в работах [4,5,8]. В качестве матрицного полимера были применены: полистирол-альт-малеиновый ангидрид (ПСМА), продукты его гидролиза (ПСМТ) и взаимодействии с полиэтиленгликолом. Для изучения состава, структуры и свойств синтезированных высокомолекулярных соединений и полимерных композиций были применены методы элементного, химического и спектральных (ИК, УФ, ЭПР и ПМР) анализов, XRD и SEM. Величины электрической проводимости этих веществ измеряли методом четырех точек. Соответствующие измерения проводились

в приборах pH meter-Behineh model 2000, İQ spektrometer-Tbermo Nicolet Nexus−670, UB-spektrometer-T80PG İnstruments Ltd, 1HNMR-Spektrospin Advance (300 MHz) and Skanning Electron Mecroskopic Bruker komponi.

Полианилин (ПАНИ) в наноразмерах с более высокой электропроводностью был синтезирован окислительной поликонденсацией анилина в присутствии персульфата аммония в среде HCl под действии ультразвуковых волн. Процесс был осуществлен в атмосферах воздуха и азота, при различных значениях pH среды и соотношениях мономер: окислитель (моль) и измерением электропроводности каждого синтезированного образца методом четырех точек. Установлено, что образцы ПАНИ, полученные в среде азота проявляют более высокую электропроводность, чем образцы, синтезированные на воздухе. Электрическая проводимость образцов ПАНИ, полученных под действии ультразвука в присутствии азота в течение 4 часа становится более высокой. Более высокие результаты достигаются при 1.5 моль/л концентрации HCl. Результаты проведенных исследований показали, что для образцов ПАНИ, синтезированных под действии ультразвуковых волн оптимальное соотношение АПС:мономер значение его составляет 1.25 (моль). При этом, электропроводность полученного ПАНИ является более высокой и достигается до 23.5 С/см.

Из XRD диаграммы (рис.1) и рисунки SEM (рис.2) синтезированных образцов ПАНИ становится ясно, что частицы ПАНИ имеют размеры примерно 50–100 нм, т.е. образцы ПАНИ, синтезированные под действии ультразвуковых вольн состоят из наночастиц.

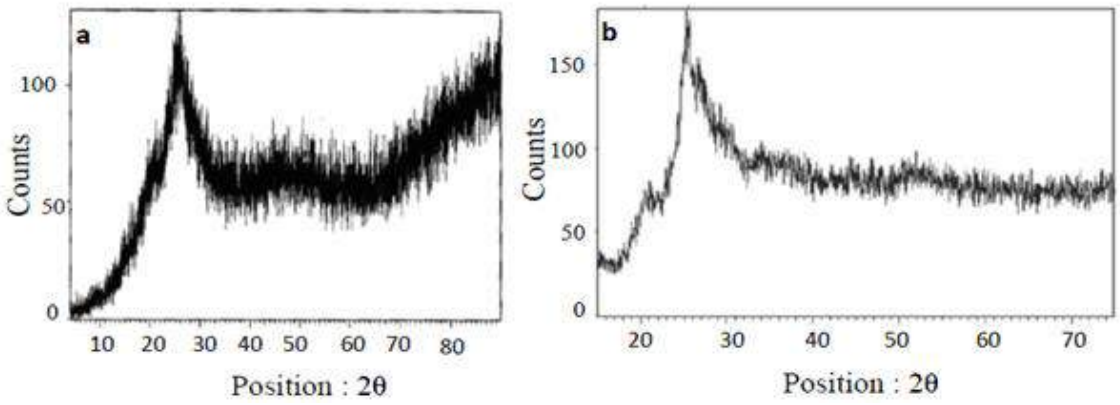
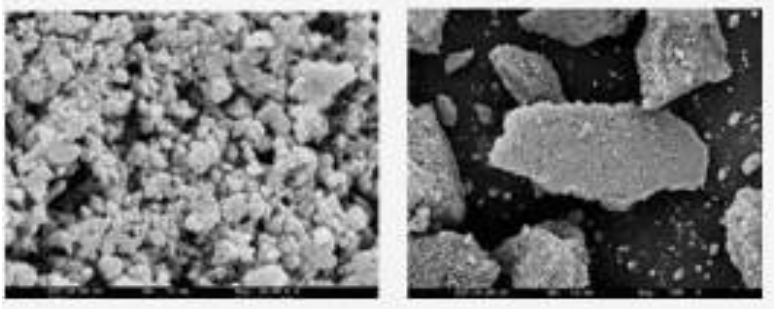


Рис. 1. Диаграммы XRD, синтезированных образцов ПАНИ:
a) с использованием магнитой мещальки, b) под действии ультразвука



a b

Рис. 2. Рисунки SEM, синтезированных образцов ПАНИ.
(a-50000 KX və b-1000 KX)

Нами также была осуществлена темплатная окислительная поликонденсация анилина в присутствии АПС и матрицного полимера под действии ультразвуковых вольн в среде азота. В качестве матрицного полимера были применены: полистирол-альт-малеиновый ангидрид (ПСМА), продукты его гидролиза (ПСМТ) и взаимодействии с полиэтиленгликолом–ПСМА (ПЭГ). В результате были разработан ряд нанокомпозиций полианилина с высокой и стабильной электрической проводимостью.

Водорастворимые полимеры, которые могут быть стабильными в виде наноразмерных частиц, притягивая на поверхность молекул других мономеров создают возможность для проведения их окислительной поликонденсации. В результате, частицы вновь полученного полимера формируются в наноразмерах. Композиции, состоящие из наночастиц сферической формы в размерах около 100 нм получены путем окислительной поликонденсации анилина в дисперсиях: ПСМТ–ПС и ПСМА(ПЭГ)–ПС в кислой водной среде. Процесс был реализован под действии ультразвуковых волн в среде азота с использованием в качестве окислителья–АПС, легирующего агента–HCl (37%-ной) и фазового стабилизатора – ПСМТ.Электрические свойства этих композиций были изучены для их тонких пленок.

Таблица 1

Электрические свойства композиций ПАНИ-ПСМТ-ПС

Образцы	ПАНИ, легированный HCl, (г)	ПСМТ, (г)	ПС, (г)	Электрическая проводимость, (С/см)
1	0.5	0.5	0.75	0.17
2	0.5	0.5	0.5	0.34
3	0.75	0.5	0.5	0.66
4	1	0.5	0.5	0.92
5	1	0.75	0.25	2.39

Значения электропроводности композиции ПАНИ–ПС и ПАНИ–ПСМТ–ПС различного состава меняются в интервале 0.17÷2.39 С/см. Электрическая проводимость композиций ПАНИ–ПСМТ–ПС более высокая. Электропроводность нанокомпозиции ПАНИ–ПСМТ(ПЭГ) находятся практически на уровне электропроводности композиции ПАНИ–ПСМТ, но они характеризируются более высокими деформационными и физико-механическими показателями. Введение в состав этих композицийПС приводит к уменьшению их электропроводности ~ в 20 раз, однако, полученный ПАНИ–ПСМТ–ПС достаточно гомогенный и эластичный. Ростколичества ПАНИ в составах композиций, а также количества ПСМТ в смеси матрицных полимеров сопровождается с ростом значении электропроводности пленки. Это связано с тем, что ПАНИ является основным электропроводящим компонентом и кислотные группы ПСМТ, видимо, выполняют роль легирирующего агента. По сравнению ПАНИ электропроводность композиций уменьшается. В то же время, электропроводность композиции ПАНИ, полученные в присутствии различных матрицных полимеров заметно отличается.

Таблица 2

Электрические свойства композиций ПАНИ-ПСМТ и ПАНИ-ПС

Пленка	ПАНИ, легированный HCl, (г)	ПСМТ, (г)	ПС, (г)	Электрическая проводимость, (С/см)
1	0.9	0.75	0	2.36
2	1.0	0	0.75	1.17

Таблица 3

Электрические свойства композиций ПАНИ-ПСМА(ПЭГ) и ПАНИ-ПСМА(ПЭГ)-ПС

Пленка	ПАНИ, легированный HCl, (г)	ПСМА(ПЭГ), (г)	ПС, (г)	Электрическая проводимость, (С/см)
1	0.9	0.75	0	2.16
2	0.5	0.5	0.75	0.12

Таким образом, под воздействии ультразвуковых волн получены из анилина полианилин в наноразмерах и полимерные нанокомпозиции ПАНИ–ПСМТ, ПАНИ–ПСМА (ПЭГ), ПАНИ–ПСМК–ПС, ПАНИ–ПСМА(ПЭГ)–ПС путем темплатной поликонденсации анилина в присутствии матрицных полимеров. Методами SEM и XRD установлено, что размеры частиц ПАНИ в композициях составляют 50÷100 нм. Установлено, что нанополианилин и его нанокомпозиции синхронно обладают растворимостью и плавкостью, а также высокой и стабильной электрической проводимостью. Значения их удельной объемной электропроводности достигают до области близкой металлической проводимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hu W.L., Chen S.Y., Yang Z.H., J.Phys. Chem. B, 2011, № 115, p. 8453–8457.
2. Khastgir D., Nikhil K., Singha J., Progress in Polymer Science, 2009, №34, p.783–810.
3. Pud A., Ogurtsov N., Korzhenko A., Shapovol Q., Proq. Polym. Ski., 2003, v.28, p. 1701-1758.
4. Valipour A.Ya., Moghaddam P.N., Mammedov B.A., Archives des Science Journal, Switzerland, Geneva, 2012, vol. 65 (7), p. 14–20.
5. Valipour A.Ya., Moghaddam P.N., Mammedov B.A., Life Sci J., 2012, vol. 9 (4), p.409– 421.
6. Valipour A.Ya., Moghaddam P.N., Mamedov B.A. et. al., Azer. Chem. J. 2011, № 1, p. 39–43 .
7. Valipour A.Ya., Moghaddam P.N., Mamedov B.A., Processes of petrochemistry and oil refining; 2011, vol. 12, № 1(45), p. 20–32.
8. Valipour A.Ya., Moghaddam P.N., Mammedov B.A., Jokull journal Iceland, 2013, issue July, p.211-251.

КОМПОЗИТЫ ТРУБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Петухова Евгения Спартаковна
к.т.н.,
Саввинова Мария Евгеньевна
к.т.н., ФБГУН Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

В течение 2009-2014 гг. в ФГБУН Институте проблем нефти и газа проводились работы ориентированные на создание полимерных композиционных материалов трубного назначения. В данной статье приведен краткий обзор [1-7] результатов исследования, включающий результаты следующих основных работ: конкурс РФФИ р_восток_а № 09-03-98503 «Влияние армирования углеродными волокнами на структуру и свойства бимодальных полиэтиленов» (2009-2011 гг.) [2]; Государственный контракт № 627 «Разработка нанотехнологических способов упрочнения трубных марок полиэтиленов» (2009-2011 гг.) [1]; Грант Президента Республики Саха (Якутия) «Разработка методов упрочнения трубных марок полиэтиленов для повышения эксплуатационной надежности трубопроводов в условиях Севера» (договор № 1 от 2 апреля 2014 г.). Исследования велись с использованием приемов нанонаполнения и дисперсного-армирования.

В качестве полимерной матрицы использовался полиэтилен ПЭ80Б (ОАО «Казаньоргсинтез», г. Казань). В качестве наполнителей использовали наношпинель магния (Институт твердого тела СО РАН), природные цеолиты Хонгурин Кемпендяйского месторождения Республики Саха (Якутия), углеродные нановолокна (УНВ) (Институт катализа СО РАН), рубленые углеродные микроволокна марки УКН-М, УВИС АК-П (ООО НПЦ «Увиком»), углеродные волокна в сочетании с нановолокнами, наноструктурированные волокна УКН-М.

Для введения наполнителей в полиэтилен использовали лабораторный пластикордер «Brabender». Смешение наполнителя с полимером осуществляли на роторном смесителе пластикордера при температуре 180 °С и скорости вращения валков 30 об/мин в течение 10 мин. Полученную массу механически измельчали до размера гранулированного материала. Полученный измельченный гранулированный материал экструдировали с применение щелевой экструзионной головки пластикордера при температуре 180-200 °С.

Равномерность распределения наполнителя в полимерном связующем оценивалась на основании результатов исследования физико-механических характеристик нескольких партий композита, для каждой отдельной партии образцы-лопатки изымались (вырубались ножом стандартного типоразмера) из различных частей экструдата, в том числе, середины, краев ленты, а также участков отстающих друг от друга не менее чем на 50 см. Результат считался удовлетворительным при условии разброса механических показателей в пределах 5%. Технологическая схема изготовления композитов приведена на рис.1.

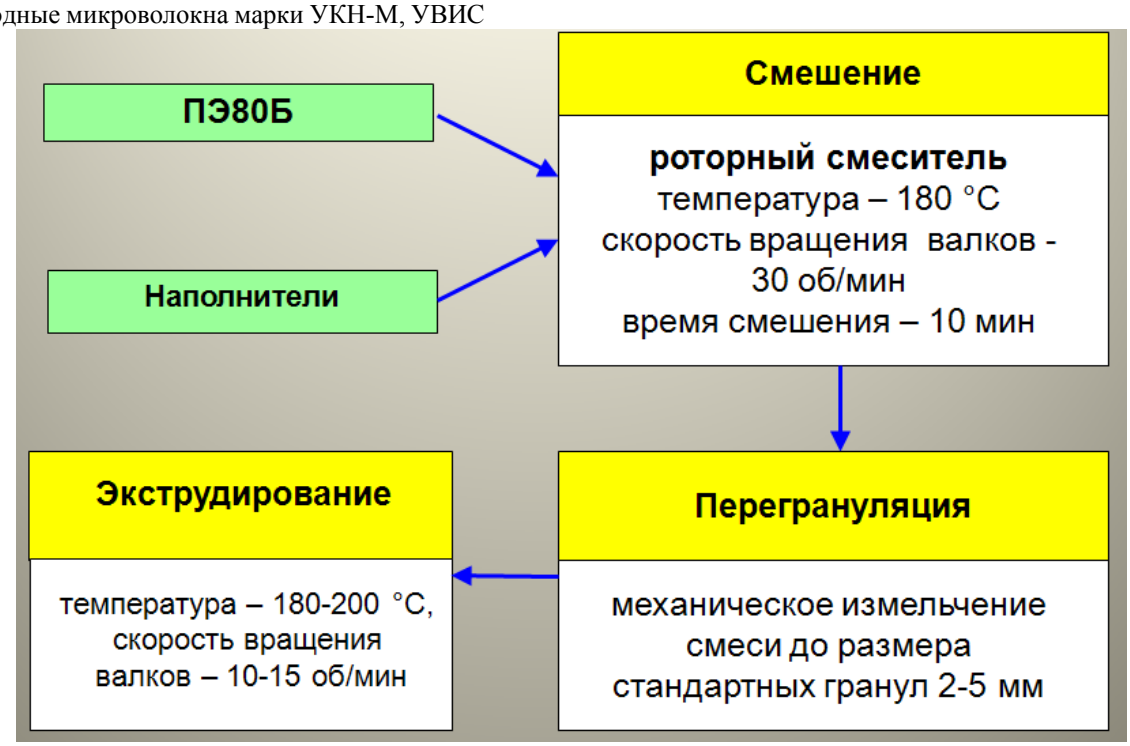


Рис. 1. Технологическая схема изготовления полиэтиленовых композитов трубного назначения

В таблице 1 приведены результаты исследования физико-механических характеристик и износостойкости полиэтиленовых композитов. Определение осуществлялось согласно ГОСТ 11262-80 на универсальной разрывной машине UTS-2. Испытания на абразивный износ производилось на машине АР-40 по методике описанной в ГОСТ 11012-69.

Таблица 1

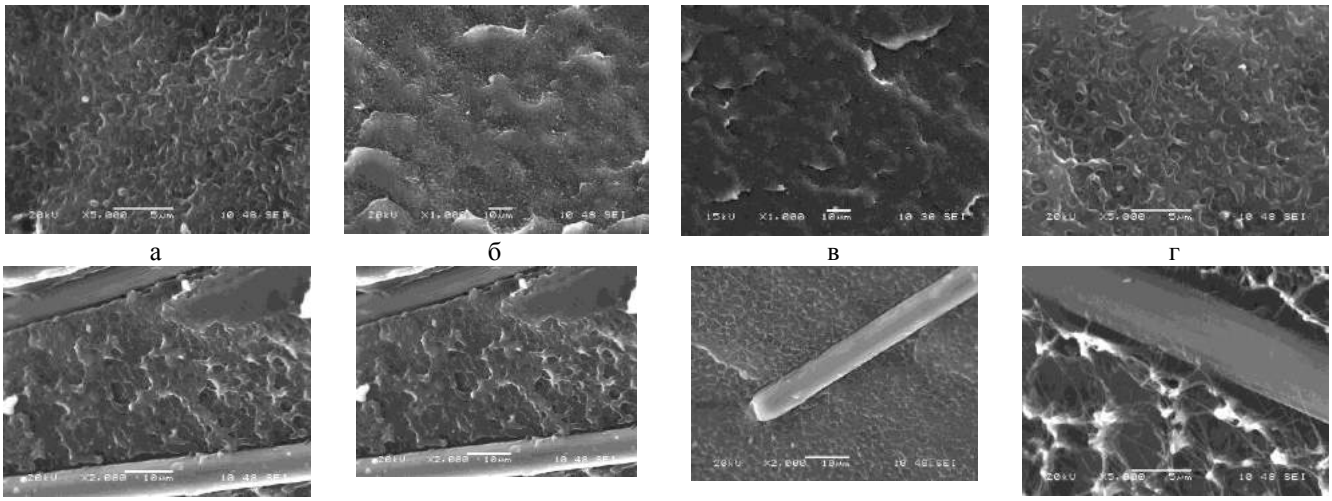
Физико-механические характеристики полиэтиленовых композитов

	Материал	ω, масс.%	$\sigma_т$, МПа	$\varepsilon_р$, %	E, МПа	Δm, мг
1	ПЭ80Б	-	21,2	620,0	986,0	114
2	+ шпинель магния	1,0	22,2	628,0	1169,0	61
3	+ цеолитов	1,0	20,0	669,0	823,0	109
4	+ УНВ*	10,0	21,8-22,8	540-637	977-1068	115-121
5	+ УКН-М	10,0	23,8	6,0	1499,6	188
6	+ УВИС АК-П	10,0	24,7	99,4	1538,0	176
7	+ УКН-М + УНВ	10,0+1,0	25,8	18,8	1626,2	172
8	+ МУВ**	10,0	26,3	164,1	1323,3	165

**УНВ – углеродные нановолокна (диапазон указан для трех различных морфологических конфигураций нановолокон);*
***МУВ – модифицированные углеродные волокна*
ω – массовая доля наполнителя; σ_m – прочность материала при пределе текучести; $\varepsilon_р$ – удлинение при разрыве; E – модуль упругости при растяжении; Δm – массовый износ

Показано, что наиболее эффективными наполнителями для повышения физико-механических характеристик полиэтилена являются углеродные волокна, в том числе, наноструктурированные и в сочетании с нановолокнами, однако деформационные характеристики таких материалов снижены. Наиболее низкими значениями износа при абразивном воздействии характеризуются композиты, модифицированные наношпинелью магния. Таким образом, в зависимости от природы и дисперсности наполнителя можно регулировать как физико-механические характеристики, так и износостойкость полиэтилена.

На рис. 1 представлены результаты исследования структуры композитов методом сканирующей электронной микроскопии.



а б в г

д е ж з

Рисунок 2. СЭМ-исследования:
а – ПЭ80Б (х5000); б – ПЭ80Б+1,0 масс.% наношпинели магния (х1000); в – ПЭ80Б + 10,0 масс.% природных цеолитов (х1000); г – ПЭ80Б + 1,0 масс.% УНВ (х5000); д – ПЭ80Б + 10,0 масс.% УКН-М (х2000); е – ПЭ80Б + 10,0 масс.% УВИС АК-П (х2000); ж – ПЭ80Б + 10,0 масс.% УКН-М + 1,0 масс.% УНВ (х2000); з – ПЭ80Б + 10,0 масс.% МУВ (х5000)

Структура исходного полиэтилена (рис. 2, а) характеризуется мелкими структурными образованиями, введение минеральных наполнителей приводит к сглаживанию поверхности скола (рис. 2, б, в) и появлению чешуйчатых образований, что, по-видимому, связано с централизующей функцией нанонаполнителей или их концентрированием. Вид поверхности скола композита, наполненного УНВ (рис. 2, г), отличается несколько более крупными образованиями, по сравнению с исходным полимером. Структура полиэтилена в композитах, наполненных рублеными волокнами (рис. 2, д, е), идентична структуре исходного полиэтилена. Граница раздела полимер-волокно характеризуется чередованием участков с плотным и неплотным прилеганием полимера к волокну. Сочетание нано- и микроволокон (рис. 2, ж) обеспечивает более плотное взаимодействие между полимером и микроволокном, а структура матрицы становится равномерной с мелкими образованиями. На рис. 2, з, видно, что наноструктурирование поверхности обеспечивает смену механизма взаимодействия волокно-полимер: между наполнителем и полиэтиленом имеются дополнительные нитевидные сцепки, которые обеспечивают композиту повышенную прочность.

Таким образом, представлены результаты исследования полиэтиленовых композитов трубного назначения, содержащих в качестве наполнителей вещества различной природы и дисперсности. Показано, что для повышения прочностных характеристик полиэтилена

эффективен прием дисперсного армирования углеродными волокнами, в том числе, наноструктурированными и в сочетании с нановолокнами. Для повышения износостойкости полиэтилена в состав композита эффективно использование синтетической шпинели магния.

Список литературы:

1. Итоговый отчет по государственному контракту (договору) № 627 от 26.03.2008 г. на НИР «Разработка нанотехнологических методов упрочнения трубных марок полиэтиленов». 2010. 50 с.
2. Отчет по проекту РФФИ р_восток_а - Региональный конкурс "ДАЛЬНИЙ ВОСТОК" №09-03-98503«Влияние армирования углеродными волокнами на структуру и свойства бимодальных полиэтиленов»
3. Петухова Е. С., Саввинова М. Е., Соловьева С. В. Композиции трубного полиэтилена с углеродными волокнами для регионов Севера России // Новые материалы и технологии в машиностроении: сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 15. – Брянск: БГИТА, 2012. – С.205-208.
4. Семенова (Петухова) Е. С., Саввинова М. Е., Соколова М. Д. Влияние наполнителей различной природы на свойства полиэтилена марки ПЭ80Б // Ремонт, восстановление, модернизация. 2011. № 3. С. 5-8.
5. Семенова (Петухова) Е. С., Саввинова М. Е., Соколова М. Д., Соловьева С. В. Исследование влияния шпинели магния и цеолитов на структуру полиэтиленов ПЭ80Б и ПЭ2НТ11 // Пластические массы. № 1. 2012. С. 40-45.
6. Саввинова М. Е., Семенова (Петухова) Е. С., Соколова М. Д., Попов С.Н. Технологические особенности модификации трубных полиэтиленов ПЭ80Б и ПЭ2НТ11 // Вестник машиностроения. № 7. 2012. С. 57-60.
7. Саввинова М. Е., Петухова Е. С. Выбор перспективных наполнителей для полиэтиленов ПЭ80Б и ПЭ2НТ11//Электронный журнал «Инженерный Вестник Дона», http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1518, 2013. Т. 24. № 1 (24). С. 38.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ АНТИБИОТИКОВ ЛЕВОМИЦЕТИНА И ТЕТРАЦИКЛИНА

Привар Юлия Олеговна

Магистрантка 2-го года обучения, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Соколова Лариса Ивановна

к.х.н. профессор кафедры физической и аналитической химии, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Шапкин Николай Павлович

Д.х.н. профессор кафедры неорганической и элементоорганической химии, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Белюстова Карина Олеговна

Аспирантка 3-го года обучения, ассистент кафедры физической и аналитической химии, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Антибиотики, тетрациклин и левомицетин, являются наиболее распространенными в ветеринарии для лечения и профилактики заболеваний сельскохозяйственных животных и птицы. Вторым источником этих антибиотиков и, в первую очередь, тетрациклина в пищевой продукции является их введение в продукт для удлинения сроков его хранения и предотвращения микробной порчи [1,2]. В результате этого антибиотики довольно часто обнаруживаются в продуктах животного происхождения, что предопределяет необходимость проведения выборочного или систематического их контроля [3].

Обеспечить полную безопасность продуктов, содержащих остаточные количества антибиотиков, может только строгий контроль применения антибиотиков в ветеринарии и животноводстве и выявление их в продуктах питания животного происхождения с помощью чувствительных методов.

Ранее нами была исследована возможность выделения и концентрирования левомицетина из пищевых продуктов с высоким содержанием жира с применением сорбентов на основе природных алюмосиликатов [4]. В отдельную группу можно выделить продукты с высоким содержанием углевода, в частности мед, в котором углеводы являются основным матричным компонентом.

Пищевой продукт чаще всего представляет собой многокомпонентную систему, содержащую белки, жиры, углеводы. Выделение антибиотиков в этом случае осложняется влиянием мешающих компонентов различной природы.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения природных алюмосиликатов месторождений Приморского края для выделения и концентрирования антибиотиков (левомицетина и тетрациклина) из пищевых продуктов с углеводной и многокомпонентной матрицами.

Объекты исследования

Определяли содержание левомицетина и тетрациклина в следующих пищевых продуктах, приобретенных в розничной сети г. Владивостока:

Образцы с углеводной матрицей:

1. Липовый мед, произведенный в фермерских хозяйствах Приморского края;
2. Липовый мед, произведенный в фермерских хозяйствах республики Башкирия;
3. Боярышниковый мед, произведенный в фермерских хозяйствах республики Башкирия;

Образцы с многокомпонентной матрицей:

Печень куриная, производства птицефабрик Приморского края

Аппаратура и условия анализа

1) ВЭЖХ анализ проводили на жидкостном хроматографе «Shimadzu LC – 20 Prominence» (Япония) с УФ-детектором, длина волны: 286 нм (для определения левомицетина), 356 нм и 275 нм (для определения тетрациклина). Колонка ODS – C18 Zorbax (4,6 × 150 мм). Подвижные фазы: ацетонитрил – вода (20/80 об./об.), ацетонитрил – вода (30/70 об./об.) с добавкой 0,6% ортофосфорной кислоты (при определении тетрациклина). Анализ *левомицетина* проводили в режиме градиента скорости потока подвижной фазы: с 0,1 минуты по 5 минуту скорость - 0,5 мл/мин, с 5 – 1 мл/мин, *тетрациклина* – в режиме изократического элюирования при скорости потока 0,5 мл/мин.

2) Спектрофотометрический анализ проводили на приборе «UV-mini 1240» «Shimadzu» (Япония). В качестве растворителей использовали: дистиллированную воду, доведенную до pH ≈ 6.

Диапазон используемых длин волн – 190-400 нм.

Длина кварцевой кюветы – 1 см.

Методы исследования

Степень извлечения антибиотиков из меда (углеводная матрица) определяли, используя в качестве модельной системы продукт, не содержащий антибиотиков, приобретенный в частном хозяйстве. Экстракцию антибиотиков проводили этилацетатом (хч): левомицетина - из водного раствора меда, тетрациклина – из раствора меда в 0,1 н растворе соляной кислоты. Для очистки экстрактов и концентрирования левомицетина использовали цеолит I (Табл. 1), а для тетрациклина – цеолит II (Табл. 1):

1. Цеолит (природный алюмосиликат Чугуевского месторождения) с диаметром пор 0,2 – 0,1 мкм – цеолит I;
2. Цеолит (природный алюмосиликат Чугуевского месторождения) с диаметром пор менее 0,2 мкм – цеолит II;

Таблица 1

Массовая доля элементов в образцах сорбентов, в пересчете на оксиды (%)

Образец сорбента	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	TiO_2	CaO	ZnO	ZrO_2	MnO	H_2O	MgO	Na_2O
цеолит	69,01	12,64	1,29	3,17	0,01	2,16	-	-	0,01	9,68	0,47	1,10
монтмориллонит	63,03	18,50	▌	5,24	1,44	0,22	0,12	0,11	-	1,50	-	-

Степень извлечения антибиотиков из куриной печени определяли, используя в качестве модельной системы продукт, приобретенный в розничной сети. Однако сложность определения состояла в том, что во всех пробах, доступных нам для постановки эксперимента, были обнаружены следовые количества левомицетина. По-видимому, данный препарат применялся для лечения и профилактики заболеваний у птицы при выращивании ее для производства пищевой продукции. Поэтому при определении степени извлечения антибиотика, мы параллельно выполняли анализ холостой пробы, затем вносили в нее известное количество левомицетина и рассчитывали извлечение с учетом холостой пробы.

Определение тетрациклина совместно с левомицетином в куриной печени проводили методом УФ-спектрометрии – экспресс-определение (скрининг-анализ). Для очистки экстрактов использовали активированный уголь (БАУ), для концентрирования антибиотиков применяли сорбент *монтмориллонит* (глинозем) (Табл. 1), полученный на кафедре неорганической и элементоорганической химии Дальневосточного федерального университета.

Результаты и их обсуждение

Разработка методологии анализа лекарственных препаратов в пищевых продуктах позволит выработать единый системный подход к обоснованию экологической чистоты продуктов, которая в настоящее время зачастую носит декларативный характер и основывается лишь на предположении факта использования при кормлении животных экологически чистыми кормами и не использовании антибиотиков для профилактики и лечения различных заболеваний. Однако лекарственные препараты, и особенно антибиотики различных классов давно и прочно вошли в обиход производителей сельскохозяйственной продукции как средство борьбы с различными инфекциями. Проведение постоянного мониторинга антибиотикозараженности пищевых продуктов невозможно без экспрессных и надежных методик анализа.

Ранее нами предложены методики определения антибиотика левомицитина в продуктах питания, с высоким содержанием жира [5].

Наибольший интерес и трудность представляет совместное определение антибиотиков в продуктах с многокомпонентными матрицами, что, несомненно, актуально для лабораторий, занимающихся испытанием качества и безопасности пищевой продукции.

Современные методики анализа продуктов питания должны быть универсальны, чувствительны и просты в исполнении. Определение наиболее часто используемых в сельском хозяйстве антибиотиков левомицетина и тетрациклина удобнее проводить одновременно, без разделения этапа пробоподготовки на два

этапа. Обычно выделение тетрациклина из меда проводят либо кислотными, либо щелочными растворами. Нами был проведен следующий эксперимент: исследуемый образец, с добавкой тетрациклина, растворялся в 0,1 М соляной кислоте и, параллельно, в 10 % растворе гидроксида натрия. Полученную смесь пропустили через цеолит I и цеолит II. С сорбентов антибиотик элюировали подкисленной (pH 4) и подщелоченной (pH 8) дистиллированной водой. Однако, в этих условиях антибиотик с сорбента не элюировался. Практически полное элюирование антибиотика с сорбента I происходит при использовании этилацетата.

Для проверки правильности методики определена степень извлечения тетрациклина и левомицетина из меда методом «введено-найдено». Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание антибиотиков в исследованных образцах

Исследуемый продукт	Содержание левомицетина, мг/кг	Содержание тетрациклина, мг/кг
Мед липовый приморский	не обнаружен	**0,052 ± 0,002**
Мед липовый башкирский	**0,020 ± 0,001**	не обнаружен
Мед боярышниковый башкирский	не обнаружен	не обнаружен
Печень куриная	**0,007 ± 0,01**	**0,005 ± 0,01**

Особую трудность для проведения аналитических определений представляют продукты со сложными многокомпонентными матрицами.

В качестве исследуемого продукта с многокомпонентной матрицей, использовали куриную печень. Для извлечения и концентрирования левомицетина из пищевых продуктов с липидно-углеводной матрицей (печени куриной) нами исследована возможность применения природного алюмосиликата монтмориллонита. Показано, что данный сорбент позволяет эффективно извлекать левомицетин из исследуемой матрицы, однако при элюировании различными растворителями экстракты со степенью чистоты, достаточной для анализа методом ВЭЖХ не были получены. Степень извлечения левомицетина, определенная методом «введено-найдено», не превышала 27 %. По-видимому, определению мешают липофильные компоненты, которые предположительно могут, как связываться с молекулами антибиотика и существенно снижать концентрацию его в свободной форме в экстракте, так и частично перекрывать область определения левомицетина на хроматограмме. Следовательно, для точного количественного анализа антибиотика, необходимо применять доочистку экстрактов. Для этой цели применяли ранее отработанный нами способ очистки с применением активированного угля [4]. При использовании активированного угля и последующего концентрирования на монтмориллоните степень извлечения левомицетина составила 78,5 ±4,6 %.

Нами проанализировано несколько образцов куриной печени, полученной на местной птицефабрике, в некоторых образцах был обнаружен левомицетин в следовых количествах (от 0,007 до 0,01 мг/кг).

Совместное определение антибиотиков левомицетина и тетрациклина:

Исследование спектров поглощения антибиотиков позволило предположить возможность их совместного экспресс-определения в экстракте (максимум поглощения левомицетина – 286 нм, тетрациклина – два максимума: 275 и 386 нм). В водно-органический экстракт куриной печени вносили некоторое количество левомицетина и тетрациклина, затем проводили сорбцию антибиотиков на монтмориллоните. Левомицентин и тетрациклин последовательно элюировали с сорбента этанолом и подкисленной до pH4 дистиллированной водой.

Выводы

В результате проведенных исследований, предложены методики анализа антибиотиков левомицетина и тетрациклина в пищевых продуктах с углеводной (мед) и липидно-углеводной (куриная печень) матрицами с использованием сорбентов на основе модифицированных алюмосиликатов месторождений Приморского края.

Методом «введено-найдено» определены степени извлечения левомицетина и тетрациклина из меда и левомицетина из куриной печени. Для левомицетина степень извлечения из меда составила 90 %, из куриной печени – 78 %, для тетрациклина – 82 % - из образцов меда.

Список литературы:

1. Басова Е. «Война миров: антибиотики в сельском хозяйстве» / Е. Басова // «УК «Биоэнергия»», - Москва. - 2011. – С.4.
2. Федоров А.А, Использование антибиотиков в немедицинских целях / А.А. Федоров, под ред. А.Л. Тахтаджяна // Биологическая энциклопедия в 6-ти томах, Т.2. – Москва, Изд-во «Просвещение». – 1974. – С.654.
3. Купинец Л.Е., Харичков С.К. «Проблемы производства экологически чистой продукции в АПК: международный и национальный аспекты» / Л.Е. Купинец // Нац. Акад. Наук, Ин-т проблем рынка и экон. экоисслед.- Москва: ИПРЭЭИ. - 2007. – С.676.
4. Белюстова К.О., Соколова Л. И. Определение содержания левомицетина в пищевых продуктах с различной массовой долей жира / Л.И. Соколова // Техника и технология пищевых производств. - 2011. -№3. – С.107-111.
5. Пат. 2431829 Российская Федерадция, C1, GO1N33/02 (2006.01) GO1N30 (2006.01) Способ определения содержания левомицетина в пищевых продуктах и сорбент для его осуществления / Л.И. Соколова, Н.П. Шапкин, К.О. Белюстова ; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Дальневосточный федеральный университет": - № 010125162/15; заявл. 18.06.2010.

УДК 541.49

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА КООРДИНАЦИОННОГО ПОЛИМЕРА ХЛОРИДА МЕДИ(II)С 3,5-ДИМЕТИЛ-4ИОДОПИРАЗОЛОМ

Шакиров Николай Русланович [1], ***Шакирова Ольга Григорьевна*** [2]

[1]*Студент, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре,*

[2]*Доцент, к.х.н., Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре*

Пиразолы – многообещающий класс лигандов для синтеза комплексов переходных металлов: они легкодоступны, обладают высокой термической и химической устойчивостью. Как пиразолы, так и их комплексы с 3d-металлами, проявляют биологическую активность. В ходе патентного поиска был отмечен 61 патент, 44 из них применяются в фармацевтической, 5 в химической и 12 в сельскохозяйственной промышленностях. Медицинское применение пиразолов основано на воздействии препаратов на определенные рецепторы головного мозга и центральной нервной системы, что может быть применимо при лечении и профилактике психических заболеваний [6]. Так же производные пиразолов широко применяются в медицине в качестве антиаритмических и антимикробных препаратов [11, 18]. В сельскохозяйственной промышленности соединения пиразолов могут быть применимы в качестве антипаразитных веществ [5]. Комплексы 3d-металлов с замещенными пиразолами обладают антиоксидантной, фунгицидной и гербицидной активностью [1,8-11, 13-16, 18-20], при малых концентрациях они проявляют свойства стимулятора роста растений [2].

В химической промышленности производные пиразолов могут применяться как реагенты для разложения воды [7], красители [4] или взрывчатые вещества [3].

Пиразол и его производные, не имеющие в боковой цепочке способных к координации заместителей, координируются к металлу монодентатно атомом азота N(2) [12, 17].

В продолжение работы [1] представлялось целесообразным синтезировать и исследовать свойства комплекса меди(II) с 3,5-диметил-4-иодопиразолом.

– Экспериментальная часть

Для синтеза использовали $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, квалификации "ч."; этанол «ректификат»; диоксан «ч.д.а.».

Синтез 3,5-диметил-4-иодопиразола (L). Лиганд синтезировали впервые по методике окислительного иодирования, близкой к [18].

Синтез CuL_2Cl_2. Горячий раствор 2 ммолей, 0.44 г L в 15 мл этанола быстро прибавляли к водному раствору, содержащему 1 ммоль, 0.17 г $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ в 5 мл этанола. Избыток растворителя упаривали на водяной бане, охлаждали. Из раствора выпадал осадок комплекса Cu(II) зеленого цвета. Осадок отфильтровывали, промывали этанолом, высушивали на воздухе. Выход соединения 80 % от теоретического.

При медленной кристаллизации в течение двух недель при комнатной температуре из раствора комплекса диоксане получены монокристаллы комплекса состава $CuL_2Cl_2 \cdot C_4H_8O_2$, пригодные для РСА.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) проведен к.х.н. Куратьевой Н.В. (ИНХ СО РАН, г. Новосибирск) по стандартной методике на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker-Nonius X8Apex, оснащенном двухкоординатным CCD детектором, при температуре 293(2) K с использованием излучения молибденового анода (□=0,71073 Å) и графитового монохроматора. Интенсивности отражений измерены методом □-сканирования узких (0,5□) фреймов. Поглощение учтено эмпирически по программе SADABS. Структура расшифрована прямым методом и уточнена полноматричным МНК в анизотропном для неводородных атомов приближении по комплексу программ SHELXTL. Атомы водорода для органических лигандов уточнены в приближении жесткого тела.

ИК-спектры поглощения снимали на FTIR-спектрометре IRAffinity-1 (Shimadzu) в области 400-4000 $см^{-1}$. Образцы готовили в виде таблеток в KBr.

Результаты и их обсуждение

Комплексное соединение меди(II) с 3,5-диметил-4-иодопиразолом выделено из этанольной среды. Для синтеза комплекса использовали стехиометрические мольные соотношения металл:лиганд = 1:2. Полученный комплекс растворим в диоксане, малорастворим в этаноле, ацетоне, не растворим в воде, хлороформе, бензоле. При хранении на воздухе при комнатной температуре устойчив в течение длительного времени.

Пиразолы обладают ароматическими свойствами, которые связаны с наличием шести p-электронной сопряженной системы. Наибольшая электронная плотность сосредоточена в положении 4 пиразольного кольца, поэтому введение акцептора (иода) в это положение увеличивает донорные свойства пиридинового азота пиразольного кольца.

По данным РСА комплекс кристаллизуется в пространственной группе P 1 21/c 1 (14) – моноклинная сингония, параметры ячейки: a=4.2057(4) Å, b=18.0209(18) Å, c=13.0800(13) Å, β=92.33(0)°, V=990.52(21) $Å^3$. Два лиганда координируются к иону меди(II) монодентатно, координнациооный полиэдр дополняется до октаэдрического атомами хлора (рис. 1), которые выполняют мостиковую функцию, связывая соседние ионы меди, с образованием полимерного соединения $\{CuL_2Cl_2\}_n$ (рис 2). Бесконечные одномерные цепочки располагаются в пространстве параллельно, не взаимодействуя друг с другом, молекулы диоксана занимают полости в структуре комплекса (рис. 3).

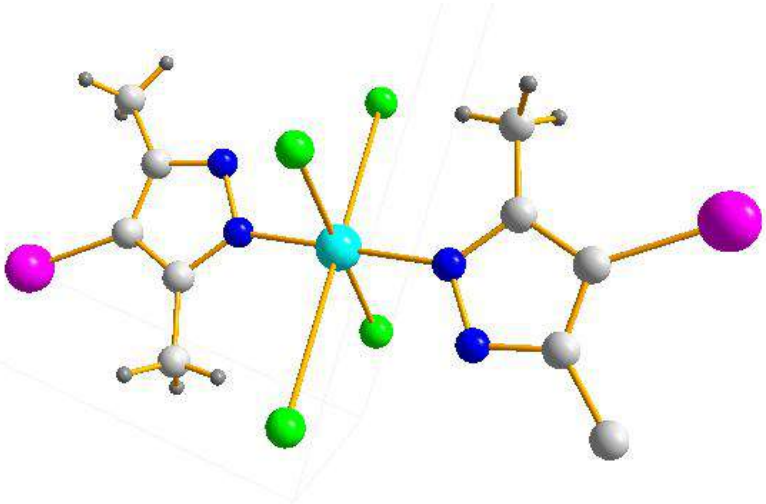


Рис. 1 Структура координационного полиэдра CuN_2Cl_4.

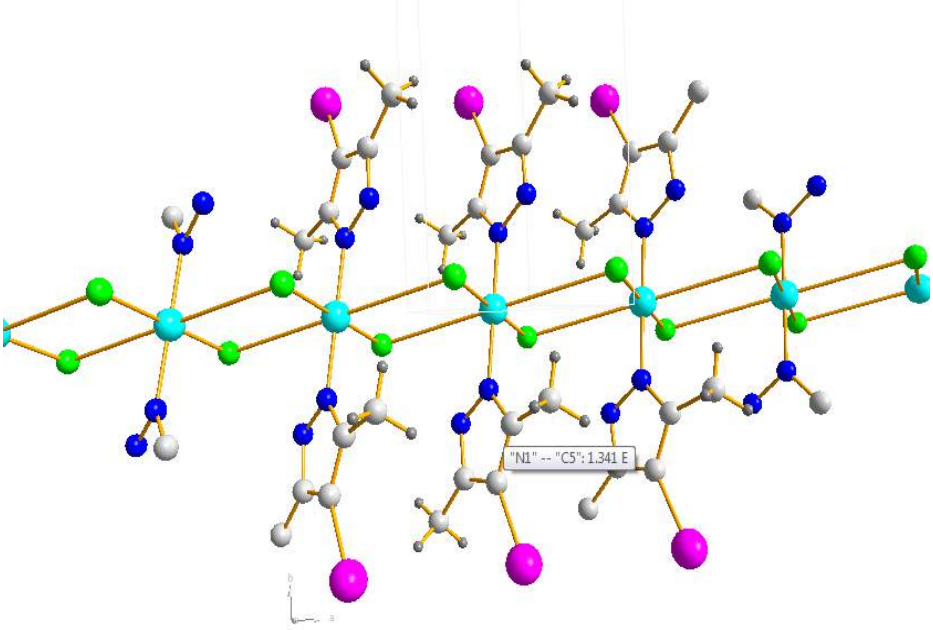


Рис. 2. Молекулярная структура комплекса $\{CuL_2Cl_2\}_n$

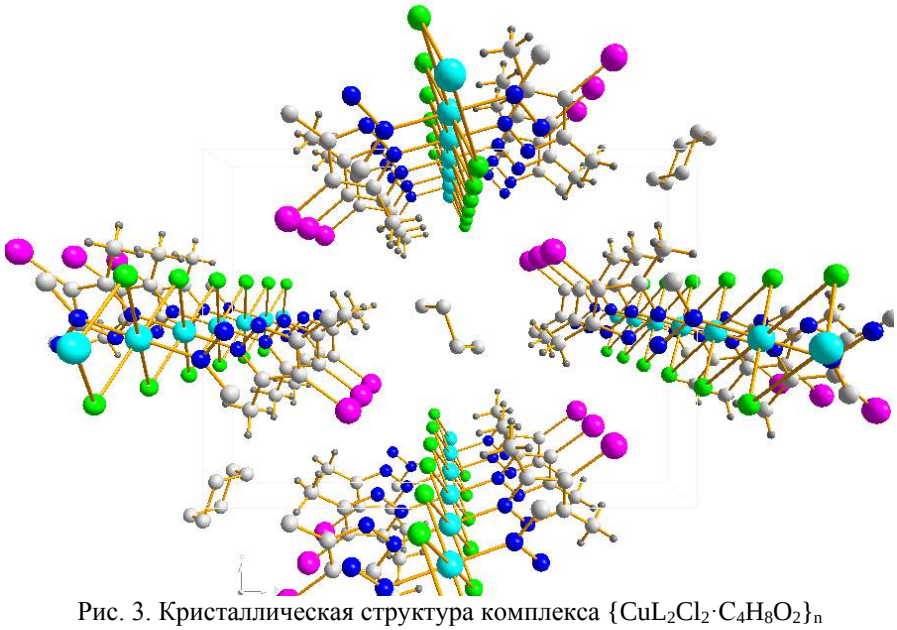


Рис. 3. Кристаллическая структура комплекса $\{CuL_2Cl_2 \cdot C_4H_8O_2\}_n$

Таким образом, синтезирован лиганд 3,5-диметил-4-иодопиразол и его новое полимерное координационное соединение Cu(II) состава $\{CuL_2Cl_2\}_n$.

Список литературы:

1. *Лавренова Л.Г., Пересыпкина Е.В., Жилин А.С. и др.* //Журн. структур. химии. 2008. Т. 49. № 6. С. 1143.
2. *Мельников Н.Н., Баскаков Ю.Ф.* Химия гербицидов и регуляторов роста растений. М.: Госхимиздат, 1962. 723 с.
3. Патент №2343150. 3-(3,5-динитропиразол-4-ил)-4-нитрофуразан, способ его получения и применение его в качестве термостойкого взрывчатого вещества.
4. Патент №2363444. Способ предсказуемого окрашивания кератиновых волокон нанесением композиции, содержащей производное диамино-n, n-дигидропиразолона, и основной композиции или композиции с золотистым отливом.
5. Патент №2375348. Замещенное анилидное производное пиразолкарбоновой кислоты или его соль, его промежуточное соединение, агент для применения в сельском хозяйстве и садоводстве и его применение.
6. Патент №2379292. Производные пиразола в качестве ингибиторов фосфодиэстеразы 4.
7. Патент №2397165. Способ получения n-фенилпиразол-1-карбоксамидов.
8. *Angaroni M., Ardizzoia G.A., La Monika G. et al.* // Dalton Trans. 1992. № 18. P. 2715.
9. *Bayon J.C., Esteban P., Net G. et al.* // Inorg. Chem.1991. V. 30. № 11. P. 2572.
10. *Driessen W.L., Chang L., Finazzo C. et al.* // Inorg.Chim. Acta. 2003. V. 350. P. 25.
11. *Farghaly A.R., El-Kashef H.* // J. Heterocyclic Chem. 2011. V. 48. № 3. P. 678.
12. Karlin K.D. / Book Series: Progress in Inorganic Chemistry. V. 46., N.Y.: John Wiley & Sons Inc., 1997. 475 p.
13. *King P., Clerac R., Anson C.E. et al.* // Inorg. Chem.2003. V. 42. № 11. P. 3492.
14. *King P., Clerac R., Anson C.F., Powell A.K.* // Dalton Trans. 2004. № 6. P. 852.
15. *Pan L., Frydel T., Sander M.B. et al.* // Inorg. Chem.2001. V. 40. № 6. P. 1271.
16. *Penkova L., Demeshko S., Haukka M. et al.* // Z. Anorgan. Allg. Chem. 2008. V. 634. № 12–13. P. 2428.
17. *Reedijk J.* // Rec. Trav. Chim. 1969. V. 88. № 12. P. 1451.
18. *Vasilevsky S.F., Tretykov E.V., Elguero J.* // Adv. Het. Chem. 2002. V. 82.
19. *Xing Y.H., Zhou G.H., An Y. et al.* // Synth. React. Inorg. Met._Org. Nano_Met. Chem. 2008, V. 38. № 6. P. 514.
20. *Zhang H., Fu D., Ji F. et al.* // Dalton Trans. 1996.№16. P. 3799.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭМУЛЬСИОННОГО БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ КОАГУЛИРУЮЩЕГО АГЕНТА ПОЛИ-N,N-ДИМЕТИЛ-N,N-ДИАЛЛИЛАММОНИЙ ХЛОРИДА

Шульгина Юлия Евгеньевна

Аспирант, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия

Никулин Сергей Саввович

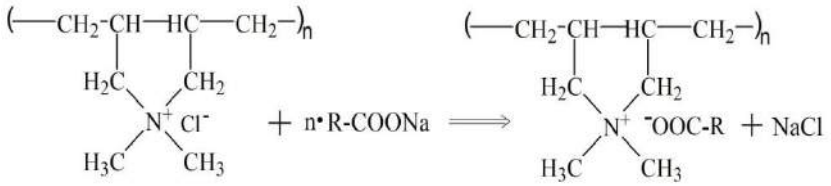
Доктор технических наук, профессор кафедры технологии органического синтеза и ВМС Воронежского государственного университета инженерных технологий, Россия

Производство синтетического каучука активно развивается, в настоящее время на рынке представлено большое разнообразие каучуков, в тоже время промышленность синтетического каучука во всем мире является потребителем колоссального количества невозобновляемого природного сырья и оказывает отрицательное влияние на окружающую среду, включая воздушный и водный бассейны [1]. Одним из загрязняющих процессов при производстве эмульсионных каучуков является стадия его выделения из латекса.

В настоящее время в литературе рассмотрено значительнее количества органических и неорганических коагулянтов как синтетического, так и природного происхождения, позволяющих существенно снизить, а в ряде случаев и полностью исключить применение минеральных солей в технологии выделения каучука из латекса. К таким коагулянтам относится поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорид (ПДМДААХ).

Поэтому снижение расхода дорогостоящего и дефицитного коагулирующего агента является важной и актуальной задачей, позволяющей решить как экономические, так и экологические проблемы.

Интерес к использованию данного коагулянта базируется на том, что он может взаимодействовать с компонентами эмульсионной системы с образованием нерастворимых комплексов, которые захватываются образующейся крошкой каучука и не сбрасываются со сточными водами. Схему взаимодействия ВПК-402 с парафинатом натрия (или калия) можно представить в следующем виде:



ПДМДААХ аналогично взаимодействует с мылами канифоли, таллового масла и сульфокислот. При подкислении среды образовавшийся продукт взаимодействует с серной кислотой с выделением свободных жирных кислот. При обработке щелочью выделенных кислот они вновь переходят в мыло [2].

В последнее время проявляется интерес к исследованию воздействия различных физических полей. Так, в работе [5] образцы латекса бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК подвергали ультразвуковому воздействию. Было установлено, что ультразвуковое воздействие в течение 60 минут способствует снижению поверхностного натяжения латекса с 67 до 60 мН/м.

Однако воздействие сильных физических полей приводит к значительному изменению свойств материала, а при достаточной интенсивности – к полному его разрушению. При этом, по мнению авторов [3], в полимерах могут происходить следующие процессы и изменения свойств: при действии невысокого ИК излучения повышается температура материала, происходит растекловывание и последующее плавление термопластичных материалов, при действии лазерного излучения в ИК–диапазоне протекает местный нагрев материала, сопровождающийся структурными изменениями, при воздействии излучений энергией высокого кванта происходит фотохимический распад химических связей, ионизация атомов и протекание вторичных химических реакций.

Становится очевидным, что использование такого рода воздействия чревато получением каучука, несоответствующего стандартным показателям по физико-механическим свойствам. Можно предположить, что положительное влияние на процесс выделения каучука из латекса могут оказать слабые физические поля и, в частности, постоянное магнитное поле. Эти исследования тем более представляют интерес, т.к. литературных данных по применению магнитного поля в технологии выделения каучуков из латексов обнаружено не было. Известны положительные результаты, полученные при использовании магнитных полей при отверждении мочевиноформальдегидных смол [4], причем, применение данных полей позволяло повысить прочностные показатели клеевого соединения [7].

Латекс СКС-30 АРК помещали в стеклянную кювету размером 15×30×50мм подвергали обработке магнитным полем различной интенсивности в течение 1, 5, 15, 25 минут [6]. Затем кювету с латексом извлекали из установки и проводили его коагуляцию путем введения заданных количеств водного раствора ПДМДААХ с концентрацией 5,8 %. Коагуляцию проводили по общепринятой методике, описанной в работе [8]. Процесс коагуляции проводили при температуре 20±2 °С. После введения в латекс расчетного количества ПДМДААХ его перемешивали в течение 2 минут и вводили раствор серной кислоты (концентрация ~ 2,0 %) до pH среды 2,5-3,0. Перемешивание продолжали еще в течение 2-3 минут, после чего извлекали образовавшуюся крошку каучука из водной фазы (серум), измельчали ее, промывали дистиллированной водой и сушили в термостате при температуре 80-85 °С до постоянной массы.

Основным элементом установки является электромагнитный индуктор, выполненный в переносном варианте. Намагничивающие катушки, изготовленные из провода марки ПСД, соединены между собой последовательно. Электромагнит подключен к блоку питания, от которого на обмотку катушек подается ток силой до 12 А.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, во-первых, что обработка латекса магнитным полем перед введением коагулянта ПДМДААХ и серной кислоты приводит к снижению расхода коагулянта с 3,5-4 до 2,5-3 кг/т каучука. По-видимому, это связано с тем, что в процессе магнитной обработки происходит частичная десорбция стабилизатора с поверхности латексных частиц в водную фазу латексной системы.

Во-вторых, продолжительность обработки латекса магнитным полем в течение пяти минут и более приводит к полному выделению каучука из латекса при расходе коагулирующего агента ~3 кг/т каучука и величине напряженности магнитного поля $8 \cdot 10^4$ А/м и ~2,5 кг/т каучука при напряженности магнитного поля $22 \cdot 10^4$ А/м. При отсутствии воздействия магнитного поля на латекс коагуляция достигалась при расходе ПДМДААХ ~4 кг/т каучука.

Исследования показали, что все полученные образцы каучуков полностью удовлетворяли требованиям ГОСТ и ТУ.

Список литературы:

1. Аверко-Антонович И.Ю. Синтетические латексы. М.: Альфа-М, 2005. 125 с.
2. Гаршин А.П, Никулин С.С., Рыльков А.А., Слукина З.Д, Смурыгина В.П., Шаповалова Н.Н. // Произв-во и использ. эластомеров, 1996. Т. 5, С. 8-10.
3. Иванов В.С. Радиационная химия полимеров. Л.: Химия, 1999. 320 с.
4. Никулин С.С., Попов В.М., Латынин А.В., Шендриков М.А. // ЖПХ . 2013. Т. 86. Вып. 4. С. 643-646.
5. Останкова И.В., Вережников В.Н.Корчагин, А.В.Протасов // Материалы научно-практической конференции «Проблемы и инновационные решения в химической технологии» «ПИРХТ». Воронеж, ООО «Издат-черноземье», 2013. С. 278-280.
6. Пат. 2328788 РФ, МПК H01F 13/00. (2008). Устройство для намагничивания.
7. Пат. 2439115 РФ, МПК C09J5/00. (2011). Способ склеивания древесных материалов.
8. Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В., Филимонова О.Н. Практикум по коллоидной химии латексов. М.: Издательский дом Академии Естествознания. 2011. 124 с.