

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Периодический научный сборник



2016 № 7-1
ISSN 2413-0869

ПО МАТЕРИАЛАМ XVI МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
Г. БЕЛГОРОД, 30 ИЮЛЯ 2016 Г.

АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(АПНИ)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

2016 • № 7-1

Периодический научный сборник

*по материалам
XVI Международной научно-практической конференции
г. Белгород, 30 июля 2016 г.*

ISSN 2413-0869

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

2016 • № 7-1

Периодический научный сборник

Выходит 12 раз в год

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-65905 от 06 июня 2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Учредитель и издатель:

ИП Ткачева Екатерина Петровна

Главный редактор: Ткачева Е.П.

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а

Телефон: +7 (919) 222 96 60

Официальный сайт: issledo.ru

E-mail: mail@issledo.ru

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)** по договору № 301-05/2015 от 13.05.2015 г.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте: **www.issledo.ru**

По материалам XVI Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (г. Белгород, 30 июля 2016 г.).

Редакционная коллегия

Духно Николай Алексеевич, директор юридического института МИИТ, д.ю.н., проф.

Васильев Федор Петрович, профессор МИИТ, д.ю.н., доц., чл. Российской академии юридических наук (РАЮН)

Кондрашихин Андрей Борисович, профессор кафедры экономики и менеджмента, Институт экономики и права (филиал) ОУП ВО "Академия труда и социальных отношений" в г. Севастополе, д.э.н., к.т.н., проф.

Тихомирова Евгения Ивановна, профессор кафедры педагогики и психологии Самарского государственного социально-педагогического университета, д-р пед. наук, проф., академик МААН, академик РАЕ, Почётный работник ВПО РФ

Алиев Закир Гусейн оглы, Институт эрозии и орошения НАН Азербайджанской республики к.с.-х.н., с.н.с., доц.

Стариков Никита Витальевич, директор научно-исследовательского центра трансфера социокультурных технологий Белгородского государственного института искусств и культуры, к.с.н.

Ткачев Александр Анатольевич, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», к.с.н.

Шаповал Жанна Александровна, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», к.с.н.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»	6
<i>Атаклычев М.С.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДИ СТУДЕНТОВ НФИ КЕМГУ	6
<i>Блинов А.В.</i> АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС, С ИЗМЕНЕНИЕМ ГЕОМЕТРИИ ВЕДУЩЕГО ИЛИ ВЕДОМОГО ДИСКА, ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ	8
<i>Блинов А.В.</i> АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ ВЕДУЩЕГО И ВЕДОМОГО ДИСКА	10
<i>Блинов А.В.</i> ОЦЕНКА СМЕЩЕНИЯ ХОЛОДНОГО И ГОРЯЧЕГО ПОТОКА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ПАТРУБКЕ ТЕРМОСТАТА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ	12
<i>Крысько В.А., Павлов С.П., Жигалов М.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАНО-БАЛКИ ШЕРЕМЕТЬЕВА-ПЕЛЕХА НА БАЗЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ С УЧЕТОМ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЙ.....	14
СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»	17
<i>Беспалов А.В., Авдеева Е.В., Асатурова А.М., Стрелков В.Д.</i> ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА	17
<i>Бреева Н.В.</i> КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ПИРИДИНА НА ДИОКСИДЕ ЦЕРИЯ	19
<i>Гайнуллина Ю.Ю., Сухарева Д.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАНЕСЕНИЯ 5-ГИДРОКСИ-6-МЕТИЛУРАЦИЛА НА ПОВЕРХНОСТЬ БРОМИРОВАННОГО ПОЛИСТИРОЛЬНОГО СОРБЕНТА	23
<i>Кондрашова А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ СОРБЦИИ НА ДИСПЕРСНОМ КРЕМНЕЗЁМЕ – ОПОКЕ	28
<i>Смирнова О.А., Кривоногова А.В.</i> СИНТЕТИЧЕСКИЙ СЕРПЕНТИНИТ	31
<i>Ямалетдинов Д.В., Маврин Г.В., Сулейманов И.Ф.</i> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЁННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ.....	33
СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»	37
<i>Баратова М.Р., Рахимов А.Д., Хасанова Р.А., Баратова М.Э.</i> ЛЕЧЕБНЫЕ РАСТЕНИЯ СЕМЕЙСТВА BERBERIDACEA.....	37
<i>Кадочникова Н.И.</i> ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УХОДА ЗА РОТОВОЙ ПОЛОСТЬЮ ДЕВУШКАМИ	38
<i>Никитенко Е.В., Шумаенко С.Н., Скорых Л.Н., Коваленко Д.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРОПУНКТУРЫ НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ	42
<i>Печкин А.С., Кобелев В.О., Печкина Ю.А., Красненко А.С.</i> ИЗУЧЕНИЕ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ МЕТОДОМ БИОМАРКЕРОВ	44
<i>Сапронова С.Г., Балабина И.П.</i> ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕНОКОШЕНИЯ	49
<i>Сидоренко Е.А., Плугатарь Ю.В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА С ПОМОЩЬЮ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР	52

СЕКЦИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ».....	55
<i>Байтелов В.И.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	55
<i>Бирюкова О.Н., Ерменов Р.К., Романова Т.И.</i> ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПЛОЩАДИ «М» СРЕДНЕОБСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ ЯНАО	57
<i>Марыныч С.Н., Корнилов А.Г., Колмыков С.Н.</i> АЗОТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2016 ГОДА	65
<i>Мифтахов М.Н., Хазиева Г.Р.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗАМКНУТОГО ДВИЖЕНИЯ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ СЛИВЕ ТОПЛИВА НА АЗС	67
<i>Петин А.Н., Киреева-Гененко И.А., Лопина Е.М., Симонова М.А.</i> ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОМ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ КМА.....	69
<i>Пичугина Н.В., Соколовская К.В., Соловьева В.Д., Затонский В.А.</i> КОСВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ОКОЛО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ г. САРАТОВА.....	72
СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»	80
<i>Ан Г.В., Резницкий М.А., Земляницын С.А., Асламова В.С.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГНОЗ ИНЖЕНЕРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ВЗРЫВЕ ПАРОГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ	80
<i>Вязовов С.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАН В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ОПТИЧЕСКОГО ОТБЕЛИВАТЕЛЯ ТЕТРА-СУЛЬФО-ТИПА	86
<i>Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Заринов А.А.</i> РЕШЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ХЕЛЕ-ШОУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЭТА-ФУНКЦИЙ.....	88
<i>Ким А.Ю., Харитонов С.П.</i> ФОРМЫ БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ ВОЗДУХООПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, УСИЛЕННЫХ СТАЛЬНЫМИ КАНАТАМИ.....	96
<i>Кочубей А.А., Ломовцев А.А.</i> ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСЛЕ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ	99
<i>Майорова Е.С.</i> КОНЦЕПЦИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ВВОДЕ В ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ	104
<i>Мелентьев В.С., Левина К.Д., Уколов А.В.</i> АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ РАЗДЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ, ВНОСИМОЙ НЕИНФОРМАТИВНЫМ ПАРАМЕТРОМ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА	108
<i>Мелентьев В.С., Сусова Е.А., Уколов А.В.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КВАНТОВАНИЯ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА.....	110
<i>Носачев С.В., Чувейко М.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА КОЛЕСА И ДОРОГИ С УЧЕТОМ УПРУГОГО ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ	112
<i>Решетникова Е.П., Бочкарев П.Ю.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ.....	116
<i>Рындина А.С.</i> SCADA-СИСТЕМЫ КАК СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	120

<i>Савдур С.Н., Половкина Э.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	124
<i>Синяк Д.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «BALL AND BEAM».	127
<i>Тырсин А.Н., Геворгян Г.Г.</i> ЭНТРОПИЯ СЛУЧАЙНОГО ВЕКТОРА КАК ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОМЕРНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	129
<i>Уваров А.П., Ринчинов Е.Б.</i> ШАХТНЫЕ САМОСВАЛЫ АК АЛРОСА	133
<i>Чумаченко Г.В., Андросенко А.Г., Молдавский С.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ НА КАЧЕСТВО ЮВЕЛИРНОГО ЛИТЬЯ.....	138

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДИ СТУДЕНТОВ НФИ КЕМГУ

Атаклычев М.С.

студент, Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, Россия, г. Новокузнецк

В статье с помощью статистических методов исследуются данные медицинского исследования, проведенного среди студентов различных факультетов, поступивших в 2010 году. Инструментом служит разрабатываемый автором пакет статистических расчетов. С помощью факторного анализа находятся и интерпретируются факторы, которые затем с помощью регрессионного анализа связываются с исходными параметрами.

Ключевые слова: статистика, психология, физиология, факторный анализ, регрессионный анализ.

В рамках настоящей работы были проанализированы данные медицинского исследования, проводимого среди студентов НФИ КемГУ, поступивших в 2010 году. Данные были разделены на две части в соответствии с изучаемой областью – физиологические и психологические показатели. Было проведено статистическое исследование этих наборов данных методами факторного и регрессионного анализа [2] и получены практические результаты.

Физиологические данные состояли из следующих показателей:

- Рост;
- Индекс массы тела (ИМТ);
- Тип конституции по Чернорудскому;
- Индекс Кердо;
- Весоростовой показатель;
- Индекс Руффье;
- Проба Штанге;
- Проба Генче;
- Содержание йода в организме;
- Содержание селена в организме.

Психологические данные включают в себя следующие параметры:

- Способность к мышлению;
- Ситуационная тревожность;
- Личностная тревожность;
- Качество жизни;
- Способность к адаптации;
- Уровень депрессии;
- Самооценка;
- Оценка по методике Холмса-Раге;
- Скорость реакции.

Все статистические расчеты производились при помощи пакета статистических программ, разработанного в рамках научной работы рядом студентов НИФ КемГУ.

На предварительном этапе модулем корреляционного анализа были найдены парные корреляции [1] внутри каждого набора данных. Полученные корреляции позволили оценить применимость к данным метода факторного анализа, который не допускает наличия слишком тесно связанных переменных. Также эти корреляции служат непосредственно основой факторного анализа.

Далее был проведен факторный анализ. В качестве метода извлечения начальных факторов выбран метод главных компонент с отбором факторов по критерию Кайзера. В качестве метода вращения – нормализованный варимакс. В результате факторного анализа были получены факторы – скрытые переменные, которые определяют значения явно наблюдаемых параметров. Для полученных факторов дана интерпретация в соответствии с теми переменными, с которыми они больше всего коррелируют. Факторы, связанные с ними переменные и названия, данные им в соответствии с семантической интерпретацией, даны далее в таблице.

Суммарно полученные факторы объяснили 0,67 процентов общей дисперсии исходных данных, что в факторном анализе считается хорошим показателем [3].

После факторного анализа с помощью регрессионного анализа были найдены уравнения, позволяющие найти значения факторов из значений связанных с ними переменных. Полученные регрессионные уравнения для физиологических параметров приведены в таблице.

Таблица

Регрессионные уравнения физиологических факторов

Название фактора	Регрессионное уравнение
Соматометрический показатель	$-1,623 + 509,56 * \text{ИМТ} - 0,022 * \text{ТипКонституции} + 2,798 * \text{Весоростовой}$
Физиологический показатель	$-1,975 + 0,023 * \text{ПробаШтанге} + 0,027 * \text{ПробаГенче}$
Метаболический показатель	$2,538 - 0,014 * \text{Йод} - 0,021 * \text{Селен}$
Здоровье сердечно-сосудистой с.	$= -0,954 + 3,561 * \text{ИндексКердо} + 0,055 * \text{ИндексРуффье}$

Большее значение фактора соответствует более здоровому состоянию. Полученные регрессионные уравнения могут использоваться для оценки состояния той или иной системы организма или психологической компоненты, а на основе этих оценок можно давать соответствующие рекомендации по лечению. Стоит помнить, что полученная модель была рассчитана из данных студентов и применима только к ним.

Список литературы

1. Загоруйко, Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний [Текст] / Н.Г. Загоруйко – Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. – 354 с.

2. Толстова, Ю.Н. Математико-статистические модели в социологии [Текст] / Ю.Н. Толстова – Москва: ГУ ВШЭ, 2008. – 244 с.
3. Mulaik, S. Foundations of Factor Analysis [Текст] / S. Mulaik. – New York City: Taylor & Francis. – 2010. – 524 с.

АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС, С ИЗМЕНЕНИЕМ ГЕОМЕТРИИ ВЕДУЩЕГО ИЛИ ВЕДОМОГО ДИСКА, ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Блинов А.В.

магистрант кафедры физических и технологических проблем нефтедобычи,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Россия, г. Пермь

В статье производится анализ недостатков открытых рабочих колес. В выборку попадают только патенты РФ. Важным фактором является модификация ведущего или ведомого диска. Подбор осуществляется из рабочих колес, выполняющих компенсацию осевой силы.

Ключевые слова: открытое рабочее колесо, электроцентробежный насос.

Целью работы является выявление недостатков изобретения с целью создания модели, которая будет не иметь выявленных недостатков.

В данной статье рассматриваются изобретения, относящиеся к нефтяному машиностроению. А именно открытые рабочие колеса электроцентробежных насосов.

Критерии выбора рабочих колес:

- Рассматриваются только разработки РФ.
- В рабочем колесе модифицируется ведущий и ведомый диск.
- Предназначение открытого рабочего колеса – снижение осевой силы.

В выборку попали 3 патента:

1. Патент RU №133215, F04D13/10, опубл. 11.04.2012.
2. Патент RU №2522141, F04D29/22, опубл. 11.02.2013.
3. Патент RU №2376500, F04D29/22, опубл. 07.03.2008.

Рассмотрим открытое рабочее колесо ступени погружного центробежного насоса [1]. Рабочее колесо представляет собой свободно перемещающуюся втулку вдоль оси вала, с закрепленной на ней ведущим диском (отсутствует ведомый диск). На нижней периферии расположены лопасти, обеспечивающие перекачку жидкости, а на верхней по периферии – прямолинейные вихревые лопасти. Вихревые лопасти выполнены с радиальным размером, составляющим не менее $\frac{2}{3}$ радиуса ведущего диска. Одним из отличительных признаков является то, что боковые поверхности вихревых лопастей расположены с наклоном к поверхности ведущего диска. Вторым отличительным признаком является то, что вихревые лопасти рабочего колеса размещены радиально или со смещением от радиального направления на угол, не превышающий 60° .

Недостатком данного изобретения является трата энергии вихревым венцом на создание движения над рабочим колесом, за счет чего и происходит компенсация осевой силы. Большая масса для открытого рабочего колеса требует дополнительной траты энергии. В совокупности эти недостатки снижают КПД и напор насоса.

Рассмотрим открытое рабочее колесо ступени погружного центробежного насоса [2]. В данном изобретении сохраняются ведущий и ведомый диски и выполняются в них вырезы в проточной области таким образом, что на входе канал закрытого типа, а на выходе открытого типа. При этом каналы открытого типа выполнены с \sqsubset -образными лопастями, полки которых расположены на выпуклых сторонах лопастей.

Данное изобретение обладает типичным недостатком открытых колес – большая осевая сила по сравнению с закрытыми рабочими колесами. Снижение осевой силы данными модификациями добиться не удастся. В процессе работы рабочего колеса, происходит износ опорной шайбы. Вследствие чего, рабочее колесо начинает тереться об направляющий аппарат и происходит снижение КПД насоса.

Рассмотрим открытое рабочее колесо ступени электроцентробежного насоса [3]. В данном изобретении сохраняются ведущий и ведомый рабочие диски, и выполняются вырезы не менее, чем на половину длины проточного канала, начиная от большего диаметра дисков, между всеми лопастями. При этом одна из двух границ каждого выреза совмещена с выпуклой стороной лопасти на ведущем или ведомом диске, и с вогнутой стороной лопасти на противоположном диске.

Недостатком данного изобретения является уменьшение КПД и напора в процессе эксплуатации вследствие прижатия рабочего колеса к направляющему аппарату из-за износа опорной шайбы, что приводит к увеличению потребляемой мощности.

Данное изобретение также как и [2], обладает типичным недостатком открытых колес – большая осевая сила по сравнению с закрытыми рабочими колесами. Снижение осевой силы данными модификациями добиться не удастся. В процессе работы рабочего колеса, происходит износ опорной шайбы из-за недостаточной компенсации осевой силы. Вследствие чего, рабочее колесо начинает тереться об направляющий аппарат и происходит снижение КПД насоса.

Список литературы

1. А.С. №133215 RU, F04D13/10, Ступень погружного многоступенчатого насоса с рабочим колесом открытого типа [Текст] / Фадейкин А.С., Пошвин Е.В., Пещеренко М.П., Пещеренко С.Н., Агеев Ш.Р. Абахри С.Д.; Патентообладатель: Закрытое акционерное общество "Новомет-Пермь" (RU); опубл. 11.04.2012.
2. А.С. RU№2522141, F04D29/22, Рабочее колесо ступени погружного центробежного насоса [Текст] / Авторы и патентообладатели: Корепанов А.Г., Киселев П.А., Фоканов А.В.; Заявл.: 11.02.2013; опубл. 11.02.2013.
3. А.С. №2376500 RU, F04D29/22, Рабочее колесо ступени погружного центробежного насоса. [Текст] / Агеев Ш.Р., Дружинин Е.Ю., Рабинович А.И. Трясцын И.П. Мель-

ников Д.Ю., Перельман О.М., Дорогокупец Г.Л. Иванов О.Е. Куприн П.Б., Мельников М.Ю.; Патентообладатель(и): Закрытое акционерное общество "Новомет-Пермь"; Заявл. 20.12.2009; опубл. 07.03.2008.

АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ ВЕДУЩЕГО И ВЕДОМОГО ДИСКА

Блинов А.В.

магистрант кафедры физических и технологических проблем нефтедобычи,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Россия, г. Пермь

В статье производится анализ недостатков открытых рабочих колес. В выборку попадают только патенты РФ. Важным фактором является отсутствие ведущего и ведомого диска. Подбор осуществляется из рабочих колес, выполняющих компенсацию осевой силы.

Ключевые слова: открытое рабочее колесо, электроцентробежный насос.

Целью работы является выявление недостатков изобретения с целью создания модели, которая будет не иметь выявленных недостатков.

Критерии выбора рабочих колес электроцентробежных насосов:

- Рассматриваются только патенты РФ.
- В рабочем колесе отсутствуют ведущий и ведомые диски.
- Основное предназначение рабочего колеса – это уменьшение осевой силы.

В выборку попали 3 патента:

1. Свидетельство на полезную модель №3150РФ, F04D13/08, опубл. 16.11.1996.
2. Авторское свидетельство СССР №106135 СССР от 03.12.1951.
3. Свидетельство на полезную модель №101110РФ F04D13/10, опубл. 10.01.2011.

Рассмотрим лопаточное рабочее колесо открытого типа [1]. В нем верхние торцы лопастей образуют с неподвижными дисками направляющих аппаратов щели, а нижние торцы установлены на неподвижную поверхность направляющего аппарата или износостойкого диска. Рабочее колесо имеет индивидуальную опорную пятю, состоящую из опорного бурта, образуемого ступицей направляющего аппарата предыдущей ступени, и антифрикционной износостойкой шайбы, помещенной в расточку рабочего колеса, расположенную в промежутке между втулкой колеса и входными кромками его лопастей.

В процессе эксплуатации рабочее колесо трется об дополнительную опору, вследствие чего происходит дополнительное торможение рабочего колеса и дополнительный расход энергии. Вследствие чего происходит снижение КПД насоса и уменьшается напор.

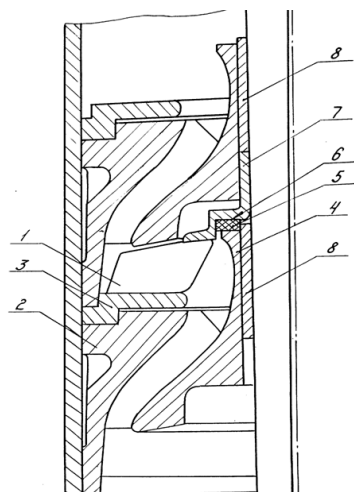


Рис. 1. Открытое рабочее колесо. Патент №3150

Рассмотрим открытое рабочее колесо [2]. В данном рабочем колесе отсутствуют ведущий и ведомый диски. Лопасти крепятся к свободно перемещающейся по валу ступице и в своей приемной части повернуты под углом к потоку для безударного входа жидкости.

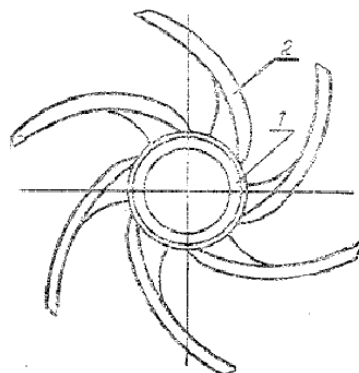


Рис. 2. Открытое рабочее колесо. Патент 106135

Недостатком рабочего колеса является уменьшение напора, вызванное вихревым движением жидкости, и создание дополнительного гидравлического сопротивления во входной части рабочего колеса.

Рассмотрим Лопастное колесо [3], имеющее ступицу, диск с размещенными на нем лопастями. На ступице и диске выполнены цилиндрические посадочные места, что позволяет диску с закрепленными на нем лопастями свободно перемещаться вдоль оси вращения и передавать момент.

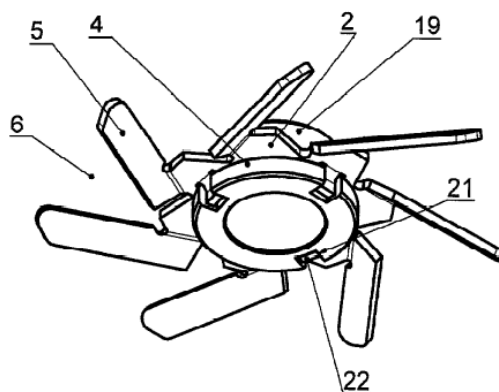


Рис. 3. Открытое рабочее колесо. Патент 101110

Недостатком данного изобретения является сильный изгиб лопасти рабочего колеса в процессе эксплуатации, что может привести к слому лопасти и прекращения дальнейшей работы насоса.

Список литературы

1. А.С. 3150 РФ, Погружной центробежный насос. [Текст] / Богданов А.А., Агеев Ш.Р.; Патентообладатель: Особое конструкторское бюро по конструированию, исследованию и внедрению глубинных бесштанговых насосов; Заявл.: 94001239/06, 14.01.1994; Оpubл.: 16.11.1996.
2. А.С. №106135 СССР, Рабочее колесо для многоступенчатого центробежного насоса. [Текст] / Богданов А.А., Ляпов П.Д., Кузнецов М.А.; заявл. 03.12.1951.
3. А.С. №101110РФ F04D13/10, Лопастное колесо. [Текст] / Ивановский В.Н., Сазонов Ю.А., Сабиров А.А., Заякин В.И. Каштанов В.С.; Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина"; заявл.: 20.10.2010; опубл. 10.01.2011.

ОЦЕНКА СМЕШЕНИЯ ХОЛОДНОГО И ГОРЯЧЕГО ПОТОКА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ПАТРУБКЕ ТЕРМОСТАТА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Блинов А.В.

магистрант кафедры физических и технологических проблем нефтедобычи,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Россия, г. Пермь

В статье оценка смешения холодного и горячего потока охлаждающей жидкости в патрубке термостата легкового автомобиля рассматривается часть термостата, отвечающая за смешение потоков, идущих от двигателя и из радиатора для исследования качества смешения охлаждающей жидкости. Определяется эффективность работы смесителя в термостате.

Ключевые слова: смеситель термостата, охлаждающая жидкость.

Каждый автомобилист когда-либо сталкивался с перегревом двигателя, особенно в жаркую погоду. Бывают случаи, когда отказывают датчики температуры, охлаждающая жидкость закипает и выбегает через расширительный бачок. Недостаток охлаждающей жидкости может привести к перегреву двигателя и поломки его составляющих.

Важную роль в охлаждающей системе играет термостат. Основная задача термостата – блокировать поток охлаждающей жидкости в радиатор, пока двигатель не разогрелся. Когда двигатель холодный, через него не проходит охлаждающая жидкость. Когда двигатель достигнет операционной температуры 95 градусов, термостат открывается. Термостат позволяет двигателю разогреться быстрее, тем самым термостат уменьшает износ двигателя и вредные выхлопы [1].

В данной статье рассматривается часть термостата, где перемешиваются горячий и холодный поток охлаждающей жидкости. Горячий поток выходит из

работающего двигателя. Холодный поток выходит из радиатора. Радиатор – один из основных элементов системы водяного охлаждения, рассеивающий в воздухе тепло, отведенное от двигателя охлаждающей жидкостью [2].

Цель работы заключается в определении качества перемешивания потока.

Геометрические параметры:

$D_1 = 30\text{ мм}$ – Диаметр входа горячего потока охлаждающей жидкости.

$D_2 = 15\text{ мм}$ – Диаметр входа холодного потока охлаждающей жидкости.

$D_3 = 30\text{ мм}$ – Диаметр выходного отверстия.

$L = 50\text{ мм}$ – Высота смесителя.

Расчеты производились в пакете Ansys Fluent 16.2

Граничные условия:

На входе 1 (inlet_1) задается температура 110°C . Данная температура соответствует температуре потока охлаждающей жидкости, выходящей из работающего двигателя на пределе закипания. И задается массовый расход охлаждающей жидкости 1 кг/с .

На входе 2 (inlet_2) задается температура 80°C . Данная температура соответствует температуре потока охлаждающей жидкости из радиатора. И задается массовый расход охлаждающей жидкости 1 кг/с .

На выходе задается нулевое избыточное давление.

Задание сетки:

В расчетной сетке используются тетраэдрические элементы. Для описания пристеночных явлений задается призматический слой на стенках. Красным цветом помечен вход 1 (Inlet_1) горячего потока жидкости.

Синим цветом помечен вход 2 (Inlet_2) холодного потока жидкости.

Серым цветом помечена внутренняя область смесителя термостата.

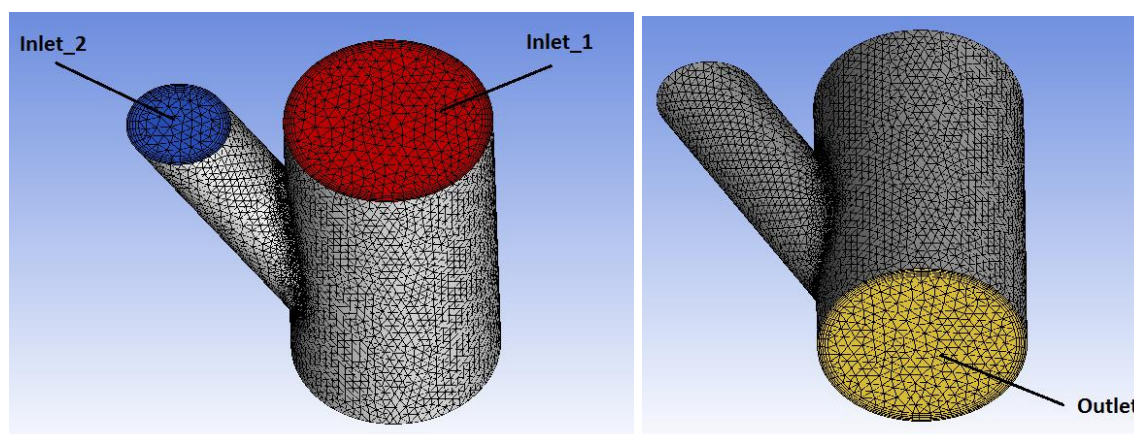


Рис. 1. Задание сетки для расчетной области смесителя термостата

Результат расчета:

На рис. 1 можно наблюдать, что смешение горячего и холодного потока происходит не интенсивно. Холодный поток плавно смешивается с горячим, вследствие чего не происходит полого перемешивания потоков. Следовательно, необходимо усовершенствовать стандартную конструкцию смесителя термостата для обеспечения полного смешения потоков.

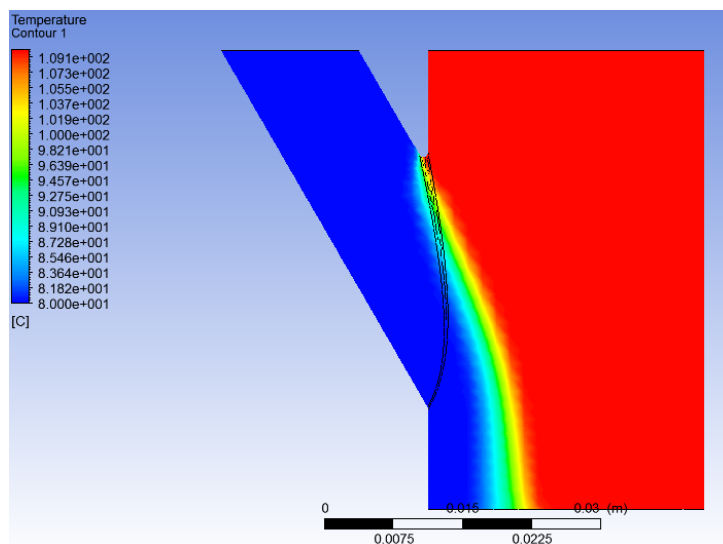


Рис. 2. Распределение температуры в смесителе термостата

Список литературы

1. Осипов, И. Автомобильный термостат. Принцип работы и неисправности [Электронный ресурс] / Сообщество машин и людей; Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1767918/>
2. Радиатор системы охлаждения [Электронный ресурс] / Сервис для решения автомобильных вопросов; Режим доступа – <https://blamper.ru/auto/wiki/dvigatel/radiator-sistemy-ohlazhdeniya-2797>

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАНО-БАЛКИ ШЕРЕМЕТЬЕВА-ПЕЛЕХА НА БАЗЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ С УЧЕТОМ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЙ¹

Крысько В.А.

зав. каф. «Математика и моделирование», д-р техн. наук, профессор,
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, г. Саратов

Павлов С.П.

профессор, д-р физ.-мат. наук, профессор,
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, г. Саратов

Жигалов М.В.

профессор, д-р физ.-мат. наук, доцент,
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, г. Саратов

В настоящей работе построена размерно-зависимая модель нано-балки Шереметьева-Пелеха при больших деформациях – теория Кармана, на основе моментной теории. Из

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 16-11-10138

принципа Гамильтона, получены разрешающие уравнения движения и граничные условия.

На основе численного эксперимента проведено сравнение статики и динамики балок с учетом и без учета размерно-зависимых слагаемых. Показано, что учет размерозависимости приводит к существенным изменениям характера и величины деформации балки.

Ключевые слова: нано-балки, моментная теория, нелинейная динамика.

Микро- и нано-размерные балки все чаще используются в электромеханических системах, таких как датчики колебаний, электростатическим образом возбуждаемые микро-приводы, микро-переключатели и т.д.

Зависимость упругого поведения от размеров тела в микронном масштабе экспериментально наблюдалась в металлах и полимерах. Кроме того, эксперименты подтверждают влияние нелинейности на поведении микро и нано механических резонаторов.

Разрешающие уравнения математической модели нано-балки, основанной на гипотезах Пелеха-Шереметьева [1] и модифицированной моментной теории [2] имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left\{ N_0 + k_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) \right\} + G(x, t) &= \rho A \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[N_0 + k_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) \right] \frac{\partial w}{\partial x} \right\} + k_3 \frac{\partial^3 \psi}{\partial x^3} - k_4 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \\ + k_5 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + F(x, t) + \frac{2}{3} \frac{\partial C}{\partial x} &= \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \rho I_{ww} \frac{\partial^4 w}{\partial t^2 \partial x^2} + \rho I_{\psi w} \frac{\partial^3 \psi}{\partial t^2 \partial x}, \\ k_2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - k_3 \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} - k_5 \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \psi \right) + \frac{C}{3} &= \rho I_{\psi \psi} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - \rho I_{\psi w} \frac{\partial^3 w}{\partial t^2 \partial x} \end{aligned} \quad (1)$$

граничные условия

$$\begin{aligned} \left(N_0 + k_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) - \tilde{N} \right) \Big|_{x=0, a} &= 0 \text{ или } \delta u|_{x=0, a} = 0, \\ - \rho I_{\psi w} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} + \rho I_{ww} \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial t^2} + \left(N_0 + k_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) \right) \frac{\partial w}{\partial x} + \\ + k_3 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - k_4 \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + k_5 \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \psi \right) + \frac{2}{3} C - \tilde{V} \Big|_{x=0, a} &= 0 \\ \text{или } \delta w|_{x=0, a} &= 0, \\ k_4 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - k_3 \frac{\partial \psi}{\partial x} - \tilde{M}_M \Big|_{x=0, a} &= 0 \text{ или } \delta \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right) \Big|_{x=0, a} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

$$k_2 \frac{\partial \psi}{\partial x} - k_3 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \tilde{M}_\sigma \Big|_{x=0,a} = 0 \text{ или } \delta\psi|_{x=0,a} = 0.$$

где $u(x, t)$, $w(x, t)$ и $\psi(x, t)$ обозначают осевое смещение срединной линии, поперечное отклонение балки и угол вращения поперечного сечения относительно вертикального направления.

Проведено исследование влияния коэффициента Пуассона ν и влияние отношения материальному параметру шкалы расстояний к толщине балки l/h ($l/h = 0$ $l/h = 0.5$ $l/h = 1$). Результаты статической задачи получены из решения задач динамики с помощью метода установления. При увеличении параметра нелинейная зависимость нагрузка – прогиб стремится к линейной, как для стали ($\nu = 0,3$) так и для материала с коэффициентом Пуассона $\nu = 0,17$ (керамика SiC). При этом эпюры для прогиба симметричны – максимум значений находится на одной линии. Максимальные значения для перемещений, при изменении соотношения l/h , сдвигаются к центру балки. Аналогичная ситуация происходит для углов поворота ψ .

Исследованы различные аспекты нелинейной динамики балки под действием равномерно-распределенной по длине, знакопеременной, зависящей от времени нагрузки. Были построены сценарии перехода от гармонических колебаний к хаотическим как для балок с учетом размерно-зависимого коэффициента так и без учета. Во всех случаях наблюдался модифицированный сценарий Помо-Манневилья – сценарий перемежаемости ламинарных и турбулентных режимов колебаний. Внутри этого сценария, при достижении турбулентной фазы, присутствовали сценарии типа Фейгенбаума и квазипериодического.

Проведено исследование изменения во времени сигнала, вейвлет и Фурье спектра, фазового портрета и старшего показателя Ляпунова, для различных значений размерно-зависимого коэффициента. Для данного класса задач выявлено существенное изменение характеристик динамической системы во времени. Изменение частотного спектра во времени приводит к появлению несимметричных форм колебаний.

Список литературы

1. Шереметьев М.П., Пелех Б.Л. К построению уточненной теории пластин // Инженерный журнал. 1964. Т.4. Вып. 3. С. 34-41.
2. F. Yang, A. C. M. Chong, D. C. C. Lam, P. Tong Couple stress based strain gradient theory for elasticity // Int. J. Solids Struct. 2002. V.39. 2731–2743.

СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА

Беспалов А.В.

преподаватель кафедры органической химии и технологий, канд. хим. наук,
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Авдеева Е.В.

студентка 2-го курса магистратуры факультета химии и высоких технологий,
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Асатурова А.М.

заведующая лабораторией создания микробиологических средств защиты
растений и коллекции микроорганизмов, канд. биол. наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт
биологической защиты растений, Россия, г. Краснодар

Стрелков В.Д.

заведующий кафедрой органической химии и технологий, д-р хим. наук,
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Целью данной работы было получение композиционных полимерных пленок на основе полистирола с наноразмерными частицами серебра и исследование их фунгицидной активности по отношению к плесневым грибам. В результате проведенных исследований было установлено, что полученные композиционные пленки ингибируют рост мицелия ряда плесневых грибов, при этом наиболее сильный эффект проявляется по отношению к плесневому грибу *Mucor* sp.

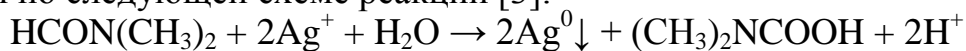
Ключевые слова: полистирол, пленки, наночастицы, серебро, композиционные материалы, фунгицидная активность, плесневые грибы.

В настоящее время актуальной задачей прикладной химии является разработка полимерных покрытий, обладающих широким спектром биоцидного действия, которые могут быть использованы для производства упаковочных материалов. Применение таких материалов позволит уменьшить степень микробиологической деструкции упакованных товаров и, тем самым, увеличить срок их хранения. Одним из способов придания биоцидных свойств полимерным материалам является введение в их состав наноразмерных частиц серебра, известных своей высокой биологической активностью [1]. При производстве упаковочных материалов для пищевых продуктов особый интерес представляет получение полимерных покрытий, обладающих фунгицидной активностью по отношению к плесневым грибам.

Ранее нами было установлено, что композиционные полимерные пленки на основе полистирола с наноразмерными частицами серебра обладают бактерицидной активностью по отношению к *B. subtilis* и *Pseudomonas* sp. [2]. Целью представленной работы было получение композиционных полимерных пленок из полистирола с наноразмерными частицами серебра, а так-

же исследование их микроструктуры и фунгицидной активности по отношению к некоторым плесневым грибам.

На первом этапе к раствору нитрата серебра в диметилформамиде добавляли навеску полистирола, после чего полученную суспензию перемешивали при температуре 50 °С до полного растворения полистирола. В процессе перемешивания происходило восстановление катионов серебра диметилформамидом по следующей схеме реакции [3]:



Композиционные пленки из полистирола с наночастицами серебра получали методом полива из раствора (растворитель удаляли при помощи высушивания под вакуумом). В результате были получены непрозрачные полимерные пленки красно-коричневого цвета (рис. 1а).

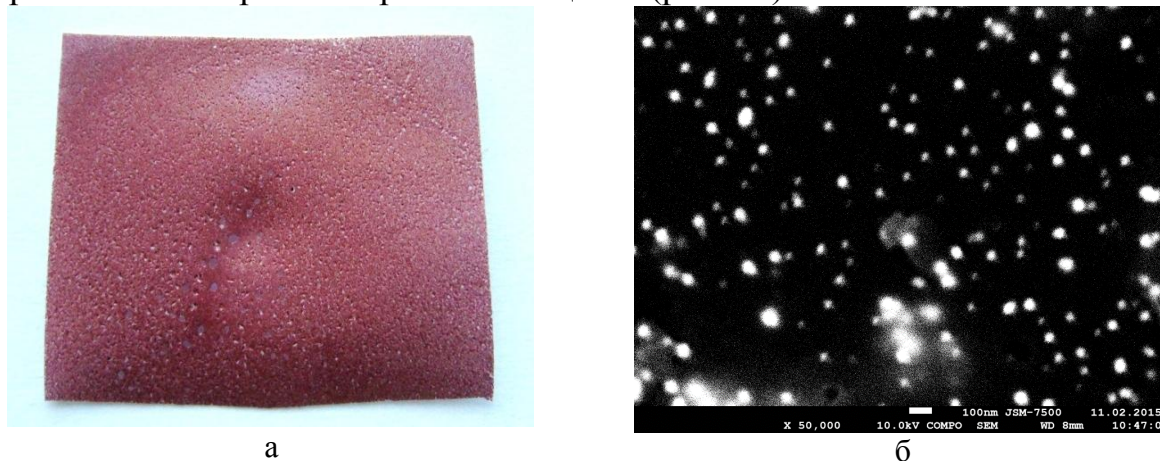


Рис. 1. Внешний вид (а) и микрофотография (б) полученной полистирольной пленки с наночастицами серебра

Микроструктуру полученных полистирольных пленок изучали при помощи сканирующего электронного микроскопа (рис. 1б). На представленной микрофотографии можно заметить большое количество изолированных наночастиц серебра, средний диаметр которых составляет 18 ± 8 нм, а также некоторое количество агломератов, содержащих в своем составе несколько наночастиц.

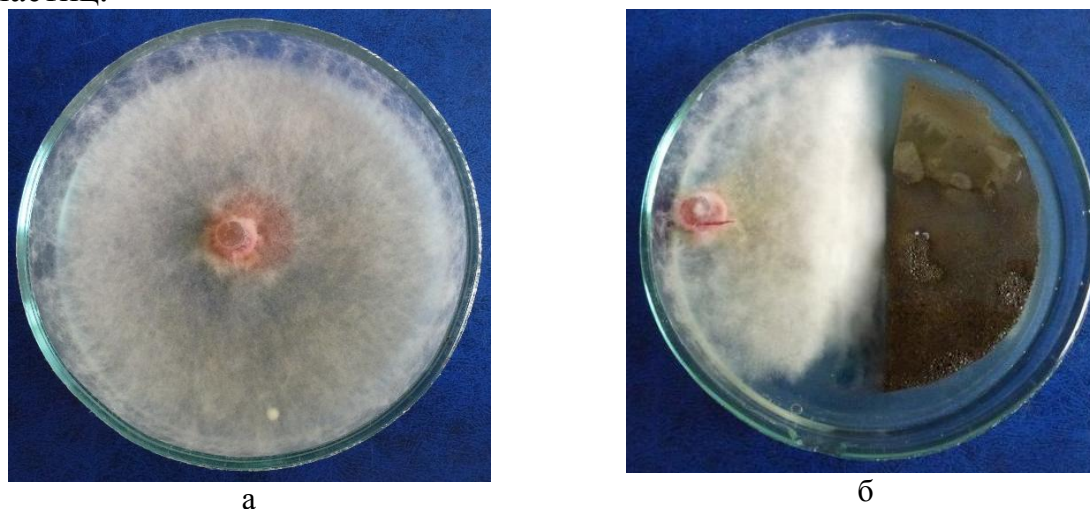


Рис. 2. Изучение фунгицидной активности полистирольной пленки с наночастицами серебра модифицированным методом двойных культур (тест-культура *Fusarium graminearum*): а – контрольный образец, б – исследуемая пленка

Для исследования фунгицидной активности полученных полимерных пленок с наночастицами серебра использовали модифицированный метод двойных культур (рис. 2). В стерильную чашку Петри вносили питательную среду Чапека, после чего в одну половину чашки вносили образец полученной полистирольной пленки с наночастицами серебра, а в другую – культуру плесневого гриба. Затем чашки помещали в хладотермостат на 7 суток для роста культур и, по истечении данного срока, измеряли диаметр мицелия плесневого гриба в исследуемой системе и контрольном образце.

Таблица

Фунгицидная активность полученных композиционных пленок из полистирола с наноразмерными частицами серебра

Плесневый гриб	Степень ингибирования роста мицелия, %
<i>Fusarium graminearum</i>	18,6
<i>Alternaria sp.</i>	8,3
<i>Mucor sp.</i>	47,7

В качестве тест-объектов использовали культуры плесневых грибов *Fusarium graminearum*, *Alternaria sp.* и *Mucor sp.* из рабочей коллекции микроорганизмов ВНИИБЗР. Как можно заметить, при росте культуры гриба поверхность исследуемой пленки не покрывается мицелием, что свидетельствует о наличии фунгицидной активности. Также проведенные исследования показали ингибирующий эффект, проявляемый полученными пленками на рост данных плесневых грибов, наиболее выраженный в случае культуры *Mucor sp.* (таблица).

Список литературы

1. Kozlova E.S., Nikiforova T.E. Incorporation of silver nanoparticles into a cellulose matrix for preparing package materials for foodstuffs // Russ. J. Appl. Chem. 2015. Vol. 88, Is. 4. P. 638-646.
2. Беспалов А.В., Авдеева Е.В., Стрелков В.Д., Асатурова А.М. Получение композиционных полимерных пленок на основе полистирола с наноразмерными частицами серебра и исследование их биологической активности // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3-1. С. 38-40.
3. Pastoriza-Santos I., Liz-Marzan M. Reduction of silver nanoparticles in DMF. Formation of monolayers and stable colloids // Pure Appl. Chem. 2000. Vol. 72, Is. 1-2. P. 83-90.

КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ПИРИДИНА НА ДИОКСИДЕ ЦЕРИЯ

Бреева Н.В.

научный сотрудник, канд. хим. наук,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, г. Москва

В статье рассмотрена кинетика адсорбции пиридина на диоксиде церия. Выявлено существование двух типов адсорбции «быстрой» (время адсорбции 1 час) и «медленной» (время адсорбции 24 часа). Быстрая адсорбция соответствует центрам, образующимся в результате потери кислорода в ходе термовакуумной обработки CeO_2 , и включают в себя

частично восстановленные катионы церия. Адсорбированные молекулы пиридина взаимодействуют с катионами церия с образованием координационной связи. Медленная, более слабая адсорбция, соответствует молекулам пиридина образовавшим с гидроксильными группами поверхности водородную связь.

Ключевые слова: диоксид церия, адсорбция пиридина.

Существует большое многообразие носителей катализаторов, применяемых в каталитических процессах, среди которых оксид алюминия, оксид циркония, диоксид титана, цеолиты, оксиды редкоземельных элементов – наиболее распространенные.

Подобно оксиду алюминия диоксид церия имеет как кислотные, так и основные поверхностные центры. Однако, CeO_2 относят к оксидам, характеризующимися основными свойствами, он является более основным, чем оксид алюминия, и, в первом приближении, подобен щелочноземельным оксидам.

Пиридин обладает свойствами основания. Наряду с другими основаниями (аммиак, амины) пиридин можно использовать для идентификации кислотных центров поверхности твердых катализаторов и адсорбентов.

Оксид церия был предоставлен кафедрой ТНВ РХТУ им. Д.И. Менделеева. Он готовился осаждением из раствора нитрата церия раствором карбоната аммония с последующей сушкой и прокаливанием на воздухе. Перед началом исследования порошок диоксида церия таблетировали. Удельная поверхность, измеренная низкотемпературной адсорбцией криптона составила $75 \text{ м}^2/\text{г}$. Методика измерения поверхности описана в работе [1, с.57]. Согласно рентгенофазовому анализу, выполненному на дифрактометре Дрон-2, диоксид церия представляет собой кубическую модификацию. Для изучения текстуры поверхности использовали сканирующий электронный микроскоп BS Tesla-440.

Электронная микроскопия поверхности диоксида церия представлена на рисунке 1. Видно, что образец CeO_2 состоит в основном из агрегатов неправильной, в основном округлой формы, средний размер частиц, которых – 12 мкм , а средний диаметр пор – $0,8 \text{ мкм}$.



Рис. 1. Электронная микроскопия образца CeO_2 (увеличение в 5000раз)

При изучении адсорбции пиридина использовали спектрофотометрический метод. Регистрировали спектр поглощения пиридина в УФ-области исходного раствора пиридина в октане и растворов адсорбционных систем. Адсорбция пиридина и спектры поглощения регистрировали при комнатной температуре.

Максимум поглощения лежит в области 252 нм (аналитическая полоса поглощения) и не смещается при варьировании концентрации пиридина (рис. 2).

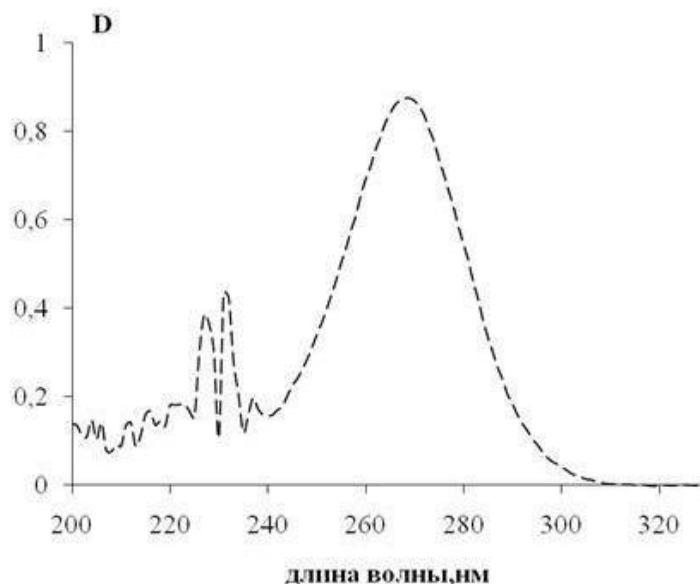


Рис. 2. Спектр адсорбции пиридина

Определение концентрации пиридина проводили по калибровочной зависимости оптической плотности раствора D от концентрации пиридина для длины волны $\lambda_{\max} = 252$ нм.

Количество адсорбата (гиббсовскую адсорбцию) рассчитывали по формуле

$$\Gamma = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m}$$

где C_0 – исходная концентрация пиридина;

C – равновесная концентрация пиридина;

V – объем раствора адсорбционной системы (4 мл);

m – масса образца (10 мг).

Концентрации пиридина рассчитывались в соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера:

$$D = E \cdot C \cdot x,$$

где $x = 1$ см (длина оптического пути);

E – молярный коэффициент поглощения пиридина в октане (экстинция), рассчитанная как коэффициент линейной регрессии $D = f(C)$ ($E = 2,37 \cdot 10^6$).

Для приготовления калибровочных и рабочих растворов был приготовлен раствор пиридина с исходной концентрацией, равной 0,3 мкмоль/л.: 6 мкл пиридина добавили в 200 мл растворителя (октана).

Порядок проведения адсорбционного опыта состоял в следующем: навески образцов (10 мг) заливали 4 мл раствора пиридина в октане с исходной концентрацией и регистрировали спектры поглощения адсорбционных систем через 10, 20, 30, 40, 50, 60 минут (опыт 1) и через 1 час 24 и 48 часов (опыт 2).

Предполагается, что «быстрая» адсорбция (время адсорбции – 1 ч.) характеризует «наиболее сильные» кислотные центры. При длительной адсорбции (24 ч.) предполагается, что адсорбция происходит на более «слабых» кислотных центрах.

Кинетические кривые представлены на рисунке 3 и 4.

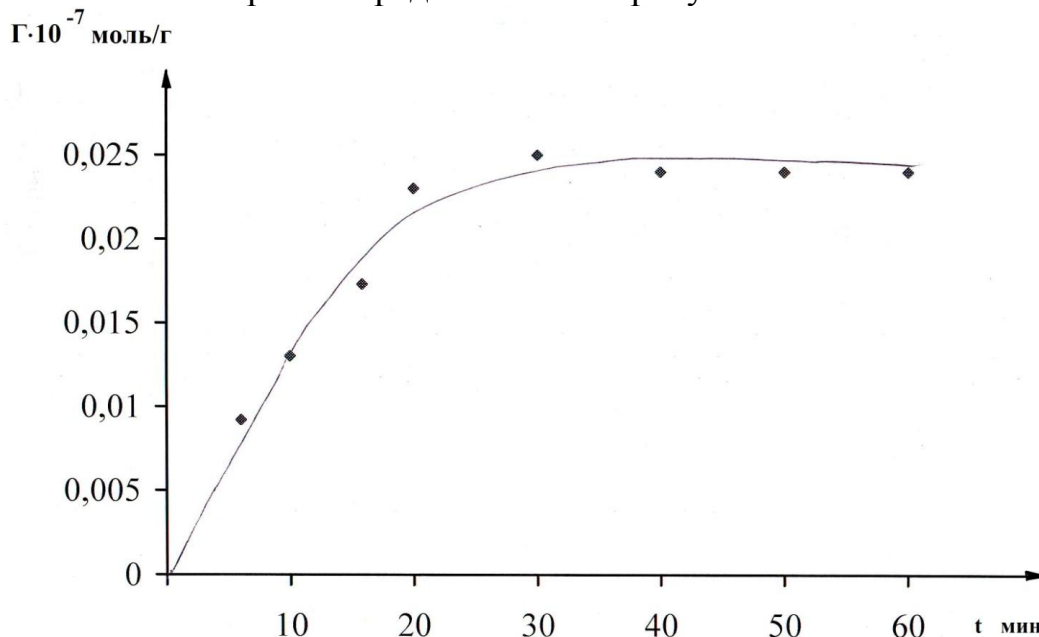


Рис. 3. Кинетическая кривая быстрой адсорбции пиридина

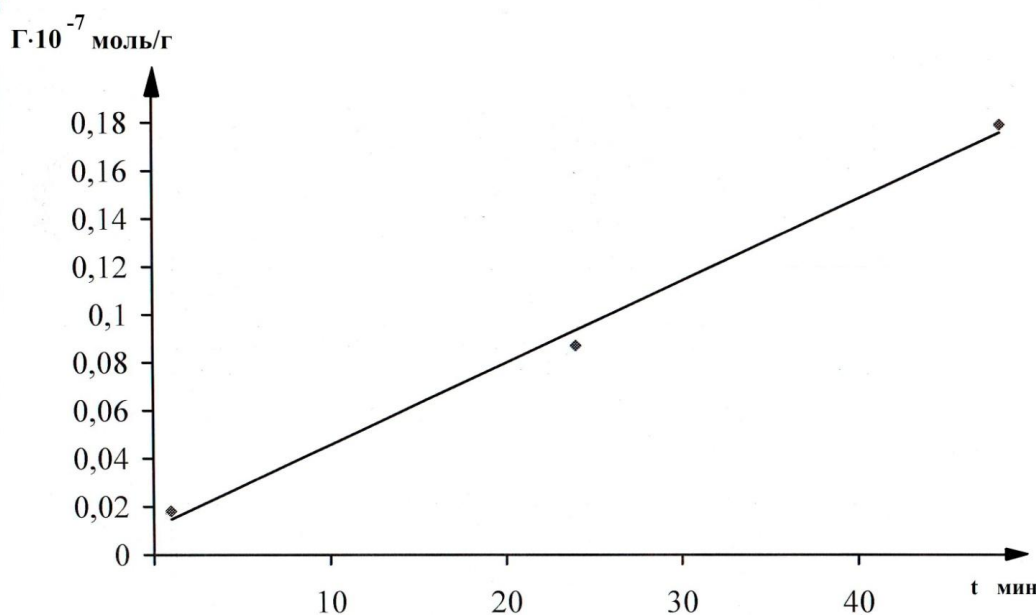


Рис. 4. Кинетическая кривая «медленной» адсорбции пиридина

Имеются два типа адсорбционных центров, ответственных за быструю (в течение 15 минут) адсорбцию и более медленную. Рассчитанная скорость

быстрой адсорбции составляет $7,6 \cdot 10^{20}$ молекул пиридина/см²с. Рассчитанная скорость медленной адсорбции составляет $7,6 \cdot 10^{18}$ молекул пиридина/см²с. Максимальное значение адсорбции равно $0,025 \cdot 10^7$ моль/г.

Пиридин, являясь более слабым основанием, по сравнению с аммиаком, реагирует только с сильными кислотными центрами поверхности. Быстрая адсорбция соответствует центрам, образующимся в результате потери кислорода в ходе термовакuumной обработки СеО₂, и включают в себя частично восстановленные катионы церия. Адсорбированные молекулы пиридина взаимодействуют с катионами церия с образованием координационной связи (центр Льюиса).

Медленная, более слабая адсорбция, соответствует молекулам пиридина образующих с гидроксильными группами поверхности водородную связь [2].

Список литературы

1. Бреева Н.В. Подбор катализатора реакции изотопного уравнивания в молекулах СО как стадии процесса получения ¹³С высокой концентрации методом низкотемпературной ректификации СО.: дис....канд.хим.наук. М., 2004. 197 с.
2. Киселев А.В., Лыгин В.И. Инфракрасные спектры поверхностных соединений. М.: Наука, 1972. 458 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАНЕСЕНИЯ 5-ГИДРОКСИ-6-МЕТИЛУРАЦИЛА НА ПОВЕРХНОСТЬ БРОМИРОВАННОГО ПОЛИСТИРОЛЬНОГО СОРБЕНТА

Гайнуллина Ю.Ю.

ассистент кафедры аналитической химии, к.х.н.,
Башкирский государственный университет, Россия, г. Уфа

Сухарева Д.А.

аспирант 1 года обучения, Башкирский государственный университет,
Россия, г. Уфа

Методом обращенной газовой хроматографии исследованы модифицированные 5-гидрокси-6-метилурацилом образцы бромированного пористого сополимера стирола и дивинилбензола различными способами. Рассчитаны значения удельных удерживаемых объемов, термодинамические характеристики адсорбции. Установлено, что при модифицировании 1% 5-гидрокси-6-метилурацила на поверхность бромированного полистирольного сорбента, появляются размерные эффекты на паре гексан-гептан, что свидетельствует об образовании на поверхности молекулярного «окна» размером около 9 Å. Полярность поверхности после модифицирования увеличивается за счет роста специфических взаимодействий. Однако, полярность поверхности сорбента с нанесенным на него 5-гидрокси-6-метилурацила за счет химической сшивки практически не меняется по сравнению с исходным. Размерные эффекты при таком нанесении не наблюдались.

Ключевые слова: адсорбция, обращенная газовая хроматография, полярность поверхности, 5-гидрокси-6-метилурацил.

Пористые полимерные сорбенты на основе стирола и дивинилбензола представляют собой широко распространенный класс сорбентов и применяются для очистки промышленных выбросов от токсичных веществ, концентрирования микропримесей из атмосферы и воды, также могут быть использованы в качестве ионообменных смол и неподвижных фаз в газ-адсорбционной хроматографии. Одним из таких сорбентов может быть полимер на основе бромированного полистирола SepabeadsSP-207. Ранее [1] было установлено, что бромирование ослабляет способность поверхности к специфическим π - π -взаимодействиям. Это приводит к снижению полярности поверхности относительно небромированного полимерного сорбента. Бромированный сополимер стирола и дивинилбензола имеет меньшую полярность, чем его небромированный аналог. К тому же, бромирование не приводит к существенному снижению вклада специфических взаимодействий в энергию адсорбции. Несмотря на значительную линейку разработанных пористых полимеров отсутствуют данные о неполярных пористых полимерах с гидрофобной поверхностью. Поэтому, было интересно исследовать свойства данного сорбента после нанесения на его поверхность модификатора различными способами.

ЭКСПЕРИМЕНТ

В качестве объекта исследования был выбран бромированный пористый сополимер стирола и дивинилбензола SepabeadsSP-207 с удельной поверхностью $650 \text{ м}^2/\text{г}$ и средним размером пор 105 \AA . Нанесение ГМУ на поверхность сорбента проводилось двумя способами (физическое модифицирование и химическая сшивка). Первый способ – это модифицирование 5-гидрокси-6-метилурацилом (ГМУ) из его водного раствора путём испарения растворителя при комнатной температуре. Второй способ – это химическая сшивка, которая была проведена нашими коллегами – органиками из ФГБОУ ВО БашГУ. Количество наносимого ГМУ составляло 1% от массы исходного сорбента. Полученные образцы сорбентов были изучены методом обращённой газовой хроматографии.

Исследование проводилось методом обращенной газовой хроматографии в режиме бесконечного разбавления, на хроматографе “Хром-5” с пламенно-ионизационным детектором на колонке $500 \times 3 \text{ мм}$ в диапазоне температур $130\text{--}200 \text{ }^\circ\text{C}$. Скорость газа-носителя азота составляла 60 мл/мин . В качестве тест-сорбатов были взяты вещества, способные к различным типам межмолекулярных взаимодействий. Пробы вводились в виде разбавленных паровоздушных смесей на пределе чувствительности детектора. Полученные в таких условиях значения удельных удерживаемых объёмов (V_g) будут равны константам адсорбционно-десорбционного равновесия – константам Генри.

Это позволяет рассчитать мольные изменения внутренней энергии ($-\Delta U$) и энтропии адсорбции ($-\Delta S$), кДж/моль и $\text{Дж/моль} \cdot \text{К}$ соответственно, из зависимости $\ln V_g$ от $1/T$:

$$\ln V_g = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta U}{RT} \quad (1)$$

Мольные изменения свободной энергии рассчитывались по формуле:

$$\Delta F = -RT \ln V_g \quad (2)$$

Полярность поверхности оценивалась методом линейного разложения энергии адсорбции по следующей формуле:

$$-\Delta F = K_1 \alpha_B + K_2 \left(\frac{2\mu_B^2}{3kT} + \alpha_B \right) + K_3 W_B^a + K_4 W_B^d + K_5 \quad (3)$$

где $K_1 - K_5$ – коэффициенты, характеризующие свойства поверхности сорбента, соответственно, дисперсионные, индукционные и ориентационные, электронодонорные и электроноакцепторные. Коэффициент K_5 также характеризует дисперсионные взаимодействия. α_B , μ_B , W_B^a , W_B^d – поляризуемость, дипольный момент, электроноакцепторная и электронодонорная постоянные сорбата, соответственно; k – константа Больцмана. Для каждого тест-сорбата составлялось уравнение, и система из 12 уравнений решалась методом линейного многофакторного регрессионного анализа с помощью программы Регрессия 2.3. Полярность измерялась как сумма вкладов специфических взаимодействий молекул адсорбата, отнесённая к числу молекул:

$$P = \frac{\sum (\Delta F_n^{\text{спец}} / \Delta F_n)}{n_{\text{сорбатов}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где $n_{\text{сорбатов}}$ – количество тест-сорбатов, применявшихся для построения системы уравнений (3).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В таблице 1 приведены значения удельных удерживаемых объемов на изучаемых образцах с 1% ГМУ. Как видно из таблицы при химическом нанесении ГМУ значения V_g значительно ниже.

Таблица 1

Значения удельных удерживаемых объемов на двух образцах с 1% ГМУ в диапазоне температур 170-190 °С

Адсорбаты	Модифицированный 1% ГМУ			Сшитый 1% ГМУ		
	170 °С	180 °С	190 °С	170 °С	180 °С	190 °С
Пентан	30	20	14	23	13	7,6
Гексан	59	41	30	37	26	19
Гептан	132	89	61	81	65	42
октан	326	326	132	263	153	100
Изооктан	171	120	94	134	82	58
Этанол	24	18	11	8	4	2
Пропанол	47	36	26	29	21	14
бутанол	118	89	62	81	45	28
Изобутанол	99	69	62	49	32	22
Изопентанол	245	151	106	124	87	51
бензол	83	60	42	52	32	23
толуол	162	120	92	145	82	42
пиридин	391	257	196	156	109	78

Анализ полученных данных (табл. 2) показывает, что при первом способе нанесения ГМУ на поверхность сорбента наблюдаются размерные эффекты на паре гексан-гептан ($-\Delta U$ гексана выше, чем у гептана). Ранее [2, 3] также были обнаружены размерные эффекты в гомологическом ряду алканов. При втором способе нанесения ГМУ молярные изменения внутренней энергии в ряду алканов растут с увеличением количества атомов углерода. Следовательно, размерных эффектов на данном образце не наблюдаются.

В таблицах 3, 4 приведены вклады межмолекулярных взаимодействий в ΔF . Заметно, что в случае первого способа нанесения ГМУ на поверхность исходного сорбента дисперсионные взаимодействия значительно падают по сравнению с исходным образцом [1]. Следовательно, полярность поверхности сорбента при таком нанесении увеличивается за счет роста специфических взаимодействий. Полярность равна 35%.

Однако, при втором способе нанесения ГМУ неспецифические взаимодействия практически не меняются по сравнению с исходным сорбентом. Полярность составляет 29%.

Таблица 2

Молярные изменения внутренней энергии ($-\Delta U$), кДж/моль и энтропии ($-\Delta S$), Дж/моль*К адсорбции и коэффициент линейной корреляции на изучаемых сорбентах

Адсорбаты	Модифицированный 1% ГМУ		Сшитый 1% ГМУ	
	$-\Delta U$, кДж/моль	$-\Delta S$, Дж/моль*К	$-\Delta U$, кДж/моль	$-\Delta S$, Дж/моль*К
Гексан	63	107	59	103
Гептан	59	94	64	105
Октан	57	83	78	130
Изо-октан	55	82	71	121
Этанол	68	127	92	186
Пропанол	54	88	66	116
Бутанол	57	81	89	133
Пентанол	61	91	82	141
Изопропанол	71	128	77	148
Изобутанол	69	118	62	108
Изопентанол	73	117	74	122
Трет-бутиловый спирт	55	90	83	159
Бензол	62	102	69	122
Толуол	56	86	91	164
Циклогексан	65	110	68	124
Этилацетат	73	127	63	116
Пиридин	62	92	66	107

Таблица 3

**Вклады межмолекулярных взаимодействий в ΔF , кДж/моль,
а также параметр P' для модифицированного сорбента**

Адсорбаты	Д	ИО	Э/Д	Э/А
Гексан	89	11	0	0
Гептан	89	11	0	0
Октан	89	11	0	0
Циклогексан	89	11	0	0
Бензол	79	9	0	12
Толуол	76	12	0	12
Этанол	39	25	36	0
Пропанол	44	23	33	0
Бутанол	48	23	33	0
Изопропанол	44	24	32	0
Изобутанол	48	22	29	0
Этилацетат	48	25	0	27
<i>P</i>	35			

Таблица 4

**Вклады межмолекулярных взаимодействий в ΔF , кДж/моль,
а также параметр P' для сшитого сорбента**

Адсорбаты	Д	ИО	Э/Д	Э/А
Гексан	92	8	0	0
Гептан	91	9	0	0
Октан	91	9	0	0
Циклогексан	92	8	0	0
Бензол	83	7	0	12
Толуол	80	10	0	12
Этанол	48	21	31	0
Пропанол	52	19	28	0
Бутанол	55	19	26	0
Изопропанол	52	20	27	0
Изобутанол	56	19	26	0
Этилацетат	54	21	0	25
<i>P</i>	29			

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, было установлено, что при первом способе нанесения ГМУ на поверхность бромированного полистирольного сорбента наблюдаются размерные эффекты в ряду *n*-алканов на паре гексан-гептан. Полярность поверхности при таком модифицировании увеличивается. При втором способе нанесения ГМУ размерных эффектов в ряду *n*-алканов нет. Полярность поверхности остается практически неизменной по сравнению с исходным сорбентом.

Список литературы

1. Гуськов В.Ю., Гайнуллина Ю.Ю., Кудашева Ф.Х. Термодинамические характеристики адсорбции органических молекул на поверхности бромированного полистирольного сорбента // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. № 2. С. 65-69.

2. Гуськов В.Ю., Гайнуллина Ю.Ю., Иванов С.П., Кудашева Ф.Х. Свойства поверхности модифицированного 5-фторурацилом пористого полимера по данным газовой хроматографии // Журнал физической химии. 2014. Т. 88. № 6. С. 1058-1062.

3. Гуськов В.Ю., Гайнуллина Ю.Ю., Иванов С.П., Кудашева Ф.Х. Модифицированные урацилом пористые полимерные сорбенты // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т. 50. № 1. С. 59-62.

ИССЛЕДОВАНИЯ СОРБЦИИ НА ДИСПЕРСНОМ КРЕМНЕЗЁМЕ – ОПОКЕ

Кондрашова А.В.

доцент кафедры «Микробиология, биотехнология и химия», канд. хим. наук,
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Россия, г. Саратов

В статье исследована сорбционная способность природного сорбента – опоки по отношению к ионам металлов: Cu(II), Co(II), Cd(II) в статическом режиме. Из изотерм адсорбции рассчитан коэффициент распределения K_d вышеназванных ионов металлов.

Ключевые слова: природный адсорбент – опока, изотермы, очистка сточных вод.

Вода – одно из самых ценных и природных богатств и незаменимых видов сырья. Используемая во всех отраслях народного хозяйства, вода обеспечивает их нормальное функционирование и возможность дальнейшего развития [1].

Сточные воды химических предприятий загрязнены различными веществами и примесями, в том числе ионами тяжёлых металлов, которые представляют большую опасность для биосферы и здоровья людей. В связи с этим актуальным является проблема очистки сточных вод. Так как многие примеси не извлекаются из воды механически, не нейтрализуются при биологической очистке, не удаляются коагуляцией, флотацией, отстаиванием, то поэтому вводят наиболее эффективный адсорбционный метод, который позволяет удалять загрязнения до требуемого уровня [2]. Достоинства этого метода: очистка до ПДК, возможность совместного удаления различных по природе примесей. Эффективность адсорбционной очистки достигает 80-95% и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и её доступности, от химического строения вещества и его состояния в растворе. При этом особое внимание уделяется сорбционным системам, где в качестве сорбентов используются природные минералы различного происхождения и структуры [3].

В настоящее время среди дисперсных кремнезёмов значительное место занимает природная опока, обладающая существенной адсорбционной способностью. Выбор объекта исследования обусловлен высокой прочностью при высокой пористости, достаточной механической прочностью, неразмокаемостью в воде, дешевизной, что делает экологически и экономически выгодным использование этого природного сорбента в процессах очистки сточных вод [4].

Адсорбционные исследования проводили на природном сорбенте – опоке. Сорбционная способность опоки по отношению к ионам Cu(II) , Co(II) , Cd(II) исследовалась в статическом режиме. Фракция природной опоки составляла 1-3 мм, её промывали дистиллированной водой до удаления взвешенных частиц и высушивали в сушильном шкафу при температуре 160°C .

Сорбция вышеуказанных ионов изучалась на природной опоке растворами следующих солей: CuSO_4 , $\text{Co(NO}_3)_2$, $\text{Cd(NO}_3)_2$. Масса образца составила 0,5 г, объём растворов солей – 50 мл.

У катионов металлов существует способность специфически адсорбироваться. Специфическая адсорбция является следствием образования донорно-акцепторной связи между катионом металла как акцептором электронной пары и активным центром поверхности как донором электронной пары.

Способность металла к такому виду адсорбции, т.е. возможность осуществления и свойства донорно-акцепторных связей с поверхностным $\equiv\text{SiO}^- (\equiv\text{SiOH})$ – лигандом и её характер определяются количеством и величиной энергетических уровней его валентных орбиталей.

Так как вступающий во взаимодействие «лиганд» является ионогенной группой поверхности кремнезёма, несущей большой суммарный заряд, то реакциям поверхностного комплексообразования предшествует возникновение ионных пар или внешнесферных комплексов.

Изотермы адсорбции ионов Cu^{2+} и Co^{2+} на дисперсном кремнезёме – опоке в зависимости от равновесной концентрации растворов, приведённые на рис., имеют выпуклый характер, что свидетельствует о её постоянной избирательности к сорбируемому иону. Вид изотерм адсорбции Cu(II) и Cd(II) соответствуют изотермам Лэнгмюра.

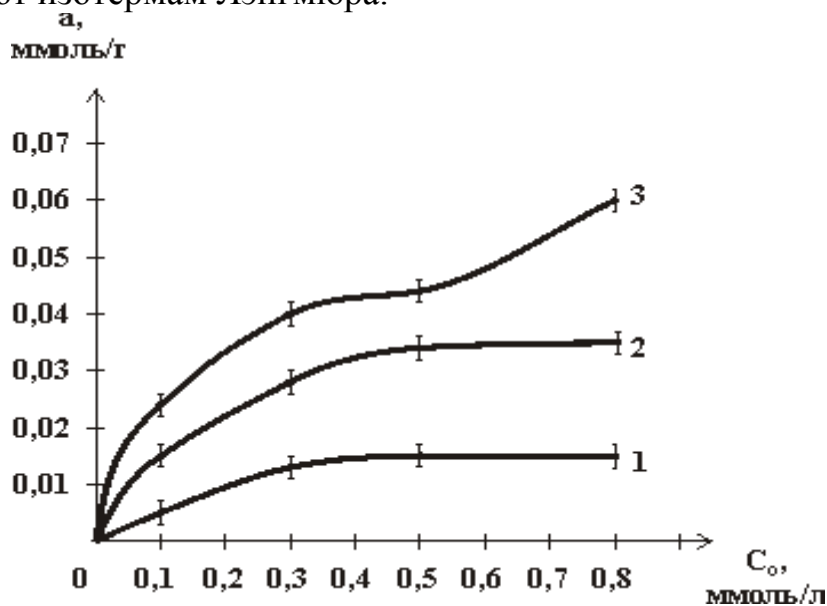


Рис. Изотермы адсорбции ионов металлов на опоке фракции 2 мм:
1 – Cd^{2+} ; 2 – Cu^{2+} ; 3 – Co^{2+}

Рассчитанные из изотермы адсорбции (рис., кривые 1 и 2) коэффициенты распределения K_d для ионов меди(II) и кадмия(II) невелики (для Cu^{2+} он составляет 0,03 г/л, а для иона кадмия – 0,01 г/л) (табл.). Однако эти величи-

ны позволяют судить о степени извлечения ионов в зависимости от сродства к кристаллической фазе опоки.

Из сравнения величин адсорбции ионов меди(II) и кадмия(II) на исследуемом сорбенте следует, что ион Cu^{2+} поглощается более селективно по сравнению с ионом Cd^{2+} . Такое различие связано с тем, что электростатическое поле иона кадмия слабее, чем у иона меди(II). Ион меди (II), образуя аквакомплексы (в отличие от иона кадмия), проникает в мелкие поры сорбента вследствие небольшого радиуса иона Cu^{2+} (0,70 Å) [5] и взаимодействует с электростатическим полем каркаса этого сорбента.

Таблица

Адсорбционные характеристики катионов металлов на опоке

Ионы металлов	a, моль/г	K_d , г/л	E, %
Co^{2+}	0,04±0,002	0,03±0,002	92
Cu^{2+}	0,03±0,002	0,02±0,002	62
Cd^{2+}	0,01±0,002	0,01±0,002	20

Как известно, медь расположена в конце I ряда переходных металлов периодической таблицы Д.И. Менделеева и в состоянии Cu^{2+} имеет $3d^9 4s^0$ -электронную конфигурацию, т. е. почти заполненный 3d-подуровень. Вместе с тем в водных растворах Cu (II) выступает довольно активным комплексообразователем и наряду с объёмными лигандами она способна координировать и поверхностные $\equiv\text{SiO}^-(\equiv\text{SiOH})$ -группы, т. е. специфически адсорбироваться.

Для иона Co^{2+} на природном сорбенте – опоке изотерма имеет S-образный характер, свидетельствующий о смещении равновесия с увеличением доли кобальта (II) в фазе опоки. Как видно из рис. (кривая 3), ионы Co^{2+} , в отличие от остальных ионов металлов, продемонстрировали наиболее сильную способность к специфическому взаимодействию с сорбентом

Рассчитанные на основе изотерм величина (K_d) и величина (a), уменьшаются в ряду: $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$ (рис., табл.).

Список литературы

1. Кондрашова А.В. Загрязнители водных сред / А.В. Кондрашова, И.О. Кулиш // Конференция по итогам научно-исследовательской и производственной работы студентов за 2007 год. – Саратов: ИЦ «Наука», 2008. – С. 94-96.
2. Кондрашова, А.В. Адсорбционные исследования природного сорбента – опоки / А.В. Кондрашова // VII Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в научной деятельности». – Москва: Научный центр «Олимп», 2015. – С. 727-730.
3. Кондрашова, А.В. Адсорбционные исследования природного сорбента / А.В. Кондрашова // Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий». – Саратов: ИЦ «Наука», 2015. – С. 74-80.
4. Никифоров И.А. Дисперсный кремнезём: сорбент и катализатор. Катализ в нефтехимии и экологии / И.А. Никифоров, Р.И. Кузьмина, А.В. Кондрашова // Саратов: СГАП, 1999. – С. 135-143.
5. Горонковский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии / Под ред. О.Д. Куриленко. – Киев: Наук. думка, 1974. 991 с.

СИНТЕТИЧЕСКИЙ СЕРПЕНТИНИТ

Смирнова О.А.

доцент кафедры химии, канд. хим. наук, доцент,
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, г. Саратов

Кривоногова А.В.

студентка IV курса, Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А., Россия, г. Саратов

Разработана методика синтеза искусственного серпентинита при взаимодействии силиката натрия и нитрата магния в водных растворах, представляющего собой слоистый двойной гидроксид, аналогичный по структуре с природными минералами группы серпентинов. В отличие от природных серпентинитов, синтетический серпентин не содержит абразивных включений, осложняющих его использование в качестве высокоэффективной атифрикционной добавки к смазкам, предназначенным для использования в тяжело нагруженных узлах машин и механизмов. Исследованы трибологические характеристики синтезированного серпентина.

Ключевые слова: серпентинит, трибологические свойства, смазочные композиции.

В настоящее время повышение износостойкости машин и механизмов продолжает оставаться актуальным. Известно, что качественная смазка служит одним из важнейших факторов, определяющих надёжность трибосопряжений. Одним из способов повышения срока службы машин, а также их узлов трения является введение в смазочные материалы различных добавок, улучшающих как трибологические свойства смазочной среды, так и свойства смазываемых поверхностей.

Установлено, что доступный природный материал – горную породу серпентинит – можно применять в качестве твердой смазки или добавлять его к смазочным маслам и пластичным смазкам в качестве присадки, улучшающей их эксплуатационные свойства [1]. Однако, свободных от примесей мономинеральных серпентиновых пород в природе не встречается. Состав и количество разнообразных примесей изменяется не только в пределах одного месторождения, но и в пределах очень малых объемов горных пород. В результате, природные серпентиниты, даже при надлежащем измельчении и обогащении содержат абразивные примеси (кварцевый песок, магнетит, пегматит, нефелины, пироксены), присутствие которых крайне нежелательно в стандартных смазках [2].

Именно поэтому разработка доступной технологии получения искусственного серпентинита, оказывающего положительное влияние как на трибологические характеристики смазочного материала, так и на структуру и свойства твёрдых поверхностей, участвующих в жёстких условиях трения, является актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

В результате работы были получены порошки серпентинита с частицами, имеющими слоистую структуру. Показано, что подобно структуре при-

родных минералов группы серпентинитов, наночастицы полученного продукта имеют слоистую чешуйчатую структуру.

Результаты трибологических испытаний показали, что модельные смазочные композиции на базе синтетического серпентина в процессе притирки способствуют значительному снижению величин момента силы трения (коэффициента трения) трущихся металлических поверхностей. Это связано с процессом формирования на поверхностях трения защитных металлокерамических пленок. Перед началом формирования на поверхности металла защитной пленки происходит ее шаржирование более твердыми частицами силиката натрия, остатки которого содержатся в составе дисперсии. Происходит запуск двух основных процессов: абразивного изнашивания (приработки) трущихся поверхностей и неустойчивого процесса формирования защитной керамической пленки. На начальных этапах действия антифрикционной добавки, момент силы трения смазочной композиции даже несколько превышает значения, характерные для чистого базового масла (рис.). Однако уже через 5-6 минут работы, момент силы трения начинает снижаться, достигая относительно стабильной величины через 45-55 минут.

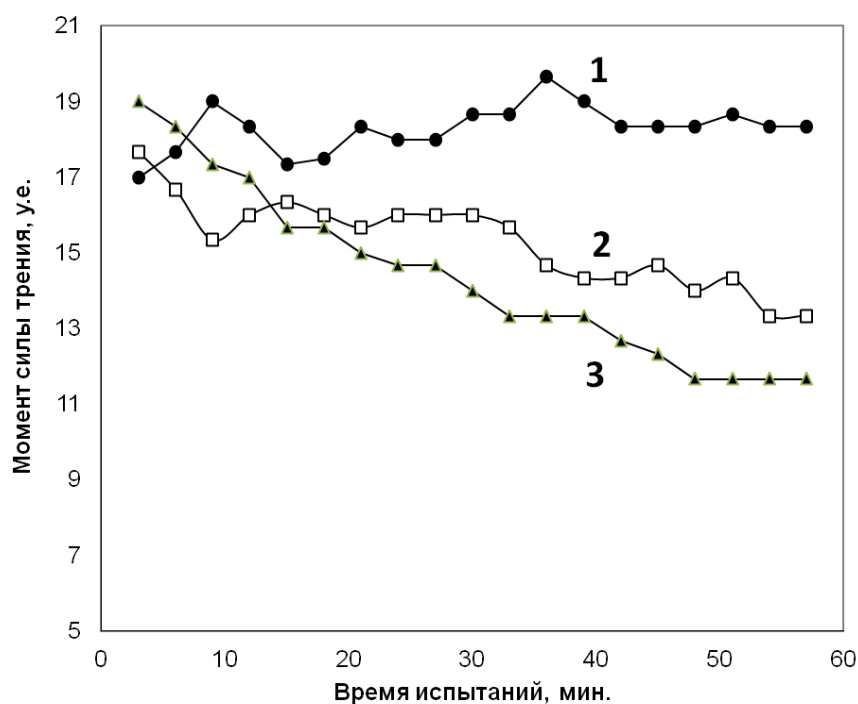


Рис. Кинетика изменения момента силы трения масла И-20 без антифрикционной добавки (1), а также в присутствии 3% добавки природного (2) и синтетического (3) серпентинита

Величина равновесного значения момента силы трения при использовании синтетического серпентинита на 15-20% ниже, чем при использовании его природного аналога. При этом формирование покрытия происходит за более короткие (на 15-20%) интервалы времени.

Список литературы

1. Yu Y., Gu J.L., Kang F.Y., Kong X.Q., Mo W. Surface restoration induced by lubricant additive of natural minerals // Appl. Surf. Sci. 2007. Vol. 253: P. 7549–53.
2. Телух Д.М., Кузьмин В.Н., Усачев В.В. Введение в природу использования слоистых гидросиликатов в трибосопряжениях // Интернет-журнал «Трение, износ, смазка». 2009. №3. www.74rif.ru/class-prisad.html.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЁННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Ямалетдинов Д.В.

студент-магистрант кафедры химии и экологии,
Набережночелнинский институт – Казанский (Приволжский) федеральный
университет, Россия, г. Набережные Челны

Маврин Г.В.

доцент, заведующий кафедрой химии и экологии, канд. хим. наук, доцент,
Набережночелнинский институт – Казанский (Приволжский) федеральный
университет, Россия, г. Набережные Челны

Сулейманов И.Ф.

ведущий инженер кафедры химии и экологии,
Набережночелнинский институт – Казанский (Приволжский) федеральный
университет, Россия, г. Набережные Челны

В статье анализируется оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха в городе Набережные Челны летучими органическими соединениями.

Ключевые слова: летучие органические соединения, атмосферный воздух, загрязненность.

Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов обусловлен эмиссией разнообразных веществ, неорганических и органических, от стационарных и передвижных источников. При этом всё более существенным является вклад в загрязнение атмосферы автотранспортных средств (АТС), значимая доля вредных выбросов которых приходится на летучие органические соединения (ЛОС) [2]. В то же время в выбросах стационарных источников нефтехимических и машиностроительных производств также нередким является присутствие широкого спектра ЛОС. Отдельные представители ЛОС являются токсичными и оказывают крайне неблагоприятное воздействие на здоровье жителей урбанизированных территорий [4].

В г. Набережные Челны основными источниками ЛОС в атмосферном воздухе могут рассматриваться АТС (более 200 тыс. единиц на 554 тыс. жителей), подразделения по производству автомобильной техники, а также предприятия нефтехимического комплекса соседнего Нижнекамска. С уче-

том данных обстоятельств пробы атмосферного воздуха отбирали по улицам с наибольшей интенсивностью автотранспортного движения, проспектам Сююмбике и Мира, переходящему в Набережночелнинский проспект, от противоположной окраины города в сторону г. Нижнекамска на протяжении 12 км.

Экспериментальная часть

Отбор проб атмосферного воздуха производили при помощи аспиратора в тедларовые пакеты. Пробы воздуха анализировали при помощи газового хроматографа ФГХ-1 [3].

Пробные площадки приведены на рис. 1.



Рис. 1. Точки отбора проб атмосферного воздуха в г. Набережные Челны

Результаты

Показатели качества атмосферного воздуха на пробных площадках в направлении от кафе "Уют" до юго-западной оконечности города по результатам количественного химического анализа некоторых кислородсодержащих ЛОС и ароматических углеводородов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели атмосферного воздуха на пробных площадках

№	Пробная площадка	Приоритетные ЗВ из числа ЛОС и H ₂ S	КИЗА ₅	Уровень загрязненности атм. воздуха
1	2	3	4	5
1	Кафе "Уют"	ацетон, этилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол, этанол	2,0	низкий
2	Пересечение проспекта Автозаводский и Мира	ацетон, этилацетат, изобутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	3,1	низкий
3	Пересечение проспекта Сююмбике и Автозаводский	ацетон, этанол, бутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	3,6	низкий

1	2	3	4	5
4	30 комплекс, разворот	этилацетат, этанол, изобутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	3,2	низкий
5	Пересечение проспекта Сююмбике и Вахитова	октан, ацетон, бутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	1,6	низкий
6	Пересечение проспекта Сююмбике и Хасана Туфана	этанол, изобутилацетат, бутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	2,1	низкий
7	Пересечение проспекта Мира и Беяева	ацетон, этилацетат, метилэтилкетон, аллиловый спирт, н-бутанол	5,1	повышенный
8	Пересечение проспекта Сююмбике и Беяева	этанол, изобутилацетат, бутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	3,4	низкий
9	Напротив ТЦ "Омега"	этилацетат, ацетон, этанол, аллиловый спирт, н-бутанол	6,0	повышенный
10	Пересечение проспекта Набережночелнинского и ул. Нариманова	ацетон, этанол, бензол, толуол, аллиловый спирт	6,2	повышенный
11	Проспект Мусы Джалиля, светофор возле "Детского Мира"	ацетон, этанол, изобутилацетат, аллиловый спирт, н-бутанол	6,7	повышенный
12	Автостанция	ацетон, этанол, бензол, аллиловый спирт, н-бутанол	8,3	высокий

Комплексный индекс загрязнения атмосферы КИЗА₅ рассчитан по нами установленным пяти приоритетным для каждой пробной площадки ЛОС без учета данных Росгидромета по городу согласно формуле [1]:

$$I_5 = \text{КИЗА}_5 = \sum_{i=1}^5 \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_{cc}} \right)^{\beta_i}$$

Уровень загрязнения атмосферного воздуха определяется в зависимости от значений показателей качества воздуха, данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от значений показателей качества воздуха

Уровень загрязнения атмосферного воздуха	КИЗА ₅	НП	СИ
Низкий	0–4	<10	<1
Повышенный	5–6	10–19	1–4
Высокий	7–13	20–50	5–10
Очень высокий	≥14	>50	>10

Изменение логарифма комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА₅) по коэффициенту концентрации пяти приоритетных ЛОС в направ-

лении от кафе "Уют" до автостанции г.Набережные Челны приведены на рис. 2.

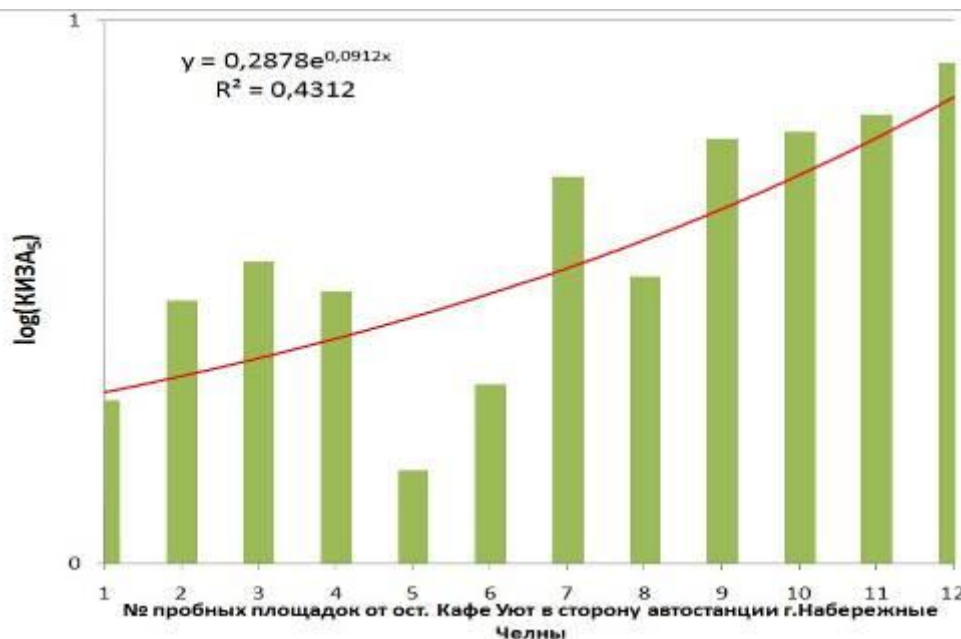


Рис. 2. Изменение логарифма комплексного индекса загрязнения атмосферы по коэффициенту концентрации пяти приоритетных ЛОС в направлении от кафе «Уют» до автостанции г. Набережные Челны

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в г.Набережные Челны по обнаруженным ЛОС, как повышенный и высокий, свидетельствует о необходимости включения, по крайней мере, обнаруживаемых нами ЛОС, в программу экологического мониторинга атмосферного воздуха города. Проявляющаяся тенденция увеличения КИЗА₅ (рис. 2) по ЛОС в направлении Нижнекамска указывает на вероятное распространение ЛОС по розе ветров от стационарных источников ЛОС нефтехимического производства в сторону г.Набережные Челны.

Список литературы

1. Какарека С.В. Оценка суммарного загрязнения атмосферного воздуха // Индексы качества атмосферного воздуха, Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, 2010. – 5 с.
2. Карпенков С.Х. Экология // Загрязнение окружающей среды, Логос, 2014 год, 400 с.
3. Хроматограф газовый портативный ФГХ-1, Руководство по эксплуатации // Устройство и работа хроматографа, Научно-производственная фирма Экан, Москва, 2014 г. – 28 с.
4. Чубик М. П. Введение в экологию человека // Влияние урбанизированной среды на человека – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 147 с.

СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»

ЛЕЧЕБНЫЕ РАСТЕНИЯ СЕМЕЙСТВА BERBERIDACEA

Баратова М.Р.

ст. преподаватель кафедры «Генетика, селекция и семеноводство с/х культур»,
канд. биол. наук, Андижанский сельскохозяйственный институт,
Узбекистан, г. Андижан

Рахимов А.Д.

ассистент кафедры «Генетика, селекция и семеноводство с/х культур»,
Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

Хасанова Р.А.

студентка 2-го курса факультета «Защита растений»,
Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

Баратова М.Э.

студентка 1-го курса, Андижанский медицинский колледж,
Узбекистан, г. Андижан

Целебные свойства барбариса были известны еще в далекой древности. Вавилоняне и индусы использовали ягоды в качестве средства, очищающего кровь (650-лет до нашей эры). Великий мыслитель Абу Али Ибн Сино (Авиценна) пишет, что ягоды барбариса (зирик или амур борис) бывают красные и круглые в долинах, черные и продолговатые – в песках или горах. Они в виде питья сильно гонят желчь", укрепляют печень, желудок и хорошо утоляют жажду, закрепляют и помогают от изъязвления кишок. Корень помогает от истечения крови из нижних частей тела. В виде лекарственной повязки помогает от горячих опухолей. В сочетании с корицей, медом и другими специями излечивает водянку, употребляются также и для открытия закупорок в печени.

Ключевые слова: алкалоид, берберин, фитотерапия, антимикробный эффект.

Применение и изучение растений семейства Berberidaceae связаны с наличием в них алкалоида берберина, содержание которого в различных видах барбариса колеблется от 11,5 до 9%. Перспективными в этом плане являются препараты растительного происхождения. Химики Андижанского медицинского института выделили и хорошо изучили физиологически активные вещества из барбариса, в частности берберин бисульфат [Каримов А.К., 1993; 1994]. Алкалоид берберин содержится в корнях и листьях барбариса (*Berberis vulgaris* L.) семейства Барбарисовых (*Berberidaceae*) и ряде других растений, принадлежащих к другим семействам (лютиковые, лунносемянниковые, рутовые). По химическому строению относится к производный изохинолина, является четвертичный аммониевым основанием. Применяется в качестве желчегонного средства при хроническом гепатите, гепатохолецистите, холецистите, желчно-каменной болезни [Каримов А.К., 1993; Машковский М.Д., 1995].

В настоящее время из исследованных видов рода *Berberis* L выделено более 20 алкалоидов.

Анализ литературных данных [2, 4] об использовании берберина в современной биологии и медицине свидетельствуют о том, что он является одним из наиболее широко применяемых в народной медицине природных алкалоидов. Синтетическим путем берберин пока не получен, однако широко используется в разработках по созданию продуктов химической модификации его молекул. Интерес к берберину обусловлен высокой способностью разных форм алкалоида, надежностью методов его выделения, анализа и идентификации, а также распространенностью в растениях различных семейств и наличия больших запасов сырья [1]. Из основных биологических свойств следует выделить желчегонный и антимикробный эффекты [3]. Не менее замечательна такая опыт фитотерапии европейской, китайской, тибетской и индийской медицины свидетельствует о неисчерпаемых возможностях комплексной фитотерапии. Поэтому весьма желательны попытки более широкого использования барбариса и его препаратов в многокомпонентных комплексах эффективных средств широкого спектра действия.

Наиболее тяжелой формой – хроническим вирусным гепатитом болеет 5% населения земного шара; они же является одной из основных причин цирроза и карциномм печени и занимает 9 место среди причины смерти. заметно опережая даже СПИД [Шерлок Ш., 1999; Т.М.Игнатова и соавт., 2001; Майер К.М., 2001]. В последнее время отмечается превалирование сравнительно вялотекущих форм гепатитов [Шерлок Ш., 1999]. Развивающийся при данной патологии дисбаланс в системе иммунитета способствует активизации провоспалительных цитокинов и деструктивных процессов в гепатоцитах [Ивашкин В.Т., 1998; 2002]. Всё это диктует необходимость поиска целенаправленных средств профилактики и лечения вирусных гепатитов.

Список литературы

1. Майер К.П. Гепатит и последствия гепатита. – Москва, 2001. С. 423.
2. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Медицина, 1985. С. 479.
3. Каримов А.К. Алкалоиды *Berberis* L. Итоги исследования алкалоидных растений. Ташкент. «Фан», 1993, С. 206.
4. Каримов Х.Я., Иноятова Ф.Х.Окислительные процессы в печени при токсических поражениях А \ Справочник-путеводитель. Гэотар, 2000. – С. 50.

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УХОДА ЗА РОТОВОЙ ПОЛОСТЬЮ ДЕВУШКАМИ

Кадочникова Н.И.

доцент кафедры медико-биологических дисциплин, канд. биол. наук, доцент,
Вятский государственный университет, Россия, г. Киров

В статье рассматривается вопрос о некоторых гигиенических аспектах ухода за ротовой полостью и ее состоянии у девушек, имеющих разную длительность менструально-

го цикла. Полученные результаты свидетельствуют, что с увеличением продолжительности менструального цикла сопровождается ухудшением общего состояния ротовой полости, при практически равных условиях ее гигиены.

Ключевые слова: гигиена, здоровье, менструальный цикл, ротовая полость, девушки.

Известно, что основу репродуктивной системы женщин составляет фолликулогенез, внешним проявлением которого является менструальный цикл (МЦ), предназначенный для реализации репродуктивной функции. Считается, что у каждой женщины длительность МЦ генетически детерминирована и стабильна в репродуктивный период, хотя в популяции она колеблется в норме от 21 до 34-35 дней [1, 2, 12]. Показано [3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14], что девушки с разной длительностью МЦ отличаются между собой по морфологическим и физиологическим признакам.

Цель работы: изучить некоторые гигиенические аспекты ухода за ротовой полостью девушками.

Объект и методы исследования. Обследовано 933 девушки в возрасте 17-19 лет, обучавшихся на первых курсах вузов г. Кирова. При анализе результатов исследования все девушки были разделены на 4 группы: группа 1 включала девушек с антепонирующим циклом (21-24 дня), группа 2 – с нормопонирующим циклом (25-29 дней), группа 3 – с постпонирующим циклом (30-34 дня) и группа 4 – с пролонгированным циклом (35 и более дней). В соответствии с данными литературы [1, 4], группы 1, 2 и 3 следует рассматривать как девушек с нормальным по продолжительности менструальным циклом, а группу 4 – отклонение по продолжительности менструального цикла. Состояние ротовой полости и ее гигиену оценивали методом анкетирования, при котором учитывали частоту чистки зубов, регулярность чистки зубов после приема пищи, использование жевательной резинки после еды, состояние зубов и количество удаленных зубов. Все полученные результаты подвергнуты статистической обработке.

Результаты исследования. Сравнительный анализ полученных результатов (табл.) свидетельствует, что в группе 1, 2 и 3 достоверно больший процент девушек чистят зубы ежедневно 2 раза в день и меньший процент соответственно 1 раз в день (группа 1 – 75,86% против 24,14%, $p < 0,05$; группа 2 – 71,79% против 28,21%, $p < 0,05$; группа 3 – 75,00% против 22,22%, $p < 0,05$). В группе 4 эти показатели не имели достоверных отличий. Однако общая тенденция сохраняется. Межгрупповой сравнительный анализ достоверных отличий не выявил.

Уход за зубами после приема пищи осуществляли в группе 1 – 72,41% девушек, в группе 2 – 71,79%, в группе 3 – 66,67% и в группе 4 – 83,33% соответственно. Из них в группе 1 регулярно чистили зубы после приема пищи 10,34% и иногда – 62,07% ($p < 0,05$), в группе 2 – 9,40% и 62,39% ($p < 0,05$), в группе 3 – 16,67% и 50,00% ($p < 0,05$) и в группе 4 – 0,00% и 83,33% ($p < 0,05$). Межгрупповой анализ выявил, что достоверно больше девушек с нормопонирующим и постпонирующим циклом осуществляют уход за зубами регулярно после приема пищи, чем с пролонгированным.

Используют жевательную резинку после приема пищи в группе 1 – 79,33% девушек, в группе 2 – 64,96%, в группе 3 – 75,00% и в группе 4 – 66,67%. Из них в группе 1 регулярно – 17,24% и иногда – 62,07% ($p<0,05$), в группе 2 – 3,42% и 61,54% ($p<0,05$), в группе 3 – 8,33% и 66,67% ($p<0,05$) и в группе 4 – 0,00% и 66,67% ($p<0,05$). Межгрупповой анализ выявил, что достоверно больше девушек с антепонирующим и нормпонирующим циклом используют жевательную резинку регулярно после приема пищи для очищения ротовой полости, чем девушки с пролонгированным циклом.

В целом, в группе 4 достоверно меньше девушек, имеют все зубы здоровыми (0,00% против 20,69% в группе 1, 16,24% – в группе 2 и 16,67% – в группе 3, $p<0,05$). Большинство девушек с антепонирующим циклом имеют 1-2 залеченных зуба (34,48%) и 1-2 удаленных зуба (20,69%). Девушки с нормпонирующим циклом большинство имеют 3-4 залеченных зуба (40,17%) и 1-2 удаленных зуба (23,08%). Девушки с постпонирующим циклом большинство имеют 3-4 залеченных зуба (44,44%) и 1-2 удаленных зуба (25,00%). Девушки с пролонгированным циклом большинство имеют 5 и более залеченных зубов (50,00%) и 1-2 удаленных зуба (16,67%).

Таблица

Некоторые гигиенические аспекты ухода за ротовой полостью девушками с учетом их длительности менструального цикла

Параметры n = 933	МЦ 21-24 n = 29 (1)	МЦ 25-29 n = 117 (2)	Д	МЦ 30-34 n = 36 (3)	Д	МЦ более 35 n = 6 (4)	Д
	M±m	M±m		M±m		M±m	
1	2	3	4	5	6	7	8
Уход за ротовой полостью							
Девушки, чистящие зубы ежедневно, %	100,00±0,00	100,00±0,00	-	100,00±0,00	-	100,00±0,00	-
* два раза, %	75,86±7,95	71,79±4,16	-	75,00±7,22	-	66,67±19,24	-
* один раз, %	24,14±7,95	28,21±4,16	-	22,22±6,93	-	33,33±19,24	-
Д	p<0,05	p<0,05		p<0,05		p>0,05	
Уход за зубами после приема пищи							
Девушки, чистящие зубы после приема пищи, %	72,41±8,30	71,79±4,16	-	66,67±7,86	-	83,33±15,22	-
* регулярно, %	10,34±5,65	9,40±2,70	-	16,67±6,21	-	0,00±0,00	2,3
* иногда, %	62,07±9,01	62,39±4,48	-	50,00±8,33	-	83,33±15,22	-
Д	p<0,05	p<0,05		p<0,05		p<0,05	
Использование жевательной резинки после еды							
Девушки, употребляющие жевательную резинку после приема пищи, %	79,33±7,52	64,96±4,41	-	75,00±7,22	-	66,67±19,24	-
* регулярно, %	17,24±7,01	3,42±1,68	-	8,33±4,61	-	0,00±0,00	1,2
* иногда, %	62,07±9,01	61,54±4,50	-	66,67±7,86	-	66,67±19,24	-
Д	p<0,05	p<0,05		p<0,05		p<0,05	
Состояние зубов							
Девушки, имеющие все зубы здоровыми, %	20,69±7,52	16,24±3,41	-	16,67±6,21	-	0,00±0,00	1,2,3

1	2	3	4	5	6	7	8
Девушки, имеющие 1 – 2 залеченных зуба, %	34,48±8,83	23,08±3,90	-	25,00±7,22	-	33,33±19,24	-
Девушки, имеющие 3 – 4 залеченных зуба, %	27,59±8,30	40,17±4,53	-	44,44±8,28	-	16,67±15,22	-
Девушки, имеющие 5 и более залеченных зубов, %	17,24±7,01	20,51±3,73	-	13,89±5,76	-	50,00±20,41	-
Количество удаленных зубов							
Девушки имеющие удаленные зубы, %	20,69±7,52	25,64±4,04	-	30,56±7,68	-	16,67±15,22	
* 1 – 2 зуба, %	20,69±7,52	23,08±3,90	-	25,00±7,22	-	16,67±15,22	-
* 3 – 4 зуба, %	0,00±0,00	2,56±1,46	-	2,78±2,74	-	0,00±0,00	-
* 5 и более зубов, %	0,00±0,00	0,00±0,00	-	2,78±2,74	-	0,00±0,00	-

Таким образом, полученные нами результаты позволяют сделать вывод о том, что с увеличением продолжительности менструального цикла (в интервале от 21 до 35 и более) сопровождается ухудшением общего состояния ротовой полости, при практически равных условиях ее гигиены девушками с разной длительность менструального цикла.

Список литературы

1. Агаджанян, Н.А. и др. Хроноструктура репродуктивной функции / Н.А. Агаджанян, И.В. Радыш, С.И. Краюшкин. М.: Крук, 1998. 248 с.
2. Айламазян, Э.К. и др. Окружающая среда и репродуктивная функция женщин / Э.К. Айламазян, Т.В. Беляева, Е.Г. Виноградова, И.А. Шутова // Эколого-физиологические проблемы адаптации: Материалы VIII международного симпозиума. М., 1998. С. 11.
3. Богатырев, В.С. и др. Антропометрические и физиометрические подходы в оценке репродуктивного здоровья девушек / В.С. Богатырев, В.И. Циркин. Киров: изд-во ВГПУ, 1999. 218 с.
4. Гуркин, Ю.А. Гинекология подростков: Руководство для врачей. СПб.: Фолиант, 2000. 574 с.
5. De Sanjose, S. и др. Cancer de mama y herencia: Resultados de un estudio poblacional de casos y controles en Girona (Пак молочной железы и наследственность. Результаты сравнительного эпидемиологического исследования в городе Херона) / De Sanjose Silvia, Viladiu Pau, Cordon Ferran, Vilardell Loreto, Marcos Rafael, Izquierdo Angel // Med. clin. 1998. № 10. С. 370-372.
6. Кадочникова, Н.И. и др. Некоторые социальные аспекты репродуктивного здоровья девушек Кировской области / Н.И. Кадочникова, В.С. Богатырев, С.А. Дворянский, Е.В. Свинач, В.И. Циркин // Гигиена, экология и репродуктивное здоровье подростков. М-лы международной научн.-практ. конф. Пермь, 1999. С. 271.
7. Кадочникова, Н.И. и др. Состояние менструального цикла в зависимости от соматотипа и места проживания / Н.И. Кадочникова, В.С. Богатырев, Е.В. Свинач, В.И. Циркин // Хроноструктура и хроноэкология репродуктивной функции: мат-лы I междунар. конф. М.: Изд-во РУДН, 2000. С. 173.
8. Кадочникова, Н.И. Физиологические особенности девушек 17-19 лет с разной длительностью менструального цикла // Дисс. ... канд. биол. наук. Киров: Изд-во ВГГУ, 2003. 158 с.

9. Kirchengast, S. Lum Einflub der Korperform auf den Menstruations-zyklus // Zbl. Gynakol. 1993. vol. 115, № 4. S. 157-162.
10. Kotoujansky, J. и др. La duree de gestation estelle un multiple d'un cycle fondamental? (Является ли продолжительность беременности кратной основному циклу?) / J. Kotoujansky, G. Hedelin, B. Canguilhem // Rev. fr. gynecol. et obstet. 1995 № 11. С. 486-493.
11. Ушакова, Г.А. Прогноз репродуктивной функции в связи с некоторыми особенностями становления менструального цикла // Вопр. охр. мат. и дет. 1980. № 6. С. 65-68.
12. Сметник, В.П. и др. Неоперативная гинекология: Руководство для врачей / В.П. Сметник, Л.Г. Тумилович. СПб.: Сотис, 1995. Книга. 1. 223 с; Книга 2. 200 с.
13. Hajn, V. и др. Nastup menarche u zen ze Sumperka / Hajn Vaclav, Klementa Jossef // Acta Univ. palack. olomuc. fac. rerum natur. Biol. 1988. № 5. С. 45-55.
14. Harlaw, S. и др. Эстрогенный профиль у женщин с длинной фолликулярной фазой // Проблемы репродукции. 2000. № 2. С. 43.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРОПУНКТУРЫ НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

Никитенко Е.В.

аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт
овцеводства и козоводства, Россия, г. Ставрополь

Шумаенко С.Н.

ведущий научный сотрудник отдела овцеводства, канд. с.-х. наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства
и козоводства, Россия, г. Ставрополь

Скорых Л.Н.

ведущий научный сотрудник отдела овцеводства, д-р биол. наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства
и козоводства, Россия, г. Ставрополь

Коваленко Д.В.

старший научный сотрудник отдела овцеводства, канд. биол. наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства
и козоводства, Россия, г. Ставрополь

Изучены показатели естественной резистентности у молодняка овец в постнатальном онтогенезе при воздействии лазеропунктуры и выявлены защитные способности их организма.

Ключевые слова: естественная резистентность, овцы, лазеропунктура.

Среди методов, дающих возможность объективной оценки интерьерных показателей и позволяющих судить о состоянии здоровья организма, более значимое место отводится исследованию крови [1, 4, 5, 6]. Одним из факторов, наиболее полно раскрывающих состояние защитных механизмов ор-

ганизма, являются показатели естественной резистентности: бактерицидная активность сыворотки крови, лизоцимная активность сыворотки крови, – определяющие гуморальное звено неспецифического иммунитета; фагоцитарная активность крови – естественная защита организма [2, 3].

Для определения влияния лазеропунктуры на формирование неспецифической резистентности молодняка овец в период окотной кампании были сформированы 3 группы опытных животных, по 10 голов в каждой: I группа – контрольная без применения облучения; II группа – однократное облучение в 2-месячном возрасте; III группа – двукратное облучение с интервалом в один месяц (2 и 3 месяца). Воздействие лазеропунктуры осуществляли на нервный центр, расположенный в области первого грудного позвонка и отвечающий за иннервацию тимуса, при раздражении которого происходит активация функции тимуса. Продолжительность экспозиции на область составляла одну минуту. В нашей работе применялся аппарат марки СТП низкоинтенсивного лазерного излучения ближнего инфракрасного спектра. Научно-производственный эксперимент проводился на базе СПК «Новомарьевский» Шпаковского района Ставропольского края. Показатели резистентности (бактерицидная – БАСК, лизоцимная – ЛАСК, фагоцитарная активность – ФАК) определяли у молодняка овец (n=10) в возрасте 2, 3 и 4,5 месяца, из каждой группы отбирали пробы крови до кормления, используя при этом общепринятые методы анализа.

Оценка защитного потенциала подопытных животных выявила ряд особенностей, обусловленных не только зрелостью организма на различных этапах онтогенеза, но, на наш взгляд, и определенным влиянием лазеропунктуры, выразившимся в низком уровне как гуморальных, так и клеточных факторов естественной резистентности в ранний постнатальный период (2 месяца) и постепенном нарастании изучаемых факторов естественной защиты в последующие возрастные периоды, достигшие максимума к 4,5-месячному возрасту. Установлено, что во все периоды наблюдений показатели клеточного иммунитета (фагоцитарная активность лейкоцитов) у опытных животных (II и III группы) были выше и к 4,5-месячному возрасту достигали 15,5-21,7%, гуморального иммунитета (БАСК, ЛАСК) – 6,8-15,1 и 6,3-15,0% в сравнении с уровнем резистентности молодняка контрольной группы.

Проведенные исследования по изучению иммунной реактивности у молодняка овец во все периоды постнатального онтогенеза свидетельствуют о более развитых факторах естественной защиты, происходящих в организме ягнят опытных групп при применении лазеропунктуры. При этом необходимо отметить, что амплитуда выявленных изменений не выходила за пределы физиологической нормы. Среди опытных групп ягнят показатели гуморального и клеточного иммунитета были ярче выражены у животных, подвергнутых двукратному воздействию лазеропунктуры в области тимуса.

**Уровень естественной резистентности молодняка овец
при воздействии лазеропунктуры, %**

Показатель	Возрастные периоды, мес.	Группа животных		
		I (контроль)	II	III
Лизоцимная активность сыворотки крови	2 месяца	23,5	27,8	28,0
	3 месяцев	24,4	30,3	33,6
	4,5 месяцев	27,5	33,8	42,5
Бактерицидная активность сыворотки крови	2 месяца	33,7	38,8	39,1
	3 месяцев	35,5	40,4	43,8
	4,5 месяцев	37,6	44,4	52,7
Фагоцитарная активность лейкоцитов	2 месяца	22,0	27,6	30,6
	3 месяцев	23,6	37,4	42,0
	4,5 месяцев	26,9	42,4	48,6

Список литературы

1. Айбазов А.-М., Аксенова П.В., Коваленко Д.В. Биотехнологические методы и приемы интенсификации воспроизводства овец и коз // Овцы, козы, шерстяное дело. 2013. № 2. С. 35.
2. Скорых Л.Н., Абонеев Д.В. Показатели естественной резистентности овец разных вариантов подбора // Аграрная наука. 2011. № 12. С. 21-24.
3. Ефимова Н.И., Абонеев В.В., Скорых Л.Н., Копылов И.А., Киц Е.А. Гематологический профиль, иммунная реактивность потомков от производителей импортной селекции // Ветеринарная патология. 2014. № 1 (47). С. 66-71.
4. Коник Н.В. Пути повышения продуктивности овец ставропольской породы // Аграрная наука. 2010. № 10. С. 26-30.
5. Пелиховская Т.Н., Омаров А.А., Скорых Л.Н. Влияние аэроионизации на качество шерсти овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2011. № 1. С. 41-43.
6. Ольховская Л.В., Силкина С.Ф., Марутянц Н.Г., Шумаенко С.Н., Скокова А.В. Закономерности наследования высокой продуктивности овец по генетическим параметрам крови // Ветеринарная патология. 2013. № 1 (43). С. 68-70.

**ИЗУЧЕНИЕ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ
ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ МЕТОДОМ БИОМАРКЕРОВ**

Печкин А.С.

ст. научный сотрудник, заведующий сектором биологических исследований,
Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа
«Научный центр изучения Арктики», Россия, г. Надым

Кобелев В.О.

научный сотрудник, заведующий сектором экологических исследований,
Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа
«Научный центр изучения Арктики», Россия, г. Надым

Печкина Ю.А.

научный сотрудник, Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики»,
Россия, г. Надым

Красненко А.С.

научный сотрудник, канд. биол. наук, Государственное казенное учреждение
Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики»,
Россия, г. Надым

Исследования мощности экспозиционной дозы фотонного излучения и плотности потока бета-частиц в стадах северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) на территории полуострова Ямал. Установлены и показаны источники ионизирующего излучения на конкретном стаде, кочующем в определенном месте.

Ключевые слова: Северный олень (*Rangifer tarandus* L.), мощность экспозиционной дозы фотонного излучения, плотность потока бета-частиц, полуостров Ямал.

Радиационная обстановка на территории Ямало-Ненецкого автономного округа в 2003 году оценивалась, как удовлетворительная. Уровень внешнего гамма-излучения по округу составляла 10,6 мкР/ч, что не превышала установленного контрольного уровня для данной территории 15 мкР/ч. [1, 2].

Внимание к радиационной обстановке на полуострове Ямал связано прежде всего с его географическим положением, особенностью климатических факторов, особенностью экономической деятельности в районе и близостью к Новоземельскому полигону испытаний ядерного оружия, проводимые в Советский период [3]. Возможное изменение, также может быть вызванное завозом радиоактивных материалов и поступлением их из недр, в условиях современного освоения газоконденсатных месторождений полуострова [3]. Дополнительными и немаловажными исследованиями являются изучение возможности миграции и накопления радионуклидов не только в депонирующих средах, но и животном сырье (северном олене). В настоящее время северных оленей (*Rangifer tarandus* L.) ненецкой породы насчитывается свыше 300 тыс. голов. Это многочисленная однотипная группа животных, средней (по сравнению с другими породами) величины, крепкого телосложения, в основном, бурой масти [4, 5].

Исследования в этом направлении проводились группой екатеринбургских ученых в 1990 г. Во время исследований были предприняты достаточно крупные изыскания в ряде пунктов Ямала, включавшие определение доз внешнего гамма-излучения и концентраций радионуклидов в различных компонентах биоты и организме людей [2]. Их результаты показали, что фоновое внешнее гамма-излучение открытых ландшафтов полуострова находится в пределах 10-16 мкР/ч на поверхности и 8-17 мкР/ч на высоте 1 м, что в целом не превышает средних значений по стране. Во время исследований, был сделан вывод об отсутствии заметного влияния техногенного и глобального загрязнения почв на дозу внешнего облучения местного населения [1].

На данный момент, радиологическая обстановка на Ямале является одним из важных показателей при изучении экологической обстановки в Ямало-Ненецком автономном округе.

Целью нашей работы было изучение радиологической обстановки п-ова Ямал методом биомаркеров (шерсти диких северных оленей (*Rangifer tarandus* L.)).

Материалы и методы исследования. Полуостров Ямал расположен на Севере Западной Сибири, входит в состав Ямало-Ненецкого автономного округа. Полуостров омывается с запада Карским морем (Байдарацкая губа), с восточной стороны, Обской Губой. Рельеф ровный, перепады высот не превышают 90 м. Средняя высота полуострова около 50-ти метров. Длина полуострова 700 км, ширина до 240 км.

Мы проводили измерение мощности амбиентной дозы фотонного излучения при помощи «Дозиметра-Радиометра ДРГБ-01-«ЭКС-1» в шерсти дикого северного оленя (*Rangifer tarandus* L.), стад обитающих на полуострове Ямал (рис.). Данная методика удобна тем, что при исследовании необходимо небольшое количество шерсти (25 грамм с одной особи); шерсть, в отличие от внутренних органов, ежегодно обновляется (линька у оленя продолжается с конца марта по начала июня), в результате чего, накопление изучаемых веществ, происходит в один сезон (год), а не в течение всей жизни, как во внутренних органах.

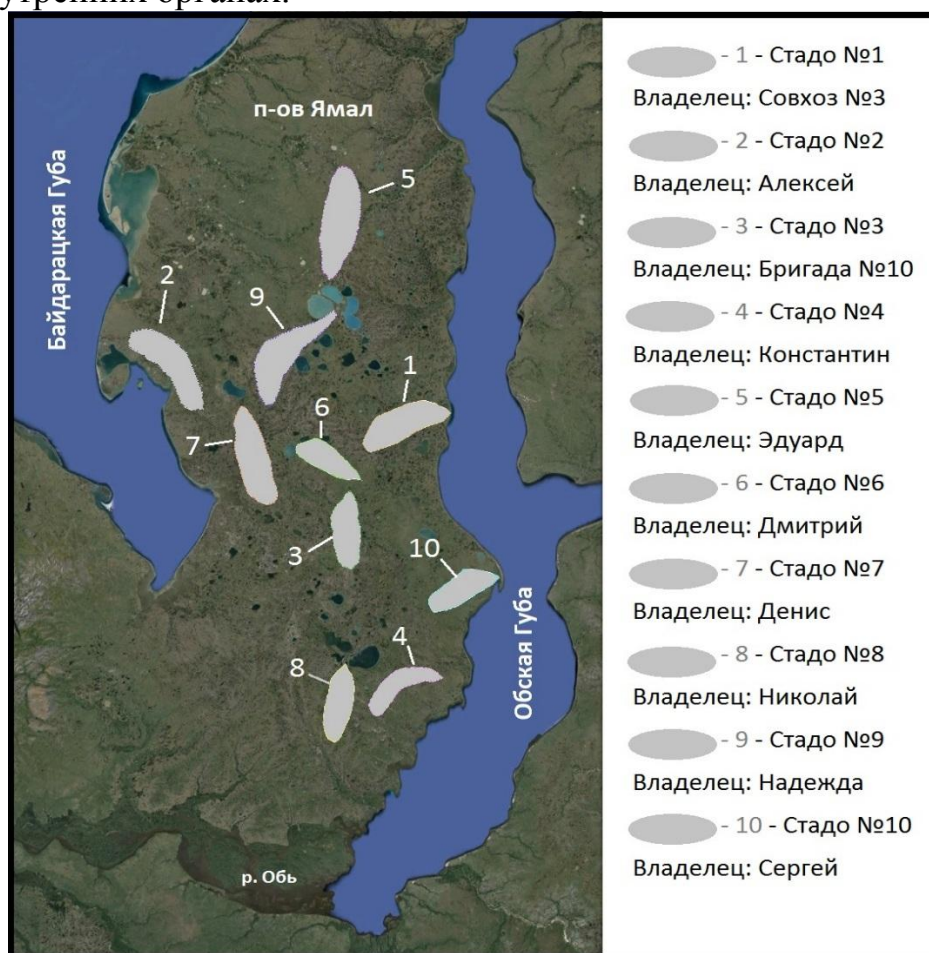


Рис. Места каслания северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) на полуострове Ямал

Взятие проб у разных стад с привязкой места перекочевания стойбищ (каслания) показывает радиологическую обстановку на всей территории по-

луострова, при этом учитывается особенность мест пересечения путей касланий. Взятие шерсти не приносит вреда животным, и возможны многократные повторности.

Отбор проб шерсти с указанием на карте мест касланий проводились в рамках XX традиционных соревнований оленеводов на Кубок губернатора Ямало-Ненецкого автономного округа в г. Надым с 14-15 марта 2015 г. Пробы были отобраны в 10 стадах, 10% от количества особей в стаде. Животные отбирались одного морфофизиологического состояния: одинаковая длина и высота тела в холке в стаде, возраст от 3-х до 5-ти лет, без учета половых особенностей, хотя при дальнейшем анализе эти данные учитывались. Всего было отобрано 584 пробы (таблица 1).

Таблица 1

Мощность экспозиционной дозы фотонного излучения и плотность потока бета-частиц в стадах северного оленя (*Rangifer tarandus L.*)

№ стада	Владелец стада	Число изученных особей	Мощность экспозиционной дозы фотонного излучения, мкР/ч			Плотность потока бета-частиц, 1/с*см ²		
			min	max	ср	min	max	ср
1	СовХоз №3	80	8,0	14,0	11,0	0,083	0,120	0,105
2	Алексей	20	8,0	12,0	11,0	0,090	0,130	0,105
3	бригада №10	100	9,0	14,0	11,1	0,091	0,140	0,107
4	Константин	40	8,0	14,0	11,1	0,082	0,120	0,102
5	Эдуард	56	9,0	13,0	10,9	0,090	0,131	0,104
6	Дмитрий	28	9,0	14,0	10,9	0,091	0,125	0,110
7	Денис	100	9,0	12,0	11,0	0,093	0,135	0,104
8	Николай	70	8,0	14,0	11,0	0,084	0,140	0,105
9	Надежда	25	9,0	13,0	10,9	0,085	0,130	0,104
10	Сергей	65	9,0	14,0	11,0	0,085	0,125	0,104

При сравнении мощности экспозиционной дозы фотонного излучения в стадах полуострова Ямал, по t-критерию Стьюдента, достоверных различий (при $p < 0.05$) выявлено не было. Это говорит о том, что уровень мощности экспозиционной дозы фотонного излучения (мкР/ч) сравнительно стабильна для исследуемых групп. При сравнении значения плотности потока бета-частиц в популяциях домашнего оленя, были выявлены достоверные различия (при $p < 0.05$) среди стад 3 и 4, 4 и 6, 5 и 6, 6 и 7, 6 и 10 (таблица 2).

Это может говорить о том, что в районе касланий стада №6 возможно имеются источники ионизирующего излучения. Кроме того, через эту территорию проходят маршруты перекочевки стад 1, 2, 5, 9 при движении в северном направлении. При этом, среди стад наблюдаются достоверные различия у стада №5, кочующих в самой северной части полуострова, среди всех исследуемых групп (рис.).

Таблица 2

Сравнение стад северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) по мощности экспозиционной дозы фотонного излучения и скорости потока бета частиц

№ стада	Сравнение мощности экспозиционной дозы фотонного излучения, мкР/ч по t-критерию									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сравнение значения плотности потока бета-частиц, 1/с*см ² по t-критерию	1	0,24	1,02	0,79	0,41	0,50	0,74	0,26	0,36	0,14
	2	0,08	0,38	0,34	0,53	0,57	0,20	0,07	0,47	0,14
	3	0,79	0,61	0,04	1,42	1,30	0,28	0,69	1,12	0,81
	4	1,67	1,24	2,57*	1,16	1,11	0,24	0,55	0,97	0,65
	5	0,81	0,49	0,91		0,20	1,13	0,64	0,07	0,53
	6	1,63	1,37	1,28	2,96*		1,06	0,68	0,10	0,59
	7	0,87	0,46	1,83	1,04	2,35*		0,43	0,90	0,55
	8	0,13	0,00	0,92	1,58	1,75	0,71		0,54	0,11
	9	0,32	0,20	0,94	1,15	1,74	0,28	0,23		0,46
	10	0,63	0,35	1,47	1,12	2,12*	0,16	0,50	0,16	

* – различия достоверны при $p < 0.05$

По результатам проведенного исследования достоверных различий (по t-критерию Стьюдента) в мощности экспозиционной дозы фотонного излучения (мкР/ч) обнаружено не было. При этом, максимально зарегистрированный уровень загрязненности не превышает установленный уровень СанПиН 2.6.1.2523-09 [6].

При сравнении стад по уровню плотности потока бета-частиц ($1/\text{с}\cdot\text{см}^2$) выявлены достоверные отличия стада №6 (владелец Дмитрий). Уровень ионизирующего излучения, достоверно выше, чем у всех остальных исследуемых групп. Это может говорить о том, что на данной территории, возможно, находятся источники загрязнения, что требуют дополнительных исследований депонирующих сред в этом районе.

Список литературы

1. Природа Ямала. Екатеринбург: Наука, 1995. 436 с.
2. Природная среда Ямала. Том 3. Биоценозы Ямала в условиях промышленного освоения / С. П. Арефьев, С. Н. Гашев, В. Б. Степанова и др. Тюмень: Изд-во Института проблем освоения Севера СО РАН, 2000. 136 с.
3. Сыч Ю.Г., Дубинко Л.В. Радиоэкологическая обстановка на архипелаге Новая Земля // Арктика: экология и экономика №1 (5), 2012. С. 48-59.
4. Кряжковский Ф. В., Маклаков К. В., Морозова Л. М., Эктова С. Н. Системный анализ биогеоценозов полуострова Ямал: имитационное моделирование воздействия крупностадного оленеводства на растительный покров Институт экологии растений и животных УрО РАН Екатеринбург ЭКОЛОГИЯ, 2011. С. 323-333.
5. Королёв А.Н., Петров А.Н. Дикий северный олень материкового сектора европейского северо-востока России: настоящее и будущее//Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Материалы международной научно-практической конференции, Киров.2007. С. 238.
6. Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) // Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47.

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕНОКОШЕНИЯ

Сапронова С.Г.

доцент кафедры общ. биологии и экологии, канд. с/х. наук, доцент,
Курский государственный университет, Россия, г. Курск

Балабина И.П.

декан естественно-географического факультета, канд. биол. наук, доцент,
Курский государственный университет, Россия, г. Курск

В статье описываются результаты исследований травянистых растительных фитоценозов Курской области подвергающихся сенокосу. Приводятся факторы прямого и косвенного воздействия на сообщества и результаты проведенных исследований.

Ключевые слова: сенокосу, растительное сообщество, видовой состав, хозяйственные группы растений.

Использование травянистых растительных сообществ под сенокошение является достаточно мощным фактором воздействия на основные компоненты биогеоценозов. Разработка и применение рациональных форм использования сообществ как сенокосов предусматривает получение наибольшего урожая при нанесении минимального вреда растительному сообществу. Ежегодное сенокошение приводит к удалению вегетативных и генеративных частей растений и оказывает на них как прямое, так и косвенное воздействие. Прямое – состоит в прерывании нормального хода сезонного развития, т. е. нарушается сезонная ритмика вегетации и физиологических процессов [1]. Сенокошение представляет собой одну из форм непосредственного вмешательства человека в жизненный цикл растений. В результате прерывания вегетации многие виды начинают активно восстанавливать свои надземные органы и для того, чтобы дать семена переходят ко вторичному цветению. В сентябре на лугово-степных местообитаниях Курской области на площади в 1 гектар мы фиксировали до 38-42 видов, приступивших ко вторичному цветению. В дальнейшем многие из этих растений дали полноценные семена. Особенно активно цвели такие растения, как тысячелистник обыкновенный (*Centaurea scabiosa* L.), кульбаба осенняя (*Leontodon autumnalis* L.), ясенник розоватый (*Asperula cynanchica* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), слабее – клевер горный (*Trifolium montanum* L.), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.), райграс высокий (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl.) и др.

Как считает В.С. Жмыхова (1980), влияние сенокошения проявляется также в цветении всех растений в более ранние сроки, в большей красочности, в увеличении количества аспектов. Значит прямое воздействие сенокошения, прежде всего, приводит к смене одного типа функционирования другим. Нами не было замечено существенного опережения сроков цветения растений на косимом и некосимом участке, хотя не исключаем, что в процессе длительной эволюции такое может происходить.

Проводимые исследования по сравнению количества видов растений на косимых участках показывает, что при ежегодном соблюдении норм сенокошения происходит увеличение обилия на них видов.

При сенокошении происходит удаление основной фотосинтезирующей поверхности, отчуждение органической массы вместе с заключенной в ней энергией и веществами, что ведет к нарушению распространения ряда растений с помощью семян. Но многие растения обсеменяются до сенокошения. Например, по нашим наблюдениям семена нивяника обыкновенного (*Leucanthemum vulgare* Lam.), шалфея лугового (*Salvia pratensis* L.) и многих других созревают до сенокошения. Такие растения, как кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), василек шероховатый созревают после сенокошения. Тем не менее, число их не уменьшается, видимо второе цветение и вегетативное размножение восполняют их количество.

В результате длительного постоянного скашивания изменяется видовой состав и формируются новые биоценотические связи [3]. Несмотря на то, что некоторые растения не успевают обсеменяться, сенокошение положительно

влияет на формирование оригинальности фитоценозов. Такая оригинальность заключается в повышении видовой насыщенности, разнообразии красочных аспектов, увеличении числа ярусов, экземплярной насыщенности, полидоминантности и ряда других особенностей. В результате сенокосения растения попадают в экстремальные условия, что влечет мобилизацию всех энергетических ресурсов, происходит омолаживание организма растения и т.д. Длительное сенокосение способствует образованию новых биоценологических связей в растительном фитоценозе.

Проводимые исследования показали, что на некосимых участках доминируют злаки, которые уменьшают возможность семенного размножения всех остальных групп особенно осок и бобовых. За счет увлечения представленности хозяйственных групп на сенокосных участках повышается видовое разнообразие сообществ.

Общеизвестно, что при сенокосении систематически удаляются появившиеся всходы древесно-кустарниковой флоры, происходит обеднение почвы элементами питания вследствие отчуждения надземной массы, нарушаются водно-физические свойства почвы, влага быстро испаряется, а выпавшие осадки слабо задерживаются, увеличивается промерзание почвы на большую глубину.

Таким образом, при сенокосении формируется региональная оригинальность лугово-степных фитоценозов, состоящая в том, что увеличивается видовая и экземплярная насыщенность, ярусность, аспектность, сомкнутость и высота травостоя, наряду с этим уменьшается выход семенной продукции, что способствует переходу ряда растений к вторичному цветению, происходит обеднение почвы, ухудшение гидрологического режима и механической структуры.

Список литературы

1. Краснитский А.М., Дыренков С.А. Сравнительная оценка луговых и степных экосистем, формирующихся при косимом и некосимом режимах заповедной охраны // Бюлл. МОИП, 1982. Т.87. отд. биолог. Вып.4. С. 102-110.
2. Жмыхова В.С. Влияние режима сенокосения на фенологию растений. // Современные проблемы заповедников. Курск: Курское книж. изд-во, 1980. С. 101-106.
3. Зозулин Г.М. Подземные части основных видов травянистых растений и ассоциации плакоров Среднерусской лесостепи в связи с вопросами формирования растительного покрова // Тр. Центрально-Черноземного заповедника. Курск: Курское книж. изд-во, 1959. Вып.5. С. 3-314.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА С ПОМОЩЬЮ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Сидоренко Е.А.

младший научный сотрудник отделения «Крымская опытная станция садоводства», ФГБУН «НБС-ННЦ РАН», Россия, г. Ялта, пгт. Никита

Плугатарь Ю.В.

директор НБС-ННЦ, начальник управления РАН по взаимодействию с научными организациями Крымского федерального округа, д-р с/х. наук, ФГБУН «НБС-ННЦ РАН», Россия, г. Ялта, пгт. Никита

В статье рассматривается самое оптимальное на наш взгляд предложение по улучшению экологии Восточной части Предгорного Крыма, за счет насаждений лесополос из плодовых культур (плодовых лесов).

Ключевые слова: лесополосы, плодовые леса, оптимизация, зизифус (унаби), фундук, зеленое черенкование.

За последние годы в несколько раз сократились объёмы посадок лесных насаждений и восстановление уничтоженных и повреждённых пожарами лесов. Усиление антропогенной нагрузки в этом регионе приводит к ухудшению экологии. К возобновлению пыльных бурь, которые наносят огромный ущерб производственным посевам и значительно снижают естественное плодородие почв Восточного предгорья. Уничтожается гумусовый слой почвы, что способствует усилению негативных действий ветровой и водной эрозий.

В настоящее время большинство земель Восточной части Предгорного Крыма остаются заброшенными и не используются. Антропогенная нагрузка этой территории значительно высока. Вопросы реформирования земельных отношений и совершенствование природопользования этой зоны остается нерешенным.

Основным предложением по оптимизации региона является создание лесополос из плодовых культур или так называемых плодовых лесов. Так как именно леса для Крыма имеют исключительно важное значение, выполняя водоохранные, почвозащитные, санитарно-гигиенические, рекреационные и климаторегулирующие функции.

Такие леса способны менять климат, повышать общее количество осадков, сглаживать термический режим воздуха, снижать или гасить скорость ветра, поддерживать или повышать количество воды в водных объектах, предотвращать или сокращать поступление в них загрязняющих веществ, регулировать водный режим рек и водоемов, замедлять заболачивание слабо дренированных почв и грунтов, предотвращать разрушение берегов водоемов и рек, формировать специфические для леса биоценозы и преобразовывать их, повышать плодородие почвы, защищать почву от выветривания, а также предотвращать смыв и размыв почвы и почвообразующих пород по-

верхностным стоком временных водотоков. Также благодаря своей защитной функции, лес влияет на продуктивность посевов сельскохозяйственных культур и способствует более полной реализации потенциала орошаемых земель [1, 3].

Самыми оптимальными плодовыми культурами для условий среды этой территории являются культуры зизифус (унаби) и фундук.

Для создания плодовых лесов в Восточной части Предгорного Крыма требуется большое количество посадочного материала. Мы рекомендуем использовать метод зеленого черенкования этих культур, так как в сравнении с традиционными способами он позволяет намного дешевле получить высококачественный посадочный материал и сократить сроки выращивания стандартных саженцев на 1-3 года в зависимости от вида растений, что дает максимальный экономический эффект. При таком способе размножения происходит получение корнесобственных растений, особенностью которых является их генетическая однородность, физиологическая и анатомическая целостность. То есть при таком способе можно получить новые растения с точно такими же качествами, как и у материнского растения, что при семенном размножении практически невозможно.

Рекомендации к производству посадочного материала из зизифуса и фундука для насаждений плодовых лесов (лесополос):

1. Зеленые черенки брать при ранних сроках черенкования у зизифуса и фундука в условиях Крыма это конец мая- начало июня.

2. Для размножения способом зеленого черенкования преимущественно использовать сорта зизифуса (унаби) Та-ян-цзао, Сию-бай-пзао, гибрид № 31-16 и др., укореняемость которых превышает 90%, и сорта фундука Сияние Луизы, Павлик, Украина 50 и Дамский пальчик.

3. В условиях Крыма использовать крупногабаритные теплицы арочного типа, без притенки, с увлажнением среды укоренения черенков с помощью искусственного тумана.

4. Для более лучшего и быстрого корнеобразования черенки зизифуса обрабатывать водным раствором гетероауксина 300 мг/л, а черенки фундука водным раствором гетероауксина 200 мг/л, а также корневина – 1 г /л воды, при экспозиции 16-18 час.

Размещение плодовых лесов (лесополос) из зизифуса (унаби) и фундука в Восточной части Предгорного Крыма могут разрешить ряд экономических и экологических проблем. Посадка плодовых лесов на территории Восточной части Предгорного Крыма значительно снизит антропогенную нагрузку в регионе. С экологической точки зрения такие леса будут выступать хорошей защитой от эрозии почв данной территории, задерживая порывы ветра и препятствовать возникновению пыльных бурь. Возобновление и поддержание водного режима рек и водотоков в регионе будет осуществляться благодаря удерживающей и влагонакопительной способности корней растений. Это в целом значительно улучшает экологию данной территории.

С экономической точки зрения, плодовые леса помогут разрешить проблему безработицы населения в этом регионе (Белогорский район занимает

одно из первых мест по безработице в Крыму) и помогут обеспечить работой большое количество населения [1, 2].

Список литературы

1. Адамень Ф. Ф. Плодовые леса. Миндаль, фундук и шиповник могут спасти Крым от обезвоживания/ Ф. Ф. Адамень//Еженедельная газета научного сообщества № 43 (1325). 24 октября 2014. – С. 14.
2. Адамень Ф.Ф. Современное состояние и перспективы развития плодоводства в Крыму./ Ф. Ф. Адамень, Ю. В. Плугатарь, А. Ф. Сташкина // Садоводство, 2013, Вып. 67. – С. 12-23.
3. Плугатарь Ю. В. Восстановление полезащитных лесных полос как необходимость устойчивого развития агросферы./ Ю. В. Плугатарь // Тезисы докл. Биоразнообразие и устойчивое развитие II МНПК. Симферополь. 2012. – С. 411-412.

СЕКЦИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Байтелов В.И.

магистрант группы 14 ТБ(м)ТБТР,
Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

В статье рассматривается влияние машиностроительной отрасли (на примере ООО «Завод Коммунар») на качество атмосферного воздуха и почв. Рассчитаны категория опасности завода и размер его санитарно-защитной зоны. Определены коэффициенты концентрации примесей в почве и суммарный показатель химического загрязнения почв. Проведено ранжирование исследуемой территории по экологическому неблагополучию.

Ключевые слова: категория опасности предприятия, санитарно-защитная зона, коэффициент концентрации, суммарный показатель химического загрязнения почв.

Механические заводы являются одним из основных источников образования вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух. Выбросы предприятий машиностроительной промышленности характеризуются наличием в них твердых, жидких и газообразных веществ (приоритетными выбросами являются оксиды серы, азота и углерода, которые в большей степени связаны с работой ТЭЦ и котельных, входящих в состав комплекса предприятий), а также широким перечнем специфических опасных веществ, среди которых можно выделить абразивную пыль, свинец, ксилол, бензол, аммиак, хлористый водород и серную кислоту.

В качестве источника выбросов нами рассмотрен ООО «Завод Коммунар». Данное предприятие специализируется на выпуске миникотлов серии КС, бойлеров водогрейных, печей для бань индивидуального пользования. ООО «Завод Коммунар» является предприятием II категории опасности с санитарно-защитной зоной (СЗЗ) размером 500 метров, что не соответствует санитарной классификации предприятия, где СЗЗ установлена в размере 300 метров. Приоритетным загрязняющим веществом по массе выбросов от ООО «Завод Коммунар» является оксид углерода (49,64 %), на втором месте находится диоксид азота (30,15 %) и на третьем месте взвешенные вещества – (7,23 %). Приоритетной примесью по категории опасности вещества является пыль абразивная (93,35 %), на втором месте находится диоксид азота NO_2 (4,23 %) и на третьем – свинец (2,34 %) [1].

Выбросы от предприятий машиностроительной промышленности обладают разной продолжительностью существования в атмосфере. За это время они претерпевают различные изменения, в основном за счет перемещения и распространения в пространстве, турбулентной диффузии, химических и температурных реакций. После чего преобразованные примеси удаляются из атмосферного воздуха сухим или влажным осаждением вместе с осадками и

в конечном итоге попадают в почвенный покров, где аккумулируются, мигрируют по его профилю и образуют различные вредные соединения, которые приводят к постепенному изменению физических и химических свойств почвы.

Поэтому пробы на содержание загрязняющих веществ отбирались в почвенном покрове исследуемой территории, прилегающей к ООО «Завод Коммунар». Отбор проб проводился в каждом из пунктов наблюдения согласно приоритетным направлениям ветра по следующей схеме:

- пункты отбора проб № 1, 2, 3 и 4 располагается в юго-восточном направлении от завода на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), на расстоянии 100, 200 и 300 м от СЗЗ соответственно;

- пункт № 5- в северо-западном направлении от завода на границе СЗЗ, на расстоянии 100, 200 и 300 м от СЗЗ соответственно.

Так как приоритетными загрязняющими веществами, выбрасываемыми от завода в атмосферу данного района, являются диоксид азота, диоксид серы, взвешенные частицы и оксид углерода, то с учётом их возможных химических превращений предполагалось образование кислотообразующих ионов и, как следствие, закисление почв. Поэтому в почвенном покрове нами было определено содержание сульфат-, гидросульфид-, гидрокарбонат-ионов и взвешенных частиц. Кроме того нами был определен суммарный показатель химического загрязнения почв, согласно которому было проведено ранжирование изучаемой территории по экологическому неблагополучию [2].

Согласно полученным данным приоритетным загрязняющим веществом в почве по полученным значениям концентрации являются гидрокарбонат-ионы (1113,76-2808,04 мг/кг), на втором месте находятся гидросульфид-ионы (529,24-558,70 мг/кг) и на третьем – сульфат-ионы (175,17-244,13 мг/кг). Приоритетным загрязняющим веществом в почве по полученным значениям коэффициентов концентрации являются хлорид – ионы (6,89 – 5,56), на втором месте находятся гидросульфид-ионы (4,95-5,22), и на третьем сульфат-ионы (3,90-5,43). Вся исследуемая территория, прилегающая к ООО «Завод Коммунар», отнесена нами к зоне критических нагрузок (таблица).

Таблица

Влияние ООО «Завод Коммунар» на суммарный показатель химического загрязнения почв исследуемой территории

Место отбора проб	Значение суммарного показателя химического загрязнения почв (Z_c) на различном расстоянии от источника загрязнения
1	26,12
2	24,62
3	20,25
4	18,09
5	25,60
6	23,71
7	20,00
8	17,56

Таким образом, выбросы данного предприятия оказывают значительное воздействие на качество атмосферного воздуха прилегающей территории и существенное влияние на состояние почвенного покрова.

Список литературы

1. Байтелова А.И. Оценка изменения качества атмосферы урбанизированной территории (на примере Промышленного района г. Оренбурга) // Вестник ОГУ. 2004. № 9. С. 90-97.
2. Коротков М.В., Байтелова А.И. Оценка качества атмосферы урбанизированных территорий (на примере Промышленного района города Оренбурга) // Экологические системы и приборы. 2008. № 7. С. 26-30.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПЛОЩАДИ «М» СРЕДНЕОБСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ ЯНАО

Бирюкова О.Н.

преподаватель кафедры геологии, Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск

Ерменов Р.К.

студент кафедры геологии, Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск

Романова Т.И.

доцент кафедры геологии, канд. геолого-минералогических наук, доцент,
Югорский государственный университет, Россия, г. Ханты-Мансийск

В работе проведен анализ геолого-геофизических материалов в целях изучения особенностей формирования и геологического строения отложений среднеюрского и мелового возраста. Представленная подборка графических материалов позволяет более полно отобразить геологическое строение участка исследований и на основе полученных данных наметить направление поисков нефтегазоносных объектов неокотских отложениях в юго-восточной части площади «М».

Ключевые слова: сейсморазведочные работы, среднеюрские и меловые отложения, перспективы нефтегазоносности, локальное поднятие, структурно-стратиграфическая ловушка.

Нефть и газ занимают одно из основных положений среди энергетических ресурсов страны. С каждым годом востребованность в увеличении их добычи возрастает, осваиваются новые территории, разрабатываются и совершенствуются технологии по разведке и доразведке уже открытых месторождений, залежей, пластов. Территория Ямало-Ненецкого автономного округа не уступает в этом плане другим промышленно освоенным районам России, где с целью выявления перспектив нефтегазоносности и были проведены наши исследования по изучению особенностей геологического строения на площади «М».

Согласно схеме нефтегазогеологического районирования Западно-Сибирской провинции район исследований расположен в Среднеобской нефтегазоносной области.

На основе ранее проведенных сейсморазведочных работ (плотность съемки – $1,5 \text{ км/км}^2$) и поискового бурения (изученность участка глубоким бурением составила $33,6 \text{ км}^2$ на 1 скважину) в 1991 году было открыто нефтяное месторождение «М», в пределах которого выявлено 3 залежи нефти: в пласте БС₆ (готерив), БС₈ (ачимовская толща), БС₉ (ачимовская толща). Основной по запасам является залежь пласта БС₆.

В основании геологического разреза залегают породы фундамента доюрского возраста, верхняя часть разреза представлена юрскими, меловыми и палеоген-четвертичными платформенными образованиями чехла.

Согласно [4], площадь исследований относится к области выступов байкальской складчатости, переработанной герцинским тектогенезом, с южной стороны граничит с выступом гранитоида субмеридионального простирания. Согласно тектонической карте мезозойско-кайнозойского ортоплатформенного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы (Бочкарев В.С., Боярских Г.К., 1990 г.), участок «М» приурочен к Северо-Сургутской моноклинали (LXIII), относящейся к категории средних и малых структур 1-го порядка и осложняющей Хантейский мегасвод (Б2А). Северо-Сургутская моноклинали осложнена средними и мелкими структурами 2-го порядка: Нумтовским малым валом, Восточно-Ватлорским малым прогибом.

В ходе оценки качества покрышек продуктивных и перспективных пластов было установлено, что региональными флюидоупорами являются существенно глинистые отложения радомской, тогурской, пимской, быстринской пачек, а также абалакской свиты [2].

Для пласта Ю₂ покрышкой являются отложения абалакской свиты. На месторождении свита представлена темно-серыми (до черных) аргиллитоподобными глинами, тонкоотмученными, крепкими, с включениями глауконита и обломков фауны. Средняя толщина свиты в пределах участка работ составляет 30 м. Мощность нижней пачки порядка 10-15 м.

Для пластов группы БС ахской свиты региональной покрышкой является пимская пачка, выдержанная по всей площади работ, представленная глинами аргиллитоподобными, средняя мощность которой около 8 м.

Для пластов АС₇-АС₉ покрышкой является быстринская пачка, сложена темно-серыми, черными аргиллитоподобными глинами, также выдержана по площади, средняя толщина составляет 16 м.

По результатам аналитических исследований установлено, что на всей территории «М» хорошие экранирующие свойства покрышек продуктивных и перспективных пластов, обусловленные однородным литологическим составом, выдержанной мощностью, что является благоприятным фактором для формирования и сохранения залежей углеводородов на площади [3].

По структурно-морфологическим признакам на участке «М» условно выделяются четыре основных сейсмостратиграфических мегакомплекса (ССМК): доюрский, юрский, неокомский и апт-альб-сеноманский. Данные мегакомплексы в свою очередь подразделяются на подчинённые сейсмостратиграфические (ССК) комплексы (рис. 1).

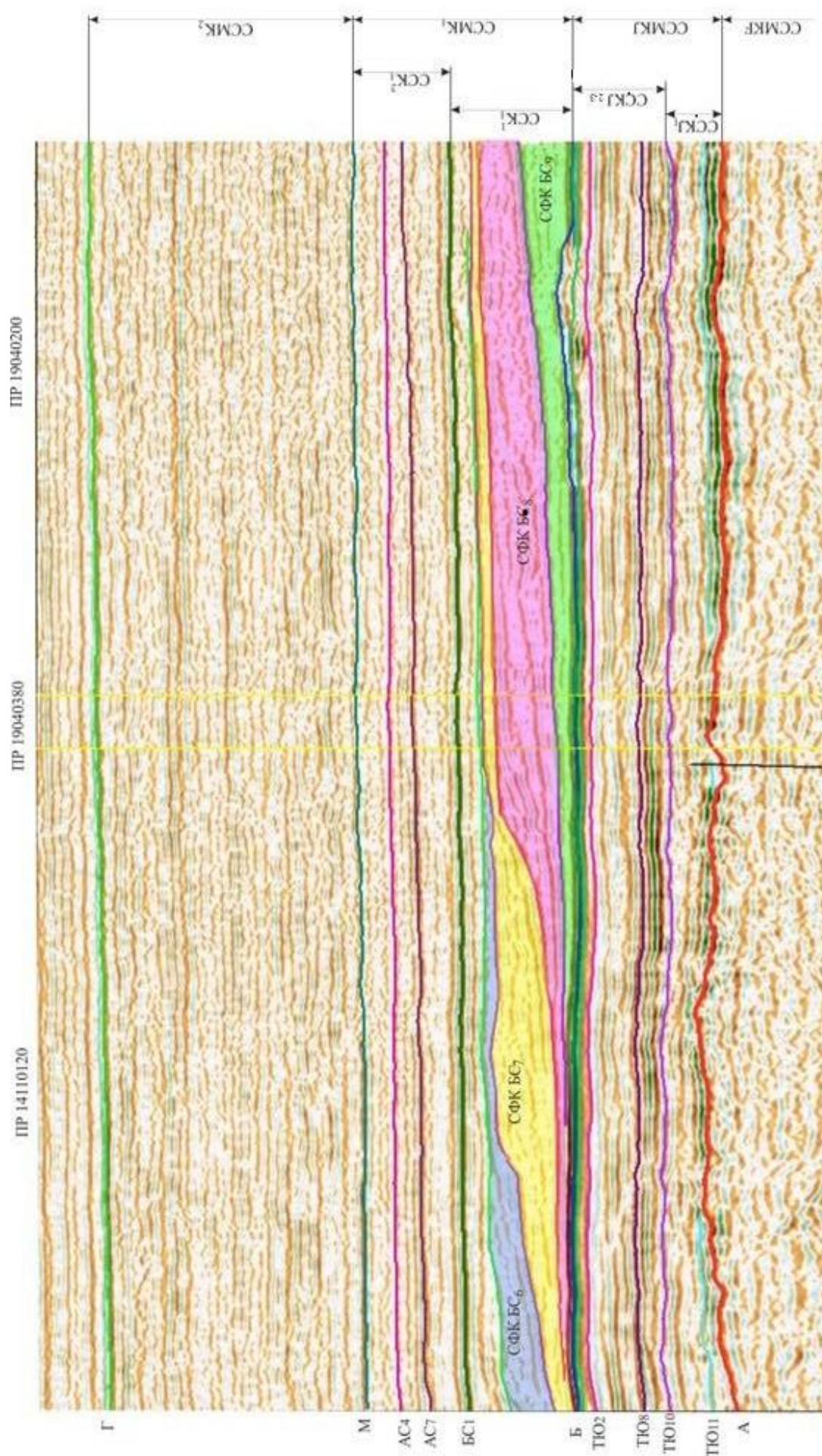


Рис. 1. Выделение стратиграфических комплексов

Кровлей доюрских образований, обособленных в ССМК фундамента (ССМК F), является отражающий горизонт (ОГ) А. Внутреннее строение комплекса характеризуется сложной – как хаотичной, так и регулярной – субсогласной записью.

Юрские образования объединены в юрский мегакомплекс (ССМК J), интервал которых разделен на три самостоятельных комплекса: нижнеюрский ССК J₁, ограниченный в кровле ОГ ТЮ₁₀, среднеюрский ССК J₂ (ТЮ₁₀-ТЮ₂) и верхнеюрский ССК J₃ (ТЮ₂-Абалак).

Отраженные волны прослеживаются с различной степенью интенсивности и надежности. Верхней границей является ОГ Абалак.

Неокомский сеймостратиграфический мегакомплекс K₁ (Б-М) разделяется на клиноформную часть – сеймостратиграфический комплекс бокового наращивания ССК K₁¹ и комплекс покровно-развитых пластов ССК K₁². Клиноформная часть неокомского сеймостратиграфического мегакомплекса K₁ на площади работ включает в себя сеймофациальные комплексы (СФК) БС₆, БС₇, БС₈ и БС₉.

Шельфовая часть неокомского мегакомплекса представлена субгоризонтальными отражениями. Корреляция выполнена по ОГ НБС₁, НАС₉, НАС₇, НАС₄.

Контролирует кровлю неокомского мегакомплекса отраженная волна М, которая прослежена по динамически выраженной отрицательной фазе.

Историю тектонического развития площади исследований, в первую очередь, определяют особенности геологического строения доюрского основания, когда сформировались все основные структурные элементы в результате активных тектонических движений.

Тектонические движения в доюрское время характеризовались общей тенденцией к воздыманию земной коры, вследствие чего изучаемая территория была областью интенсивной денудации, где преобладали эрозионные процессы, а формирование образований промежуточного этажа происходило лишь в отдельных депрессионных зонах. В доюрский период был сформирован равнинный рельеф с выступами наиболее консолидированных пород. Прогибание коры в раннеюрскую эпоху привело к началу формирования осадочного чехла.

В раннеюрское время основной источник сноса обломочного материала располагался на юге и юго-востоке, а вся остальная территория представляла собой область седиментации с максимальными глубинами бассейна на северо-западе и севере.

Зоной контакта фундамента (доюрское основание) является осадочный чехол, под которым погребены коры выветривания с резко меняющейся мощностью по площади. Коллекторы ловушек в коре выветривания имеют отличную от осадочного чехла природу и представляют собой кавернозно-трещинно-поровые резервуары, образующиеся на уплощенных выступах фундамента (минимальная мощность кор выветривания) и в присклоновых областях, также подвергшихся эрозионным процессам.

Позднеюрская эпоха характеризуется установлением морского режима на всей территории Западной Сибири. Происходит накопление относительно глубоководных глинистых образований абалакской и баженовской свит. Наличие в разрезах карбонатных и кремнистых прослоев позволяет предположить возможность развития коллекторов трещинного и трещинно-кавернозного типа, связанных как с процессами образования осадков, так и с постседиментационными и тектоническими процессами [3].

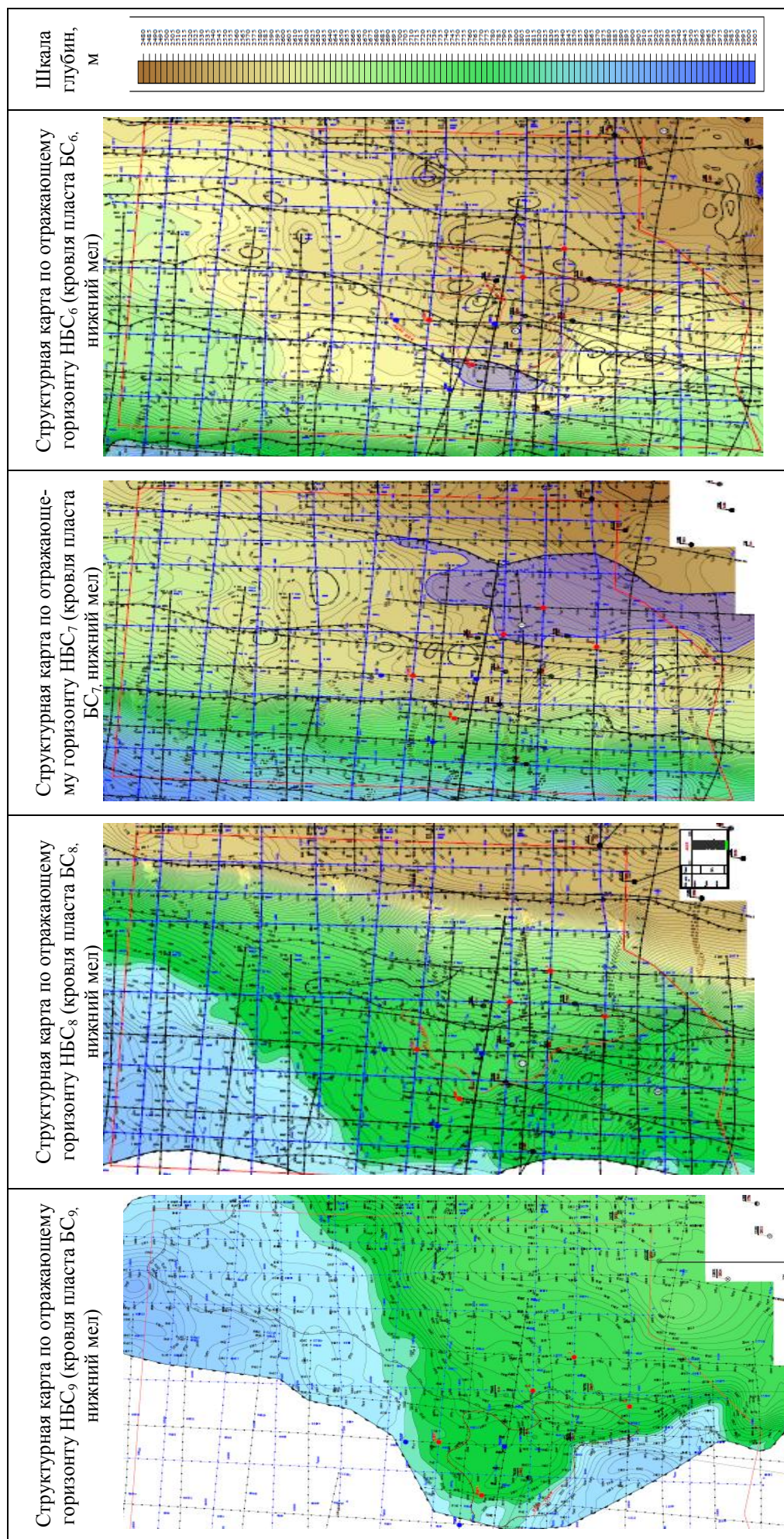
В последующем этапе осадконакопления – раннем неокоме – морское осадконакопление контролировалось не структурными, а преимущественно палеогеографическими факторами: особенностями шельфа и характером трансгрессивно-регрессивных перемещений древних береговых линий. Ачимовская толща формировалась в относительно глубоководных обстановках подножия склонов или уступах шельфа, куда песчано-алевритовые осадки доставлялись турбидитовыми потоками из мелководно-морской зоны. Характер седиментации песчаного материала зависел от плотности и энергии потока. Принципиальная схема формирования отложений ачимовской толщи показана на рисунке 2.



Рис. 2. Схема формирования отложений ачимовской толщи [1]

Наибольший поисковый интерес на площади «М» представляют отложения клиноформной части ахской свиты, которая включает в себя сейсмofациальные комплексы БС₆, БС₇, БС₈ и БС₉. В результате комплексной интерпретации материалов сейсморазведочных работ, ГИС и скважинных данных построены структурные карты (рис. 3) по отражающим горизонтам НБС₉₋₈₋₇₋₆ (кровля пластов БС₉, БС₈, БС₇, БС₆, нижний мел).

Отражающие горизонты НБС₉, НБС₈, НБС₇ и НБС₆ являются клиноформными комплексами; соответственно, структурные построения выполнены по кровле сигмовидных тел сложнопостроенных пластов.



-----2500 — 1 — 2

Рис. 3. Структурные карты по отражающим горизонтам НБС₉, НБС₈, НБС₇, НБС₆
1 — изогипсы, 2 — границы лицензионного участка

Комплекс пласта БС₉ представлен фондоформной и небольшой склоновой зонами и занимает восточную часть площади работ. Кровлю комплекса контролирует отражающий горизонт НБС₉, по которому были выполнены структурные построения. Отложения пласта БС₉ вскрыты четырьмя скважинами в пределах лицензионного участка. На основании интерпретации ГИС, структурных построений, анализа карты временных толщин интервала ОГ Б – НБС₉ предполагается наличие трех лопастей конуса выноса: северной, центральной и южной. Северная часть конуса выноса скважинами не вскрыта. Возможно наличие коллекторов, но, судя по структурному плану, они будут водонасыщены. Центральная часть конуса выноса вскрыта одной скважиной, где пласт водонасыщен. В пределах этой части конуса выноса возможно наличие структурно-литологической ловушки (СЛЛ) выше по структурному плану. На прилегающей территории при испытаниях этой структуры был получен приток нефти с водой дебитом 14 м³/сут.

Комплексы пластов БС₈ и БС₇ включают в себя фондоформную, склоновую и ундаформную зоны.

Ундаформная часть пласта БС₈ вскрыта тремя скважинами на площади «М». Шельфовые отложения пласта не испытывались, по заключению ГИС заглинизированы. Общая мощность меняется от 14 до 29 метров. Ундаформная часть пласта имеет линзовидное строение, следовательно, возможно наличие коллекторов в последующих, более восточных, линзах.

Наиболее перспективной в нефтеносном отношении является фондоформная часть комплекса. Испытания проводились в трех скважинах, где в одной скважине была получена нефть с водой ($Q_n=1,9$ м³/сут., $Q_v=1,7$ м³/сут.), а в двух других – вода ($Q_v=3,6-5,6$ м³/сут.). И еще одна скважина попала практически на границу прекращения прослеживания, в которой отложения глинизируются.

При более тщательном изучении сейсмических материалов возникло предположение о наличии самостоятельной линзы, вскрытой поисково-разведочными скважинами.

Данное линзовидное тело находится у подножия склона и рассматривается как турбидитно-контуритовые отложения раннего этапа формирования клиноформного комплекса БС₈. Исходя из наличия водонасыщенных коллекторов в скважинах, вскрывших данную линзу, было сделано предположение о наличии нефтенасыщенных отложений на более высоком гипсометрическом уровне.

Фондоформа комплекса пласта БС₇ лишь частично закартирована на западе площади и скважинами не изучена, лишь за контуром участка ачимовские отложения вскрыты скважиной, но по результатам испытаний притока не получено. Шельфовые отложения комплекса на участке «М» изучены рядом скважин и в одной из них проведены испытания и получен приток воды дебитом 81,5 м³/сут. Наибольший интерес вызывает центральная линза, по данным ГИС в скважине 4 пласт водонасыщен, но на более высоком гипсометрическом уровне можно предположить наличие нефтенасыщенных отложений. Исходя из этого, по изогипсе -2550 м выделена предполагаемая пер-

спективная зона, выходящая в юго-восточном направлении за пределы участка работ, экранированная на востоке линией глинизации следующей линзы.

Комплекс пласта БС₆ представлен ундаформной зоной на западе переходящей в склоновую часть. Прекращение прослеживания отражения, контролирующего пласт БС₆, на временных разрезах не выделяется из-за малых толщин пласта. Шельфовые отложения вскрыты четырьмя скважинами. Согласно описанию керн в этих скважинах, коллектор пласта БС₆ представлен светло-серым песчаником, мелкозернистым, плотным, с тонкими прослоями темно-серых аргиллитов. Распределение общих толщин по площади неравномерное. На структурную карту вынесены предполагаемые границы сегментов, в пределах которых, возможно развитие отдельных песчаных тел (линз).

Исходя из регионального прогноза нефтегазоносности и открытия залежей нефти в меловых и юрских отложениях, опираясь на материалы сейсморазведки и поисково-разведочного бурения на участке «М», выявлены перспективные объекты по пластам БС₈, БС₇, БС₆ и продуктивный объект по пласту БС₉ неомского комплекса, установлено пространственное размещение коллекторов.

Таким образом, на основании вышесказанного, необходимо продолжить поисково-разведочные работы в юго-восточной части площади «М», в частности, рекомендуется заложение трех скважин (до а.о. -3510 – -3540 м) для выявления и изучения перспективных объектов по пластам Ю₁₁, Ю₁₀, Ю₄, Ю₂, неомских отложений – БС₉, БС₈, БС₇, БС₆, а также уточнения контура залежи нефти по пласту АС₄. Поисково-разведочное бурение скважин позволит уточнить геологическое строение площади, оценить перспективы нефтеносности восточной части участка «М», оценить фильтрационно-емкостные свойства перспективных пластов, определить положение ВНК, а так же даст возможность скоординировать и оптимизировать проведение дальнейших геологоразведочных работ.

Список литературы

1. Нежданов А.А. Сейсмогеологический анализ нефтегазоносных отложений Западной Сибири для целей прогноза и картирования неантиклинальных ловушек и залежей УВ: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Тюмень, 2004. – 453 с.
2. Осипов В.И., Соколов В.Н., Еремеев В.В. Глинистые покрышки нефтяных и газовых месторождений. – М.: Наука, 2001. – 238 с.
3. Примаков Л.В., Шангина В.В., и др. Отчет сейсморазведочных исследований МОГТ-2Д, проведенных на лицензионном участке «М» в 2010-2012 гг. – Сургут, 2013.
4. Тектоническая карта фундамента Западно-Сибирской платформы и её обрамления. Масштаб 1:5500000 / Под ред. В.С.Суркова. – М.: МинГео СССР, 1974.

АЗОТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2016 ГОДА

Марынич С.Н.

магистрант первого года обучения,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследо-
вательский университет», Россия, г. Белгород

Корнилов А.Г.

зав. кафедрой географии, геоэкологии и
безопасности жизнедеятельности, доктор географ. наук, профессор,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследо-
вательский университет», Россия, г. Белгород

Колмыков С.Н.

доцент кафедры географии, геоэкологии и
безопасности жизнедеятельности, канд. географ. наук,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследо-
вательский университет», Россия, г. Белгород

В работе представлены данные наблюдений за азотным загрязнением в поверх-
ностных водных объектах разного типа (малые реки, пруды, родники) на территории Бел-
городского района в период с апреля по май 2016 года. Изучение баланса соединений азо-
та в окружающей среде чрезвычайно важная задача, вследствие того, что они, с одной
стороны, могут выступать как загрязняющие вещества атмосферного воздуха, водных
объектов, а с другой стороны, служат незаменимым компонентом в почвах для обеспе-
чения жизнедеятельности экосистем.

Ключевые слова: азотное загрязнение водных объектов, организованный сброс
сточных вод, неорганизованный сброс, поверхностные воды.

Белгородская область – это староосвоенный, густозаселенный регион, что обуславливает повышенную антропогенную нагрузку на водные объекты [1, 4]. При этом большие количества соединений азота попадают в природ-
ные водоёмы со стоками от животноводческих ферм, с канализационными
стоками, в результате процессов естественной фиксации азота в почве из ат-
мосферного воздуха и при внесении минеральных удобрений. Весьма значи-
мым фактором азотного загрязнения водных объектов на территории Белго-
родской области является деятельность горно-обогатительных комбинатов
вследствие применения азотсодержащих взрывчатых веществ [2]. Проблема
загрязнения поверхностных вод, в частности рек и прудов, соединениями
азота является актуальной именно для Белгородской области в связи с боль-
шой долей пашни в структуре земельного фонда области (доля пашни со-
ставляет около 60%) [3].

Для изучения водных объектов на территории Белгородского района на
разных водных объектах в период с апреля по май 2016 года были отобраны
пробы воды. Результаты измерений представлены в таблице.

Таблица

Результаты полевых измерений соединений азота в водных объектах

Время отбора проб	9 апреля 2016 г.			14 мая 2016 г.		
Места отбора	Содержание соединений азота и значение ПДК, мг/л			Содержание соединений азота и значение ПДК, мг/л		
	NO ₂ (ПДК-0,08)	NO ₃ (ПДК-40,0)	NH ₄ ⁺ (ПДК-0,5)	NO ₂ (ПДК-0,08)	NO ₃ (ПДК-40,0)	NH ₄ ⁺ (ПДК-0,5)
р. Ерик	0	12.153	0.283	0	10.185	0.153
пруд на р. Ерик	0	10.915	0.228	0	10.541	0.218
родник «Корсунской иконы Божьей Матери» (Монастырский лес)	0	0.124	0.051	0	0.120	0.049
р. Гостянка	0	10.789	0.179	0	10.521	0.135
пруд в балке Романов Яр (п. Комсомольский)	0	8.589	0.079	0	7.981	0.051
родник (п. Комсомольский)	0	2.842	0.025	0	2.543	0.021
р. Северский Донец (по ул. Донецкая)	0	19.357	0.311	0	17.547	0.118
пруд в урочище Кургиновское (с. Шагаровка)	0	5.047	0.28	0	5.040	0.319
р. Разумная (р-н Дорогобужино)	0	51.261	0.583	0	50.873	0.543

Примечание: жирным шрифтом выделены концентрации, превышающие ПДК

В качестве объектов наблюдения рассматривались:

а) реки, на которых имеются посты Росгидромета, были выбраны такие, которые испытывают воздействие неорганизованного стока с селитебно-промышленной территории (р. Гостянка, р. Разумная), с территории сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов сельского типа.

б) локальные объекты, в частности пруды.

Содержание нитритов во всех отобранных образцах оказалось ниже границ определения прибора (анализатор жидкости многопараметрический ЭКОТЕСТ – 2000).

Из данной таблицы видно, что в отобранных образцах было выявлено превышение ПДК по содержанию нитратов. Достаточно высокий показатель содержания нитратов наблюдался в пробах из реки Разумная район с. Дорогобужино, что связано со стоком с участка, расположенного в непосредственной близости пашни и с тем, что преобладающая часть водосборной территории данного родника занята неканализованной частной застройкой.

Наименьшими показателями загрязнения характеризуются: родник «Корсунской иконы Божьей Матери» (Монастырский лес), родник (п. Комсомольский) и пруд в урочище Кургиновское (с. Шагаровка). Это может быть связано с тем, что территория водосбора занята лесными участками.

Умеренное содержание соединений азота выявлено на реках Ерик (с. Шопино), Гостянка рядом с п. Комсомольский и Северский Донец расположенной по улице Донецкая. В этой группе объектов по содержанию нитратов лидируют водные объекты, находящиеся в непосредственной близости от аг-

роландшафтов, и с достаточно высокой долей селитебно-промышленной территории на водосборных площадях.

Такая же картина наблюдается и с содержанием аммонийного азота в водных объектах, из которых отбирались пробы для анализа. Превышения ПДК были обнаружены в реке Разумная район села Дорогобужино. Минимальные показатели характерны для родника «Корсунской иконы Божьей Матери» (Монастырский лес), родника (п. Комсомольский) и пруда расположенного в урочище Кургиновское (с. Шагаровка).

Водные объекты по исследованным химическим показателям, можно считать «умеренно загрязненными», что является фоновым состоянием для Белгородской области [3, 5]. Основными факторами, способствующими увеличению концентрации азота в водных объектах, являются близкое размещение агроландшафтов, неканализованные частные застройки.

Список литературы

1. Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Сыромятникова С.Н. Азотное загрязнение прудов и водохранилищ Белгородской области в зимний период // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2014. № 10(181). Выпуск 27. – С. 150-157.
2. Корнилов И.А., Колмыков С.Н., Петин А.Н. Оценка степени воздействия горнодобывающих предприятий КМА на гидроэкологическую ситуацию Белгородской области // Горный журнал. – 2012. – №9. – С. 29-32.
3. Сыромятникова С.Н., Колмыков С.Н., Корнилов А.Г. Азотное загрязнение водных объектов Белгородской области в сельскохозяйственных и горнопромышленных районах // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – Белгород: Изд-во БелГУ, 2012. – №15. Вып. 20. – С. 173-177.
4. Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Кичигин Е.В., Гордеев Л.Ю. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 6. – С. 139.
5. Корнилов И.А., Новых Л.Л., Корнилов А.Г., Стаценко Е.А. Геоэкологическая ситуация в промышленной зоне Белгородской области // Геология, география и глобальная энергия – 2012. – № 2 (45). – С. 221-227.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗАМКНУТОГО ДВИЖЕНИЯ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ СЛИВЕ ТОПЛИВА НА АЗС

Мифтахов М.Н.

доцент кафедры химии и экологии, канд. хим. наук, доцент,
НЧИ К(П)ФУ, Россия, г. Набережные Челны

Хазиева Г.Р.

студент 4 курса инженерно-строительного отделения, НЧИ К(П)ФУ,
Россия, г. Набережные Челны

В статье рассмотрено внедрение системы замкнутого движения паров нефтепродуктов при сливе топлива на АЗС для последующего их улавливания и рекуперации.

Ключевые слова: автозаправочные станции, нефтепродукты, топливо, выбросы паров нефтепродуктов.

В настоящее время в РФ проблема снижения объема выбросов паров топлив в условиях значительного увеличения количества автотранспорта, потребляющего углеводородное топливо, является особенно актуальной. Значительные количества выбросов выделяются от резервуаров с топливом на автозаправочных станциях (АЗС). АЗС получают, хранят и реализуют бензин и другие нефтепродукты в больших количествах. Это является серьезным каналом загрязнения окружающей среды, как в результате испарений топлива, так и в результате разливов [1].

Также заметное негативное влияние на состояние окружающей среды, прежде всего, на атмосферный воздух оказывают нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая промышленность и автомобильный транспорт, что обусловлено их деятельностью и сжиганием продуктов переработки нефти [2].

Автозаправочные станции (АЗС) являются источниками выбросов в атмосферный воздух целого ряда загрязняющих веществ, в том числе таких токсичных и канцерогенных, как бензол, толуол, этилбензол, способных накапливаться в организме человека и вызывать заболевания [3].

В связи с этим были проведены отборы проб на АЗС, не оснащенной и оснащенной замкнутой системой слива топлива с бензовозов на АЗС.

Отбор проб производился в разные дни из дыхательных клапанов подземных резервуаров топлива АИ-92. Для определения содержания суммы предельных углеводородов C1-C5, C6 и выше применялся хроматограф «Кристалл-5000», определение содержания бензола, ксилола, толуола, этилбензола выполнялось на хроматографе ФГХ-1.

Сравнительный анализ выбросов до и после измерения при не замкнутой системе составил 0,009 м³/с, при замкнутой системе он уменьшился до 0,002 м³/с. Применение замкнутой системы позволило снизить содержание суммы предельных углеводородов C1-C5 с 192 до 46 мг/м³, а сумму предельных углеводородов C6 и выше с 785 мг/м³ до 193 мг/м³. Эффективность по фактическому выбросу при этом составила 94,7 % для углеводородов C1-C5 и 91,8 % углеводородов C6 и выше. Применение замкнутой системы позволило снизить содержание суммы непредельных углеводородов C2-C5 с 5,12 до менее 1 мг/м³. Эффективность применяемой системы при этом составила 95,6 %.

Согласно полученным данным, применение замкнутой системы позволило снизить содержание бензола с 0,35 до <0,05 мг/м³; ксилола с 0,28 до <0,05 мг/м³; толуола с 0,23 до <0,05 мг/м³; этилбензола с 0,21 до <0,05 мг/м³.

Эффективность применяемой системы при этом составила по бензолу >96,8 %, по ксилолу >96 %, по толуолу >95,2%, по этилбензолу >94,7%.

Таким образом, система замкнутого движения паров нефтепродуктов, является эффективной, так как позволяет значительно сократить количества выбросов паров нефтепродуктов в атмосферный воздух. В перспективе представляется интересным внедрение на АЗС системы газозвратного запра-

вочного пистолета, которая представляет собой двухконтурную систему, включающую одну трубу для топлива, другую для отвода паров нефтепродуктов.

Список литературы

1. Бринчук М.М. Экологическое право (право окружающей среды): Учебник для высших юридических учебных заведений., 1998.
2. Воздействие на атмосферный воздух при переработке и хранении нефти.<http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vidy-vozddejstvia-na-prirodnuyu-sredu/pri-pererabotke-i-hranenii-nefti>
3. Отравление бензолом: симптомы острого и хронического отравления.
<http://extremed.ru/toksik/77-industrtox/4229-benzol>

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В СТАРООСКОЛЬСКО- ГУБКИНСКОМ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ КМА

Петин А.Н.

профессор кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности,
д-р. геогр. наук, профессор, Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Россия, г. Белгород

Киреева-Гененко И.А.

доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности,
канд. геогр. наук, доцент, Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Россия, г. Белгород

Лопина Е.М.

доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности,
канд. геогр. наук, Белгородский государственный национальный исследова-
тельский университет, Россия, г. Белгород

Симонова М.А.

студентка кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, г. Белгород

В статье дается характеристика и описание техногенной трансформации геологической среды и характеристика современной геоэкологической ситуации в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе КМА. В статье отмечается, что степень глубины трансформации геологической среды зависит от способа отработки железорудных месторождений – открытого или шахтного. От способа добычи железорудных месторождений также зависит современная геоэкологическая ситуация и степень ее экологической напряженности.

Ключевые слова: геологическая среда, трансформация геологической среды, экологическая ситуация, горнопромышленный район, Курская Магнитная Аномалия.

Белгородская область обладает развитой промышленностью. Область вносит значительный вклад в общероссийское промышленное производство, особенно по добыче железной руды и производству железорудных окатышей, цемента и асбоцемента, пищевых продуктов. В структуре промышленности области две трети составляет обрабатывающее производство и до четверти – добыча полезных ископаемых. Ядром этого служит горно-металлургический комплекс, территориально расположенный в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе, представленный такими крупными предприятиями, как Лебединский и Стойленский ГОКи, комбинат «КМАруда» (шахта им. Губкина), осуществляющие добычу железной руды открытым и подземным способом, а также гигант черной металлургии – Оскольский электрометаллургический комбинат [1].

Старооскольско-Губкинский промышленный район находится в северо-восточной части области. В широтном направлении с запада на восток он прослеживается на расстояние около от 55 км в северной части до 25 км в южной части между городами Губкин и Старый Оскол. В меридиональном направлении с севера на юг район прослеживается на 55 км вдоль реки Оскол от границы с Курской областью на севере до южной окраины п. Чернянка на юге. Площадь территории около 2300 км² [1].

Старооскольско-Губкинский район является одним из самых техногенно нагруженных районов на территории Белгородской области. Здесь на достаточно небольшой площади (около 8,5 % площади области) расположены два города (Губкин и Старый Оскол) с населением 87,2 и 218,2 тыс. жителей и поселок городского типа Чернянка. Число жителей на выделенной площади около 405 тысяч человек, что составляет около 27 % общей численности населения области [3].

В Старооскольско-Губкинском районе выявлено 11 крупных месторождений железных руд и рудопроявлений. 4 из этих месторождений в настоящее время разрабатываются (Коробковское, Лебединское, Стойло-Лебединское и Стойленское), в том числе три – открытым способом и одно – шахтой. В настоящее время начинается разработка Приоскольского месторождения железных руд открытым способом, что еще больше увеличит нагрузку на геологическую среду и усугубит экологическую ситуацию в данном районе. Помимо этих месторождений на территории района находится большое количество месторождений мела и глин, многие из которых в настоящее время разрабатываются [4].

Наличие большого количества крупных месторождений привело к интенсивному развитию в данном районе горнодобывающей и металлургической промышленности. На территории района располагается шахта им. Губкина и два карьера (Лебединский и Стойленский) глубиной от 350 до 380 м, два гидроотвала (Березовый Лог и рекультивированный гидроотвал Грачев Лог), два хвостохранилища (Лебединского и Стойленского ГОКов), многочисленные отвалы вскрышных и скальных пород. Переработка добытых руд производится на двух горнообогатительных комбинатах (Лебединском и Стойленском) и на крупнейшем в Европе Оскольском электрометаллургиче-

ском комбинате (ОЭМК). Помимо этого на территории Лебединского ГОКа пущена в строй первая очередь и строится вторая очередь крупнейшего в Европе завода горячего брикетирования железа (ГБЖ). Кроме горнодобывающих предприятий в Старооскольско-Губкинском районе расположены крупные предприятия обрабатывающей промышленности, Старооскольский цементный завод (Осколцемент), большое количество предприятий пищевой промышленности (Губкинский и Чернянский мясокомбинаты, Чернянский маслоэкстракционный завод, Чернянский сахарный завод, молокозаводы). На территории района находится большое количество действующих и строящихся свинокомплексов, молочных ферм, птицеферм. Большое влияние на геологическую среду оказывают городские свалки и очистные сооружения городов Губкин и Старый Оскол. Все вышеуказанные факторы оказывают значительное влияние на подземные воды района [2].

Комплексный анализ оценочных критериев основных природных характеристик и имеющаяся экогеологическая информация позволили в пределах железорудной провинции КМА провести ранжирование территории и выделить геоэкологические ареалы с разной степенью напряженности экологической ситуации [6].

Геоэкологическая ситуация – это особое свойство геосистемы геологической среды, возникающее в результате техногенных изменений природных характеристик территории, характеризующихся специфическим набором геоэкологических проблем, неблагоприятных (в различной степени) для жизни человека и хозяйственной деятельности. Техногенная нагрузка в горнопромышленных районах определяется как степенью прямого, так и косвенного воздействия человека на природную среду и на геологическую среду, в частности [4].

Негативные изменения в окружающей природной среде промышленной зоны КМА обусловлены: использованием природных ресурсов; эмиссией производственных отходов в окружающую среду; техногенной трансформацией функционирования природных ландшафтов [6].

Продолжающееся ухудшение качества природной среды в горнодобывающих районах КМА вызывает необходимость поиска путей и методов преодоления отрицательных последствий вмешательства человека в функционирование природных систем, включая эколого-геологические системы.

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2016 г. (Код проекта: 185).

Список литературы

1. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Белгородской области за 2014 год. Выпуск 20. Белгород, 2015. 195 с.
2. Квачев В.Н., Петин А.Н. Современное состояние ресурсов питьевых вод в зоне влияния Старооскольско-Губкинского горнопромышленного узла КМА // Проблемы региональной экологии. 2005. № 2. С. 114-118.

3. Корнилов А.Г., Лопина Е.М., Киреева-Гененко И.А., Стаценко Е.А., Жеребненко Ю.С. Рекреационное природопользование и устойчивое развитие территорий в районе размещения горнодобывающих предприятий КМА // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2012. № 1. С. 128-132.

4. Петин А.Н., Новых Л.Л., Петина В.И. Основы экологии и природопользования: учебное пособие, М.: Изд-во МГУ. 2004. 228 с.

5. Петин А.Н. Геоэкологическая обстановка и проблемы рационального недропользования в железорудном бассейне КМА // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. № 6. С. 315-322.

6. Петин А.Н. Рациональное недропользование в железорудной провинции Курской Магнитной Аномалии (проблемы и пути их решения): автореф. дис. ... д-ра географ. наук. – Астрахань, 2010. – 47 с.

КОСВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ОКОЛО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ г. САРАТОВА

Пичугина Н.В.

доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии,
канд. геогр. наук, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследователь-
ский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»,
Россия, г. Саратов

Соколовская К.В.

студентка 4 курса бакалавриата географического факультета,
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государствен-
ный университет имени Н.Г. Чернышевского», Россия, г. Саратов

Соловьева В.Д.

студентка 4 курса бакалавриата географического факультета,
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государствен-
ный университет имени Н.Г. Чернышевского», Россия, г. Саратов

Затонский В.А.

инженер учебной лаборатории геоинформатики
и тематического картографирования географического факультета,
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государствен-
ный университет имени Н.Г. Чернышевского», Россия, г. Саратов

Изучение экологического состояния городских ландшафтов необходимо начинать с выявления «болевых экологических точек», в том числе с помощью косвенных показателей. В представленной работе для этого используются оценка экологического состояния зеленых насаждений и определение концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе около образовательных и медицинских учреждений г. Саратова.

Ключевые слова: Саратовская область, г. Саратов, степные ландшафты, зеленые насаждения, экологическое состояние природно-антропогенных геосистем.

Городское пространство – это сложная мозаика, состоящая из элементов различного функционального назначения (селитебная, административная, промышленная, коммунально-складская застройка и др.). Для создания экологически комфортной среды обитания в городских ландшафтах необходимо «...предотвращение или ослабление загрязняющего воздействия производственных объектов на смежные территории жилых и рекреационно-оздоровительных комплексов» [6, с. 80]. При размещении объектов в пределах ландшафтного пространства города это достигается, в том числе, путем учета «правила функциональной поляризации» и «правила вектора» [6]. Большая часть городов имеет функциональную структуру, формировавшуюся стихийно в течение длительного времени, поэтому экологические требования, предъявляемые к культурным ландшафтам, частично могут быть реализованы через оптимизацию структуры и качества экологического каркаса. Для выявления «болевых экологических точек» на карте города можно использовать как прямые, так и косвенные показатели. В представленной работе в качестве объектов исследования выбраны территории около образовательных и медицинских учреждений в пределах Лысогорской и Северной приволжско-котловинной местностей г. Саратова (рис.).

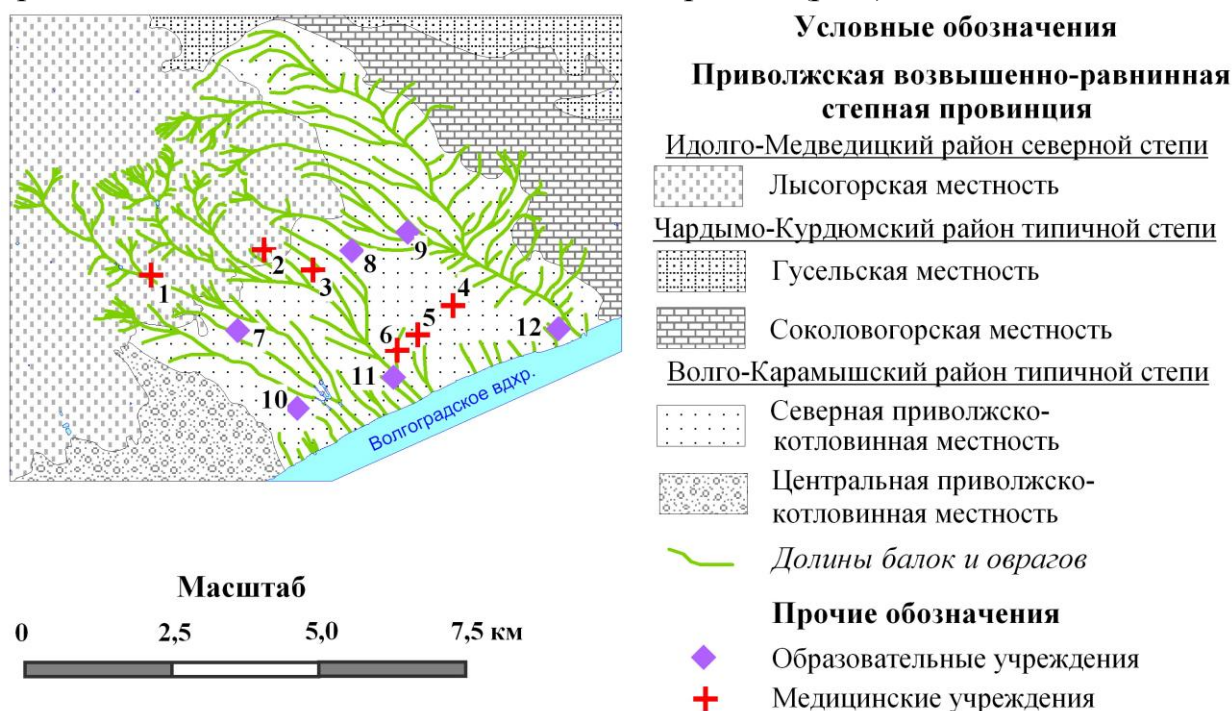


Рис. Образовательные и медицинские учреждения г. Саратова в пределах Лысогорской и Северной приволжско-котловинной местностей

Город Саратов находится в пределах Приволжской возвышенности на юго-востоке Восточно-Европейской равнины. Он является административным центром Саратовской области, которая входит в Приволжский федеральный округ России. Город делится на 6 муниципальных районов: Ленинский, Заводской, Волжский, Октябрьский, Фрунзенский и Кировский.

Согласно ландшафтному районированию [4, 11], на территории г. Саратова представлены Идолго-Медведицкий ландшафтный район северной степи с черноземами обыкновенными, Чардымо-Курдюмский и Волго-

Карамышский ландшафтные районы типичной степи с черноземами южными. Северо-западная часть исследуемой территории приурочена к Лысогорской местности Идолго-Латрыцкого ландшафта Идолго-Медведицкого ландшафтного района (рис.), а юго-восточная часть – к Северной приволжско-котловинной местности Багаевско-Пудовкинского ландшафта Волго-Карамышского ландшафтного района [4].

Территория г. Саратова находится в пределах Рязано-Саратовского прогиба на юго-востоке Русской платформы [12]. Рельеф Приволжской возвышенности характеризуют три денудационные ступени. Верхняя (высота – 280–380 м над у.м.) ступень рельефа сложена опоками, песчаниками и песками палеогеновой системы кайнозоя, средняя (высота – 180–260 м над у.м.) ступень рельефа сформирована породами нижнего и верхнего отделов меловой системы мезозоя [11]. Нижняя (высота – 100–160 м над у.м.) ступень рельефа Приволжской возвышенности распространена фрагментарно, интенсивно расчленена овражно-балочной сетью, имеет следы абразионной деятельности Волгоградского водохранилища [11]. На рассматриваемой территории абсолютные высоты варьируют от 285 м в пределах Лысогорского массива до 15–25 м – на побережье Волгоградского водохранилища. На денудационном уступе (относительная высота – 60–100 м), отделяющем Лысогорский массив от Приволжской котловины, встречаются эрозионно-оползневые цирки и ступенчатые мысообразные поверхности, долины балок и оврагов [10].

Климат Саратова – умеренно-континентальный с холодной зимой и жарким летом. В Саратове в среднем выпадает 483 мм осадков в год, сумма температур воздуха со значениями выше +10°C составляет 2939°C, годовая испаряемость – 874 мм, коэффициент увлажнения – 0,27 [9]. Н.В. Короткова и Н.В. Семенова [3] отмечают, что большая повторяемость скоростей ветра со значениями 0–1 м/с наблюдается в Саратове летом, меньшая повторяемость – зимой. В теплый период воздушные массы Саратова имеют ограниченные способности к самоочищению, но в холодный период года, когда выпадает больше атмосферных осадков, больше скорости ветра и реже формируются приземные задерживающие слои воздуха, складываются ограниченно благоприятные условия для рассеивания примесей [3].

Северо-восточная часть исследуемой территории дренируется системой Глебучева оврага, центральная часть – системой Белоглинского оврага, юго-западная – системами Кладбищенского и Дегтярного оврагов (рис.). Как отмечает А.Н. Башкатов [1], в конце XVII века устьевая часть Глебучева оврага представляла собой во время половодья залив Волги, в который заходили плоскодонные суда. В долине Глебучева оврага размещались огороды, а с середины XVIII века появились кузницы, кирпичные заводы и гончарные мастерские, начался процесс засыпки оврага [1]. Мощность насыпного грунта в сочетании с мусором на отдельных участках в настоящее время достигает 10 м [1]. В долине Белоглинского оврага, ранее имевшего название «речка Белая Глинка», размещались пруды, склоны занимали сады, огороды и мельницы, но сейчас водоток заключен в коллектор, а долина засыпана и застрое-

на [1]. Юго-западная часть исследуемой территории расчленена овражно-балочной сетью системы Кладбищенского оврага. В районе городского парка в него впадает Вакуровский овраг [2]. Параллельно этим оврагам расположен бассейн Дегтярного оврага [2]. В верховьях Кладбищенского оврага (урочище «Смирновское ущелье») ранее размещались сады, а также кладбище [1]. Ныне здесь находится областная клиническая больница. Система прудов в долинах трех оврагов появилась в начале XIX века, когда здесь базировалась загородная резиденция Саратовского губернатора А.Д. Панчулидзева (1808–1826 гг.) [7]. В 1935 г. пруды, а также фрагменты «Вакуровского парка» (не сохранился) и «Парусиновой рощи» стали основой городского парка культуры и отдыха имени Максима Горького в г. Саратове [7]. Согласно Т.В. Горбовской и В.В. Копниной [2], бассейны Глебучева, Белоглинского, Кладбищенского и Дегтярного оврагов относятся к типу бассейнов-накопителей.

Экологическое состояние территории рассматривается на основе материалов исследования (2015 г.) экологического состояния зеленых насаждений и оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода (СО) около шести образовательных и шести медицинских учреждений г. Саратова по соответствующим методикам [5, 13]. Картографическая часть исследования выполнена с использованием космических снимков и программного обеспечения (MapInfo и др.), предоставленных лабораториями геоинформатики и тематического картографирования, урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ.

Согласно методике, разработанной специалистами Санкт-Петербурга [5], различают следующие категории состояния деревьев: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее растение, 5 – сухостой текущего года, 6 – сухостой прошлых лет. Полученные данные для оценки общего состояния древостоя на исследуемом объекте в соответствии с категорией состояния деревьев объединяют в три группы: I – деревья хорошего состояния (категория 1); II – деревья удовлетворительного состояния (категории 2 и 3); III – деревья неудовлетворительного состояния (категории 4, 5 и 6) [5].

Уровень концентрации оксида углерода (K_{CO}) на улицах около образовательных и медицинских учреждений определялся по формуле, цитируемой по А.И. Федоровой и А.Н. Никольской [13]:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_U \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_P,$$

где K_{CO} – концентрация оксида углерода;

0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³;

N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, авт./час;

K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_y – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_c – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

K_B – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха;

K_{II} – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений дорог [13].

Коэффициент токсичности автотранспортного потока рассчитывается по формуле:

$$K_T = \sum P_i \cdot K_{Ti},$$

где P_i – состав автотранспорта в долях единицы,

K_{Ti} определяется согласно типу автомобиля: легкий грузовой – 2,3; средний грузовой – 2,9; тяжелый грузовой (дизельный) – 0,2; автобус – 3,7; легковой автомобиль – 1,0 [13].

Среди медицинских учреждений г. Саратова для исследования выбраны (рис.): 1) Областная клиническая больница (Смирновское ущелье, 1); 2) Саратовская городская клиническая больница №5 (4-й Рабочий проезд, 3); 3) Перинатальный центр (улица Рабочая, 144); 4) Городская поликлиника №7 (улица М. Горького, 34); 5) Городская поликлиника №14 (улица Вольская, 22); 6) Саратовская городская детская поликлиника №14 (улица Чапаева 14/26).

Учебные заведения представляют (рис.): 7) Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина (ул. Политехническая, 77, 1-й корпус); 8) СГУ имени Н.Г. Чернышевского (улица Университетская, 59, 4-й корпус); 9) лицей математики и информатики (улица Посадского, 246); 10) средняя общеобразовательная школа №45 (ул. Дегтярная, 12); 11) лицей №62 (Ильинская площадь, 1); 12) русская классическая гимназия (улица Челюскинцев, 12). Результаты исследования отражены в таблице.

Таблица

Экологическое состояние территорий около образовательных и медицинских учреждений в г. Саратове (по материалам 2015 г.)

Наименование объекта	Корректировка баллов с учетом показателей ¹ , баллы			Экологическое состояние ² , баллы				Концентрация CO ³ , баллы	Всего баллов	Группа ⁴
				деревьев			насаж- дения			
	АВ	РО	КД	ХС	УС	НС				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. ОКБ	-0,5	+2	0	8,9	1,1	0	11,1	2	14,6	II
2. СГКБ №5	0	+1,5	-0,5	8,5	1,5	0	11,5	0	12,5	II
3. ПЦ	+0,5	+1	0	8,4	1,6	0	11,6	7	20,1	IV
4. ГП №7	+0,5	+0,5	0	6,0	4,0	0	14,0	7	22,0	IV
5. ГП №14	+0,5	0	+0,5	8,5	1,5	0	11,5	6	18,5	III
6. СГДП №1	+1	0	+0,5	7,8	2,2	0	12,2	17	30,7	VI
7. СГТУ (№1)	+0,5	+1	-1	9,3	0,7	0	10,7	7	18,2	III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8. СГУ (№4)	+0,5	+1	-0,5	5,6	3,3	1,1	15,5	3	19,5	III
9. ЛМИ	+0,5	+1,5	+0,5	3,6	4,3	2,1	18,6	2	23,1	IV
10. СОШ №45	+0,5	0	0	7,0	2,5	0,5	13,0	2	15,5	III
11. Лицей №62	+1	0	+0,5	6,0	3,3	0,7	14,7	5	21,2	IV
12. РКГ	+1	0	+0,5	9,3	0,7	0	10,7	6	18,2	III
Среднее	+0,6	+0,7	0	7,4	2,2	0,4	12,9	5	19,2	III

Примечания:

1. Корректировка баллов с учетом:

АВ – абсолютной высоты: +1,0 балл – менее 50 м над у.м.; +0,5 балла – 50–100 м над у.м.; 0 баллов – 100–150 м над у.м.; -0,5 балла – 150–200 м над у.м.;

РО – расстояния объекта от берега Волгоградского водохранилища: 0 баллов – 0–1 км; +0,5 балла – 1–2 км; +1,0 балл – 2–3 км; +1,5 балла – 3–4 км; +2,0 балла – более 4 км;

КД – количества деревьев на участке: +0,5 балла – 10–20 экземпляров; +0 баллов – 20–30 экземпляров; -0,5 балла – 30–40 экземпляров; -1,0 балл – более 40 экземпляров.

2. Экологическое состояние зеленых насаждений рассчитывается по формуле: $I \cdot ХС + 2 \cdot УС + 3 \cdot НС$, где $ХС$ – доля растений в хорошем состоянии, $УС$ – доля растений в удовлетворительном состоянии, $НС$ – доля растений в неудовлетворительном состоянии, если сумма равна 10 баллам; 1, 2 и 3 – коэффициенты.

3. Концентрация оксида углерода (СО): 0 баллов – 0–5 мг/м³; 1 балл – 5–10; 2 балла – 10–15; 3 балла – 15–20; 4 балла – 20–25; 5 баллов – 25–30; 6 баллов – 30–35; 7 баллов – 35–40; 8 баллов – 40–45; 9 баллов – 45–50; 10 баллов – 50–55; 11 баллов – 55–60; 12 баллов – 60–65; 13 баллов – 65–70; 14 баллов – 70–75; 15 баллов – 75–80; 16 баллов – 80–85; 17 баллов – 85–90.

4. Группы: I группа – 0–10 баллов, II группа – 10–15 баллов, III группа – 15–20 баллов, IV группа – 20–25 баллов, V группа – 25–30 баллов, VI группа – 30–35 баллов.

Выводы:

1. Среднее число деревьев в насаждениях около исследуемых объектов составляет 24 экземпляра, но значение варьирует от 11 деревьев на территории СГДП №1 до 36 деревьев – около 4-го корпуса СГУ. Среднее количество видов, формирующих зеленые насаждения, равно 5, при этом 50,0% объектов характеризует от 1 (ГП №7) до 4 (ГП №14 и РКГ) видов, 16,7% – 5 видов, 16,7 – 6 видов, 8,3% – 8 видов (1-й корпус СГТУ), 8,3% – 17 видов (4-й корпус СГУ). Чаще всего в насаждениях присутствуют: ясень пенсильванский (на 10 объектах), каштан конский обыкновенный (на 7 объектах), береза бородавчатая и вяз приземистый (на 6 объектах), тополь пирамидальный и тополь сереющий (на 5 объектах). На территории СГУ 64,7% видов приходится на интродуценты [8], среди них: биота восточная, дуб красный, каштан конский обыкновенный, катальпа бигнониевая, катальпа прекрасная, клен серебристый, клен ясенелистный и др.

2. Наиболее благоприятное экологическое состояние (группа II) наблюдается около объектов №1 и №2. ОКБ находится в пределах Лысогорской местности (высота – 154 м над у.м.), а СГКБ №5 приурочена к наиболее высокой части Приволжской котловины (118 м над у.м.). Зеленые насаждения на территории ОКБ формируют 27 деревьев, СГКБ №5 – 34 дерева. Интенсивность движения автотранспорта около ОКБ составляет 170 автомобилей в час, около СГКБ №5 – 50 автомобилей в час.

3. Экологическое состояние хуже среднего уровня (группы IV и VI) отмечено для объектов под номерами №6, №11 и №3, приуроченных к долине Белоглинского оврага, а также для объектов №9 и №4 в бассейне Глебучева оврага. Зеленые насаждения на территории СГДП №1 образуют 11 деревьев, лица №62 – 20, ПЦ – 25, ГП №7 – 24, ЛМИ – 14 деревьев. Интенсивность движения автотранспорта около СГДП №1 составляет 2150 автомобилей в час, около лица №62 – 700 автомобилей в час, около ПЦ – 699 автомобилей в час, около ГП №7 – 982 автомобиля в час, около ЛМИ – 311 автомобилей в час.

Для создания более полной картины об экологическом состоянии территории г. Саратова необходимо увеличить количество ключевых участков, период наблюдений и число показателей. Вместе с тем, полученные результаты можно рассматривать как начальный этап исследования.

Работа частично выполнена в рамках государственного задания по проекту №1962.

Список литературы

1. Башкатов, А.Н. Овражно-балочная сеть как элемент ландшафтно-экологического каркаса г. Саратова (методические принципы исследования и историческая реконструкция) /А.Н. Башкатов //Географические исследования в Саратовском университете: Сб. науч. тр. /под. ред. Е.А. Полянской. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2002. – С. 97–106.
2. Горбовская, Т.В. Применение бассейнового подхода в геоэкологических исследованиях (на примере города Саратова) /Т.В. Горбовская, В.В. Копнина //Географические исследования в Саратовском государственном университете: Сб. науч. тр. /отв. ред. А.Н. Чумаченко. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2008. – С. 80–87.
3. Короткова, Н.В. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы в Саратове /Н.В. Короткова, Н.В. Семенова //География в Саратовском университете. Современные исследования: Сб. науч. тр. /под ред. А.Н. Чумаченко. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2014. – С. 194–201.
4. Макаров, В.З. Ландшафтное районирование Саратовского правобережья /В.З. Макаров, Н.В. Пичугина //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2013. – Т. 13. Вып. 2. – С. 13–16.
5. Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга //Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга от 30.08.2007 №90-р. URL: <http://www.bestpravo.ru/leningradskaya/xg-postanovlenija/z3g.htm> (дата обращения: 25.06.2012).
6. Николаев, В.А. Ландшафтоведение. Семинарские и практические занятия /В.А. Николаев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 94 с.
7. Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты /Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области; науч. ред. В.З. Макаров. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2007. – 300 с.
8. Пичугина, Н.В. Состояние зеленых насаждений г. Саратова / Н.В. Пичугина, К.В. Соколовская, В.Д. Соловьева //География и регион: Материалы международной научно-практической конференции, г. Пермь, 23–25 сент. 2015 г.: в 6 т. – Пермь: ИЦ Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2015. Т. I. Физическая география и ландшафтная экология. – С. 130–136.

9. Пряхина, С.И. Природные ресурсы Нижнего Поволжья и степень их использования зерновыми культурами /С.И. Пряхина, Ю.А. Скляр, А.И. Заварзин. – Саратов: Изд-во «Аквариус», 2001. – 66 с.

10. Саратовский научно-образовательный геоэкологический полигон: Учебное пособие /А.В. Иванов, В.З. Макаров, А.Н. Чумаченко [и др.]; под ред. А.В. Иванова, В.З. Макарова, А.Н. Чумаченко. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. – 286 с.

11. Саратовское Предволжье. Ландшафтная структура. История освоения. Проблемы природопользования / В.З. Макаров, А.Н. Чумаченко, В.А. Гусев [и др.]; под ред. В.З. Макарова. – Саратов: Изд-во ИП Кошкин В.А., 2014. – 180 с.

12. Учебно-краеведческий атлас Саратовской области /В.В. Аникин, Е.В. Акифьева, А.Н. Афанасьева [и др.]; гл. ред. А.Н. Чумаченко; отв. ред. В.З. Макаров. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2013. – 144 с.

13. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М: Гуманитарный ИЦ «ВЛАДОС», 2003. – 288 с.

СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГНОЗ ИНЖЕНЕРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ВЗРЫВЕ ПАРОГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Ан Г.В., Резницкий М.А., Земляницын С.А.

студенты гр. ПИ-13-1, Иркутский государственный университет путей
сообщения (ИрГУПС), Россия, г. Иркутск

Асламова В.С.

профессор кафедры техносферной безопасности, д-р техн. наук, профессор,
Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),
Россия, г. Иркутск

В статье рассматривается разработанная авторами программа автоматизированного прогнозирования инженерной обстановки при взрывах парогазовоздушных смесей на открытом воздухе и в помещении. Программа создана на объектно-ориентированном языке программирования C#, ориентированным на разработку приложений для платформы Microsoft.NET Framework.

Ключевые слова: инженерная обстановка, избыточное давление, скоростной напор, тепловой импульс, парогазовоздушные смеси, безвозвратные потери населения, язык программирования C#.

Технический прогресс сопровождается устойчивой тенденцией роста техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) и катастроф, темп роста которых превышает темпы роста мирового валового продукта. Наиболее опасными видами ЧС являются аварии: радиационные, с выбросом опасных химических веществ (ОХВ) и сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), а также ЧС, вызванные взрывами и пожарами [1].

Одним из основных направлений в решении задач обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере и быту в условиях ЧС является прогнозирование и оценка возможных последствий ЧС [2].

Особую сложность представляют задачи прогнозирования последствий ЧС при сочетании воздействий нескольких поражающих факторов, таких как воздушная ударная волна, скоростной напор, тепловой импульс [1]. На производстве наиболее часто встречаются взрывы конденсированных веществ, парогазовоздушных смесей и сосудов под давлением [2].

Под инженерной обстановкой понимается совокупность последствий воздействия аварий, природных и техногенных ЧС, современных средств поражения, в результате которых имеет место разрушение объектов экономики [5].

На сегодняшний момент возможности современных компьютеров настолько велики, что разрабатываемые программные решения находят своё практическое применение во всех сферах человеческой деятельности, в том числе и в техносферной безопасности. Для автоматизации процессов вычисления, сокращения времени расчета, исключения ошибок при расчете и

наглядной визуализации полученных данных была создана программа на объектно-ориентированном языке программирования С# (*си шарп*), разработанной компанией Microsoft в 1998-2001 годах, как язык разработки приложений для платформы Microsoft.NET Framework. Впоследствии язык был стандартизирован как ECMA-334 и ISO/IEC 23270.

Рассмотрим реализацию алгоритма автоматизированного расчета прогноза взрыва парогазовоздушных и топливно-воздушных смесей и пыли на открытой местности. Результаты действия взрыва зависят от расстояния R от эпицентра взрыва. Условно выделяют 3 зоны действия взрыва. Зона I с радиусом r_1 – зона действия детонационной волны в пределах облака газозвездной смеси, характеризуется интенсивным дробящим действием, в результате которого разрушаются конструкции на отдельные фрагменты и разлетаются с большой скоростью от центра взрыва. При взрыве на поверхности Земли часть энергии ВУВ расходуется на образовании воронки в грунте. На внешней границе зоны I $\Delta P_\phi = 1500-1700$ кПа (15-17 кгс/см²).

Радиус r_1 [м] определяется по регрессионной зависимости

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{m}$$

где m – масса ВЗВ в тротиловом эквиваленте, [т] или масса газозвездного вещества с учетом условий его хранения

$$m = z \cdot M,$$

где $z = 0,5$ для одиночного резервуара массой M , для группового хранилища $z = 0,9$.

Зона II ($r_2 - r_1$) – зона действия продуктов взрыва, в которой происходит полное разрушение зданий и сооружений под действием расширяющихся продуктов взрыва. Внешней границе этой зоны соответствует $\Delta P_\phi = 300$ кПа (3 кгс/см²), на внутренней – 1300 кПа.

Для нахождения радиуса огненного шара r_2 [м] используется формула

$$r_2 = 1,7r_1$$

Зона III ($r_3 - r_2$) – зона действия ВУВ включает три подзоны: сильных ($\Delta P_\phi \geq 50$ кПа), средних ($30 \leq \Delta P_\phi < 50$ кПа) и слабых ($20 \leq \Delta P_\phi < 30$ кПа) разрушений. На внешней границе зоны III ударная волна вырождается в звуковую, слышимую на значительном расстоянии. Избыточное давление в этой зоне вычисляется по зависимостям (3)-(5) [1-4]. Вначале определяется коэффициент K , зависящий от расстояния r_3 от центра взрыва до рассматриваемой точки

$$K = 0,24r_3 / r_1.$$

Зная значение K , находят значение ΔP_ϕ^{III} [кПа] по одной из формул

$$\Delta P_\phi^{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8K^3}-1)}, \text{ если } K \leq 2,$$

$$\Delta P_\phi^{III} = \frac{22}{3(\sqrt{\lg K+0,158})}, \text{ если } K > 2.$$

Зона действия взрыва парогазовоздушных смесей (ПГС) значительно превышает зону действия конденсированного ВЗВ. Избыточное давление в

зоне действия продуктов взрыва [кПа] (огненного шара или зоны действия осколков) определится по зависимости

$$\Delta P_{\phi}'' = 1300(r_1 / r_2)^3 + 50.$$

Тепловой импульс от взрыва ПГС определяется по формуле

$$U = I \cdot t_{св},$$

где I – интенсивность теплового излучения, [кДж/(м²*с)], $t_{св}$ – продолжительность существования огненной сферы (полусферы), [с].

Интенсивность теплового излучения вычисляется по формуле

$$I = Q_0 \cdot F \cdot T,$$

где Q_0 – удельная теплота пожара, [кДж/м²], F – угловой коэффициент взаимного расположения объекта и источника взрыва, T – прозрачность атмосферы.

Угловой коэффициент взаимного расположения объекта и источника взрыва определится по формуле

$$F = \frac{r_2^2 r_1}{\sqrt{(r_2^2 + R^2)^3}}.$$

Прозрачность атмосферы зависит от расстояния до эпицентра взрыва

$$T = 1 - 0,058 \ln R.$$

Время существования огненной сферы

$$t_{св} = 0,45 \sqrt[3]{m},$$

где m – масса ПГС, [т].

Радиус зоны токсического задымления, R_3 , [м] можно определить по зависимости

$$R_3 = \frac{3,42}{k_1} \left(\frac{m}{V_b k_2 D_m} \right)^{2/3},$$

где m – масса газовой смеси, [кг], k_1 – коэффициент шероховатости местности (открытая местность $k_1 = 1$, городская застройка, лес $k_1 = 3,5$), V_b – скорость ветра, [м/с], k_2 – коэффициент состояния вертикальной устойчивости атмосферы (инверсия $k_2 = 1$; конвекция $k_2 = 1,5$; изотермия $k_2 = 2$), D_m – токсодоза вещества, [мг · мин/л]. Результаты воздействия избыточного давления и теплового импульса на объекты окружающей среды, справочные величины определяются по таблицам созданной базы данных (БД).

По радиусу поражения парогазовоздушные смеси (ПГС) в 2-3 раза опаснее взрывчатых веществ. При взрыве сосудов под давлением, имеющих форму шаровых газгольдеров и баллонов, могут возникать сильные ударные волны, образуя большое число осколков, что приводит к серьезным разрушениям и травмам. Безвозвратные потери людей, $N_{см}$, [чел], ориентировочно определяются по формуле

$$N_{см} = 3P \cdot m^{2/3},$$

где m – масса газовой смеси, [т].

Интерфейс программы представлен на рис. 1. Тип материала, характер застройки и состояние вертикальной устойчивости атмосферы выбирается из выпадающего списка. Количество взорвавшихся объектов принимает одно из двух значений.

The form contains the following fields and controls:

- ☒ **Возможность возникновения пожара**
- Погодные условия** (grouped box):
 - Тип застройки: **Гор. застройка** (dropdown)
 - Скорость ветра, м/с: **5** (input)
 - Состояние вертикальной устойчивости: **Изотермия** (dropdown)
- Расчёт** (button)
- Радиус до эпицентра взрыва, метры**: **500** (input)
- Масса вещества, тонны**: **100** (input)
- Плотность населения, тыс. чел / км²**: **2** (input)
- Тип материала**: **Бензин** (dropdown)
- Количество взорвавшихся объектов** (grouped box):
 - ☒ **Одна цистерна**
 - ☐ **Группа объектов**

Рис. 1. Ввод исходных данных для прогнозирующего расчёта взрыва ПГС

После нажатия кнопки «Расчёт» на экране появляются результаты прогноза последствий взрыва (рис. 2).

The results are displayed in a text box with the following content:

Избыточное давление в зоне 2: 314,60 кПа
 Избыточное давление в зоне 3: 17,20 кПа
 Тепловой импульс: 12,24 кДж/(м²)
 Число погибших людей: 81,43 чел.

Бумага газетная: Устойчивое горение
 Бумага белая: Устойчивое горение
 Сухое сено, солома, стружка: Устойчивое горение
 Хвоя, опавшие листья: Устойчивое горение
 Хлопчатобумажная ткань, темная: Устойчивое горение
 Хлопчатобумажная ткань цвета хаки: Устойчивое горение
 Хлопчатобумажная ткань, светлая (бязь): Устойчивое горение
 Синтетический каучук, резина автомобильная: Устойчивое горение
 Брезент палаточный: Устойчивое горение
 Брезент, цвет белый: Нет эффекта
 Доски сосновые, еловые (сухие, некрашенные): Нет эффекта
 Кроны деревьев: Устойчивое горение
 Доски, окрашенные в белый цвет: Устойчивое горение
 Доски, окрашенные в темный цвет: Устойчивое горение
 Кровля мягкая (толь, рубероид): Устойчивое горение
 Черепица красная (оплавление): Обугливание

Пострадавших от ожогов нет

Радиус зоны токсичного задымления, м: 1,316

Рис. 2. Результаты прогноза последствий взрыва ПГС на открытой местности

Анализ рис. 2 позволяет сделать вывод, что ожогов у сотрудников, находящихся на расстоянии 500 метров, не возникнет, однако число погибших людей может составить 82 человека. Кроме этого произойдёт воспламенение большинства материалов.

При прогнозе последствий взрыва ПГС в помещении предварительно следует определить возможность возникновения взрыва. Взрыв может про-

изойти лишь в том случае, если концентрация смеси C_c находится в пределах между нижним и верхним концентрационными пределами взрываемости данной ПГС.

Концентрация ПГС, $[г/м^3]$ рассчитывается по формуле

$$C_c = m/V_{CB},$$

где m – масса ПГС, $[г]$, V_{CB} – свободный объем помещения, $[м^3]$, равный разности между объемом помещения и объемом оборудования, допускается принимать его условно равным 80 % геометрического размера помещения. Полученное значение концентрации сравнивается со значениями предела взрываемости, хранимыми в БД.

Избыточное давление взрыва $[кПа]$ в помещении определяется по формуле

$$\Delta P_\phi = \frac{mqP_a z}{V_{CB} \rho_v c_p T_0 k_n},$$

где m – масса ПГС, попавшего в результате аварии в помещение, $[кг]$, q – количество тепла, выделяющегося при разложении (теплота сгорания), $[Дж/кг]$, P_a – начальное давление в помещении, $101 [кПа]$, T_0 – начальная температура воздуха, $[К]$, ρ_v – плотность воздуха $[г/м^3]$ до взрыва при T_0 , c_p – теплоемкость воздуха, $1,01-1,03 [Дж/(кг.К)]$; k_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатический процесс горения, допускается принимать равным 3; z – коэффициент участия горючего газа во взрыве: для аэрозолей, нагретых до температуры вспышки и выше – 0,3; для ЛВЖ, нагретых ниже температуры вспышки – 0,3; для горючих газов – 0,5. Физико-химические свойства ПГС выбираются по названию из таблиц БД. Последствия воздействия избыточного давления для инженерных сооружений и персонала определяются по таблице из БД. На рис. 3 представлен ввод исходных данных для расчета последствий взрыва ПГС в помещении.

Решение задач: Прогноз взрыва паро, газовозд

Параметры помещения

Высота

Ширина

Длина

Температура, С

Оборудование: станочное ☐

Оборудование: крановое ☐

Оборудование: токарно-карусельные, токарнорасточные станки ☐

Линии электропередач: воздушные, высоковольтные ☐

Линии электропередач: кабель подземный ☐

Линии электропередач: кабель наземный ☐

Линии электропередач: антенные устройства ☐

Линии связи: стационарные, воздушные ☐

Линии связи: шестовые, воздушные ☐

Параметры вещества

Масса вещества, кг

Тип вещества Горючий газ

☒ Горючие газы и пары Пропан

☐ Пыль и волокна

Расчёт

Рис. 3. Ввод исходных данных для прогнозирующего расчёта взрыва ПГС в помещении

По результатам расчёта (см. рис. 4) можно сделать вывод, что в цехе возникнет взрыв с избыточным давлением 231кПа, который приведёт к полным разрушениям.

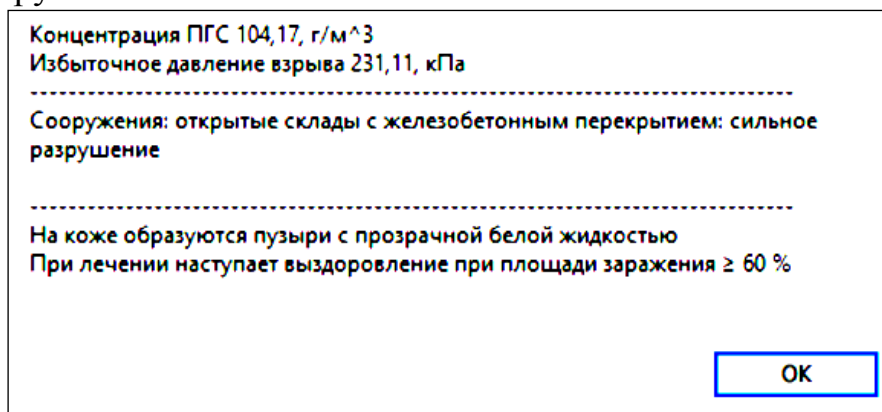


Рис. 4. Результаты прогнозирующего расчёта взрыва ПГС в помещении

Полностью будут разрушены оборудование, воздушные и высоковольтные линии электропередач, линии связи, наземные трубопроводы, резервуары, открытые склады с железобетонным перекрытием, здания, железобетонные и деревянные мосты, транспорт. Люди получают серьёзные ожоги.

Язык программирования C# был выбран благодаря ряду преимуществ перед своими прародителями (в частности, перед Java): единая платформа для множества языков Framework.Net; расширяемость системы (подгрузка любых .exe файлов, импортирование классов и объектов из других программ); унифицированная система типизации; безопасность кода; мощная база данных каркасного фреймворка; бесплатное распространение интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio; возможность введения подсказок для комфортного взаимодействия пользователей с интерфейсом программы.

Созданная программа прошла тестовую проверку с результатами расчетов вручную. Программа будет полезна преподавателям при проверке самостоятельных студенческих работ по расчету последствий взрыв ПГС на открытой местности и в помещении.

Список литературы

1. Асламова В.С., Руш Е.А. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие. Иркутск: ИрГУПС, 2013. 56 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: учеб. / И.В. Бабайцев, Б.С. Мастрюков, В.Т. Медведев и др. М.: Издат. Центр «Академия», 2012. 304 с.
3. Воропаева, Н.В. Чрезвычайные ситуации при взрывах: мет. рекомендации / Н.В. Воропаева. – Екатеринбург: УГУПС, 2005. 44 с.
4. РБ Г-05-039-96 Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия.
5. Юртушкин В.И. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий. Учебное пособие. М.: КНОРУС, 2016. 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАН В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ОПТИЧЕСКОГО ОТБЕЛИВАТЕЛЯ ТЕТРА-СУЛЬФО-ТИПА

Вязовов С.А.

доцент кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»,
канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный техни-
ческий университет», Россия, г. Тамбов

Приведены результаты исследования диффузионной проницаемости обратноосмотических композитных мембран ОПМ-КМ и обратноосмотических ацетатцеллюлозных мембран МГА-95П для различных концентраций и температур в водных растворах оптического отбеливателя тетра-сульфо-типа – белфора ОБ-жидкого.

Ключевые слова: мембрана, диффузионная проницаемость, белфор ОБ-жидкий.

Успешное применение мембранной технологии в химической промышленности, при производстве оптических отбеливателей, с экономической, технологической и экологической точек зрения, может быть эффективным при разумном ее сочетании с другими существующими методами [1]. Одной из составляющих массопереноса при мембранном разделении белфоросодержащих растворов является диффузионная проницаемость мембран. Исследования диффузионной проницаемости мембран проводились на экспериментальной установке, схема которой приведена на рисунке 1. Установка состоит из трехкамерной термостатируемой ячейки (I-II-III), мембран 1, 2, решеток из оргстекла 15, емкостей 3-5, для исходных и 6-8, для отработанных растворов, магнитных мешалок 9-11, змеевиковых теплообменников 19-21, термостатов 25-27, потенциометров 22-24, подключенных к термопарам 16-18 градуировки ХК, измерительные капилляры 12-14. Объем камер $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, рабочая площадь мембран составляла $26 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$.

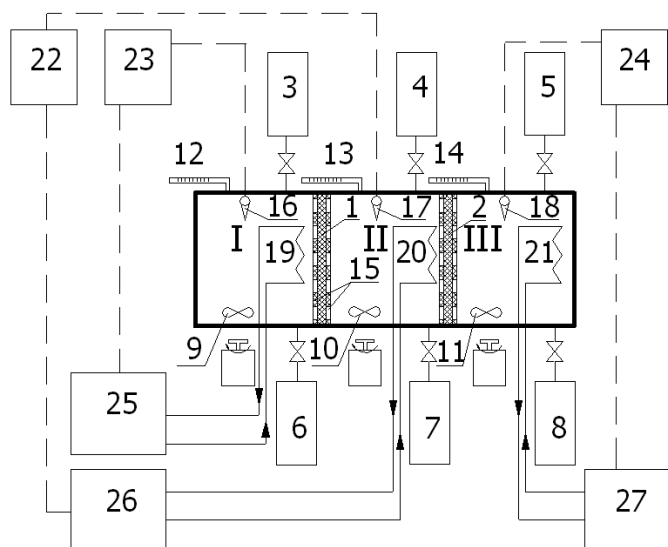


Рис. 1. Схема установки для изучения диффузионной проницаемости

Исследования по определению диффузионной проницаемости осуществляются по следующей методике [2]. Коэффициент диффузионной проницаемости рассчитывается по формуле:

$$P_d = (C_2 V_2 \delta) / ((C_1 - C_2) F_M \tau). \quad (1)$$

Полученная зависимость диффузионной проницаемости от концентрации и температуры аппроксимировалась функцией вида:

$$P_d = a \exp(bC) (T/T_0)^m, \quad (2)$$

Результаты исследования приведены на рисунке 2 (а, б). Для всех исследованных мембран с увеличением концентрации белоефтора ОБ-жидкого, диффузионная проницаемость падает, так как поровое пространство уменьшается, а проникание через обратноосмотические мембраны осуществляется в основном вязким течением через поры, а проникание через материал мембраны пренебрежимо мало. Установлено, что с повышением температуры раствора белоефтора диффузионная проницаемость всех исследованных мембран увеличивается, так как вязкость растворов несколько падает [3, 4].

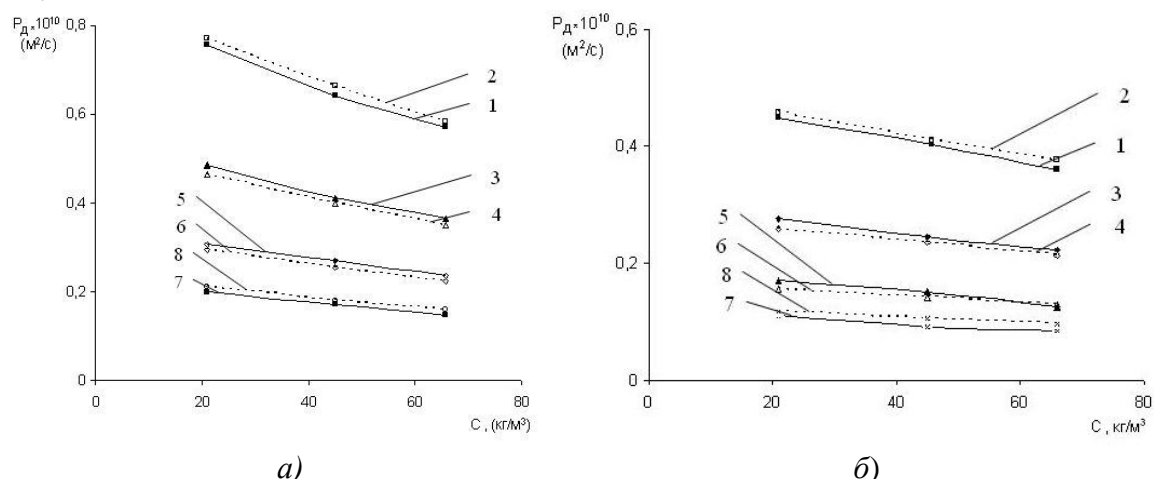


Рис. 2. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости мембраны ОПМ-КМ (а), МГА-95П (б) от исходной концентрации белоефтора ОБ-жидкого в растворе.

Эксперимент – температура (К): 1-313, 3-305, 5-298, 7-293.

Аппроксимация – температура (К): 2-313, 4-305, 6-298, 8-293

Список литературы

1. Пат. № 2544696 РФ, МПК C09B67/54; B01D43/00; B82B1/00. Способ удаления водорастворимых примесей из суспензий органических продуктов / Орехов В.С., Леонтьева А.И., Субочева М.Ю., Труфанов Д.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ТГТУ. – № 2012146964/05; заявл. 02.11.2012.
2. Ковалев С.В., Лазарев С.И., Эрлих А.В., Мамонтов В.В. Исследования коэффициентов диффузионной проницаемости сульфата олова на проточной мембранной установке плоскокамерного типа // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2011. Т. 54. № 2. С. 65-67.
3. Леонтьева А.И., Орехов В.С., Субочева М.Ю., Колмакова М.А. Исследование кинетики процесса удаления водорастворимых примесей из плотных осадков на фильтровальной перегородке Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 8. С. 122-126.
4. Чалых, А.Е. Диффузия в полимерных системах / А.Е. Чалых. – М.: Химия, 1987. – 312 с.

РЕШЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ХЕЛЕ-ШОУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЭТА-ФУНКЦИЙ

Житников В.П.

профессор кафедры ВМиК, д.ф.-м.н.,
Уфимский государственный авиационный технический университет,
Россия, г. Уфа

Шерыхалина Н.М.

профессор кафедры ВМиК, д.т.н.,
Уфимский государственный авиационный технический университет,
Россия, г. Уфа

Заринов А.А.

аспирант кафедры ВМиК,
Уфимский государственный авиационный технический университет,
Россия, г. Уфа

Задача Хеле-Шоу решается применительно к моделированию нестационарной электрохимической обработки. Задача сводится к решению задачи Шварца на параметрическом прямоугольнике с использованием тэта-функций. Для моделирования процесса анодного растворения используется скачкообразная функция выхода по току, определяющая скорость движения границы анода. Приведены результаты обработки электрод – инструментами различной криволинейной формы.

Ключевые слова: задача Хеле-Шоу, нестационарность, выход по току, скачкообразная функция.

Исследование электрохимического формообразования представляет большой интерес в связи с широким использованием электрохимической размерной обработки (ЭХО) в различных отраслях промышленности [1-3]. В последнее время активно развиваются технологии прецизионной обработки различных металлов и сплавов, включая нанотехнологии, с помощью импульсной ЭХО вибрирующим электрод – инструментом (ЭИ) в проточном электролите [4].

Моделирование ЭХО основано на законе Фарадея, согласно которому скорость растворения $V_{есм}$ равна

$$V_{есм} = \frac{k}{\kappa} \eta j, \quad k = \kappa \varepsilon / \rho, \quad (1)$$

где ε – электрохимический эквивалент; ρ – плотность растворяемого материала; κ – электропроводность электролита; j – плотность тока на анодной границе; $\eta = \eta(j)$ – выход по току (доля тока, участвующего в реакции растворения металла).

Для повышения точности в настоящее время применяются прецизионные технологии импульсно-циклической ЭХО, при которых на поступательное движение ЭИ накладывается колебательная (обычно синусоидальная) со-

ставляющая, а ток подается прямоугольными импульсами в моменты прохождения точки наибольшего сближения ЭИ с деталью. При отводе ЭИ от детали происходит замена отработанного электролита. В связи с небольшими скоростями ЭХО (несколько мм/мин) и краткостью импульсов (порядка 1-3 мсек) изменение межэлектродного зазора за один период можно считать практически малой величиной. Тогда можно применить дискретно-непрерывную модель процесса, для которой справедлива указанная выше зависимость скорости растворения от плотности тока, а коэффициент пропорциональности k уменьшается в Q раз, где Q – скважность импульса.

В связи с кратковременностью импульсов нагревом электролита и газонаполнением пренебрегается, и рассматривается идеальный процесс в однородном электролите.

1. Постановка задачи

Рассмотрим нестационарную задачу электрохимической обработки с помощью электрода-инструмента (ЭИ) FCG в виде выступа или впадины некоторой формы. Межэлектродное пространство (МЭП) ограничено вертикальными пластинами FA и GB из изоляционного материала. ЭИ движется в направлении изначально плоской заготовки ADB со скоростью V_{et} . Начальный межэлектродный зазор (расстояние AF) равен S_0 , разность потенциалов между электродами равна U . Форма межэлектродного пространства (МЭП) в некоторый момент времени показана на рис. 1.

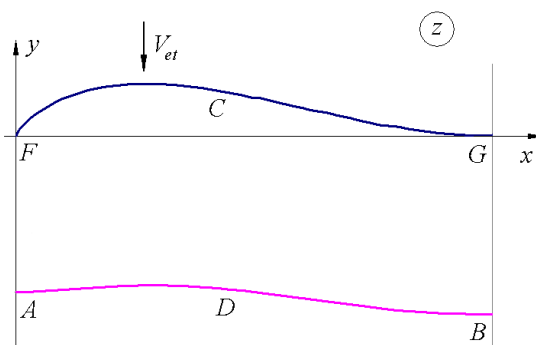


Рис. 1. Схема МЭП (физическая плоскость Z):
 FCG – ЭИ (катод); ADB – обрабатываемая поверхность (анод)

В данной работе зависимость выхода по току от плотности тока моделируется ступенчатой функцией [5, 6]

$$\eta(j) = \begin{cases} \eta_0, & j > j_1, \\ \forall \eta \in [0, \eta_0], & j = j_1, \\ 0, & j < j_1. \end{cases} \quad (2)$$

Рассматриваются два режима обработки. При первом режиме в каждой точке границы обрабатываемой поверхности (анода) $j > j_1$, следовательно $\eta = \eta_0$ (обычная постановка задачи идеальной ЭХО). При втором режиме (называемом предельным) в каждой точке анода $j = j_1$, а η может изменять-

ся от η_0 до нуля или какой-то минимальной величины. При этом достигается наивысшая степень локализации процесса растворения [4].

Перейдем к безразмерным величинам x, y, τ :

$$x = \frac{X}{l}, \quad y = \frac{Y}{l}, \quad \tau = \frac{V_{et}}{l} t = \frac{k\eta_0 U}{l^2} t. \quad (3)$$

Здесь l – величина стационарного зазора в задаче об обработке плоским горизонтальным ЭИ. Из условия $V_{ecm} = V_{et}$ в (1) определяем $V_{et} = k\eta_0 U/l$. Тогда $l = k\eta_0 U/V_{et}$. При этом

$$v_{et} = -\frac{dy_{A'}}{d\tau} = -\frac{dY_{A'}}{V_{et}dt} = 1. \quad (4)$$

В общем случае режим обработки характеризуется числом $\alpha = \frac{E_0}{E_1} = \frac{j_0}{j_1}$,

где $E_0 = V_{et}/(k\eta_0)$, $E_1 = j_1/\kappa$. В обычном режиме $\alpha = \infty$, в предельном $\alpha = 1$.

При допущении об идеальности среды для решения задачи можно применить методы теории функций комплексного переменного. Рассматриваемая задача является разновидностью задачи Хеле-Шоу со свободной границей и решается с помощью конформных отображений [7].

Пусть $z = Z/l = x + iy$. В связи с эквипотенциальностью электродов форма области МЭП на плоскости комплексного потенциала $W = \varphi + i\psi$ (φ – потенциал электрического поля, ψ – функция тока) представляет собой прямоугольник (рис. 2, а). Линиям тока FA и GB соответствуют горизонтальные отрезки. При этом величина напряженности электрического поля определяется производной $E = \left(\frac{dW}{dZ}\right)$, а плотность тока в соответствии с законом

Ома $j = \kappa|E|$. В каждый момент времени задача сводится к определению конформного отображения области МЭП физической плоскости на прямоугольник плоскости W .

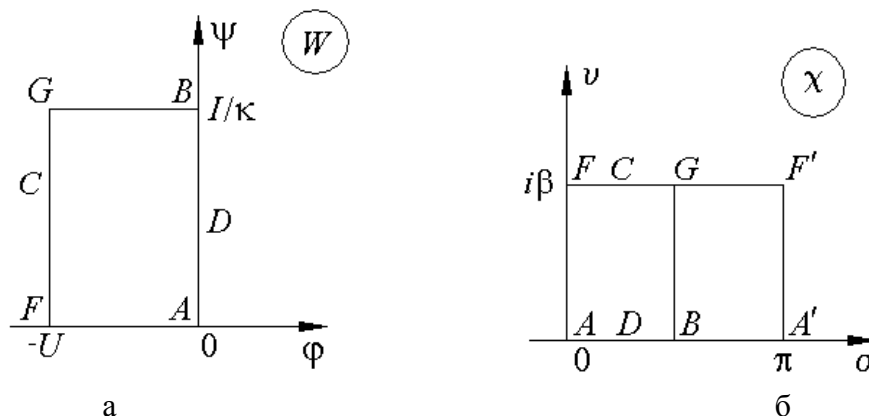


Рис. 2. Формы образов МЭП: а – на плоскости комплексного потенциала; б – на параметрической плоскости χ

Конформно отобразим область МЭП на прямоугольник параметрической плоскости χ (рис. 2, б). Для выполнения условия $\text{Re } z(\chi) = \text{const}$ на

участках границы FA и GB функцию $z(\chi, \tau)$, согласно принципу симметрии, следует аналитически продолжить симметрично отрезку GB (рис. 2,б).

2. Метод решения

При решении нестационарной задачи Хеле-Шоу методами ТФКП необходимо найти функции $w(\chi, \tau) = W/U$ и $z(\chi, \tau)$, а также $\frac{\partial z}{\partial \tau}(\chi, \tau)$.

2.1. Первая из этих функций определяется конформным отображением

$$w(\chi, \tau) = i \frac{1}{\beta(\tau)} \chi, \quad (5)$$

(при этом зависимость параметра $\beta(\tau)$ определяется в процессе решения второй задачи).

2.2. Вторая задача является задачей определения конформного отображения полосы на криволинейную полосу с периодической (с периодом $2L$) зависимостью ординат от абсциссы $y_1(x, \tau)$, $y_1(x, 0) = 0$, $y_2(x, \tau) = y_2(x, 0) - \tau$ на нижней и верхней границе соответственно. При этом функцию $z(\chi, \tau)$ можно представить в виде суммы

$$z(\chi, \tau) = \frac{2L}{\pi} \chi + z_1(\chi, \tau), \quad (6)$$

где $z_1(\chi, \tau)$ – периодическая (с периодом $2L$) в смысле ТФКП функция, определяющая отличие формы границ МЭП от прямых.

Краевыми условиями для определения аналитической функции $z_1(\chi, \tau)$ являются равенства

$$\operatorname{Im} z_1(\sigma, \tau) = \varphi_1(\sigma, \tau), \quad (7)$$

$$\operatorname{Im} z_1(\sigma + i\beta, \tau) = \varphi_2(\sigma, \tau). \quad (8)$$

При условиях (7), (8) аналитическая внутри прямоугольника и непрерывная в его замыкании периодическая (с периодом π) функция $z_1(\chi, \tau)$ может быть восстановлена с помощью интеграла Шварца [8]

$$\begin{aligned} z_1(\chi) = & \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \varphi_1(u) \left[\frac{\vartheta'_1(u - \chi)}{\vartheta_1(u - \chi)} - \frac{\vartheta'_1(u)}{\vartheta_1(u)} \right] du - \\ & - \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \varphi_2(u) \left[\frac{\vartheta'_4(u - \chi)}{\vartheta_4(u - \chi)} - \frac{\vartheta'_4(u)}{\vartheta_4(u)} \right] du + c_1, \end{aligned} \quad (9)$$

где c_1 – произвольная действительная постоянная (для данной задачи $c_1 = 0$). Для выполнения условия (8) необходимо, чтобы выполнялось равенство

$$\int_0^\pi \varphi_1(u) du = \int_0^\pi \varphi_2(u) du. \quad (10)$$

Логарифмические производные тэта – функций вычисляются через быстро сходящиеся ряды [9]

$$\frac{\vartheta'_1(\chi)}{\vartheta_1(\chi)} = \frac{d}{d\chi} \ln \vartheta_1(\chi) = \operatorname{ctg} \chi + 4 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{q^{2m}}{1 - q^{2m}} \sin 2m\chi,$$

$$\frac{\vartheta'_4(\chi)}{\vartheta_4(\chi)} = \frac{d}{d\chi} \ln \vartheta_4(\chi) = 4 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{q^m}{1-q^{2m}} \sin 2m\chi.$$

где $q = e^{-2\pi\beta}$.

Функции $\varphi_1(\sigma, \tau)$ и $\varphi_2(\sigma, \tau)$ при выполнении условия (10) определяются из уравнений

$$\begin{aligned} \operatorname{Im} z_1(\sigma + i0, \tau) &= y_1 \left(\frac{L}{\pi} \sigma + \operatorname{Re} z_1(\sigma + i0, \tau) \right), \\ \frac{L}{\pi} \beta + \operatorname{Im} z_1(\sigma + i\beta, \tau) &= y_2 \left(\frac{L}{\pi} \sigma + \operatorname{Re} z_1(\sigma + i\beta, \tau) \right). \end{aligned} \quad (11)$$

Функция $z_1(\chi, \tau)$ получается следующим образом. На границах $\chi = \sigma' + i0$ и $\chi = \sigma + i\beta$ в узловых точках σ'_m ($m=0, \dots, n_1$) и σ_m ($m=0, \dots, n_2$) задаются значения $\operatorname{Im} z_1(\sigma'_m + i0, \tau_j) = v_m^{(1)}$ и $\operatorname{Im} z_1(\sigma_m + i\beta, \tau_j) = v_m^{(2)}$. Значения $\varphi_1(\sigma') = \operatorname{Im} z_1(\sigma' + i0, \tau_j)$, $\varphi_2(\sigma) = \operatorname{Im} z_1(\sigma + i\beta, \tau_j)$ в промежуточных между узловыми точками определяются с помощью кубического сплайна, имеющего две непрерывные производные.

Численное интегрирование (9) проводится с помощью двухточечной квадратурной формулы Гаусса 4-го порядка точности относительно параметра $h_{\max} = \max_{1 \leq m \leq n} (\sigma_m - \sigma_{m-1})$. Интегралы с особенностями вычисляются в смысле главного значения.

Численно задача конформного отображения решалась методом коллокаций. В силу симметрии МЭП уравнение формы ЭИ (11) удовлетворялось в отдельных точках $\chi = \sigma_m + i\beta$ ($m = \overline{0, n_2/2}$). Кроме того, требовалось выполнение уравнения (10). На аноде значения $\operatorname{Re} z_1(\sigma'_m + i0, \tau_j)$ и $\operatorname{Im} z_1(\sigma'_m + i0, \tau_j)$ на каждом временном шаге оказываются известными, поэтому искомыми при конформном отображении являются значения σ'_m , $m = \overline{1, n_1/2 - 1}$.

Получаемая при этом система $n_1/2 + n_2/2 + 1$ нелинейных уравнений относительно параметров β , $v_m^{(2)}$ ($m = \overline{0, n_2/2}$), σ_m , $m = \overline{1, n_1/2 - 1}$ решалась методом Ньютона с регулированием шага.

2.3. Шаг по времени осуществляется следующим способом. Поскольку в силу (1) и (3) сдвиг точек поверхности анода происходит вдоль вектора напряженности, то после вычисления значений

$\bar{E}(\chi, \tau_j) = \frac{\partial w}{\partial z}(\chi, \tau_j) = \frac{i}{\beta} \frac{\partial z}{\partial \chi}(\chi, \tau_j)$ для $\chi = \sigma_m^0 + i0$ совершается шаг по методу Эйлера

$$z_{m,j+1} = z_{m,j} + \left[\frac{\partial \bar{w}}{\partial z}(\sigma_m^0 + i0, \tau_j) \Re(\tilde{j}_m) + i v_{et} \right] \cdot \Delta \tau, \quad (12)$$

(система координат в (12) связана с ЭИ, $v_{et} = 1$).

В (12) можно использовать упрощенную форму равенства (2)

$$\eta(\tilde{j}) = \begin{cases} 1, & \tilde{j} \geq 1/\alpha, \\ 0, & \tilde{j} < 1/\alpha, \end{cases} \quad \tilde{j} = \frac{j}{j_0} = \frac{|E|}{E_0} = \left| \frac{dw}{dz} \right| = \left| \frac{\partial w}{\partial \sigma} \frac{\partial z}{\partial \sigma} \right|^{-1} = \frac{1}{\beta} \left| \frac{L}{\pi} + \frac{\partial z_1}{\partial \sigma} \right|^{-1}, \quad (13)$$

поскольку точное выполнение условия $\tilde{j} = 1/\alpha$ маловероятно.

Однако, поскольку сдвиг точек происходит по нормали к поверхности анода, то точки, находящиеся на выпуклых в сторону заготовки участках поверхности, на каждом шаге по времени расходятся. Теряется точность, и даже устойчивость. Чтобы этого избежать, предлагается перейти к частной производной по времени $\frac{\partial z}{\partial \tau}(\chi, \tau)$ следующим способом. Поскольку при совершении шага по формуле (12) и решении задачи конформного отображения получаются новые значения σ'_m , $m = \overline{1, n_1 - 1}$, то чтобы вернуться к старым значениям σ_m^0 строятся сплайны $S_x(\sigma')$, $S_y(\sigma')$ и определяются новые значения

$$z(\sigma_m^0 + i0, \tau_{j+1}) = S_x(\sigma_m^0) + iS_y(\sigma_m^0), \quad m = \overline{1, n_1 - 1}. \quad (14)$$

Таким образом, осуществляется сдвиг точек вдоль вектора частных производных $\frac{\partial z}{\partial \tau}(\sigma_m^0, \tau_j)$, что позволяет сохранить точность и устойчивость решения при увеличении времени обработки.

Далее снова производится сдвиг (12), конформное отображение, пересчет (14) и т. д.

3. Численные результаты

Сначала рассмотрим режим обработки с постоянным выходом по току $\eta = \eta_0$ (что соответствует обработке в активирующем электролите). На рис. 3 представлены результаты решения задачи для неровности на ЭИ в виде выпуклости, определяемой формулой $y_2(x) = H \cdot 2^4 \frac{x^2}{L^2} \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2$ при $H=5$, $L=20$.

На рис. 3,а показаны формы ЭИ и обрабатываемой поверхности для значения шага по безразмерному времени $\Delta_\tau = 1$. (Расчет производился при $n = n_1 = n_2 = 40$ и $\Delta_\tau = 0.01$). Формы изображены в системе координат, связанной с ЭИ, т. е. заготовка движется вверх с безразмерной скоростью, равной единице. На аноде образуется выступ, высота которого растет, а форма асимптотически приближается к стационарной (обозначенной буквой «С»). Общий сдвиг заготовки вверх на рис. 3,а при расчете составляет 10 единиц (т. е. происходит заглубление, равное двойной высоте выступа на ЭИ). Отмечена форма при $\tau = 5$, соответствующая заглублению, равному высоте выступа. Видно, что эта форма достаточно далека от стационарной. При $\tau = 10$ поверхность практически приобретает стационарную форму, но для этого требуется увеличение времени обработки в два раза и снятие дополнительного припуска, примерно равного высоте выступа.

Согласно расчетам, минимальная напряженность на поверхности анода $|E| \approx 0.135$ имеет место в точке D при $\tau = 0$. При увеличении τ напряжен-

ность растет. Из этого следует, что при $\alpha > 7.41$ ограничение на растворение (13) не существенно, и картина процесса будет точно такой же, как и на рис. 3,а.

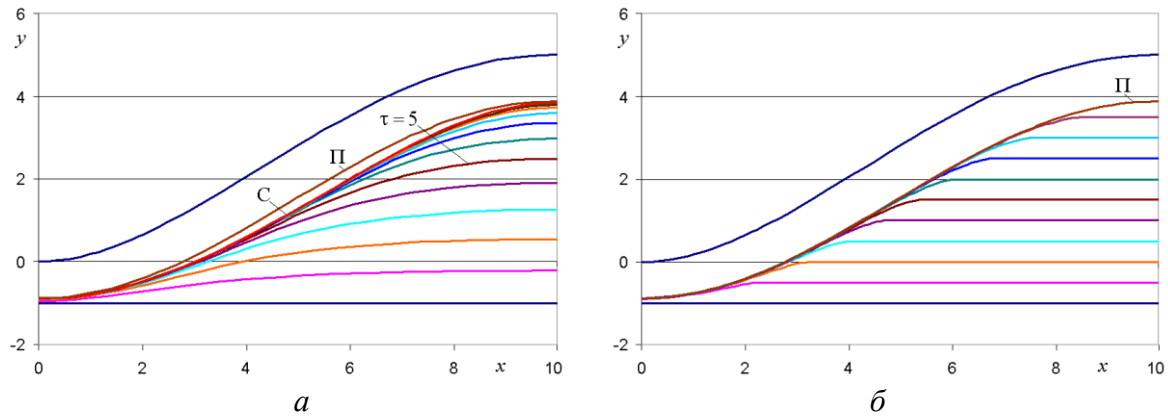


Рис. 3. Форма поверхности при обработке ЭИ гладкой формы:
а – при $\eta = \eta_0$ ($\alpha = \infty$, $\Delta_\tau = 1$); б – при $\alpha = 1$, $\Delta_\tau = 0.5$

Рассмотрим нестационарную обработку в предельном режиме $\alpha = 1$ (рис. 3,б). Нестационарный процесс существенно отличается от процесса при $\eta = \eta_0$, и протекает квазистационарно. При $\alpha = 1$ на растворяемых частях поверхности $|E| = 1$. На вершине выступа, образующегося на поверхности анода, имеет место прямолинейный участок, соответствующий нерастворенной поверхности. Поскольку вершина выступа не растворяется, то она движется вверх со скоростью $v_{et} = 1$. При завершении обработки за конечное время $\tau < 4$ (в отличие от режима с $\eta = \eta_0$) получается окончательная предельная форма, обозначенная на рис. 3,а и 3,б буквой «П», соответствующая выполнению условия $|\bar{E}| = 1/\alpha = 1$ на всей поверхности анода. Отличие предельной формы от стационарной видно на рис. 3,а.

На рис. 4 приведены аналогичные формы для ЭИ с заострением $y_2(x) = H \left[\frac{x}{L} \left(2 - \frac{x}{L} \right) \right]^{3/4}$ для $H=5$, $L=10$. При расчетах погрешность, связанная с изломами границы ЭИ уменьшалась за счет сгущения узлов сетки вблизи точек излома.

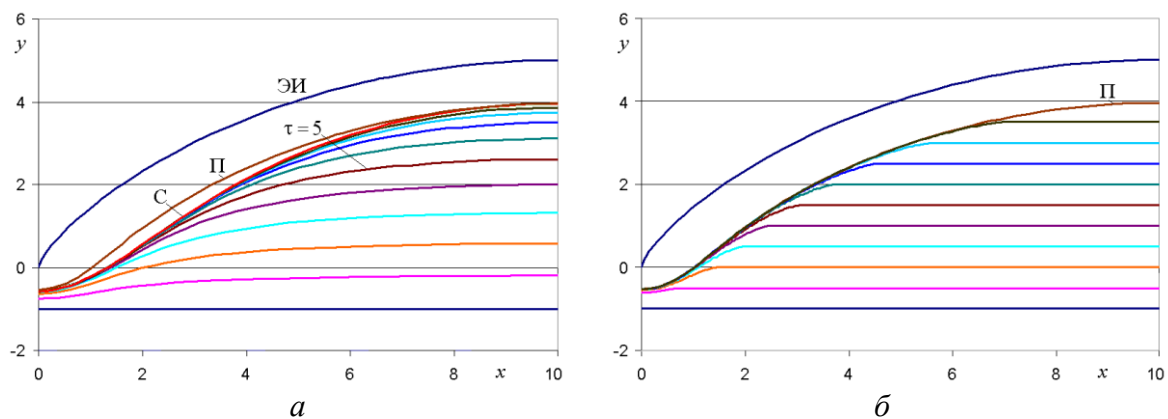


Рис. 4. Форма поверхности при обработке ЭИ с заострением:
а – при $\eta = \eta_0$ ($\alpha = \infty$, $\Delta_\tau = 1$); б – при $\alpha = 1$, $\Delta_\tau = 0.5$

Аналогично предыдущему примеру, обработка при $\eta = \eta_0$ требует двойной глубины заглублиения для получения стационарной формы с достаточной точностью.

Заключение. Таким образом, в данной работе предложен метод численного решения нестационарных задач Хеле-Шоу, основанный на решении задачи Шварца на параметрическом прямоугольнике с использованием тэта-функций. Результаты численных расчетов подтвердили высокую эффективность предложенного метода.

В результате исследований временных характеристик процессов установления параметров форм при постоянном значении выхода по току показано, что для получения стационарной формы с достаточной точностью необходимо удвоение величины заглублиения по сравнению с вертикальным размером выступа или впадины на ЭИ. Обработка в предельном режиме не требует дополнительных затрат.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части госзадания образовательным организациям высшего образования. Код программы 2229.

Список литературы

1. Клоков В. В. “Электрохимическое формообразование”. Изд-во Казан. ун-та, Казань, 1984. – 80 с.
2. Каримов А. Х., Клоков В. В., Филатов Е. И. “Методы расчета электрохимического формообразования”. Изд-во Казан. ун-та, Казань, 1990. – 387 с.
3. Котляр Л. М., Миназетдинов Н.М. “Моделирование процесса электрохимической обработки металла для технологической подготовки производства на станках с ЧПУ”. Academia, М., 2005. – 200 с.
4. Житников В.П., Зайцев А.Н. Импульсная электрохимическая размерная обработка. – М.: Машиностроение, 2007. – 407 с.
5. Житников В. П., Ошмарина Е. М., Федорова Г. И. Использование разрывных функций для моделирования растворения при стационарном электрохимическом формообразовании // Изв. Вузов. Математика. – 2010, № 10. – С. 77-81.
6. Житников В.П., Ошмарина Е.М., Федорова Г.И. Точные решения двух задач предельного квазистационарного электрохимического формообразования // Известия вузов. Математика, 2011. №12. – С. 21-29.
7. Howison S. D. Complex variable methods in Hele-Shaw moving boundary problems // Eur. J. Appl. Math. 1992. V. 3. P. 209-224.
8. Терентьев А.Г. К линейной теории кавитационного обтекания препятствий // Вопр. прикл. матем. и мех. – Чебоксары: Чуваш. ун-т. – 1971. – Вып.1. – С. 3-35.
9. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. – М.: Наука. – 1979. – 536 с.

ФОРМЫ БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ ВОЗДУХООПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, УСИЛЕННЫХ СТАЛЬНЫМИ КАНАТАМИ

Ким А.Ю.

профессор кафедры «Теории сооружений и строительных конструкций»,
д-р техн. наук, доцент, Саратовский государственный технический универси-
тет имени Ю.А. Гагарина, Россия, г. Саратов

Харитонов С.П.

аспирант кафедры «Теории сооружений и строительных конструкций»,
Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,
Россия, г. Саратов

Авторами статьи описывается проблема эффективности усиления пневматических сооружений больших пролётов с обычными мягкими тканями, сетками усиления из стальных канатов. Приводятся факты из многих источников, где есть данные, что пневматическое сооружение пролётом до тридцати метров выгодно делать без усиления, а при больших пролётах пневматические сооружения экономически выгодно делать не из дорогих синтетических покрытий, а усиливать сеткой из стальных канатов. Этот способ позволяет относительно дешево перекрыть пролёты шестьдесят и более метров.

Ключевые слова: мягкие оболочки пневматических сооружений, усиление оболочек сеткой стальных канатов, экономическая эффективность большепролётных пневматических сооружений.

Пневматические конструкции к началу двадцать первого века проникли во все области деятельности человека не только на земле, на воде и в воздухе, и под водой. Сейчас появилось новое поколение пневматических конструкций: управляемых, движущихся, автоматизированных. В мировой строительной практике пневматические сооружения очень быстро завоевали всеобщее признание. Пневматические строительные конструкции никогда и никем серьёзно не рассматривались как заменители традиционных сооружений. В лучшем случае они считались конкурентоспособными лишь в ограниченных сферах строительства.

Пневматические сооружения могут соперничать со зданиями капитального типа из традиционных материалов (дерева, камня, бетона, металла) только в условиях, когда время, отведённое на строительство, измеряется часами (сутками), или, когда заранее известно, срок функционирования сооружения на данной площадке непродолжителен, их основным строительным материалом являются мягкие оболочки.

Мягким называют оболочки из материалов, обладающих высоким сопротивлением растяжению, но не способных сопротивляться каким-либо иным видам, напряжённого состояния (сжатию, сдвигу, изгибу). Воздухоопорные сооружения-строительные конструкции особого типа. В отличие от обычных конструкций, устойчивость которых обеспечивается жёсткостью применяемых материалов, они требуют, помимо статических конструктив-

ных элементов, ещё и механизмов – воздухонагнетательных установок [2, с. 125].

Большие перспективы развития пневматических строительных конструкций основываются на двух главных принципах данного вида строительства; возможности быстрого перекрытия больших пролётов и изоляции от окружающей среды. При проектировании воздухоопорных сооружений основное внимание уделяется определению формы данного сооружения, удовлетворяющий всем критериям устойчивости строительных конструкций. Если при применении относительно дешёвых мягких тканей, пролёт пневматических сооружений выгоден до 24 метров, то при применении специальных тканей, покрытых полимерным материалом (тефлоном, ширфилом или кевларом) пролёт сооружения вырастает до 48 метров, но сооружение становится дороже.

Сорок лет назад пневматические оболочки достигли своего предельного пролёта, в зависимости от материала до 50 метров, при применении тефлона. Огнестойкость тефлона исключительна. Тефлон не поддерживает горение в атмосфере, содержащей менее 98 % кислорода, и даже при прямом воздействии пламени продукты его распада не создают плотного дыма, характерного для большинства пластмасс, основой которых являются углеводороды. Сравнительно тонкое покрытие обеспечивает высокое светопропускание, а также эффективное самоочищение. Почти ничто не пристает к тефлону. Таким образом, инертность тефлона удачно дополняет прочность и невозгораемость стекловолокна. Тефлоновое покрытие дороже обычных мягких тканей в 1,5...2 раза, поэтому иногда экономически выгодно (когда пролёт пневматического сооружения приближается или превышает 100 метров), применять дешёвые синтетические ткани и делать их усиление системой стальных канатов.

Статистика последних сорока лет показывают непрерывный рост пролётов пневматических сооружений, усиленных стальными тросами, на фоне стабилизировавшихся размеров оболочек без усиления, достигших, очевидно, своего экономически рационального предела при любых оболочках покрытия 50...60 метров (рис. 1).



Рис. 1. График увеличения пролётов пневматических сооружений в мире

Пневматические оболочки по природе своей воздухонепроницаемые, изолируют перекрываемое пространство от окружающей атмосферы. Перекрыть они могут километровые пролёты, но экономически выгодно перекрывать двести метров [3, с. 12].

В настоящее время много внимание уделяется определению формы пневмооболочки, удовлетворяющий всем критериям устойчивости строительных конструкций. Формы мягких оболочек, особенно пневматических, разнообразны, но далеко не произвольны. Разработана сфероподобная оболочка пневматического сооружения, усиленная канатами с крупной ячейей. Может использоваться под спортивное сооружение, это один из самых дешёвых вариантов таких объектов. Авторы статьи рассчитали и запроектировали такое сооружение под теннисный корт в г. Энгельсе (рис. 2).

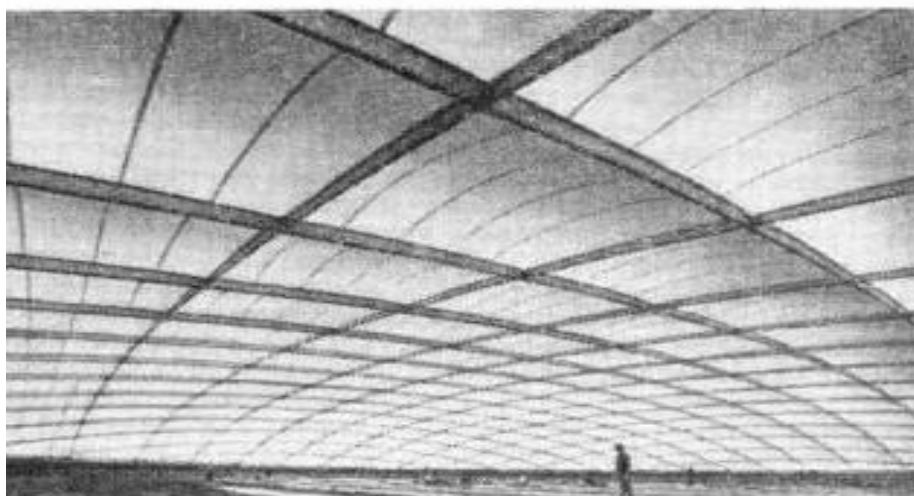
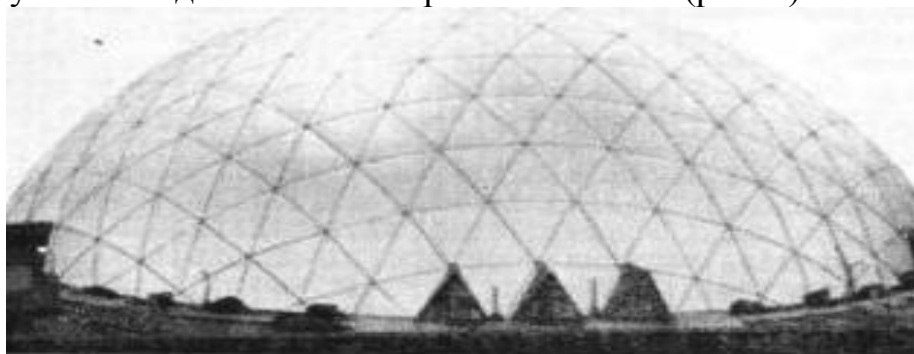


Рис. 2. Воздухоопорное сооружение, усиленное канатами с очень крупной клеткой

Воздухоопорные оболочки по форме мало отличаются от тонкостенных оболочек из жёстких материалов. Для материалов пневматических конструкций характерна высокая прочность при растяжении, малое сопротивление сдвигу и полная неспособность к сопротивлению сжатию и изгибу.

Уменьшение шага нитей также снижает роль оболочки в восприятии возникающих усилий.

Оболочки, усиленные сетями, можно условно разбить на три группы.

1. Оболочки, покрытые сетью с частой (измеряемой сантиметрами) ячейей. В этом случае форма сооружения определяется раскроем сети, воспринимающей основные усилия. Материал оболочки обеспечивает только

воздухонепроницаемость и поэтому может не держать снеговую нагрузку. Сеть, первоначально плоская, облегает выпуклую оболочку, вследствие изменения сетевых улов ячеек. Типичными примерами оболочек этой группы могут служить теплицы из прозрачных полимерных плёнок, покрытых сетями типа рыболовных с малой ячейей.

2. Оболочки, покрытые сетью с крупной (около 1 м) ячейей. Форма сооружения определяется раскроем оболочки и соответственно связанной сетью. Оболочка выкраивается гладкой, без учёта расположения канатов. Выпуклости между канатами образуются из-за местных деформаций оболочки. Сеть не связана с оболочкой, и её смещения относительно оболочки свободны. Материал оболочки работает в пределах, ограниченных канатами, однако возможно и совместное восприятие основных усилий.

3. Оболочки, усиленные сетью с очень крупной (несколько метров) ячейей. При раскрое учитывается расположение канатов, связанных с оболочкой. Смещения канатов, относительно оболочки возможны, но ограничены. Основные растягивающие усилия в сооружении воспринимают канаты. Материал оболочки работает локально – в пределах ячеек. В качестве примера можно назвать серию воздухоопорных оболочек, перекрывающих спортзалы [1, с. 104].

Авторы статьи надеются, что подобранные материалы помогут создать инфраструктуру для массовых занятий спорта, особенно в регионах России с тёплым климатом (Краснодарский край, Крым).

Список литературы

1. Ермолов, В.В. Воздухоопорные здания и сооружения / В.В.Ермолов. – М.: Стройиздат, 1980. – 304 с.
2. Ким, А.Ю. Итерационный метод приращения параметров для расчета нелинейных мембранно-пневматических систем с учетом упругой работы воздуха / Ким А.Ю. Саратов. Вестник СГАУ, 2005. № 1. – С. 39-42.
3. Ким, А.Ю. Итерационный метод приращений параметров для расчета нелинейных мембранно-пневматических систем с учетом упругих свойств воздуха/Ким А.Ю. автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Волгоград. Волгоградская государственная архитектурно-строительная академия. Волгоград, 2005. – 30 с.

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСЛЕ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Кочубей А.А., Ломовцев А.А.
аспиранты кафедры «Технология машиностроения»,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

В данной статье исследовалось напряженное состояние поверхностного слоя образцов выполненных из алюминиевых сплавов, возникающее в результате магнитодинамической обработки.

Ключевые слова: магнитодинамическая обработка, остаточные напряжения, ферромагнитный свободнодвижущийся индентор, устройства с вращающимся электромагнитным полем.

Развитие современного машиностроения связано с дальнейшим повышением долговечности и надежности деталей машин и инструмента, которые в значительной степени обусловлены качеством поверхностного слоя, сформированным в результате различных технологических факторов при изготовлении. Достаточно подробно причины и механизмы образования остаточных напряжений различного рода, а также методы их определения рассмотрены в работах [1, 2]. Существует общепринятая точка зрения, согласно которой технологические остаточные напряжения могут быть «полезными», к которым относят напряжения сжатия и «вредными» – напряжения растяжения. Как показывает опыт исследований в данном направлении наиболее значимыми причинами возникновения напряжений 1 рода или макронапряжений являются различные воздействия на поверхность заготовки в результате механообработки. В тоже время возрастающая роль методов поверхностного упрочнения, требует дальнейших исследований влияния технологических факторов на формирование остаточных напряжений, в том числе, таких как магнитодинамическая обработка [3,4].

В связи с этим целью наших исследований являлось определение величины и знака остаточных напряжений (макронапряжений) в поверхностном слое стальных образцов подвергнутых магнитодинамической обработке.

Магнитодинамическая обработка производилась с использованием устройства с вращающимся электромагнитным полем [5].

Основой этих устройств (рис. 1) является индуктор 2, помещенный в корпус 1. Индуктор представляет собой видоизмененный статор асинхронного электродвигателя. В расточку статора устанавливается цилиндрическая труба 3 из немагнитного материала, внутренняя поверхность которой ограничивает рабочую зону устройства. Труба 3 служит рабочей зоной. Для повышения стойкости рабочей зоны трубы в нее вставляют сменную вставку 5, которую заменяют по мере износа. Рабочей средой служат цилиндрические частицы 4, выполненные из ферромагнитного материала. Устройства могут быть выполнены с водяным и воздушным охлаждением.

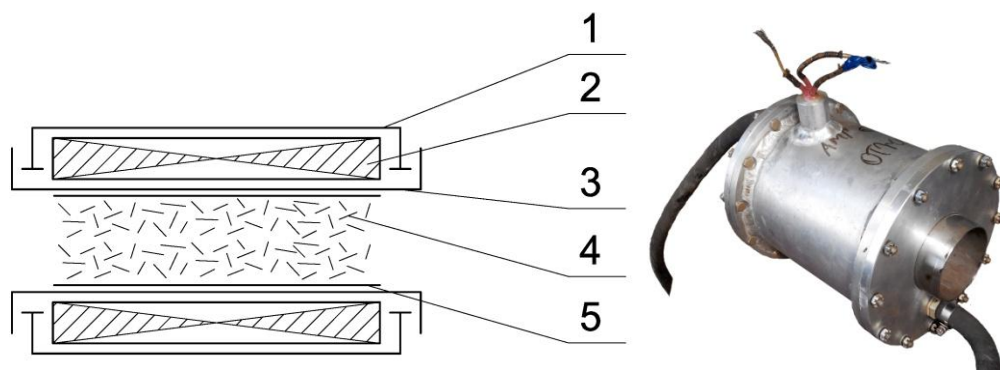


Рис. 1. Схема устройства с вращающимся электромагнитным полем

Обработке ферромагнитными свободнодвижущимися инденторами в условиях вращающегося электромагнитного поля подвергались образцы (рис. 2), выполненные в форме колец. Образцы были изготовлены из алюминиевого сплава В95ПЧТ2 и Д16Т. В качестве обрабатывающей среды использовались цилиндрические инденторы (рис. 3) из материала 50ХФА и ШХ15 с различными геометрическими параметрами.



Рис. 2. Образец



Рис. 3. Инденторы

Масса загрузки устройства обрабатывающей средой производилась согласно эффективным условиям обработки, обоснованных в трудах [6].

Определение остаточных напряжений основано на методе разрезки колец предложенным Н.Н. Давиденковым [1]. Он заключается в разрезке кольца вдоль образующей (рис. 4) и замере изменения диаметра в результате вырезки. Исходя из того, что изменение диаметра соответствует изменению ширины паза после разрезки кольца, то формула для определения остаточных напряжений имеет вид:

$$-\sigma_0 = 2 \frac{E \cdot \delta_p}{(1 - \mu^2) \cdot D_{\text{ср}}^2} \left(\frac{h}{2} \right),$$

где E – модуль упругости;

δ_p – изменение ширины паза после разрезки;

μ – коэффициент динамической вязкости (Коэффициент Пуассона);

$D_{\text{ср}}$ – средний диаметр кольца;

h – толщина кольца.

Разрезку образцов производили на пятикоординатном вырезном электроэрозионном станке модели DIPOL 600Ф03 (рис. 5).

Обработка на станке выполняется электродом-проволокой. В качестве рабочей жидкости используется дистиллированная вода, подаваемая под давлением в зону обработки.



Рис. 4. Образец после разрезки



Рис. 5. Электроэрозионный станок DIPOL 600Ф03

Ширина паза определялась с учетом ширины электрода и ширины формируемого при выгорании межэлектродного зазора, в результате электрической эрозии при разрезке образца, из выражения:

$$\delta_p = \delta_2 - \delta_1 - 2 \cdot \delta_0, \text{ где:}$$

δ_0 – ширина межэлектродного зазора, формируемого электрической эрозией в зоне обработки в процессе разрезки образца;

δ_1 – ширина (диаметр) отрезного электрода при разрезке;

δ_2 – ширина паза после разрезки через сутки.

Результаты средних значений замеров, произведенные на трех образцах в каждом случае, приведены на графиках (рис. 6-7). Величина δ_p отрицательна при увеличении паза.

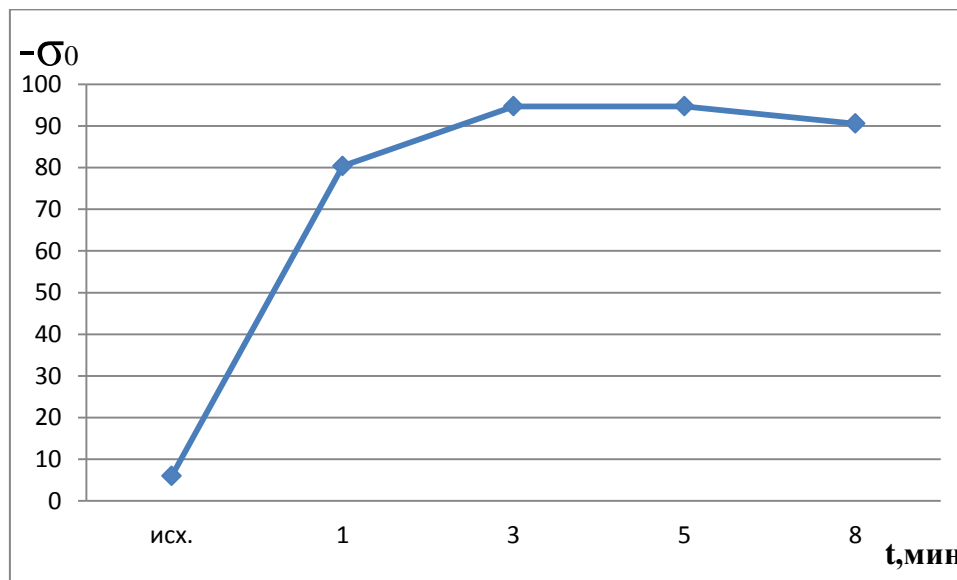


Рис. 6. Изменение остаточных напряжений в поверхности в зависимости от времени магнитодинамической обработки (обрабатывающая среда-ферромагнитные инденторы, материал 50ХФА, $d=1$, $l=10$;) Материал образцов В95пчТ2

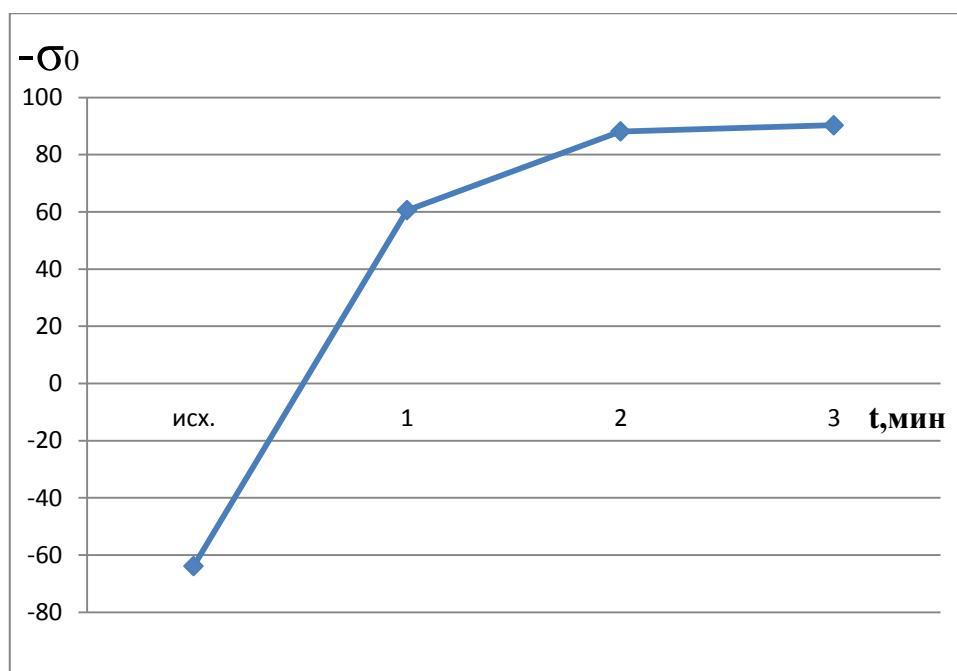


Рис. 7. Изменение остаточных напряжений в поверхности в зависимости от времени магнитодинамической обработки (обрабатывающая среда-ферромагнитные инденторы, материал ШХ15, $d=3$, $l=20$;) Материал образцов Д16Т

Установлено, что при магнитодинамической обработке образцов из алюминиевого сплава В95пчТ2 изменения сжимающих остаточных напряжений в поверхности на 10-15% выше по сравнению с алюминиевыми сплавами Д16Т. С увеличением времени обработки, сжимающие остаточные напряжения в поверхности растут до определенного предела и стабилизируются на этом уровне. Отмечено, что максимальный уровень сжимающих остаточных напряжений достигается при обработке ферромагнитными инденторами с $l/d=10$ за 3-4 минуты обработки, а при обработке ферромагнитными инденторами $l/d=7$ – за 2-2,5. Дальнейшее увеличение времени обработки не приводит к росту сжимающих остаточных напряжений. Полученные в результате исследований закономерности изменения остаточных напряжений поверхности в процессе магнитодинамической обработки подтверждают экспериментально установленный факт, что подвергаемый упрочнению материал имеет ограниченную способность к аккумулярованию энергии деформации. По мере накопления пластических деформаций наступает состояние энергетического насыщения, превышение которой приводит к разрушению и шелушению поверхности.

Список литературы

1. Давиденков Н.Н. Измерение остаточных напряжений в дисках. Заводская лаборатория – №3.
2. Биргер И.А. Остаточные напряжения. М. : Машгиз, 1963. – 130 с.
3. Лебедев В.А., Вернигоров Ю.М., Кочубей А.А. Сущность и закономерности динамики процесса обработки ферромагнитными гранулированными средами во вращающемся электромагнитном поле // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2016. – №1(52). – С. 84-91.

4. Лебедев В.А., Вернигоров Ю.М., Кочубей А.А., Чумак И.В. Энергетические аспекты отделочно-упрочняющей обработки деталей в условиях вращающегося электромагнитного поля // Научные технологии в машиностроении. – 2016. – №6(60). – С. 35-42.

5. Логвиненко Д.Д., Щеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. Киев, «Техника», 1976. – С. 143.

6. Лебедев В.А. Кочубей А.А., Чаава М.М., Чумак И.В. Оценка производительности упрочняющей обработки в условиях вращающегося электромагнитного поля // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2016. – №7(139). – С. 19-24.

КОНЦЕПЦИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ВВОДЕ В ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Майорова Е.С.

магистр кафедры вычислительной техники и программирования,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
Россия, г. Магнитогорск

Традиционный подход к производству, связанный только постоянным сокращением издержек и поддержанием эффективной производительности больше не адекватен расширяющейся номенклатуре заказов и постоянно растущим требованиям потребителей продукции. Именно поэтому Система будущего производства, помимо классической функциональности, должна отвечать современным вызовам рынка. В статье рассмотрен подход к организации ИТ-инфраструктуры при подготовке предприятия к вводу в действие системы управления производством.

Ключевые слова: производительность, промышленные предприятия, эффективность производительности, информационные системы.

В сложившихся конкурентных условиях любое производство не сможет существовать и развиваться без высокотехнологичной системы управления, базирующейся на современных информационных технологиях [4, 5]. Согласно исследованиям [1, 2, 3, 6]: оснащённость предприятий системами систем управления производственными процессами по состоянию на 2015 год составляет более 60% в мире и более 45% в России; отмечается существенный прогресс в сфере применения систем интеллектуальной поддержки принятия решений на предприятиях [4].

Популяризация ИТ на промышленных предприятиях обусловлена преимуществами, которые они позволяют достичь:

- оперативное планирование производства с формированием оптимальных производственных программ для агрегатов технологического цикла;
- управление складами материалов и продукции;
- управление производственными процессами, оперативный учет производства;
- сбор и хранение информации технологического и производственного характера, преобразование данных и передача в смежные информационные системы;
- управление отгрузкой готовой продукции;

- формирование электронной отчетности и управление хранилищем электронной документации;
- управление затратами энергоресурсов на производство.

Тенденция к информационной поддержке производственных процессов, необходимость их автоматизации определяют цель исследования: описание последовательности шагов при подготовке предприятия к вводу в действие системы управления производством.

Объект исследования: производственные процессы на промышленном предприятии. Предметом исследования является система управления производственными процессами (УПП) промышленного предприятия.

Для ввода в действие системы управления производственными процессами необходимо выполнить ряд следующих шагов:

Шаг 1. Организация ИТ-инфраструктуры. Концептуальное решение внедрения информационной системы предполагает использование универсальных вычислительных платформ (УВП) на каждой из производственных площадок холдинга, оснащаемых в зависимости от требуемых вычислительных мощностей.

УВП должны обеспечить единое информационное пространство, а также надежное и безопасное функционирование программно-аппаратных средств для информационного обмена данными всех уровней (рисунок).

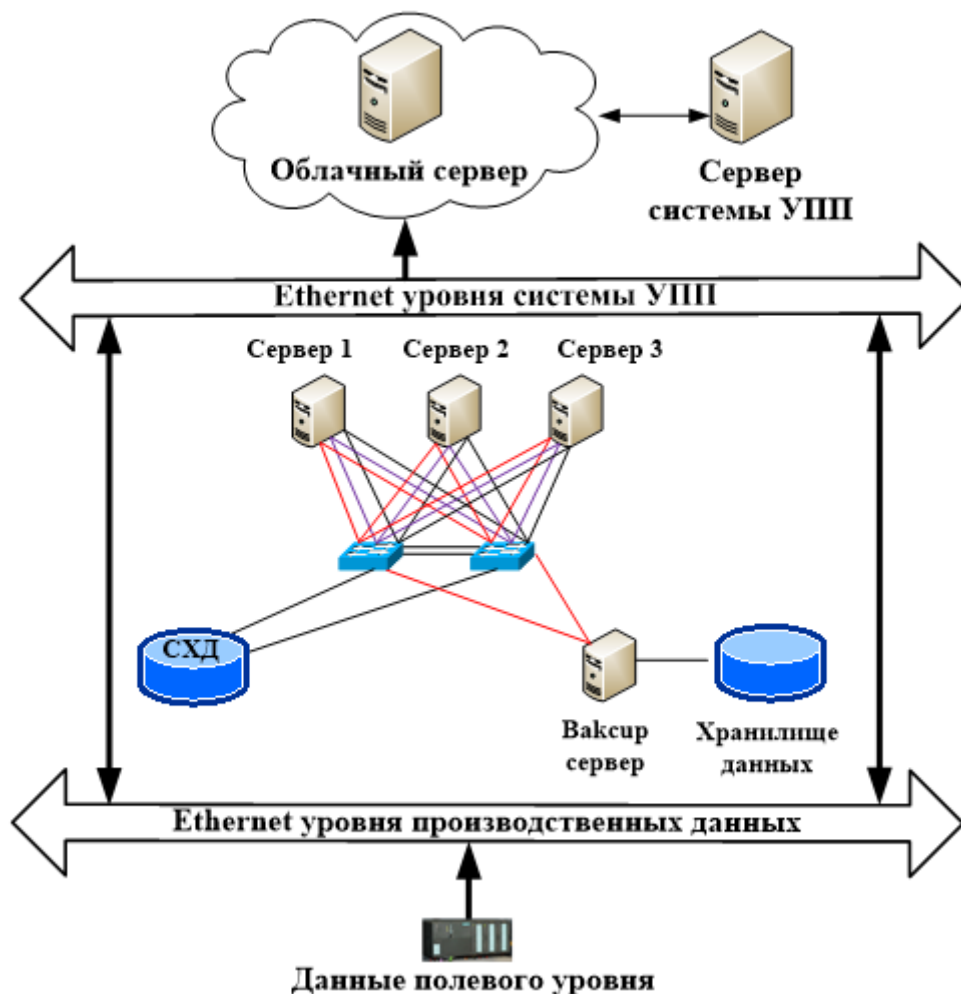


Рис. Структурная схема облачной инфраструктуры промышленного предприятия

Каждая вычислительная платформа предполагает наличие аппаратной и программной составляющей.

В основе каждой УВП лежит подсистема отказоустойчивого кластера, которая предназначена для обеспечения непрерывности функционирования информационных систем предприятия в случае выхода из строя одного из компонентов:

- системы виртуализации;
- серверного оборудования;
- системы хранения данных (СХД);
- программного обеспечения.

Каждая вычислительная платформа предполагает наличие следующих сервисов:

- система мониторинга инфраструктуры;
- система управления кластером;
- кластер СУБД;
- кластер web-приложений;
- системы версионности;
- система управления резервными копиями;
- система управления пользователями и информационными политиками;
- системы управления производством.

Шаг 2. Организация управления информационной безопасностью. Повышение уровня автоматизации может привести и к увеличению вероятности реализации известных угроз, и к появлению новых угроз безопасности.

Доступ к облачным сервисам обеспечивается через Интернет посредством обычного интернет-браузера или других сетевых приложений, например, через сетевой диск на ПК. На сегодняшний день безопасность в «облаке» является открытым вопросом [5].

Важно отметить, что, в течение последних десяти лет, наблюдается значительный рост количества инцидентов и выявленных уязвимостей, а также целенаправленных атак на промышленные системы автоматизации и управления, целью которых являются промышленный шпионаж, мошенничество и нарушение функционирования предприятия.

Обеспечение безопасности промышленных систем автоматизации и управления – сложная задача, требующая комплексного подхода, для решения которой необходимо учитывать и специфику промышленных систем. Информационная безопасность достигается за счет программно-аппаратного комплекса и организационно-методологических мероприятий, обеспечивающих конфиденциальность, целостность и доступность информации.

Рекомендуемый перечень ПО для обеспечения информационной безопасности:

- Symantec Netbackup Server 7.6 – резервное копирование, архивирование и восстановление данных для серверов;

- Kaspersky Security – автоматическая антивирусная защита приложений и данных;
- Active Directory (Windows Server Standart) – контроль, аудит и разграничение прав доступа пользователей;
- Windows Server Update Service (WSUS) – автоматическое обновление Windows.

Концепция требований к информационной инфраструктуре подразумевает схему облачной инфраструктуры предприятия. Благодаря виртуализации на одном физическом сервере можно выполнять несколько операционных систем в виде виртуальных машин, у каждой из которых есть доступ к вычислительным ресурсам сервера.

Также была предложена концепция управления информационной безопасностью, подразумевающая набор определенных программных продуктов, позволяющих поддерживать сохранность данных.

Рассмотренный подход может служить рекомендациями промышленным предприятиям к организации процесса внедрения системы управления производственными процессами.

Список литературы

1. Автоматизация в металлургии: Издательский дом «Вестник промышленности». [Электронный ресурс]. 2015. URL: <http://365-tv.ru/index.php/stati/metallurgiya/198-avtomatizatsiya-v-metallurgii-kakoj-ej-byt> (дата обращения: 27.07.2016).
2. Давлеткиреева Л.З., Ошурков В.А. Анализ принципов организации ИТ-инфраструктуры предприятия на основе процессов ITIL для обеспечения непрерывности ИТ-сервисов // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве (ТИМ-2015): Сборник докладов IV Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 26-27 марта, 2015. С. 236-240.
3. Определение уровня зрелости и степени автоматизации бизнес-процессов предприятий // ITeam.Ru – технологии корпоративного управления URL: http://iteam.ru/publications/it/section_53/article_4495 (дата обращения: 27.07.2016).
4. Ошурков В.А., Логунова О.С. Результаты анализа модульной структуры системы интеллектуальной поддержки принятия решений в условиях многостадийного металлургического производства // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: Труды IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. под общей редакцией В.П. Цымбала, Т.В. Киселевой, Новокузнецк, 12-15 апреля, 2016. С. 3-7.
5. Ошурков В.А., Майорова Е.С. Об использовании средств защиты при работе с облачными сервисами // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції, Харків, 20-22 мая, 2015. Т.4. С. 240.
6. Ошурков В.А., Макашова В.Н. Оперативное планирование производства в MES-системах с использованием методов и алгоритмов искусственного интеллекта // Современные информационные технологии и ИТ-образование, 2015. Т. 2. № 11. С. 133-139.

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ РАЗДЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ, ВНОСИМОЙ НЕИНФОРМАТИВНЫМ ПАРАМЕТРОМ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА¹

Мелентьев В.С.

заведующий кафедрой информационно-измерительной техники,
д-р техн. наук, профессор, Самарский государственный технический
университет, Россия, г. Самара

Левина К.Д.

аспирант кафедры информационно-измерительной техники,
Самарский государственный технический университет,
Россия, г. Самара

Уколов А.В.

ведущий инженер, Самарский государственный технический университет,
Россия, г. Самара

В статье исследуется метод раздельного определения параметров емкостного датчика. Приводятся результаты анализа погрешности определения сопротивления соединительных проводников, подключающих датчик к цепи, из-за влияния сопротивления его изоляции.

Ключевые слова: емкостной датчик, переходный процесс, мгновенные значения сигнала, сопротивление соединительных проводников, сопротивление изоляции, погрешность.

В настоящее время получили распространение методы определения параметров емкостных датчиков (Д) по мгновенным значениям (МЗ) переходного процесса в измерительной цепи (ИЦ), сокращающие время измерения [1].

Для повышения точности методов и средств измерения параметров таких датчиков необходимо учитывать их многоэлементную схему замещения, включая элементы ИЦ. Использование многоэлементной схемы замещения ИЦ позволяет повысить точность определения информативных параметров [2].

Большинство известных методов и средств измерения параметров датчиков и ИЦ по МЗ сигналов не учитывают, в частности, сопротивления соединительных проводников (ССП), подключающих Д к цепи. Это приводит к отклонению переходного процесса, что вызывает дополнительную погрешность.

В [3] авторами предложен метод измерения емкости датчиков и ССП по МЗ двух переходных процессов, который исключает данную погрешность.

Сущность метода состоит в том, что на ИЦ, состоящую из последовательно включенных первого образцового резистора с сопротивлением R_0 , Д, имеющего емкость C_X и ССП r_1 и r_2 , и второго образцового резистора с со-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-08-00252 А)

противлением R_0 , подают напряжение постоянного тока U_0 ; через образцовый интервал времени Δt одновременно измеряют МЗ напряжений на участке цепи, содержащем ЕД и второй образцовый резистор, и втором образцовом резисторе относительно общего вывода ИЦ; через такой же интервал времени Δt повторно измеряют МЗ напряжения на том же участке цепи.

Используя мгновенные значения напряжения, после преобразований можно определить неизвестные параметры ИЦ:

$$R_X = \frac{[(U_{11} + U_{21})(U_{21} - U_{12} + U_{11}) - 2U_{21}^2]R_0}{U_{21}^2}; \quad (1)$$

$$C_X = -\frac{\Delta t}{(R_X + 2R_0) \ln \left(\frac{U_{21} - U_{12} + U_{11}}{U_{21}} \right)},$$

где $R_X = r_1 + r_2$.

Неинформативным параметром емкостного Д является сопротивление изоляции, обусловленное потерями в изолирующем диэлектрике и сквозными токами утечки. Это также приводит к отклонению реального переходного процесса от используемой модели и возникновению погрешности.

Постоянная времени ИЦ с учетом сопротивления изоляции $R_{\text{И}}$ будет равна:

$$\tau_p = \frac{C_X R_{\text{И}} (2R_0 + R_X)}{2R_0 + R_{\text{И}} + R_X}.$$

Проведем оценку предельной погрешности определения ССП, обусловленной конечным значением сопротивления изоляции, используя методику, предложенную в [4].

Если считать, что предельные абсолютные погрешности измерения МЗ сигналов соответствуют наибольшему отклонению, то приведенная погрешность измерения ССП в соответствии с (1) будет иметь вид:

$$\gamma_R = \frac{4R_0 + 2R_X + R_0 \exp\left(-\frac{2\Delta t}{\tau}\right) + \left[(2R_0 + R_X) \left[1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right)\right] + R_0 \exp\left(-\frac{2\Delta t}{\tau}\right)\right]}{R_0 \exp\left(-\frac{2\Delta t}{\tau}\right)} \times$$

$$\times \left| \exp\left[-\tau_p \ln\left(\frac{\tau_p}{\tau}\right) / (\tau_p - \tau)\right] - \exp\left[-\tau \ln\left(\frac{\tau_p}{\tau}\right) / (\tau_p - \tau)\right] \right|. \quad (2)$$

Анализ выражения (2) показывает, что погрешность существенно зависит от отношения $R_{\text{И}} / R_0$ и это необходимо учитывать при определении параметров ИЦ, выбирая соответствующие значения образцового сопротивления. Кроме того, погрешность можно снизить за счет оптимального выбора отношения $\Delta t / \tau$.

Список литературы

1. Melent'ev V.S., Gubanov N.G., Latukhova O.A., Smolina A.M. Improvement of methods of measuring the parameters of two-terminal electric circuits // Measurement Techniques. 2013. Vol. 56, No. 6. Page 691-694.
2. Melent'ev V.S. Methods for increasing the accuracy of measurements of the parameters of capacitive transducers // Measurement Techniques. 2014. Vol. 57, No. 7. 2014. Page 800-804.
3. Мелентьев В.С., Левина К.Д. Исследование метода измерения параметров емкостных датчиков обнаружения и перемещения объектов / Актуальные проблемы информационной безопасности. Теория и практика использования аппаратно-программных средств: Мат. VIII Всерос. науч.-техн. конф. Самара: СамГТУ, 2015. С. 61-64.
4. Мелентьев В.С., Левина К.Д., Сусова Е.А. Оценка погрешности реализации метода раздельного определения параметров емкостных датчиков / Математическое моделирование и краевые задачи: Труды Всерос. научной конф. с междунар участием. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. Ч.2. С. 149-151.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КВАНТОВАНИЯ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА¹

Мелентьев В.С.

заведующий кафедрой информационно-измерительной техники,
д-р техн. наук, профессор, Самарский государственный технический
университет, Россия, г. Самара

Сусова Е.А.

аспирант кафедры информационно-измерительной техники,
Самарский государственный технический университет,
Россия, г. Самара

Уколов А.В.

ведущий инженер, Самарский государственный технический университет,
Россия, г. Самара

В статье исследуется новый метод раздельного определения параметров емкостного датчика. Приводятся результаты анализа погрешности измерения сопротивления изоляции датчика, обусловленной квантованием мгновенных значений переходных процессов.

Ключевые слова: емкостной датчик, переходный процесс, мгновенные значения сигнала, квантование, сопротивление изоляции, погрешность.

Определение параметров емкостных датчиков (ЕД) по отдельным мгновенным значениям переходного процесса (МЗПП) в измерительной цепи (ИЦ) при подключении к ней напряжения постоянного тока имеет ряд преимуществ по сравнению с методами определения параметров, основанных на

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-08-00252 А)

их преобразовании во временной интервал [1]. Основным достоинством этих методов является то, что время измерения не зависит от постоянной времени ИЦ τ [2].

Схема замещения ЕД имеет сложную структуру, которая включает как информативный параметр, так и ряд неинформативных параметров (сопротивление соединительных проводников, сопротивление изоляции и т.д.) [3]. Если учитывать многоэлементную схему замещения, то за счет определения неинформативных параметров может повысить точность определения емкости [4].

В [5] авторами предложен метод, который обеспечивает отдельное определение емкости, сопротивлений соединительного проводника и изоляции.

Метод заключается в том, что на ИЦ, состоящую из последовательно включенных первого и второго образцовых резисторов (ОР) с сопротивлением R_0 , ЕД, имеющего емкость C_X , сопротивления соединительного проводника R_1 и изоляции R_2 , подают напряжение постоянного тока U_0 ; через образцовый интервал времени Δt одновременно измеряют МЗПП на участке цепи, содержащем второй ОР и емкостной датчик, и ЕД относительно общего вывода ИЦ; через образцовый интервал времени Δt повторно измеряют МЗПП на том же участке цепи; через интервал времени Δt измеряют МЗПП на том же участке ИЦ.

По измеренным значениям можно определить неизвестные C_X , R_1 и R_2 :

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{R_0 [U_{21}(U_{13} - U_{12}) - 2(U_{12} - U_{11})^2]}{(U_{13} - U_{12})(U_{11} - U_{21}) + (U_{12} - U_{11})^2}; \\ R_2 &= (2R_0 + R_1)^2 (U_{12} - U_{11})^3 / [R_0 (2U_{11} - U_{21})(U_{13} - U_{12}) \times \\ &\times (2U_{12} - U_{11} - U_{13}) - (2R_0 + R_1)(U_{12} - U_{11})^3]; \\ C_X &= - \frac{(2R_0 + R_1 + R_2)\Delta t}{(2R_0 + R_1)R_2 \ln \left(\frac{U_{13} - U_{12}}{U_{12} - U_{11}} \right)}. \end{aligned} \quad (1)$$

При реализации данного метода используется преобразование МЗПП в код, что приводит к погрешности квантования сигналов по уровню. Оценим погрешность определения сопротивления изоляции ЕД, используя предложенный в [6] подход к оценке погрешности вычисления значения функции.

С учетом (1) предельное значение относительной погрешности равно:

$$\begin{aligned} \delta_R &= \frac{(2R_0 + R_1 + R_2)}{R_0 R_2 (2R_0 + R_1) e^{-\frac{2\Delta t}{\tau}} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \right) 2^n} \left\{ \left| (2R_0 + R_1) e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \left[2R_0 + R_1 + R_2 - 3 \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \right) \times \right. \right. \right. \\ &\times (2R_0 + R_1 + R_2) \left. \right] - 2R_0 R_2 e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \right)^2 \left. \right| + (2R_0 + R_1 + R_2)(2R_0 + R_1) \left(\left| 1 - 3e^{-\frac{2\Delta t}{\tau}} \right| + \right. \end{aligned}$$

$$+ \left| 1 - 2e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \right| + \left| R_0 R_2 e^{-\frac{2\Delta t}{\tau}} \left(1 - e^{-\frac{2\Delta t}{\tau}} \right) \right| \Bigg\}, \quad (2)$$

где $\tau = \frac{C_X(2R_0 + R_1)R_2}{2R_0 + R_1 + R_2}$ – постоянная времени ИЦ.

Анализ (2) показывает, что значение погрешности существенно зависит от соотношений между $\Delta t/\tau$, а также R_1/R_0 и R_2/R_0 . Это позволяет выбирать оптимальные значения сопротивления ОР и параметров измерительного процесса (Δt) для увеличения точности и сокращения времени измерения.

Список литературы

1. Мелентьев В.С. Аппроксимационные методы измерения параметров линейных электрических цепей // Измерительная техника. 2010. №10. С. 57-59.
2. Мелентьев В.С., Костенко Е.В., Левина К.Д. Синтез методов измерения параметров двухполюсных электрических цепей по мгновенным значениям переходных процессов // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. 2014. № 1 (41). С. 62-70.
3. Мелентьев В.С., Батищев В.И., Евстифеева Т.С., Левина К.Д. Исследование метода и средства измерения параметров емкостных датчиков перемещения // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. №9. С. 45-49.
4. Мелентьев В.С., Левина К.Д., Сусова Е.А. Оценка погрешности определения параметров емкостных датчиков из-за не идеальности измерительной цепи / Современные тенденции развития науки и технологий: научн. сб. по матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: АПНИ, 2016. №1-2. С. 24-27.
5. Мелентьев В.С. Методы повышения точности измерения параметров емкостных датчиков // Измерительная техника. 2014. №7. С. 45-47.
6. Мелентьев В.С., Левина К.Д., Сусова Е.А. Оценка погрешности реализации метода раздельного определения параметров емкостных датчиков / Математическое моделирование и краевые задачи: Труды Всерос. научной конф. с междунар участием. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. Ч.2. С. 149-151.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА КОЛЕСА И ДОРОГИ С УЧЕТОМ УПРУГОГО ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ

Носачев С.В.

ст. преподаватель кафедры автоматизации производственных процессов,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

Чувейко М.В.

доцент кафедры автоматизации производственных процессов, канд. техн. наук,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

В данной статье рассмотрен вопрос взаимодействия колеса железнодорожного транспорта с рельсом с точки зрения трибологических эффектов, протекающих в пятне контакта и оказывающих влияние на макроскопическую динамику системы. В статье приведена математическая модель системы «колесо-рельс». В ней колесо рассматривается как

совокупность секторов обода, закрепленных на упругом диске и обладающих диссипативными характеристиками.

Ключевые слова: система «колесо-рельс», деформация, сила трения, упругое скольжение.

Изучению сцепления колеса с поверхностью дороги посвящены многочисленные труды [1, 3], однако работ в которых данный вопрос рассматривается с позиции теории движения и взаимодействия деформируемого тела известно лишь небольшое число [2, 3, 4, 5]. Между тем явления, протекающие в колесе при его качении по поверхности дороги способны отражаться на макроскопической динамике всей системы в целом и, следовательно, оказывают влияние не только на износ колеса и железнодорожного полотна, но и на такие величины как скорость движения. Поэтому при построении математических моделей колесных систем и в частности железнодорожного транспорта необходимо некоторым образом учитывать данное влияние. Для этого построим математическую модель системы «колесо-рельс». Будем рассматривать задачу о движении деформируемого колеса по железнодорожному полотну. Положим, что величина упругости полотна достаточно велика, а его деформации пренебрежимо малы. Колесо будем рассматривать как упругий обод, закрепленный на диске. К колесу приложены силы нормального давления, тангенциальная сила, трибологические силы, возникающие в пятне контакта колеса с поверхностью дороги и называемые в дальнейшем силами контактного взаимодействия. Ось колеса вращается с некоторой угловой частотой ω . Силы контактного взаимодействия обусловлены трибологическими явлениями, возникающими при взаимодействии двух поверхностей. Исходя из современных представлений [8] выделяются следующие состояния трибоконтакта: “состояние зацепления” и “состояние скольжения”. “Состояние зацепления” – состояние трибоконтакта характеризующееся наличием физических связей между отдельными элементами поверхностей. Наличие этих связей препятствует скольжению поверхностей относительно друг друга посредством возвращающих сил. В достаточно малом диапазоне смещений данные силы носят характер близкий к характеру сил упругости. “Состояние скольжения” – состояние в котором отсутствуют перманентные связи элементов зацепленных поверхностей. В результате отсутствия перманентных связей возможно относительное скольжение. При этом энергия, затрачиваемая на формирование и разрушение физических связей, обуславливает силы, препятствующие относительному скольжению. Данные силы именуются силами трения скольжения.

Исходя из приведенного описания системы, её математическая модель может быть представлена системой дифференциальных уравнений [6]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS}{dt} = k_2 \frac{\partial}{\partial l} \frac{1}{\tau} - h_2 \frac{\partial}{\partial l} \left(\frac{1}{\tau^2} \frac{d\tau}{dt} \right) - \frac{1}{H\bar{Q}} \left(k_1 N + h_1 \frac{dN}{dt} \right) + f_{S,\tau,v} Y(l) \\ \frac{dN}{dt} = S - \bar{S} \\ \frac{d\tau}{dt} = - \frac{1}{H\bar{Q}} \frac{\partial S}{\partial l} \\ \frac{dx}{dt} = v \\ \frac{dv}{dt} = \frac{\int f_{S,\tau,v} dl - F_n}{m} \end{array} \right. \quad (1)$$

где: S – материальный поток, кг/с; \bar{S} – заданная величина материального потока, кг/с; \bar{Q} – исходная объемная плотность цилиндра кг/м³; H – площадь сечения цилиндра, м²; k_1 – величина удельной тангенциальной упругости диска, кг/(с²·м); k_2 – величина удельной продольной упругости, (кг·м)/с²; h_1 – величина удельной тангенциальной диссипации диска, кг/(с·м); h_2 – величина удельной продольной диссипации, (кг·м)/с; N – натяжение, кг; τ – коэффициент уплотнения материала; F_n – сила внешнего воздействия, (кг·м)/с².

Компьютерное моделирование. Результаты моделирования, полученные с использованием численных методов компьютерного моделирования, продемонстрировали нетривиальный характер поведения рассматриваемой системы. В частности, установлено наличие зависимости деформационной картины в пятне контакта от величины внешней нагрузки, а также от жесткостных характеристик колеса. Так, например, с увеличением величины внешней нагрузки зона пятна контакта, функционирующая в «состоянии скольжения» расширяется (рис. 1). При этом стоит отметить, что в большинстве макро-режимов функционирования колеса в которых сила внешней нагрузки препятствует качению отрыв начинается с задней стороны колеса и прогрессирует к передней с ростом нагрузки.

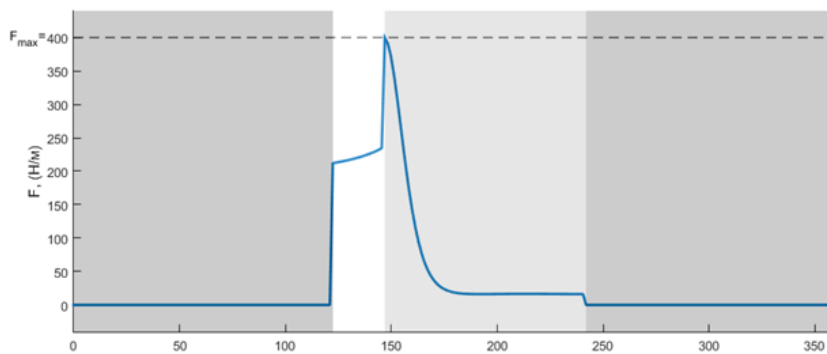


Рис. 1. Распределение силы взаимодействия в пятне контакта:
Белый фон – зона скольжения, Светло-серый – зона зацепления,
Серый – вне зоны контакта

Величина скорости поступательного движения также оказывается зависимой от величины внешней нагрузки. При этом данная зависимость проявляется не только в состоянии полного проскальзывания колеса, но и в состоянии наличия зацепления между колесом и рельсом. Изменение скорости поступательного движения центра колеса функционирующего в режиме зацепления объясняется деформационными процессами, протекающими в ободу колеса. Данное явление получило название упругого проскальзывания. Для численного описания данного явления используем коэффициент относительно проскальзывания:

$$\gamma_v = \frac{v - \bar{v}}{v} \cdot 100\%,$$

где: v – поступательная скорость центра колеса, м/с;

\bar{v} – произведение угловой частоты колеса на его радиус, м/с.

Зависимость величины относительного проскальзывания от внешней нагрузки продемонстрирована на рисунке 2.

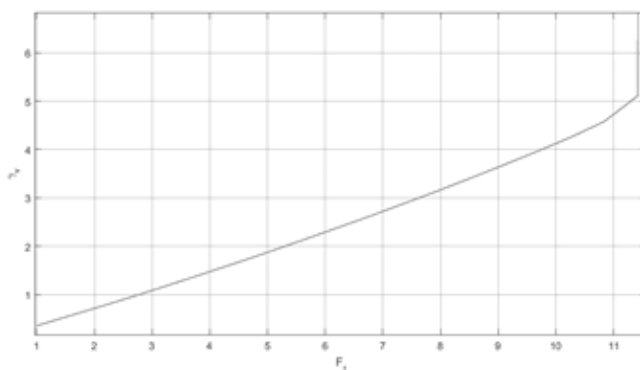


Рис. 2. Зависимость коэффициента относительно проскальзывания от величины внешней нагрузки

Заключение (выводы). Приведенная математическая модель системы «колесо-рельс» представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных. Использование данной модели как составной части математической модели колесного транспорта позволяет учитывать различные трибологические явления, протекающие в пятне контакта колеса с рельсом, но оказывающие влияние на макроскопическую динамику подвижного состава. В частности, можно выделить следующие макроскопические характеристики: скорость движения, величину проскальзывания, максимальную величину «срывной нагрузки» и т.д. Кроме того, предложенная модель позволяет исследовать и сами процессы, протекающие в пятне контакта. Так, например, было установлено, что процесс потери сцепления не является мгновенным. По мере увеличения величины внешней нагрузки происходит постепенное уменьшение зоны пятна контакта функционирующей в режиме зацепления.

Список литературы

1. Лапшин В.П. Модель связи вертикальных деформаций с возникновением циркуляционных сил в системах «колесо-рельс». Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 8-2 (59). С. 1424-1431.

2. Ляпушкин, Н. Н. Модель сцепления и динамика дислокаций / Н. Н. Ляпушкин // Мир транспорта – 2004. – №11 – С. 10-15.
3. Чувейко М.В. Алгоритм восстановления периодизированного сигнала в роторных системах. Вестник Донского государственного технического университета. 2007. Т. 7. № 4 (35). С. 377-383.
4. Носачев, С. В. Модель упругого скольжения в системе «колесо – поверхность дороги» / М. В. Чувейко, С. В. Носачев // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 3-4. – С. 111-116.
5. Носачев, С. В. Математическое моделирование упругого скольжения в контакте колесо-поверхность дороги / М. В. Чувейко, С. В. Носачев // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 3(78). – С. 127-137.
6. Чувейко М.В. Динамика пространственного движения роторной системы в задачах динамической диагностики. Вестник Донского государственного технического университета. 2012. Т. 12. № 1-1 (62). С. 44-49.
7. Чувейко М.В. Применение стробоскопического отображения Пуанкаре для диагностирования дефектов узлов сопряжения роторной системы. Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 1 (52). С. 37-42.
8. Заковоротный В.Л. Динамика трибосистем. Самоорганизация, эволюция // В.Л. Заковоротный. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 502 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Решетникова Е.П.

аспирант кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, г. Саратов

Бочкарев П.Ю.

профессор кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов», д.т.н., профессор, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, г. Саратов

В статье предлагается методика разработки технологического процесса обработки сложнопрофильных деталей применительно к условиям многономенклатурных механообрабатывающих систем. Представлена методика измерения, с помощью которой будет осуществляться контроль технически сложных поверхностей деталей и разработка математических моделей для автоматизированной оценки полученных результатов.

Ключевые слова: процесс разработки технологического процесса, координатные измерения, детали со сложнопрофильными поверхностями, многономенклатурные производственные системы, механообрабатывающее производство.

Качество обработанной поверхности определяется технологическим процессом получения детали, который должен обеспечивать высокую производительность труда и необходимую точность изделий при минимальных затратах материальных средств на их производство. Разработка технологического процесса обработки детали является одним из наиболее ответственных

этапов технологической подготовки производства. Необходимым и важным условием формирования технологического процесса обработки детали является требование обеспечения высокого технологического уровня получения размерных характеристик детали, а также взаимосвязей отдельных поверхностей данной детали т.к. размерные связи поверхностей во многом определяют дальнейшую работоспособность изделия, в которое входит данная деталь. В наибольшей степени это относится к деталям со сложнопрофильными поверхностями.

Важным фактором в обеспечении качества изготовления детали со сложнопрофильными поверхностями является их измерения, которые осуществляют с помощью выбранного комплекса средств измерений и специальных приспособлений. Выбор средств измерений определяется измеряемой величиной, принятым методом измерений и требуемой точностью результатов измерений. Контроль с применением средств измерений недостаточной точности не оправдан, так как не обеспечивает получение достоверных итоговых результатов, применение же излишне точных средств экономически невыгодно. Поэтому главным критерием выбора средства измерения является соответствие средств измерения требованиям достоверности измерений, получения действительных значений измеряемых величин с требуемой точностью при минимальных временных и материальных затратах.

В основном на производстве для осуществления контроля деталей со сложнопрофильными поверхностями применяют универсальные средства измерений контуроскопы, инструментальные микроскопы, нутромеры, штангенциркули, измерительные головки, что в современном высоко автоматизированном производстве является экономически не эффективно, а также приводит к большому проценту брака. Поэтому целесообразным является применение в качестве средства измерения координатно-измерительные машины (КИМ), в связи с постоянным повышением требований к точности размеров, формы и расположения сложных поверхностей на деталях. КИМ – это прецизионные технические устройства, предназначенные для контроля геометрических параметров большой номенклатуры деталей, они имеют сложное конструктивное исполнение и мощное математическое, алгоритмическое и программное обеспечение. КИМ предоставляют производителю большие возможности по контролю в производственных условиях деталей больших размеров и массы, деталей со сложнопрофильными поверхностями, но при этом имеют особенности, связанные с ограниченным числом измеряемых контактным методом точек и их неравномерным расположением на поверхности. Производители КИМ представляют разнообразные программные обеспечения, но они не всегда обеспечивают заданную точность поверхностей детали, поэтому важным является необходимость рационального назначения средства контроля и формирование методики сбора информации по результатам измерений и средства с помощью, которого будет осуществляться контроль по ее обработке.

Предлагается методика координатных измерений, она включает в себя стратегию измерений (рекомендуемое число точек, их расположение на кон-

тролируемых поверхностях и последовательность обхода измерительным наконечником), также набор расчетных моделей, математически описывающих взаимосвязь координат измеренных точек с определяемыми линейно-угловыми параметрами [2], [3].

Предлагаемая методика координатных измерений позволяет ответить на вопрос об оптимальном количестве точек, необходимом для получения достоверного результата контроля, наиболее выгодной последовательности обхода (сбора точек) поверхности и позволяет произвести расчеты заданных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей с помощью специально разработанных математических моделей: для контроля круглости (рис. 1), профиля продольного сечения (рис. 2) и сферичности и др.

Проведенный анализ подходов к технологической подготовки производства деталей со сложнопрофильными поверхностями показал несовершенство, как на этапе функционирования производства обработки, так и при технологической подготовки производства. В связи с тем, что процесс проектирования заключается в следующем: по заданным требованиям технолог выбирает приемлемый вариант технологического процесса, а затем формирует данные, необходимые для расчета и проектирования. Такой подход требует принятия решений, основанных на интуиции и опыте технолога, и, следовательно, нельзя говорить о высокой надежности разработанного процесса обработки детали созданных в его рамках, а так же оптимальности принятия технологических решений [4], [5].

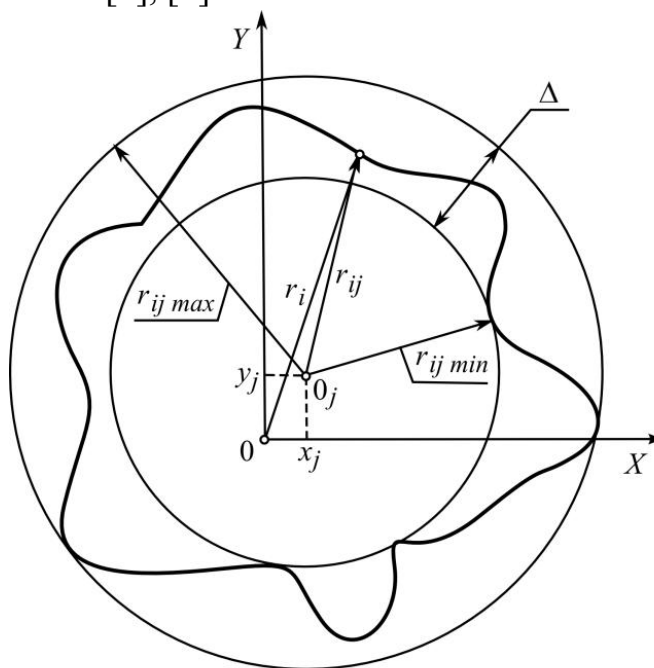


Рис. 1. Расчетная схема контроля круглости деталей

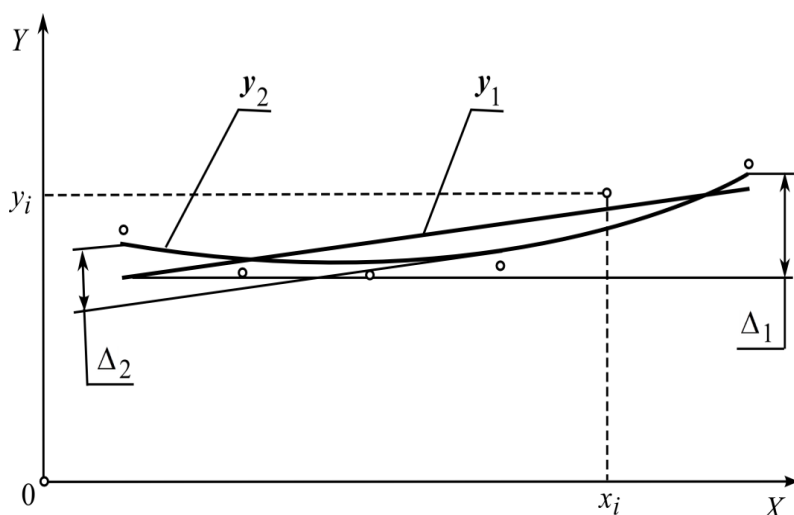


Рис. 2. Схема контроля частных отклонений профиля продольного сечения

В настоящее время выбор процесса технологии обработки детали основывается на усредненных конструктивных характеристиках и информации о выбранном методе получения заготовки. На первоначальном этапе выбора технологического процесса при определении конструктивных требований к заготовке, устанавливаются пределы допусков на конкретные размеры заготовки. Усредненные показатели не позволяют принять рациональных технических решений для обработки деталей, выбора оснастки, технологического инструмента, в итоге разрабатывается технологический процесс, не обеспечивающий требуемой точности размерных связей детали, либо точность достигается со снижением производительности труда и повышением себестоимости изделия.

Для решения данной проблемы предлагается методика, которая основывается на установлении реальных характеристик заготовок. На основе определения и уменьшения допусков размерных связей конкретных значений обеспечивается требуемая точность размерных взаимосвязей параметров детали. В результате разрабатывается технологический процесс обработки для конкретной заготовки и достигается требуемая точность изготовления при наименьших затратах на процесс производства детали. Для этого вводится этап определения значений параметров заготовки детали, а именно операция контроля на этапе анализа и получения штучной заготовки (поковка, отливка, штамповка) и установления ее годности, а также ответ на вопрос о возможности получения детали требуемой точности из заготовки по заданным в конструкторской документации показателям. На следующем этапе методики определяющим является уменьшение допусков размерных взаимосвязей и обеспечение конкретных требований к изготовлению детали. В результате выбирается технологический процесс обработки детали, разработка которого основывается на обеспечении требуемого качества, снижении трудоемкости и себестоимости изготовления деталей для условий автоматизированного принятия решений в многономенклатурных производственных системах механообработки на основе разработки научных основ создания системы планирования гибких технологических процессов [1].

Таким образом, предлагаемая методика позволяет совершенствовать технологический процесс изготовления сложнопрофильных деталей на основе учета конструктивных особенностей реальных заготовок посредством 3D-моделирования и рационального назначения контрольно – измерительных средств, а также применения автоматизированного проектирования в системе планирования многономенклатурных технологических процессов.

Список литературы

1. Бочкарев П.Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки// Технология машиностроения. 2002. № 1.-С.10. URL: www.ic-tm.ru/info/tekhnologiya_mashinostroeniya (дата обращения: 30.07.2016).
2. Zakharov O.V., Brzhozovskii B.M. Accuracy of centering during measurement by roundness gauges // Measurement Techniques, 2006, Volume 49, Number 11. Pages 1094-1097. URL:www.scimagojr.com (дата обращения: 21.06.2016).
3. Бочкарев П.Ю., Захаров О.В., Решетникова Е.П. Контроль сферических поверхностей на координатно-измерительных машинах по минимуму измеряемого объема// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2015. Т. 17, № 4. – С. 5-16. URL: vestnik.pstu.ru/mm/archives/?id=&folder_id=5286 (дата обращения: 02.08.2016).
4. Митин С.Г. , Бочкарев П.Ю. Инновационные аспекты автоматизации проектирования операций механической обработки в многономенклатурном производстве // Инновационная деятельность. 2013. № 4 (27). – С. 36-40. www.sstu.ru/upload/medialibrary/c3e/2013_4.pdf (дата обращения: 30.07.2016).
5. Митин С. Г., Бочкарев П.Ю. Автоматизация принятия конструкторских решений в соответствии с технологическими возможностями многономенклатурных производственных систем// Научно-технические технологии в машиностроении. 2014. № 11 (41). – С. 44-47. URL: www.mashin.ru/eshop/journals/naukomkie_tehnologii_v_mashinostroenii/2025/11 (дата обращения: 30.07.2016).

SCADA-СИСТЕМЫ КАК СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Рындина А.С.

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Россия, г. Смоленск

В статье предложен подход к построению автоматизированной системы управления на основе SCADA-систем. Рассмотрены особенности SCADA-систем, структура и состав автоматизированной информационной системы на основе SCADA-системы.

Ключевые слова: автоматизация, SCADA, системы управления, АСУ.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – дистанционное управление и сбор данных) является достаточно широким понятием и может относиться как к относительно простому устройству, которое реализовано на одном компьютере, так и к распределенной, сложной системе, включающей в себя периферийные устройства, центр управления и систему связи.

Идея SCADA-систем состоит в применении совершенных средств накопления данных, отображения данных и дистанционного управления ими.

Следовательно, можно отметить две главные функции, которые выполняются SCADA-системой: сбор всех данных о контролируемом процессе; управление процессом, реализуемое ответственными лицами на основе полученных данных и критериев, обеспечивающих эффективность и безопасность выполнения процесса.

Кроме того, SCADA обеспечивают выполнение таких не маловажных функций как [2]:

- прием данных о контролируемых параметрах от контроллеров и датчиков;
- сохранение поступающей информации в архивах;
- обработка принятых данных;
- графическое отображение хода процесса, а также предоставление в удобной форме принятой и архивной информации;
- получение команд от оператора и их передача в адрес исполнительных механизмов и контроллеров;
- регистрация событий, которые связаны с контролируемым процессом и действиями персонала;
- уведомление обслуживающего персонала об обнаруженных аварийных ситуациях;
- формирование документов отчетности на основе архивной информации;
- интеграция с информационной системой управления предприятием.

SCADA-системы представляют собой инструмент для быстрой разработки программного обеспечения (ПО). SCADA позволяет существенно ускорить процесс создания ПО верхнего уровня, при этом не требуя от разработчика знаний языков программирования общего назначения. Как правило, в тонкостях автоматизируемого процесса разбирается только представитель персонала, который не обладает навыками программирования. Следовательно, SCADA-система обязана быть доступной как для разработчика, так и для конечного пользователя, так как облик системы может подвергаться изменениям как со стороны разработчика, так и пользователя.

Система управления процессами (рисунок) как правило выполняет различные функции, которые делятся на группы [1]:

- по сбору и оценке данных различных процессов (мониторинг);
- по управлению некоторыми параметрами различных процессов;
- по автоматическому управлению, обратной связи или связи выходных и входных данных.

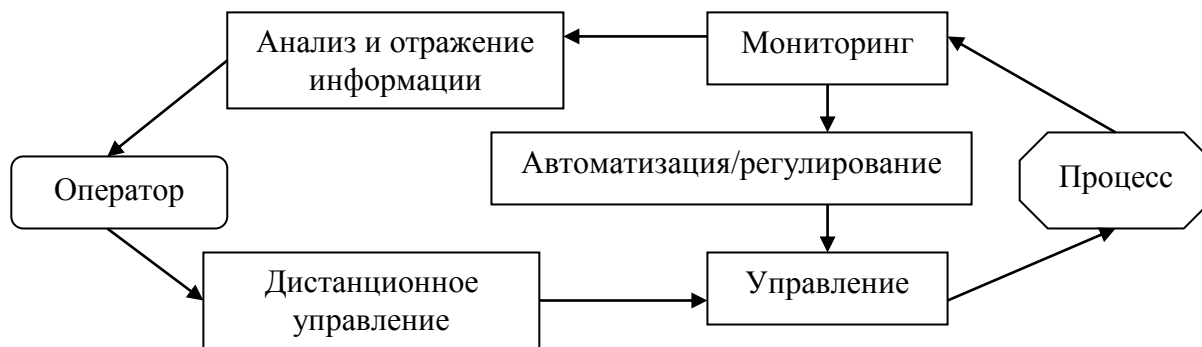


Рис. Основные функции системы управления

SCADA-системы, в основном, "закрывают" оперативный уровень автоматизации, связанный с получением и визуализацией информации от распределенных управляющих систем. Современные SCADA-пакеты позволяют предоставлять полученную информацию на уровень управления производством. Это является причиной, что некоторые организации разрабатывают встроенные со SCADA-пакетами управляющие системы и обеспечивают обмен между данными уровнями, усиливая сервисные способности своих продуктов для организации комплексного подхода к автоматизации организации в целом. Создание подобных комплексных, встроенных инструментных средств – основное современное направление в создании базового ПО для управления сложной технологией.

К таким SCADA-системам относятся отраслевые иерархические многоуровневые системы автоматизированного управления в режиме реального времени с распределенной обработкой данных на нижних уровнях и с много-терминальным доступом пользователей на верхних и средних уровнях, эксплуатируемых в тяжелых промышленных условиях.

Основные функции программных средств подобных систем [2]:

- сбор и сохранение текущей информации о параметрах процессов и цифровых устройств в базах данных реального времени на персональном компьютере;
- отражение информации о параметрах протекающих процессов на экране ПК с помощью графических схем;
- представление графиков текущих значений параметров в режиме реального времени за заданный промежуток;
- обнаружение критических ситуаций, диагностирование этих ситуаций, прогнозирование тенденций их развития и поиск действий (в виде советов оператору), направленных на устранение таких ситуаций или их локализацию;
- архивирование истории динамики параметров процессов, технологических и аварийных сообщений;
- управление процессами посредством персонального компьютера.

Создание SCADA-системы требует крупных вложений и осуществляется за длительный промежуток времени. По данным причинам, в большинстве случаев разработчикам ПО для управления целесообразно изучать и

адаптировать какой-нибудь уже готовый, универсальный, испытанный инструментарий.

Таким образом, диапазон функциональных возможностей систем SCADA реализован и определен практически во всех пакетах, которые удовлетворяют все три требования. Перечислим основные средства и возможности, которые присущи всем SCADA-системам и различаются лишь техническими особенностями их осуществления [3]:

- автоматизированная разработка, которая позволяет создавать программное обеспечение системы без программирования;
- средства сбора и обработки первичной информации;
- средства регистрации и управления сигналами об аварийных ситуациях;
- инструменты хранения данных с возможностью их последующей обработки (реализующееся через интерфейсы к популярным базам данных);
- ресурсы визуализации отображения информации в виде гистограмм, графиков и прочее;
- возможность функционирования прикладной системы с набором параметров, которые рассматриваются целое.

Основой большинства SCADA-пакетов являются несколько программных компонентов: система ввода-вывода; база данных реального времени; предыстории; функциональности SCADA-систем.

Для эффективной разработки и реализации систем автоматизированного управления использование модульных компонентов программного обеспечения – одно из важнейших условий. Многократно используемые компоненты со стандартными интерфейсами позволяют создавать расширяемые и масштабируемые приложения.

Усилия при создании ПО должны быть ограничены проектированием новых компонентов и методов управления, которые пока не реализованы. Если части SCADA-системы организованы в малых стандартизированных модулях, то их можно многократно использовать в других проектах. Связь и синхронизация различных частей ПО должна обеспечиваться самой средой, т. е. разработчики проекта могут сосредоточить свою работу на методах, необходимых для управления процессами.

Все методы должны быть реализованы с помощью простых модулей со стандартным (открытым) интерфейсом. Каждый модуль может обладать определенным (стандартным) набором связей. Управляющая программа должна состоять из структуры модулей, которые связаны между собой и объединенных в группу. Это позволяет использовать стандартный подход в программировании на всех уровнях системы.

Классические SCADA-системы содержат в себе четыре основных модуля: менеджера данных, инструментальную систему, исполнительный модуль и модуль сохранения и отображения истории. Инструментальная система содержит специальный набор динамических элементов для разработки схем. Также при разработке схем используются графические изображения объектов, созданных пользователем или взятых из библиотек.

Рассмотренные в статье аспекты применения SCADA-систем позволяют утверждать, что данная технология довольно быстро и с наименьшими затратами обеспечивает автоматизацию процессов человеко-машинного управления различными объектами средней и малой информационной емкости. Однако для объектов большой информационной емкости перед разработчиками может возникнуть проблема по созданию человеко-машинного интерфейса. Для их решения уже сегодня существуют новые подходы, развивающие технологию SCADA-систем. К таким подходам следует отнести системы оперативной системы когнитивной графики и поддержки принятия решений.

Список литературы

1. Автоматизация процессов управления : научно-технический журнал / ред. совет: В.А. Маклаев и др. – Ульяновск : ФГУП НПО «Марс», 2014. 114 с.
2. Андреев Е. Б., Куцевич Н.А. SCADA-системы: взгляд изнутри [Электронный ресурс] : www.scada.ru.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Савдур С.Н.

доцент кафедры экономико-математического моделирования, канд. техн. наук,
Институт управления, экономики и финансов К(П)ФУ,
Россия, г. Казань

Половкина Э.А.

доцент кафедры экономико-математического моделирования, канд. экон. наук,
Институт управления, экономики и финансов К(П)ФУ,
Россия, г. Казань

Рассматривается технологический модуль очистки сточных вод коксохимического производства. Показана целесообразность использования математического аппарата теории сетей Петри при моделировании и проектировании данного технологического модуля. Построена модель в виде модифицированной сети Петри и на ее основе разработан программный комплекс системы управления технологическим процессом очистки сточных вод.

Ключевые слова: сеть Петри, очистка сточных вод.

Сточные воды коксохимического производства – одни из наиболее опасных (как источник загрязнения водоемов) и трудных с точки зрения их очистки среди промышленных сточных вод. Поэтому проблема очистки сточных вод коксохимического производства решается комплексом физико-химических, механических и биохимических способов, которые используются для очистки локальных стоков и общего фенольного стока на биохимических установках [4].

Современные очистные сооружения крупных промышленных предприятий характеризуются сложной многоуровневой структурой, поэтому могут

рассматриваться как сложные кибернетические системы. Эффективность функционирования таких систем можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса [2].

Применение методов системного анализа определяет процедуру разработки системы управления установкой очистки промышленных сточных вод, которая предусматривает составление математической модели на основе сетей Петри, что обеспечивает управление потоками в установке.

Технологическая схема очистки сточных вод коксохимического производства представлена на рис. [4].

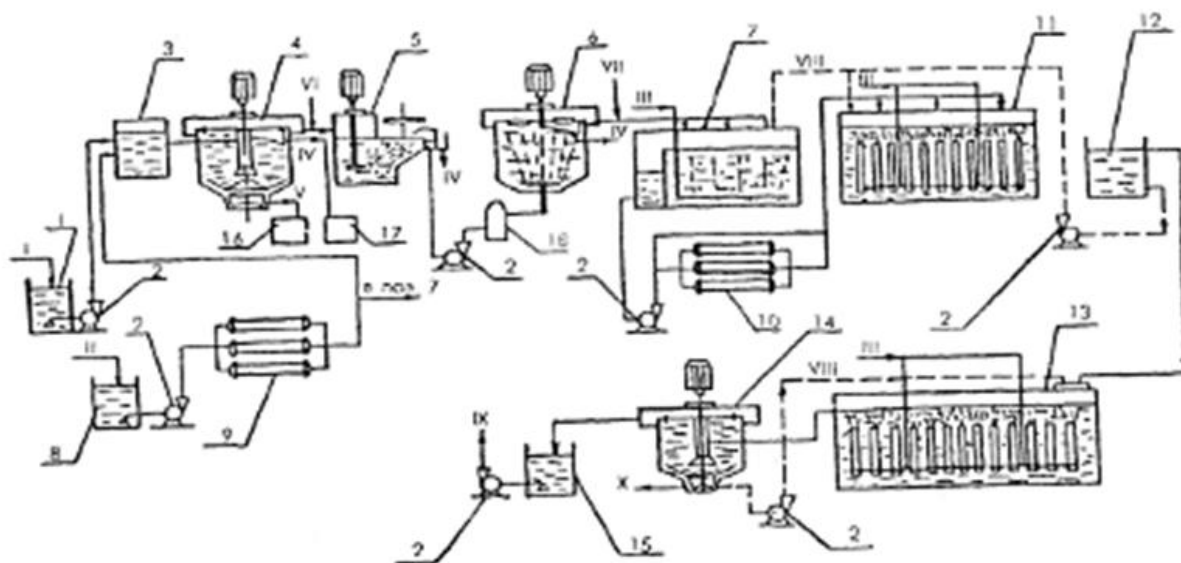


Рис. Технологическая схема очистки сточных вод коксохимического производства

На рисунке изображены: I – сточная вода фенольной канализации; II – избыточная надсмольная вода; III – сжатый воздух; IV – масло; V – смола; VI – раствор сернокислого закисного железа; VII – раствор ортофосфорной кислоты; VIII – возврат активного ила; IX – очищенная сточная вода; X – избыточный активный ил; 1 – приемная емкость сточной воды фенольной канализации; 2 – насос; 3 – преаэратор; 4 – первичный отстойник; 5 – импеллерный флотационный маслоотделитель; 6 – напорный флотатор; 7 – усреднитель-преаэротенк; 8 – приемная емкость избыточной надсмольной воды; 9 – холодильник; 10 – кожухотрубчатый теплообменник; 11 – аэротенк первой ступени очистки; 12 – отстойник; 13 – аэротенк второй ступени очистки; 14 – вторичный отстойник; 15 – сборник очищенной сточной воды; 16 – сборник смолы; 17 – сборник масла; 18 – напорный бак.

Технологический процесс очистки сточных вод коксохимического производства рационально может быть описан модифицированными сетями Петри. Для описания системы нами предлагается использование N-схем, опирающихся на математический аппарат сетей Петри, одним из достоинств которого является возможность представления сетевой модели как в аналитической форме, с возможностью автоматизации процесса анализа, так и

в графической форме с обеспечением наглядности разрабатываемой модели [3].

При анализе технологических схем следует учитывать основное ограничение формализма N-схем, которое состоит в том, что они не учитывают временные характеристики моделируемых систем, так как время срабатывания перехода считается равным нулю. Учитывая эти условия, нами предложены модифицированные сети Петри (МСП). Модификация сетей Петри (МСП)- сеть Петри вида $S = \langle P, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 \rangle$, где $T = \{t_j\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *переходами*, оцениваются исходя из количества условных порций продукции при непрерывной подаче в аппараты технологической схемы.

$P = \{p_i\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *позициями*. В нашем случае – это множество аппаратов технологической схемы;

$I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – входная функция, которая для каждого перехода t_j задает множество его позиций $p_i \in I(t_j)$.

$O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – выходная функция, которая отображает переход в множество выходных позиций $p_i \in O(t_j)$.

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ – функция маркировки (разметки) сети, которая ставит в соответствие каждой позиции неотрицательное целое число, равное числу меток в данной позиции, которое меняется в процессе работы сети.

Срабатывание перехода мгновенно изменяет разметку $M(p) = (M(p_1), M(p_2), M(p_3), \dots, M(p_n))$ на разметку $M'(p)$ по следующему правилу:

$$M'(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j) \quad (1)$$

Запись уравнения (1) означает, что переход t_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных.

$\tau_1: T \rightarrow N$ и $\tau_2: P \rightarrow N$ функции, определяющие время задержки при срабатывании перехода и время задержки в позиции.

Динамика выполнения МСП определяется движением меток, моделирующих движение дискретных потоков полупродуктов.

Таким образом, рассмотренная модификация сетей Петри позволяет решать следующие задачи:

- 1) анализ функционирования аппаратов системы в условиях нештатных ситуаций;
- 2) анализа переключения управления на сетевом уровне;
- 3) анализа технологических схем дискретно – непрерывных производств для обеспечения устойчивого, стабильного состояния.

Для управления процессом очистки сточных вод коксохимического производства разработана математическая модель технологической схемы и ее программная реализация. Математическая модель системы очистки сточных вод коксохимического производства разработана в виде МСП, реализация, которой позволила исследовать системные связи и законы функционирования установки в целом [1]. Построены также модели основных аппаратов, реализующих технологический процесс очистки сточных вод коксохи-

мического производства. Из СП – моделей типовых аппаратов была синтезирована модель всей установки.

С использованием СП-модели нами разработан программный комплекс системы технологического модуля очистки сточных вод коксохимического производства, имитирующей функционирование очистки в виртуальном времени. Средствами SCADA-технологии TRACE MODE разработан программный комплекс системы управления технологическим процессом очистки сточных вод коксохимического производства. Система управления технологическим процессом позволяет выполнять диспетчерский контроль основных элементов системы управления, останавливать систему очистки сточных вод коксохимического производства и анализировать ее состояние как в целом, так и в целях прогнозирования развития внештатных ситуации [5].

Список литературы

1. Азимов Ю.И. Технологический модуль очистки нефтесодержащих сточных вод // Известия КазГАСУ. 2009. № 2 (12). С. 227-232.
2. Анаников С.В., Савдур С. Н., Басырова Д.И. Технологический модуль очистки сточных вод производства полимеров. // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 6. С. 121-125.
3. Анаников С.В., Азимов Ю.И., Савдур С. Н. Разработка систем управления оборотного водоснабжения в нефтехимических производствах // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 2. С. 136-139.
4. Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляйн С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание. М.:Теплотехник, 2005. 640 с.
5. Савдур С.Н., Понкратова С.А. Системный подход в моделировании технологического процесса очистки нефтесодержащих сточных вод // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 7. С. 218-226.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «BALL AND BEAM»

Синяк Д.В.

магистрант кафедры автоматизация производственных процессов, ДГТУ,
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье рассматривается задача составления математической модели механической системы «Ball and Beam». Данная система является классической системой для апробации методов теории автоматического управления. В отличие от большинства математических моделей данной системы, представленных в исследованиях других авторов, в данной статье рассматривается не редуцированная форма модели, то есть учитывающая высшие производные.

Ключевые слова: моделирование, Ball and Beam, теория автоматического управления.

Рассматриваемая механическая система «Ball and Beam» (шарик на стержне) приведена на рисунке. Будем полагать, что шарик радиуса R момента инерции J и массы m движется по стержню безотрывно. На данном

этапе построения математической модели будем полагать, что влияние трения качения на динамику системы пренебрежимо мало. Будем полагать что величина упругости материалов, из которых изготовлены шарик и планка достаточно велики чтобы пренебречь трибологическими эффектами упругого скольжения [1-4].

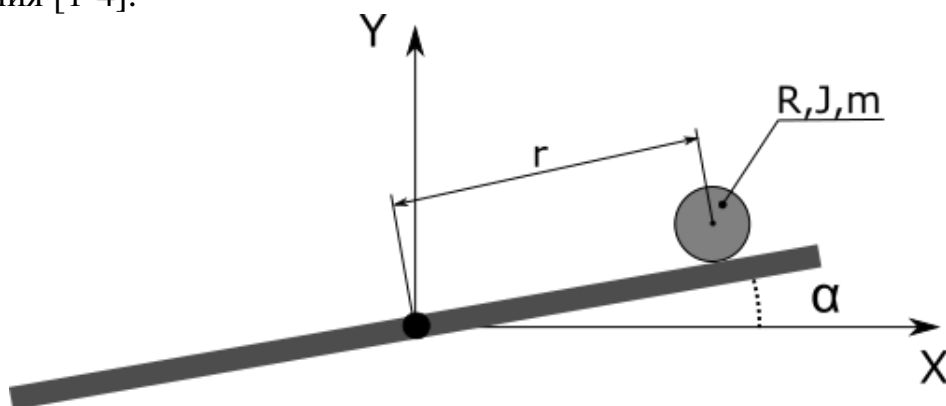


Рис. Механическая система «Ball and Beam»

Положение шарика может быть описано двумя координатами: r и α , где r представляет собой расстояние от центра шарика до оси вращений стержня, α – угол поворота стержня против часовой стрелки, отсчитываемый от горизонтальной плоскости. Кроме того, будем полагать, что динамические свойства управляющего привода (осуществляющего вращение стержня) позволяют нам отказаться от рассмотрения динамики переходных процессов α и полагать угол поворота стержня задаваемой величиной. То есть, будем рассматривать α в качестве управляющей переменной. Таким образом, рассматриваемая система теряет одну степень свободы. Для координатного представления второй степени свободы используется величина r . Выберем ее в качестве обобщенной координаты. Составим функцию кинетической энергии системы:

$$T = \frac{m(\dot{r}^2 + (r\dot{\alpha})^2)}{2} + \frac{J\left(\dot{\alpha} - \frac{\dot{r}}{R}\right)^2}{2}$$

Составим функцию потенциальной энергии:

$$P = mgr \sin(\alpha)$$

С учетом найденного, составим Лагранжиан системы:

$$L(r, \dot{r}, \alpha(t)) = \frac{m(\dot{r}^2 + (r\dot{\alpha})^2)}{2} + \frac{J\left(\dot{\alpha} - \frac{\dot{r}}{R}\right)^2}{2} - mgr \sin(\alpha)$$

Подставим найденное в уравнение Лагранжа:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{r}} \right) - \frac{\partial L}{\partial r} = \\ = \left(m + \frac{J}{R^2} \right) \ddot{r} - \frac{J}{R} \ddot{\alpha} - mr\dot{\alpha}^2 + mg \sin \alpha = 0 \end{aligned}$$

Таким образом получено существенно нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка описывающее динамику механической системы «Ball and Beam». Здесь в качестве координаты определяющей положение шарика в пространстве выступает радиус-вектор r . А в качестве управляющего воздействия выступает угол наклона планки α . Полученная модель может быть приведена к форме Коши:

$$\begin{cases} \dot{r} = v \\ \dot{v} = \frac{\frac{J}{R}\ddot{\alpha} + mr\dot{\alpha}^2 - mg \sin \alpha}{\left(m + \frac{J}{R^2}\right)} \end{cases}$$

Такой подход к построению математической модели особенно интересен с позиции решения задач теории автоматического управления существенно неустойчивыми системами. При этом, следует иметь в виду, что актуальность приведенной модели определяется возможностями исполнительного привода – его электромеханическая характеристика должна быть достаточно жесткой для того чтобы динамика шарика не оказывала существенного влияния на исполнительные движения планки.

Список литературы

1. Носачев С. В., Чувейко М. В. Математическое моделирование упругого скольжения в контакте колесо-поверхность дороги // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 3(78). – С. 127-137.
2. Носачев С. В., Чувейко М. В. Модель упругого скольжения в системе «колесо – поверхность дороги» // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 3-4. – С. 111-116.
3. Чувейко М.В. Алгоритм восстановления периодизированного сигнала в роторных системах. Вестник Донского государственного технического университета. 2007. Т. 7. № 4 (35). С. 377-383.
4. Чувейко М.В. Применение стробоскопического отображения Пуанкаре для диагностирования дефектов узлов сопряжения роторной системы. Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 1 (52). С. 37-42.

ЭНТРОПИЯ СЛУЧАЙНОГО ВЕКТОРА КАК ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОМЕРНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Тырсин А.Н.

профессор кафедры прикладной математики, д-р техн. наук, доцент,
Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Россия, г. Екатеринбург

Геворгян Г.Г.

аспирант кафедры прикладной математики,
Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Россия, г. Екатеринбург

Предложено использование дифференциальной энтропии случайного вектора в качестве диагностической модели многомерной стохастической системы. Сформулированы

диагностические признаки модели и рассмотрены вопросы их использования для практического применения.

Ключевые слова: математическая модель, дифференциальная энтропия, многомерная стохастическая система, случайный вектор, диагностика, признак.

Представим многомерную стохастическую систему S в виде случайного вектора $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$. Каждая компонента Y_i этого вектора является одномерной случайной величиной (с. в.), характеризующей функционирование соответствующего элемента системы. В [1] предложено использовать дифференциальную энтропию [2, с. 296] $H(\mathbf{Y})$ случайного вектора \mathbf{Y} в качестве математической модели стохастической системы S .

В [3, с. 93] доказано, что если все компоненты Y_i имеют дисперсии $\sigma_{Y_i}^2$, то

$$H(\mathbf{Y}) = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Y_i} + \sum_{i=1}^m \kappa_i + \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2), \quad (1)$$

где $\kappa_i = H(Y_i / \sigma_{Y_i})$ – энтропийный показатель типа закона распределения с. в. Y_i ; $R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2$ – индексы детерминации регрессионных зависимостей.

Первые два слагаемых $H(\mathbf{Y})_V = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Y_i} + \sum_{i=1}^m \kappa_i$ названы энтропией хаотичности, а третье $H(\mathbf{Y})_R = \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2)$ – энтропией самоорганизации. Исследуем возможности модели (1) для задач диагностики.

Согласно (1) энтропия $H(\mathbf{Y})$ обладает триализмом. Существуют три причины изменения энтропии многомерной случайной величины \mathbf{Y} : изменение степени рассеяния ее компонент, изменение форм распределений ее компонент и изменение тесноты корреляционных связей между ее компонентами.

Достоинством формулы (1) является то, что энтропийное моделирование многомерных стохастических систем на ее основе не требует знания или определения закона распределения многомерной случайной величины \mathbf{Y} , что практически нереализуемо в реальных задачах. При этом в отличие от методов многомерного статистического анализа, здесь не теряется формальная строгость и соответствие модели (1) реальным экспериментальным данным. Это позволяет использовать формулу (1) для моделирования и исследования реальных многомерных стохастических систем и процессов по экспериментальным данным ограниченного объема.

Представим каждый элемент многомерной стохастической системы S в виде непрерывной случайной величины Y_i . Поскольку элементы стохастической системы взаимодействуют между собой, то компоненты случайного вектора в общем случае должны быть взаимно коррелированными (как линейно, так и нелинейно). В результате имеем многомерную случайную величину $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$. Будем считать, что данное представление является

адекватной математической моделью системы S . Каждый элемент Y_i вектора \mathbf{Y} является одномерной с. в., которая характеризует функционирование соответствующего элемента исследуемой системы.

Стохастическая система в процессе функционирования может менять свои свойства. Поэтому у многомерной с. в. \mathbf{Y} также может меняться закон распределения, с учетом этого ее лучше называть случайным вектором.

Согласно (1) параметрами энтропийной модели являются:

- средние квадратические отклонения σ_{Y_i} компонент случайного вектора \mathbf{Y} ,
- энтропийные показатели κ_i законов распределений, $i = 1, 2, \dots, m$,
- индексы детерминации $R_{Y_k/Y_1Y_2\dots Y_{k-1}}^2$ регрессионных зависимостей между компонентами случайного вектора \mathbf{Y} , $k = 2, 3, \dots, m$.

Диагностическая модель должна объяснять изменения, происходящие в исследуемом объектах процессе функционирования, в динамике. Рассмотрим с этих позиций энтропию случайного вектора (1).

Пусть стохастическая система представима в виде случайного вектора \mathbf{Y} . Тогда на основе модели (1) можно осуществлять мониторинг состояния стохастической системы путем анализа изменения ее энтропии. Это можно сделать следующим образом. Будем считать, что два случайных вектора $\mathbf{Y}^{(1)} = (Y_1^{(1)}, Y_2^{(1)}, \dots, Y_m^{(1)})$ и $\mathbf{Y}^{(2)} = (Y_1^{(2)}, Y_2^{(2)}, \dots, Y_m^{(2)})$ соответствуют предыдущему и текущему периодам функционирования системы. Считаем, что дисперсии всех компонент случайного вектора конечны.

Для диагностирования состояния многомерной стохастической системы будем придерживаться следующих этапов [4]:

- 1) определение поведения системы (стабильная/нестабильная), поиск зависимостей поведения системы от времени, критических значений;
- 2) обнаружение характера изменения в системе («хаотичность» или «самоорганизация») в критических периодах;
- 3) на основании обнаруженной причины, проведение анализа: какой элемент системы (компонента системы \mathbf{Y}) оказался причиной изменения в системе;
- 4) формулирование вывода о влиянии изменения в системе с учетом выявленных критических моментов и причин их появления.

Случай 1. Рассмотрим вначале случай, когда распределения всех соответствующих компонент $Y_i^{(1)}, Y_i^{(2)}$ ($i = 1, 2, \dots, m$) описываются однотипными законами распределения с некоторыми параметрами положения и масштаба. Это означает, что $\forall i \quad \kappa_i^{(1)} = \kappa_i^{(2)}$. Тогда разность энтропий $\Delta H(\mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}^{(2)}) - H(\mathbf{Y}^{(1)})$ определяется как [1]

$$\Delta H(\mathbf{Y}) = \sum_{i=1}^m \ln \frac{\sigma_{Y_i^{(2)}}}{\sigma_{Y_i^{(1)}}} + \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln \frac{1 - R_{Y_k^{(2)}/Y_1^{(2)} \dots Y_{k-1}^{(2)}}^2}{1 - R_{Y_k^{(1)}/Y_1^{(1)} \dots Y_{k-1}^{(1)}}^2}.$$

При однотипности всех пар компонент $Y_i^{(1)}$, $Y_i^{(2)}$ вместо триализма имеем частный случай дуализма, т. е. энтропия может меняться только из-за изменения рассеяния (дисперсий) компонент случайного вектора или из-за изменения тесноты корреляционной связи между этими компонентами.

Вклад произвольной l -й компоненты в изменение энтропии хаотичности

$$\Delta H(\mathbf{Y})_{V,l} = \ln \frac{\sigma_{Y_l^{(2)}}}{\sigma_{Y_l^{(1)}}}, \quad l = 1, 2, \dots, m.$$

Т.к. $R_{Y_m/Y_1Y_2\dots Y_{m-1}}^2 \geq R_{Y_m/Y_1Y_2\dots Y_{m-2}}^2 \geq R_{Y_m/Y_1Y_2\dots Y_{m-3}}^2 \geq \dots \geq R_{Y_m/Y_1}^2$, то предельный индекс детерминации $R_{Y_m/Y_1Y_2\dots Y_{m-1}}^2$ наиболее достоверно описывает зависимость компоненты Y_m от остальных $(m-1)$ компонент. Поэтому оценивать вклад произвольной l -й компоненты в изменение энтропии самоорганизации целесообразно через предельные значения индексов детерминации

$$\Delta H(\mathbf{Y})_{R,l} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 - R_{Y_l^{(2)}/Y_1^{(2)} \dots Y_{l-1}^{(2)} Y_{l+1}^{(2)} \dots Y_m^{(2)}}^2}{1 - R_{Y_l^{(1)}/Y_1^{(1)} \dots Y_{l-1}^{(1)} Y_{l+1}^{(1)} \dots Y_m^{(1)}}^2}, \quad l = 1, 2, \dots, m.$$

Суммарный вклад l -й компоненты в изменение энтропии случайного вектора определяется как $\Delta H(\mathbf{Y})_l = \Delta H(\mathbf{Y})_{V,l} + \Delta H(\mathbf{Y})_{R,l}$.

Случай 2. Рассмотрим общий случай, когда распределения хотя бы одной пары компонент $Y_i^{(1)}$, $Y_i^{(2)}$ не описываются однотипными законами распределений. Тогда разность энтропий $\Delta H(\mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}^{(2)}) - H(\mathbf{Y}^{(1)})$ равна

$$\Delta H(\mathbf{Y}) = \sum_{i=1}^m \ln \frac{\sigma_{Y_i^{(2)}}}{\sigma_{Y_i^{(1)}}} + \sum_{i=1}^m (\kappa_i^{(2)} - \kappa_i^{(1)}) + \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln \frac{1 - R_{Y_k^{(2)}/Y_1^{(2)} \dots Y_{k-1}^{(2)}}^2}{1 - R_{Y_k^{(1)}/Y_1^{(1)} \dots Y_{k-1}^{(1)}}^2}.$$

Поскольку в этом случае $\kappa_i^{(2)} - \kappa_i^{(1)} \neq 0$, то появляется третий фактор изменения энтропии из-за изменения типа распределения. Причем этот фактор может быть существенным. Например, разность между энтропийными показателями нормального распределения и распределения Лапласа равна

$$\Delta \kappa = \ln \sqrt{2\pi e} - \ln e\sqrt{2} = \ln \frac{\pi}{\sqrt{e}} = 0,6447. \text{ Это изменение эквивалентно увеличе-}$$

нию дисперсии случайной величины в $\pi^2/e = 3,631$ раз.

Таким образом, случай сохранения типов законов распределений компонент случайного вектора проще реализуем и не требует определения энтропийных показателей компонент. Но нарушение этого условия может привести к значительным ошибкам в оценивании динамики энтропии, а, значит, и к снижению достоверности диагноза о состоянии стохастической системы.

Отслеживая изменение $\Delta H(\mathbf{Y})$ энтропии в целом и ее составляющих, можно сделать выводы о состоянии исследуемой стохастической системы и обнаружить зарождающиеся тенденции изменения состояния.

Анализ изменения каждой из компонент случайного вектора \mathbf{Y} позво-

лит выявить те из них, которые оказали наибольшее влияние на изменение энтропии $\Delta H(Y)$, а значит, и на изменение состояния многомерной стохастической системы S .

Работа поддержана грантом РГНФ № 15-02-00046а.

Список литературы

1. Тырсин А.Н. Энтропийное моделирование динамики открытых стохастических систем // Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике: Материалы XII Международной научно-практической конференции. Новочеркасск, 2012. С. 35-39.
2. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Издательство иностранной литературы, 1963. 832 с.
3. Тырсин А.Н. Энтропийное моделирование многомерных стохастических систем. Воронеж: Научная книга, 2016. 156 с.
4. Тырсин А.Н., Калев О.Ф., Яшин Д.А., Лебедева О.В. Оценка состояния здоровья популяции на основе энтропийного моделирования // Математическая биология и биоинформатика. 2015. Т.10. №1. С.206-219. URL: http://www.matbio.org/2015/Tyrsin_10_206.pdf (дата обращения: 25.07.2016).

ШАХТНЫЕ САМОСВАЛЫ АК АЛРОСА

Уваров А.П., Ринчинов Е.Б.

студенты группы ГМ14-4 Кафедра ГиНД,
Мирнинский политехнический институт филиал Северо-Восточного
федерального университета им. М. К. Аммосова, Россия, г. Мирный

Исследование посвящено анализу самоходного горного оборудования, производимого АК АЛРОСА.

Ключевые слова: оборудование, самоходное горное оборудование, транспорт, производство.

Самоходное горное оборудование (СГО) на пневмоколесном ходу – важнейший сегмент оборудования, применяемого в современной горнодобывающей промышленности. Его применение, в ряде случаев, позволяет значительно повысить производительность, безопасность и экономическую эффективность добычи. Самоходному транспорту на пневмоколесном ходу присущи: высокая проходимость, маневренность и мобильность, он обладает значительной свободой действий и, по мере необходимости, может легко перемещаться с одного участка на другой. Способность выполнять большой не только по объему, но и по разнообразию решаемых задач, круг работ, делает данный транспорт универсальным. В технологических схемах подземного транспорта рудников, для транспортирования горной массы от добычных и проходческих забоев, применяются погрузочно-доставочные машины в комплексе с шахтными самосвалами.

За рубежом на подземных работах транспортные машины на пневмоколесном ходу (погрузочно-доставочные машины (ПДМ), подземные самосвалы) используются с 50-х годов XX столетия, поэтому именно зарубежные страны, такие как Германия, США и Швеция являются основными производителями данного вида техники. Кроме того, крупными производителями ГШО являются Китайские компании, широко представленные на мировом рынке. Имеются отечественные производители ГШО, как производящие машины из импортных комплектующих (ООО «МАЙНЕР»), так и собственного производства (ЗАО «УралСпецМаш»)

В настоящее время в АК АЛРОСА применяется самоходное транспортное оборудование 11 различных ведущих зарубежных и отечественных производителей (табл.1).

Таблица 1

Информация о типах выпускаемой продукции, наличии сервисной поддержки и складов-магазинов в Мирнинском районе основных производителей шахтных самосвалов (информация собрана на сентябрь 2015 года)

№	Производитель (дилер)	Самосвалы подземные	ПДМ	Страна производитель	Сервисная поддержка	Склад-магазин
1	Atlas Copco	+	+	Швеция	есть	есть
2	Caterpillar Inc.	+	+	США	есть	есть
3	GHH Fahrzeuge GmbH	+	+	Германия	есть	-
4	Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH (Paus)	+	+	Германия	есть	-
5	Joy Global	+	+	США	-	-
6	Sandvik Group	+	+	Швеция	есть	-
7	Schopf Maschinenbau GmbH	-	+	Германия	-	-
8	Shanxi Tiandi Coal Mining Machinery Co	-	-	Китай	-	-
9	Xuzhou Construction Machinery Group Inc	-	-	Китай	-	-
10	ЗАО «УралСпецМаш»	-	+	Россия	-	-
11	ООО «Майнер»	+	+	Россия	-	-

Целью работы являлось анализ и сравнение основных моделей шахтных самосвалов, применяемых в АК «АЛРОСА».

Решаемые задачи:

1. Выполнить поиск и анализ информации по основным производителям шахтных самосвалов;
2. Определить основные критерии выбора шахтных самосвалов компаниями АК «АЛРОСА»;

3. Выполнить сравнение шахтных самосвалов, выпускаемых основными производителями;

4. Обосновать выбор рациональных моделей шахтных самосвалов АК «АЛРОСА».

В компаниях, использующих шахтные самосвалы, критериями выбора являются:

- грузоподъёмность,
- геометрические размеры,
- мощность двигателя,
- наличие склада-магазина и сервисной поддержки,
- стоимость приобретения и эксплуатации.

Необходимость наличия складов-магазинов и сервисной поддержки обусловлена значительным удалением рудников Компании от основных центров компаний-производителей, а также сезонными проблемами с транспортом.

На рудниках Компании АК АЛРОСА при добыче руды используются ПДМ грузоподъёмностью 7 и 10 тонн, поэтому для совместной с ними эксплуатации выбран типоразмер самосвалов с грузоподъёмностью 20-22 тонны (соответственно с загрузкой 2-3 ковшей ПДМ) (табл. 2).

Таблица 2

Основные технические характеристики шахтных самосвалов

		Производитель и модель самосвала		
		Caterpillar Inc.	GHH Fahrzeuge GmbH	ООО «МАЙНЕР»
Параметр	Ед.изм.	AD30	GHH MK-A20.1	ШС-27К
Грузоподъёмность	т	30	20	27
Объём кузова	м ³	14.4	10	12
Ширина	м	2.6	2.2	2.7
Высота	м	5.6	2.5	5.1
Длина	м	10	8.6	8.9
Масса	т	30	15	22
Тип двигателя		Cat C15 ACERT	-	Deutz F12L413FW
Мощность двигателя	кВт	304	136-170	277
Гидротрансформатор		-	-	SON C5000
Коробка передач		5	-	SON R36000
Передний мост		4	-	-
Задний мост		1	-	-
Шины		265 x R25 Radials	-	R755

По данным из таблицы видно, что из трёх производителей подходит 1 модель шахтного самосвала GHH MK-A20.1 (GHH Fahrzeuge GmbH), но из-за низкой мощности двигателя, данная техника не проходит по критериям выбора.

Таблица 3

Основные технические характеристики шахтных самосвалов

		Производитель и модель самосвала			
		Atlas Copco	Paus	Sandvik	Joy Global
Параметр	Ед.изм.	MT-2010	PMKT 10000	TH-320	MTI DT-2604
Грузоподъемность	т	20	22	20	23
Объем кузова	м ³	9	9,5/11	-/10,3	14.3
Ширина	м	2,4	2,15	2,2	2.8
Высота	м	2,5	2,4	2,4	2.8
Длина	м	9,24	9,4	9,1	9.1
Масса	т	20,5	20	22,3	23
Тип двигателя		Cummins QSL9,	CAT C8	Mercedes OM 926 LA	Cummins QSM 11
Мощность двигателя	кВт	224	227	240	335
Гидротрансформатор		-	-	Dana серии C8000	-
Коробка передач		Dana серии 6000	Clark	Dana серии 6000	Dana Серия 6000
Передний мост		Rock Tough/457	Kessler	Dana 19D2748	4
Задний мост		Rock Tough/457	Kessler	Dana 19D2748	4
Шины		18,00 R25	16,00 R25	18,00 R25	Bias 18.00 x 25
Цена*	тыс. USD	555	444	444	-

По данным из таблицы видно, что *Joy Global* незначительно превышает предел по грузоподъемности, информацию по самосвалам китайских производителей найти не удалось.

Таким образом, можно выделить 3 фирмы, за счет которых формируется парк СГО АК АЛРОСА: это Atlas Copco, Paus и Sandvik. Их шахтные самосвалы которых с грузоподъемностью 20-22 тонн применяются в АК АЛРОСА (MT-2010, PMKT 10000, TH-320). Все они имеют близкие значения основных технических параметров.

Самосвал TH-320 при близких технических характеристиках является лидером, так как имеет минимальную стоимость. Компанией Sandvik выполняется требование по наличию склада-магазина и сервисной поддержки в Мирнинском районе.

Модели MT-2010 и PMKT 10000 смогут достичь его уровня в том случае, если компания Atlas Copco снизит цену самосвала или компания Paus обеспечит наличие склада-магазина и сервисную поддержку в Мирнинском районе.

Итак, парк шахтных самосвалов в АК АЛРОСА представлен тремя основными производителями и тремя моделями самосвалов с грузоподъемностью 20-22 тонны. При этом доля самосвалов Paus (PMKT 10000) составляет 43%, Atlas Copco (MT-2010) 30%, Sandvik (TH-320) 27%.

Опыт эксплуатации шахтных самосвалов в условиях АК АЛРОСА выявил проблему их недогруза, связанную с малой объёмной массой кимберлита.

Таблица 4

Модель	PMKT-10000	TH-320	MT-2010	MTI DT-2604
Грузоподъёмность, Q (т)	22	20	20	23
Объём кузова, V (м ³)	9	9.5	9	14.3
Недогруз, Q'	16.65	17.57	16.65	26.455
Δ	-5.35	-2.43	-3.35	+3.46

$Q' = V \cdot \gamma_n$, где γ_n – объёмная масса в разрыхлённом состоянии равная 1.85 т/м³

K – коэффициент разрыхления равный 1.3

$\gamma_n = \gamma_c / K = 1.85 \text{ т/м}^3$, где γ_c – объёмная масса в массиве равная 2.4 кг/м³

$\Delta = Q - Q'$ – значение в чистом виде.

В работе был выполнен расчёт загрузки рудой применяемых самосвалов. В результате было установлено, что недогруз самосвалов составил от 2,43 до 5,32 тонн, что существенно снижает эффективность их работы. Анализ загрузки самосвала Joy Global показал, что значительный объём кузова (14,3 м³) позволяет машине реализовать её грузоподъёмность (23 тонны), даже с запасом в 3.46 тонн, что даёт нам основание рекомендовать эту машину для использования на рудниках компании.

Выводы:

1. В результате анализа было установлено, что основная доля парка самосвалов в Компании приходится на продукцию зарубежных производителей RAUS (43%), Atlas Copco (30%) и Sandvik (27%), что связано с большим накопленным опытом эксплуатации их оборудования в подразделениях Компании, наличием представительств, обеспечением сервисной поддержки и отработанными схемами поставки запасных частей.

2. При сравнении основных моделей самосвалов, применяемых в Компании, было установлено что все они имеют высокие показатели, но наиболее рациональным является самосвал Sandvik TH-320. В случае, если RAUS обеспечит наличие склада-магазина и сервисной поддержки, то он будет практически на одном уровне с Sandvik. Если Atlas Copco снизит цену, то будет на одном уровне с остальными.

3. Опыт эксплуатации шахтных самосвалов в условиях АК АЛРОСА выявил проблему их недогруза, связанную с малой объёмной массой кимберлита. На основании анализа фактической загрузки самосвалов было установлено что недогруз характерен для всех трёх моделей применяемых в компании самосвалов. Рекомендуется рассмотреть в качестве модели для рудников Компании MTI DT-2604 фирмы Joy Global, которая имеет запас по грузоподъёмности в размере 3.455 тонн.

Список литературы

1. Промежуточный отчет о результатах выполнения ИТУ 074-15/01 «Обосновать выбор типоразмеров, марок и моделей основного горно-шахтного оборудования для под-

земных рудников Компании и экономически эффективные сроки его полезного использования с учетом условий эксплуатации». Мирный, 2015.

2. <http://www.stroyteh.ru/wiki/ATLAS%20COPCO%20MT2010>.
3. http://maxi-exkavator.ru/excapedia/technic/caterpillar_ad30.
4. http://www.autosvit.com.ua/spechar/caterpillar/Caterpillar_AD30/6835.html
5. <http://www.ammining.ru/index.php?q=production&r=2&s=0&t=1>.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ НА КАЧЕСТВО ЮВЕЛИРНОГО ЛИТЬЯ

Чумаченко Г.В.

заведующая кафедрой «ТФиХОМ», канд. техн. наук, доцент,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

Молдавский С.Н.

старший преподаватель кафедры «ТФиХОМ»,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

Андросенко А.Г.

магистрант кафедры «ТФиХОМ»,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье представлены методика и результаты экспериментальных исследований влияния технологических факторов на качество ювелирного литья.

Ключевые слова: ювелирное литье, дефекты, формомасса, латунь, вибровакuumная установка.

В ювелирном производстве одним из методов получения заготовок и готовых изделий является литье по выплавляемым моделям. Несмотря на большой опыт использования данного метода актуальным остается вопрос снижения трудоемкости процесса при обеспечении высокого качества изделий.

Требования, предъявляемые к качеству ювелирных изделий, определяет ОСТ 117-3-002-95 [2]. Согласно стандарту, на поверхностях изделий не должно быть трещин, раковин и заусенцев; на лицевых поверхностях изделий не должно быть вмятин, царапин, следов инструмента, облоя, волнистости. Перечисленные дефекты могут устраняться механической обработкой изделий, но значительно сократить ее позволит получение литой заготовки с высокой чистотой поверхности.

Задачей данной работы было исследование влияния технологических факторов (вибрации и вакуума) изготовления форм для литья по выплавляемым моделям на качество ювелирного литья.

В процессе исследования были изготовлены формы по различным режимам:

1 – уплотнение формовочной массы в нормальных условиях, без дополнительных внешних воздействий;

2 – с использованием вибрационного уплотнения;

3 – с использованием уплотнения под вакуумом;

4 – с использованием вибровacuумного уплотнения.

Для приготовления формовочной смеси была использована формомасса *Satin Cast Xtreme*. Данная формомасса образует высокопрочную литейную форму, обладает гладкой глянцевой поверхностью при застывании, не допускает растрескивания и сохраняет точность размеров будущей отливки. Позволяет производить заливку металла при температуре ниже 1093 °С. Формовочная масса обладает повышенной термостойкостью. Фракция смеси не более 100 мкм [3]. Для приготовления формомассы использовали навеску 400 г сухой смеси на 160 мл дистиллированной воды. Температура воды и сухой смеси составляла 24...26 °С. В воду медленно засыпали формомассу и перемешивали миксером в течение двух минут.

Уплотнение формомассы проводили на экспериментальной вибровacuумной установке. Емкость с приготовленной формомассой предварительно вакуумировали в течение двух минут, давление в вакуумной камере составляло 10 кПа. Затем в установленную на вибростол опoку с модельным блоком заливали формомассу и уплотняли в течение двух минут под воздействием вибрации и вакуума. Продолжительность вибровacuумирования составляла 3...4 минуты.

По окончании формовки опoку выдерживали на воздухе в течение трех часов для отверждения формомассы. Затем опoку помещали в сушильный шкаф, нагревали до температуры 150 °С и выдерживали в течение 2 часов, время нагрева и выдержки составляло примерно 5 часов. За это время осуществлялась вытопка модельного состава и сушка формы.

Прокалку формы осуществляли в муфельной печи МИТЕРМ-8 с программным управлением. Ниже указаны температурные режимы прокалики формы:

- От 20 °С до 150 °С – подъем температуры в течение 30 мин.
- При 150 °С – выдержка 1 ч.
- От 150 °С до 300 °С – подъем температуры в течение 3 ч.
- При 300 °С – выдержка 1 ч.
- От 300 °С до 750 °С – подъем температуры в течение 2 ч.
- При 750 °С – выдержка 2 ч.
- До 650 °С – понижение температуры для заливки металла.

Для изготовления экспериментальных образцов была выбрана латунь марки Л68 (Cu 67-70 %, Zn 29,7-33 %, Pb до 0,03 %, Fe до 0,1 %, P до 0,01%). Температура плавления сплава 938 °С [1]. Плавку латуни проводили бензиновой горелкой в шамотном тигле с использованием флюса (бура+борная кислота).

Опоку устанавливали в вакуумную камеру и заливали металл. Расплав кристаллизовался в условиях вакуума в течение 7 минут. Затем форма охлаждалась на воздухе в течение 15 минут и помещалась в резервуар с водой для удаления формомассы.

Результаты экспериментальных исследований. Отливки, полученные в формах, изготовленных по разным режимам, представлены на рисунке.



Рис. Отливки, изготовленные по разным режимам:

- а) – уплотнение формовочной массы без внешних воздействий; б) – с использованием вибрационного уплотнения; в) – с использованием уплотнения под вакуумом; г) – с использованием вибровacuумного уплотнения

Анализ качества литых заготовок показал следующее:

Отливки, изготовленные по трем первым режимам, имеют следующие дефекты:

- пригар, который представляет собой наплавы неправильной формы с шероховатой поверхностью;
- остатки формомассы на поверхности отливки;
- раковины диаметром 0,5...3 мм на поверхностях стояка и отливки, которые представляют собой поры с изрезанными краями и поднутрениями, возникающие из-за выделения газов с внутренней стороны формы;

- также образовались корольки, которые представляют собой сферические выступы, их возникновение связано с наличием на восковой модели пузырьков воздуха.

Отливка, форма которой изготавливалась с использованием вибровacuумного уплотнения, не имеет дефектов на поверхности. Отсутствует пригар, нет раковин на поверхности отливки и литниковой системы; срез в местах подвода металла ровный, без образования дефектов; формомасса полностью удалась с модели.

Таким образом, использование вибровacuумного уплотнения формомассы при изготовлении литейных форм обеспечивает формирование отливок без дефектов. При вакуумировании формы газы, содержащиеся в формомассе, удаляются, благодаря чему создаются условия для получения отливок без газовых раковин и пористости. Силы вибрации, воздействующие на форму при заливке формомассы, уплотняют ее, что не приводит к разрушению формы в процессе прокали и заливки расплавленного металла, не формируются дефекты в виде газовых раковин и пригара.

Список литературы

1. Марочник металлов: Латунь Л68 [Электронный ресурс] // Центральный металлический портал РФ: [сайт]. URL: http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/lat/L68 (дата обращения: 28.04.2016).
2. Отраслевой стандарт. Изделия ювелирные из драгоценных металлов. Методика Общие технические условия: ОСТ 117-3-002-95 / Главное научно-техническое управление Минприбора СССР. – Москва, 2003. – 21 с.
3. Справочник. Формомассы, состав и использование // ООО "Индукционные установки"©. 2005-2016. URL: <http://www.mexel.ru/directory/formo.html> (дата обращения: 25.04.2016).

Подписано в печать 11.08.2016. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,37. Тираж 100 экз. Заказ 208
ООО «ЭПИЦЕНТР»
308010, г. Белгород, ул. Б.Хмельницкого, 135, офис 1
ИП Ткачева Е.П., 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а