



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 5/6 - 2015 (май/июнь)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной
ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Редакционный совет

- А.В. Царегородцев** — д.т.н., профессор Финансового университета при Правительстве Российской Федерации
Ю.Б. Миндлин — к.э.н., доцент Московского государственного индустриального университета
М.М. Безрукова — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО
Н.Н. Грачев — профессор Московского государственного института электроники и математики НИУ ВШЭ, доктор высшей степени в области технических наук (Doctor Habilitatus)
А.И. Гусева — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
А.Я. Качанов — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
А.И. Квасов — д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.Серикбаева
С.М. Надежкин — д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
Б.А. Прудковский — д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА"
С.Э. Саркисов — д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии
В.В. Сергиевский — д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
А.П. Симоненков — д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАН

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва,
Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел./факс: 8(495) 755-1913
E-mail: redaktor@nauteh.ru
http://www.nauteh-journal.ru
http://www.vipstd.ru/nauteh

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере массовых коммуникаций, связи
и охраны культурного наследия.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

© Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики



В НОМЕРЕ:

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ (ПО ОТРАСЛЯМ)
МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКА
В МАШИНОСТРОЕНИИ
АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОФИЗИКА
УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ
и др. материалы

Журнал издается с 2011 года

Редакция:
Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин
Верстка
Д.М. Замятин

Подписной индекс издания
в каталоге агентства "Пресса России" — 80016

В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции

Авторы статей
несут полную ответственность за точность
приведенных сведений, данных и дат

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука: Актуальные проблемы
теории и практики» обязательна

Журнал отпечатан в типографии
ООО "КОПИ-ПРИНТ"
тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.06.2015 г.
Формат 84×108 1/16

Печать цифровая
Заказ № 0000
Тираж 2000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Л.Н. Батуров, И.Н. Говор

Исследование особенностей метода контактной кондуктометрии большого объема чистой воды.
L. Baturov, I. Govor — The investigation of the contact conductometer method peculiarities, applied to a big volume of pure water 3

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

В.Н. Шинкин

Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения.
V. Shinkin — The critical pressure estimation of the steel major-diameter tubes' destruction of the gas-oil main pipelines under the weld faulty fusion 7

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А.А. Жаров, В.Э. Лыскова

Поддержка принятия решений по снижению преступности в России.
A. Zharov, V. Lyskova — Decision-making support to reduce crime in Russia 12

АНТЕННЫ, СВЧ УСТРОЙСТВА И ИХ ТЕХНОЛОГИИ

А.В. Останков

Решение задачи дифракции электромагнитной волны на периодической многослойной гребенчатой структуре и его применение для анализа перспективных вариантов микроволновых антенн дифракционного излучения.
A. Ostankov — The solution of the electromagnetic wave diffraction problem on a periodic multilayer comb structure and its application for the analysis of future versions of diffraction radiation microwave antennas 20

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

П.А. Веселов

Особенности применения рекуперации в метрополитенах.
P. Veselov — Specificity of using braking energy recovery at the subways 28

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Д.А. Барыбин, Ю.В. Абель

Промышленная безопасность измельчительного оборудования горнодобывающей промышленности.
D. Barybin, Y. Abel — Industrial safety grinding equipment mining 31

Д.А. Барыбин, Е.А. Барсукова

Экспертиза промышленной безопасности опасного производственного объекта в горнорудной промышленности.
D. Barybin, E. Barsukova — Examination of industrial safety of hazardous production facilities in the mining industry 34

Э.А. Грачев, А.Г. Данилов, М.Г. Галиев, С.В. Кульчицкий, Д.В. Третьяк

Эффективность применения растворов смачивателя для предварительного увлажнения угольных пластов.
A. Grachev, A. Danilov, M. Galiev, S. Kulchytsky, D. Tretiak — The effectiveness of wetting solutions for pre-wetting of coal seams 38

А.Г. Данилов, С.В. Кульчицкий, Э.А. Грачев, Д.В. Третьяк, М.Г. Галиев

Локализация и предупреждение взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах с помощью автоматических систем взрывоподавления типа АСВП-ЛВ.1М и их модификаций.
A. Danilov, S. Kulchytsky, E. Grachev, D. Tretiak, M. Galiev — Localization and preventing explosions pylegazovozdushnyh mixtures in coal mines with automatic systems, explosion suppression type ASVP-LV.1M and their modifications 41

АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОФИЗИКА

В.И. Костюк

О зависимости урожайности картофеля от вариаций солнечной активности.
V. Kostyuk — Dependence potato yield from variations in solar activity 44

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И БОРЬБА С НИМИ

А.В. Семенютина, И.П. Свинцов, С.С. Таран, С.Н. Кружилин

Стратегия формирования рекреационно-озеленительных насаждений ландшафтно-мемориальных парковых комплексов.
A. Semenyutina, I. Svintsov, S. Taran, S. Kruzhillin — Formation strategy of recreational greenery of landscape and memorial park complexes 51

А.В. Семенютина, И.П. Свинцов

Обустройство земель рекреационного назначения в малолесных регионах: принципы и мероприятия.
A. Semenyutina, I. Svintsov — Arrangement of lands of recreational appointment in low-forest regions: principles and actions 66

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

И.В. Горохова

Кадровый менеджмент городской поликлиники как базовый элемент в решении задачи обеспечения качества медицинской помощи.
I. Gorokhova — Personnel management of city policlinic as basic element in the maintenance of medical care quality 79

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТОДА КОНТАКТНОЙ КОНДУКТОМЕТРИИ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА ЧИСТОЙ ВОДЫ

Батуров Л.Н.,

к.ф.-м.н., с.н.с.,

ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений

levbaturov@ya.ru

Говор И.Н.,

к.ф.-м.н., с.н.с.,

ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений

yaw@ya.ru

Аннотация. Показана возможность применения метода контактной кондуктометрии к большому объему чистой воды при ее свободном контакте с атмосферой. Обнаружены новые явления, связанные с проводимостью воды.

Ключевые слова: чистая вода, проводимость.

THE INVESTIGATION OF THE CONTACT CONDUCTOMETER METHOD PECULIARITIES, APPLIED TO A BIG VOLUME OF PURE WATER

Baturov L.N., Govor I.N.,

State Scientific Center of the Russian Federation
National Research Institute for Physical – Technical
and Radio Engineering Measurements

Abstract. It was showed the possibility of application of the contact conductometer method to a big volume of pure water, that was in free contact with atmosphere. It was found new phenomena related to the water conductance.

Keywords: pure water, electrical conductance.

В настоящее время, несмотря на достигнутые успехи в деле изучения структуры воды и ее свойств [1], интенсивные исследования в этом направлении продолжаются, в том числе и в ведущих отечественных физических институтах [2]. Электрическая проводимость воды является одним из параметров, чувствительных к ее структурным изменениям, а относительная простота оборудования для ее измерения делает методы кондуктометрии доступными инструментами исследования. В настоящее время прецизионные измерения проводимости G воды, как правило, проводятся методом контактной кондуктометрии жидкостей [3] в кондуктометрических ячейках малого объема. В частности, на этой основе построен эталон ВНИИФТРИ проводимости воды [4] для значений удельной электрической проводимости (УЭП) в диапазоне от 0,001 до 10 См/м (от 10 до 10⁵ мкСм/см). Проводимость более чистой воды

(УЭП порядка 1 - 2 мкСм /см и ниже) уже измерять в ячейке затруднительно ввиду ее чрезвычайно высокой сорбционной способности. В то же время, для решения задач, связанных с изучением структурных изменений в воде при наличии каких-либо слабых воздействий на нее, очевидно, требуются как можно более чистые объекты исследования. Одной из таких задач, как отмечалось в [5], является изучение эффектов, связанных с процессом растворения молекул газов O₂, N₂ и H₂ в воде, например, при ее свободном контакте с атмосферой. Реализовать условия для решения таких задач, в принципе, возможно, если поместить чистую воду в контейнер (с размещенными в нем измерительными электродами) достаточно большого объема, предварительно очищенный той же водой. В этом случае можно было ожидать, что ввиду значительно большего, чем в ячейке, отношения объема исследуемой воды к площади газящей

внутренней поверхности контейнера, проводимость воды будет слабо меняться в течение длительного времени. Целью настоящей работы было выяснение практической возможности и особенностей такого способа измерения.

В качестве объекта исследования использовалась вода, очищенная фильтром фирмы Millipore (УЭП не выше 0,7 мкСм/см при 20 °С). При измерениях использовался мост Е8-2 с внешними генератором и индикатором (осциллографом с селективным усилителем на входе). Измерительные электроды (размером 10 x 5 мм² с расстоянием $\Delta = 5$ мм между ними), размещались вертикально на геометрической оси цилиндрического нержавеющей контейнера с горизонтальной ориентацией их длинных сторон в центре исследуемого объема. Вблизи измерительных электродов размещался миниатюрный термоэлемент Pt100, работающий в комплекте с цифровым измерителем температуры с абсолютной погрешностью измерения не более 0,1 °С. Балансировка моста при измерениях производилась вручную и значения наблюдаемой проводимости $G_{об}$ снимались со шкал моста. Каждый цикл измерений проводился при непрерывной подаче напряжения на электроды. Схема измерительного устройства представлена на рис. 1.

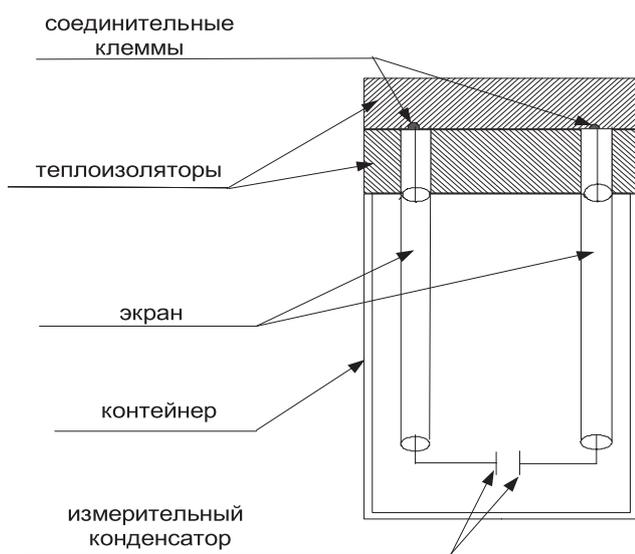


Рис. 1. Схема измерительного устройства.
Назначение теплоизоляторов – предотвращение выпадения водного конденсата между соединительными клеммами.

Измерения проводились при постоянных значениях температуры T с ее стабилизацией (в диапазоне 21 - 22 °С) в пассивном термостате. Контейнер с электродами погружался в балластную воду объемом 4-5 л с необходимой температурой на глубину 100 мм и в него заливалась исследуемая вода примерно той же температуры. Все это оборудование помещалось в теплоизолированный объем. Измерения начинались через 2,5 - 3 часа. За это время происходило окончательное насыщение воды углекислым газом (что гарантировало отсутствие вклада, связанного с процессом его поглощения, во временную зависимость $G_{об}(t)$) и выравнивание значений T по обе стороны от стенки контейнера с установлением постоянной скорости изменения T , которая не превышала 0,005 °С/ч.

Начальные измерения проводились в воде, помещаемой в металлический нержавеющей контейнер объемом 650 мл и высотой водного столба, равной 100 мм. Было обнаружено, что после подачи напряжения $U = 6$ В на измерительные электроды и баланса измерительного моста, через минуту происходит его разбаланс. Соответствующие разбалансу значения $G_{об}$ менялись со временем t нерегулярным образом, при этом изменения $\Delta G_{об}(t)$ достигали десяти и более процентов от величины начальной проводимости $G_{об}(0)$, наблюдаемой в момент подачи напряжения U (рис. 2). Кривые $G_{об}(t)$ демонстрировали колебательный характер изменений $G_{об}$ в течение всего временного интервала наблюдения, достигавшего трех часов и более. В любой момент времени характеристики соответствующего разбалансу эллипса на экране осциллографа (т.е. наклон его осей и соотношение их длин) не менялись при изменении напряжения U в диапазоне от 6 до 3 В, что свидетельствует о независимости наблюдаемой величины проводимости $G_{об}$ и характера ее временной зависимости $G_{об}(t)$ от значений U . Указанное явление наблюдалось вплоть до значения $U=15$ мВ с той же степенью интенсивности. При существенно меньших значениях U измерения уже становились невозможными из-за падения чувствительности используемого нами оборудования.

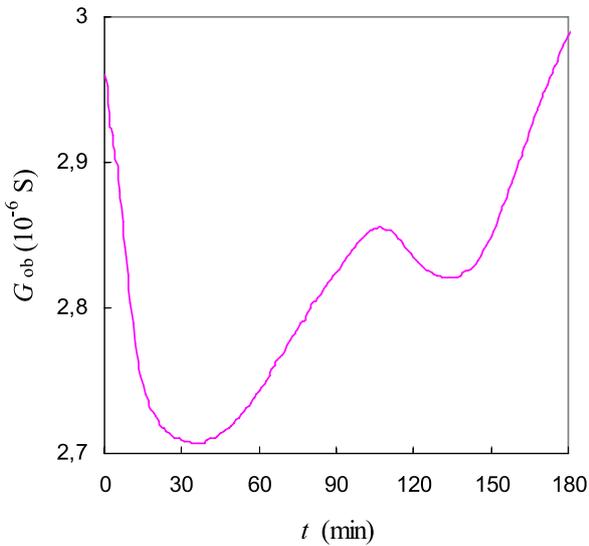


Рис. 2. Пример временной зависимости G_{ob} при комнатной температуре с $V=650$ мл с малым значением $G_{ob}(0)$.

В замкнутом объеме кондуктометрической ячейки рассматриваемое явление не наблюдалось.

Обнаруженный нами колебательный процесс представлял собой помеху адекватному измерению проводимости, для поиска путей устранения которой необходимо было изучить свойства данного явления. Оказалось, что при постоянной температуре характер кривых $G_{ob}(t)$ зависит от начальной проводимости $G_{ob}(0)$ воды, величины ее объема V в контейнере и межэлектродного расстояния Δ .

Увеличение значений $G_{ob}(0)$ приводит к появлению более частых колебаний G_{ob} , независимо от того, добавление какого раствора приводило к этому увеличению. (С целью использования максимальной чувствительности измерительного моста мы ограничились величинами $G_{ob}(0)$ в диапазоне от 2,5 до 7 мкСм, что примерно соответствовало значениям УЭП воды в контейнере (приведенным к 20 °С) в диапазоне от 1,2 до 3,5 мкСм/см).

Зависимость кривых $G_{ob}(t)$ от объема V исследуемой воды изучалась в контейнерах с рабочими объемами $V = 650, 325, 200$ и 100 мл с размещением измерительных электродов в центре водного объема на расстояниях H от дна контейнера, соответственно

равных 50, 25, 50 и 25 мм. При двух последних значениях V исследования кривых $G_{ob}(t)$ проводились в стеклянных контейнерах. Оказалось, что уменьшение V от 650 до 100 мл приводит к радикальному изменению вида кривых $G_{ob}(t)$ (рис. 3). В случае воды с малым значением начальной проводимости $G_{ob}(0)$ кривые $G_{ob}(t)$ демонстрировали постепенное сокращение временного интервала с колебательным характером изменения G_{ob} и последующее их вырождение в монотонно растущие функции с аномально большими производными $\partial G_{ob}(t)/\partial t$ в первые минуты наблюдения (рис. 3а). При большом значении $G_{ob}(0)$ колебательный характер кривых $G_{ob}(t)$ сохранялся, но при этом наблюдалось значительное (в несколько раз) сокращение “периода” колебаний (рис. 3б).

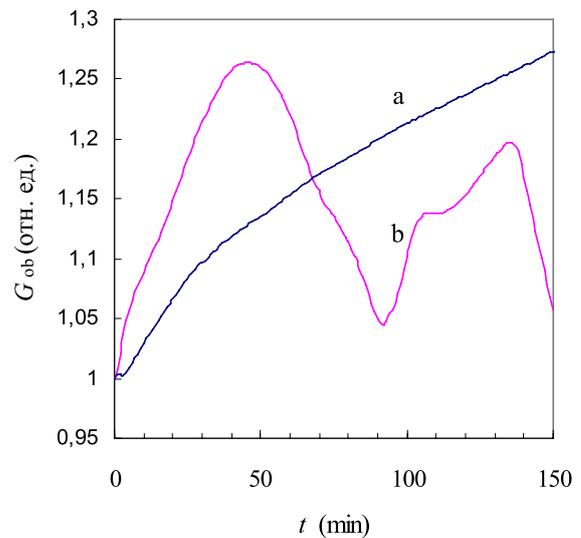


Рис. 3. Характер кривых $G_{ob}(t)$ в объеме $V=100$ мл при малом (а) и большом (б) значениях $G_{ob}(0)$.

Зависимость от расстояния между электродами исследовалась при $V=650$ мл. Оказалось, что при любом значении $G_{ob}(0)$ уже при $\Delta = 2$ мм кривые $G_{ob}(t)$ представляют собой лишь монотонные функции с аномально большими производными $\partial G_{ob}(t)/\partial t$ в первые минуты наблюдений, а при $\Delta = 1,5$ мм вырождаются в простую линейную зависимость (рис. 4).

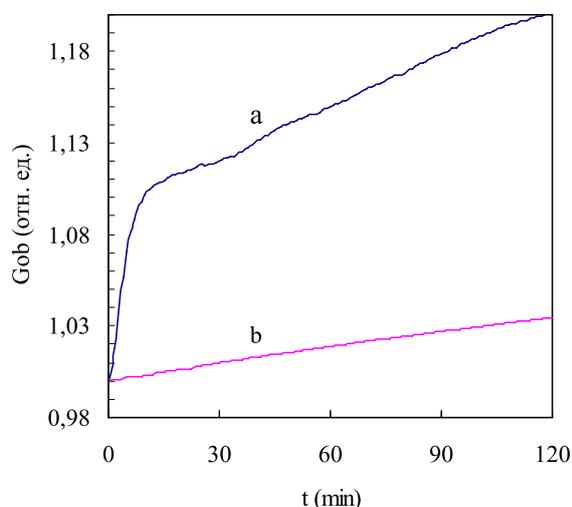


Рис. 4. Характер кривых $G_{об}(t)$ в объеме $V = 650$ мл и большом значении $G_{об}(0)$ в зависимости от расстояния Δ между электродами:
 а - $\Delta = 2$ мм; б - $\Delta = 1.5$ мм.

Следует также отметить, что колебательный процесс развивался только в условиях непрерывного наличия напряжения U на электродах. При подачи же U короткими цугами (3 - 5 сек), следующими, к примеру, с интервалом в одну минуту, баланс моста сохранялся вблизи значений $G_{об}(0)$.

Все выше перечисленные особенности изучаемого явления были воспроизводимы.

Выводы. Таким образом, применение метода контактной кондуктометрии к большому объему чистой воды при ее свободном контакте с атмосферой позволило обнаружить новое явление в физике воды – индуцирование переменным электрическим полем нерегулярных колебаний ее проводимости. Дальнейшее изучение деталей обнаруженного яв-

ления и обсуждение его физической природы должно быть предметом отдельной работы. Здесь же только отметим невозможность его объяснения какими-либо сопутствующими явлениями (например, воздействием электрического поля на заряды двойного электрического слоя на измерительных электродах), поскольку все эти явления имеют место как при $\Delta > 2$ мм (колебания есть), так и при $\Delta < 2$ мм (колебаний нет). Для целей же настоящей работы решающее значение имеет отсутствие каких-либо аномалий на временных зависимостях $G_{об}(t)$ при $\Delta \leq 1,5$ мм (рис. 4б), что позволяет при таких значениях межэлектродного расстояния в большом исследуемом объеме воды адекватно изучать явления, связанные с ее проводимостью, при этом контакт воды с атмосферой, как это следует из того же рис. 4б, не является осложняющим фактором. (Скорость изменения $G_{об}$ на рис. 4б, не превышающая 2% в час, определяется степенью газации поверхности металлического контейнера и может быть существенно уменьшена заменой металла на стекло или пластик. Предварительные опыты также показали, что при использовании стеклянных или пластиковых контейнеров указанные явления можно изучать при начальных значениях УЭП не выше 0,45 - 0,5 мкСм/см).

Практическое применение описанного метода исследования $G_{об}$ с $\Delta \leq 1,5$ мм позволило обнаружить еще одно новое явление [6] - аномально большие изменения проводимости воды в любой точке ее объема при изменениях в распределении градиента температуры по высоте в этом объеме.

Авторы выражают свою благодарность сотруднику ИОФ РАН С. М. Першину за интерес к работе, С. В. Кузнецову и А. А. Митину за техническую помощь.

Список литературы

1. Chaplin M. Water Structure and Science. <http://www.lsbu.ac.uk/water/index2.html>.
2. <http://www.biophys.ru/archive/spb2013.htm>.
3. Грилихес М.С., Филановский Б.К. Контактная кондуктометрия. - Л.: Химия, 1980.
4. Овчинников Ю. А., Суворов В. И., Левцов В. И. // Измерительная техника. – 2003. - №1. - С. 23.
5. Захаров С. Д., Мосягина И. В. //Кластерная структура воды. - Препринт ФИАН. – 2011. - №11.
6. Батуров Л. Н., Говор И. Н. //Биофизика. – 2015. - Т. 60. - №. 1 - С. 197.

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ ПРИ РАЗРУШЕНИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ ПРИ НЕСПЛАВЛЕНИИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Шинкин В.Н.,

Д.ф.-м.н., профессор,

Национальный исследовательский технологический университет

МИСиС», г. Москва

shinkin-korolev@yandex.ru

Аннотация. Предложен математический критерий определения критического внутритрубного давления, при котором происходит упругопластическое разрушение стенки трубы при несплавлении сварного шва. Результаты исследования могут быть использованы при диагностике причин разрушения стальных труб большого диаметра магистральных газонефтепроводов.

Ключевые слова: стальные сварные трубы большого диаметра, критическое давление разрыва трубы, модель нелинейной упругопластической сплошной среды.

THE CRITICAL PRESSURE ESTIMATION OF THE STEEL MAJOR-DIAMETER TUBES' DESTRUCTION OF THE GAS-OIL MAIN PIPELINES UNDER THE WELD FAULTY FUSION

Shinkin V.N.

Doctor of Science, professor of the National Research Technological

University «MISIS», Moscow

Abstract. For the elasto-plastic destruction of the tube wall under the weld faulty fusion, the mathematical criteria for the definition of the critical in-tube pressure is obtained. The results of the investigation are important for the diagnostics of the failure's causes of the steel major-diameter tubes for the main gas-and-oil pipelines.

Keywords: steel welded major-diameter tubes, critical pressure of pipe fracture, the nonlinear elasto-plastic model of continuum.

Основные причины аварий магистральных трубопроводов. Среднее число инцидентов и аварий, приходящихся на 1000 км, составило в России за 1999–2009 гг. 0,06 отказов в год. На западноевропейских магистральных трубопроводах среднее число отказов за 1991–2006 гг. составило 0,32 отказа в год, на североамериканских – до 0,48. В США в 1,5 раза больше отказов из-за внешних воздействий. В Европе три наиболее важные причины возникновения аварий – внешние воздействия на трубопроводы (36%), коррозия (29%) и механические повреждения (24%).

Производство труб большого диаметра. В практике трубного производства для магистральных трубопроводов утвердился процесс формовки трубной заготовки из толстого стального листа по схеме JCOE, разработанный фирмой SMS Meer [1–3, 7–21].

Перед формовкой стальной лист правят на многороликовых листопрямильных машинах [3–6]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer изучался в работах [1, 2, 7–16], вредное влияние остаточных напряжений в стенке стального листа после трубоформовочного пресса SMS Meer на процесс экспандирования трубы – в [1, 2, 18], дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе SMS Meer – в [1, 2, 19], дефект стального листа раскатной пригар с риской – в [1, 2, 22], процессы прокатки стального листа для производства труб – в [23–27], энергосиловые параметры при формовке листа – в [1–3, 12, 28–33].

Прочностной анализ разрушения труб при несплавлении сварного шва. Пусть D , h и Δ – внешний диаметр трубы, толщина стенки трубы ($h \ll$

D) и глубина несплавления сварного соединения на внутренней поверхности трубы ($\Delta < h$). Пусть ϕ и s – угол и длина нижней фаски трубы (рис. 1).

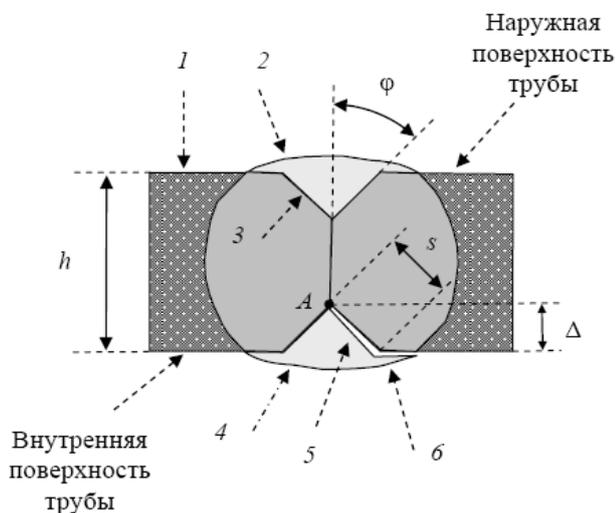


Рис. 1. Схема дефекта несплавления сварного шва трубы: 1 – стенка трубы, 2 – внешний сварной шов, 3 – фаска кромки трубы до сварки, 4 – внутренний сварной шов, 5 – дефект несплавления металла сварного шва с основным металлом трубы, 6 – дефект напыля сварного шва на внутреннюю поверхность трубы.

Под действием внутреннего давления p при гидротестировании металл трубы в зоне несплавления заводского сварного шва испытывает сложное сопротивление: окружное растяжение, радиальное сжатие, изгиб относительно продольной линии сварного шва, а также концентрацию напряжений. По теории упругопластического течения и критерию прочности Треска–Сен-Венана внутренняя стенка труб начинает разрушаться в точке A (корне внутреннего сварного шва), когда максимальные касательные напря-

жения в точке A достигают половины предела прочности σ_v . Разрушение сварного шва происходит при достижении в трубе критического давления:

$$p_{sh}^{критич} = \frac{\sigma_v}{\mu \left(\frac{D + 2\Delta}{2(h - \Delta)} + \frac{3D\Delta}{2(h - \Delta)^2} + \frac{3h\Delta}{(h - \Delta)^2} + 1 \right)},$$

где $\mu = \text{const} \geq 1$ – безразмерный коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в зоне несплавления сварного шва.

Пример разрушения трубы. На рис. 2 показано разрушение прямошовной двухшовной трубы класса прочности К60, диаметра 1220 мм и с толщиной стенки 19 мм после гидравлических испытаний на трассе магистрального нефтепровода при достижении величины испытательного давления 109,8 кгс/см². У разорванной трубы был обнаружен заводской дефект несплавления продольного сварного шва глубиной 4–5 мм (рис. 3).

Прочностной анализ критических давлений разрушенной трубы. Для разорванной трубы $D = 1220$ мм, $h = 19$ мм, $\Delta = 4$ –5 мм, σ_v (трубы) ≤ 527 Н/мм², σ_v (шва) ≤ 673 Н/мм². Применяя критерий разрыва трубы при несплавлении сварного шва, получаем, что при глубине несплавления продольного сварного шва $\Delta = 3,2$ мм и $\mu = 1$ для основного металла трубы $p_{sh}^{критич} = 82,993$ кгс/см², а для металла сварного продольного шва $p_{sh}^{критич} = 105,985$ кгс/см². Результаты вычислений показывают, что разрушение трубы при гидротестировании на трассе началось несколько раньше, чем испытательное давление в нефтепроводе достигло значения 109,8 кгс/см².

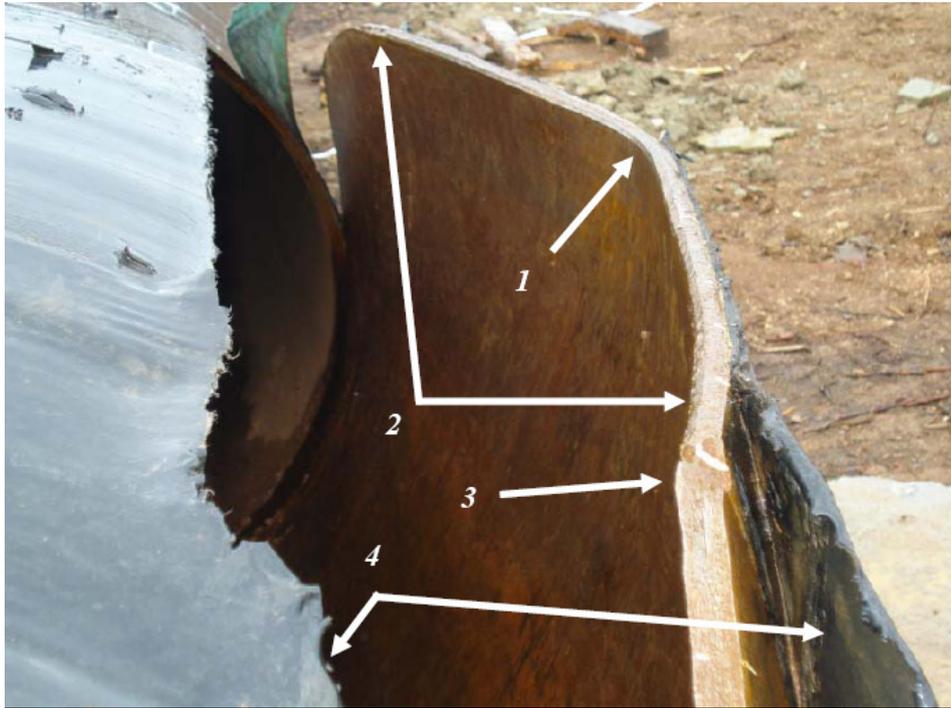


Рис. 2. Вид сбоку разрыва трубы при гидроиспытаниях: 1 – место начала разрыва трубы, 2 – продольный сварной шов, 3 – кольцевой (монтажный) сварной шов, 4 – наружная изоляция трубы

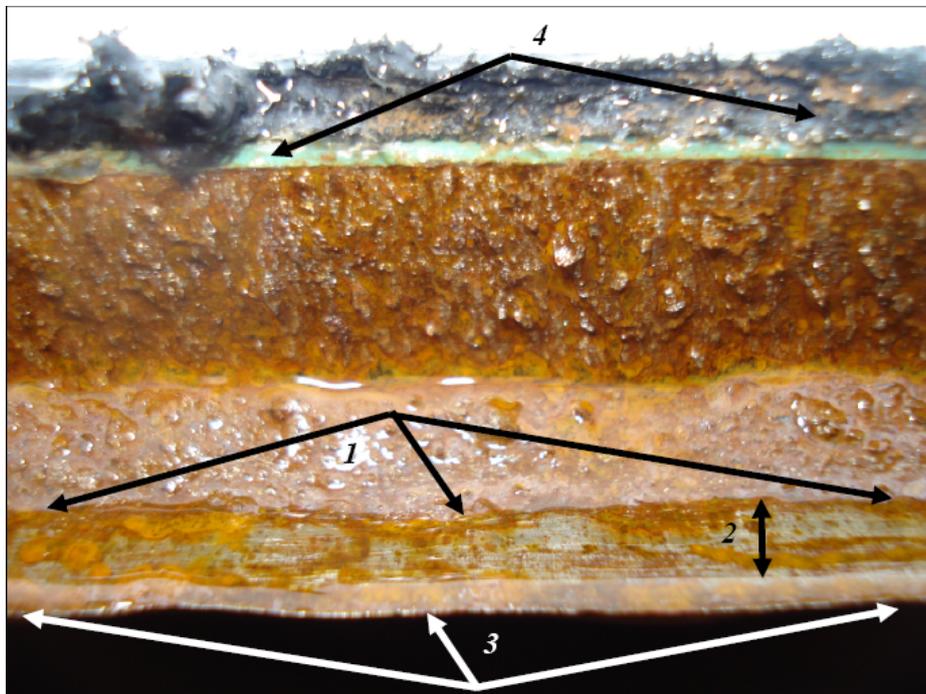


Рис. 3. Дефекты сварного соединения в области разрыва трубы: 1 – дефект несплавления основного металла трубы и внутреннего продольного сварного шва, 2 – глубина зоны несплавления, 3 – дефект наплыва металла внутреннего сварного шва на поверхность трубы, 4 – наружная изоляция трубы

Список литературы

1. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 628 с.
2. Шинкин В.Н. Сопrotивление материалов для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 655 с.
3. Шинкин В.Н. Сопrotивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатиролковой листо-равильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. №1. С. 42–20.
5. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки горячекатаной рулонной полосы на пятиролковой машине линии Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. №9. С. 43–48.
6. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятиролковой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан–5000 // Производство проката. 2014. №5. С. 7–15.
7. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. С. 171–174.
8. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. №4. С. 14–22.
9. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Упругопластическое изменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. №6. С. 53–56.
10. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
11. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формoизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. №9. С. 45–49.
12. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. №4 (62). Вып. 4. С. 69–74.
13. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. №11. С. 77–81.
14. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
15. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. №1. С. 54–58.
16. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
17. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. №12. С. 13–20.
18. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. №7. С. 25–29.

19. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meeg при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. №9. С. 21–26.
20. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. №10. С. 12–19.
21. Шинкин В.Н. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. №4. С. 38–42.
22. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте раскатной пригар с риской // Производство проката. 2012. №12. С. 19–24.
23. Бельский С.М., Третьяков В.А., Барышев В.В., Кудинов С.В. Исследование процесса формирования ширины сляба в черновой группе широкополосного стана // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1998. №1. С. 24–29.
24. Скороходов В.Н., Чернов П.П., Мухин Ю.А., Бельский С.М. Математическая модель процесса свободного уширения при прокатке полос // Сталь. 2001. №3. С. 38–40.
25. Скороходов В.Н., Мухин Ю.А., Бельский С.М., Мазур С.И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 1 // Производство проката. 2007. №12. С. 17–19.
26. Скороходов В.Н., Мухин Ю.А., Бельский С.М., Мазур С.И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 2 // Производство проката. 2008. №1. С. 21–24.
27. Бельский С.М. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков // Производство проката. 2008. №7. С. 21–24.
28. Бровман Т.В. Определение усилий при вдавливании цилиндрического пуансона в заготовку // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1997. №1. С. 44–47.
29. Бровман Т.В. Определение усилий при листовой штамповке // Вестник машиностроения. 2004. №3. С. 60–61.
30. Бровман Т.В. Энергосиловые параметры при деформации листовых заготовок // Производство проката. 2012. №6. С. 27–32.
31. Бровман Т.В., Васильев М.Г. Модель численных расчетов искусственной анизотропии при деформации тонколистового материала // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2014. №2. С. 25–32.
32. Бровман Т.В., Кутузов А.А. О выборе режимов изгиба при вальцовке заготовок // Производство проката. 2014. №12. С. 29–32.
33. Бровман Т.В., Кутузов А.А. Определение усилий подгибки в штампах кромок стальных кольцевых заготовок // Производство проката. 2015. №2. С. 18–23.

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПРЕСТУПНОСТИ В РОССИИ

Жаров А.А.,

Березниковский филиал ФГБОУ ВПО

Пермский национальный исследовательский политехнический университета,

seabreeze876@gmail.com

Лыскова В.Э.,

Березниковский филиал ФГБОУ ВПО

Пермский национальный исследовательский политехнический университета,

Nancy_94@mail.ru

Аннотация. Показана актуальность исследования уровня преступности в зависимости от различных социально-экономических факторов. Выбраны факторы, влияющие на преступность. Построена линейная многофакторная модель зависимости уровня преступности от количества выпускников профессиональных среднеобразовательных учреждений, уровня безработицы и миграционного прироста. Выявлены тенденции развития факторов, произведен их прогноз. На основании прогноза факторов получен прогноз уровня преступности. Составлены рекомендации для снижения преступности в стране.

Ключевые слова: преступность, безработица, миграция, модель, факторы.

DECISION-MAKING SUPPORT TO REDUCE CRIME IN RUSSIA

Zharov A.A., Lyskova V.E.,

Berezniki branch VPO Perm National Research Polytechnic University

Abstract. It was dealt with actuality of research in crime according to the different socio-economic factors. Factors affecting the crime were selected. A linear multi factor model of crime based on the number graduates of vocational secondary educational institutions, unemployment and migration was constructed. Trends extension of factors were found, their forecast was made. The forecast of crime rate based on a forecast factors was received. Recommendations to reduce crime in the country were drawn up.

Keywords: criminality, unemployment, migration, model, factor.

За последние 20 лет Россия занимает лидирующие позиции среди Европейских стран по количеству преступлений. По данным УНП ООН за 2012 год количество умышленных убийств на 100 тыс. человек в России составляет 9.2, что почти в 3 раза превосходит средний европейский показатель – 3.5[1].

Фактически, такой высокий уровень преступности мешает нормальному развитию и функционированию практически всех социальных институтов, сводит на нет мероприятия, направленные на реформирование государства и улучшение социально-экономической ситуации, в конце концов, превращает в потенциальную жертву все население страны.

По словам Министра внутренних дел РФ, снижение уровня, а также профилактика преступности является приоритетным направлением деятельности МВД [3]. Поэтому исследование и прогнозирование

уровня преступности, выявление возможностей для его снижения становится актуальной задачей.

В криминологическом прогнозировании традиционно для контроля уровня преступности применяется метод экспертной оценки факторов, влияющих на преступность [4]. Он заключается в обобщении мнений специалистов, базирующихся на их профессиональном мастерстве, интуиции, научном и практическом опыте в области борьбы с преступностью. Прогнозирование с помощью экспертной оценки позволяет принимать решения, ведущие к наибольшему снижению уровня преступности. Недостатком данного метода является то, что он основан на анализе интуитивных суждений.

В настоящей работе для прогнозирования уровня преступности будет использована экстраполяция математической модели, полученной путем анализа уровней преступности в прошлом. Данный вид про-

гнозирования отличается тем, что позволяет получить количественный прогноз, в чем и состоит его преимущество перед экспертными оценками.

Динамика уровня преступности является примером социально-экономических систем, для моделирования которых традиционно применяются такие математические модели, как линейные многофакторные модели (ЛММ, линейная зависимость между факторами и критерием), тренды (ТМ), авторегрессионные (АВРМ, критерий зависит от своих предыдущих состояний), модели в пространстве состояний (МПС) [5].

Из перечисленных - факторные ЛММ и МПС, поэтому они являются наиболее подходящими для нашей задачи моделирования [6].

Прогнозирование по модели предполагает выбор факторов, напрямую или косвенно влияющих на критерий, выбор вида модели, построение модели, проверку на возможность прогнозирования, определение горизонта прогнозирования и экстраполяцию построенной модели.

Правоохранительные органы, осуществляющие контроль за преступностью, основными факторами выделяют экономическую нестабильность и низкий материальный уровень некоторых категорий населения [2], однако количественно определить данные факторы не представляется возможным.

Из числа доступных временных рядов выберем управляемые (миграционный прирост населения) и неуправляемые (количество выпускников средних профессиональных образовательных учреждений, количество безработных) факторы. Выбор факторов соответствует здравому смыслу, так как большая часть преступлений совершаются людьми без адекватного образования и трудоустройства [7], а также выходцами из ближнего зарубежья.

Перейдем к выбору вида и построению модели уровня преступности. В качестве критерия выбрано количество преступлений в тысячах. Официальная статистика о преступлениях по годам доступна на сайте Федеральной службы государственной статистики [8].

Таблица 1

Критерий и факторы

	Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
$y_{исх}(t)$	Количество преступлений (тыс. преступлений)	2952	2968	2526	2756	2894	3555	3855
$x_1(t)$	Выпускники ср профуч (тыс. чел.)	579	601	579	701	703	784	790
$x_2(t)$	Безработные (тыс. чел.)	7700	6424	5698	5934	5666	5242	5250
$x_3(t)$	Миграционный прирост (чел.)	241755	81781	87149	43884	41275	107432	132319

	Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012
$y_{исх}(t)$	Количество преступлений (тыс. преступлений)	3583	3210	2995	2629	2405	2302
$x_1(t)$	Выпускники ср профуч (тыс. чел.)	699	671	631	572	518	486
$x_2(t)$	Безработные (тыс. чел.)	4519	4697	6284	5544	4922	4131
$x_3(t)$	Миграционный прирост (чел.)	239943	242106	247449	158078	319761	294930

Для исключения влияния размерности данных нормируем их по формуле

$$\tilde{x}_i(t) = \frac{x_i - \min_t(x_i(t))}{\max_t(x_i(t)) - \min_t(x_i(t))},$$

где x_i – элемент временного ряда;

$\min_t(x_i(t))$ – минимальное значение элемента временного ряда,

$\max_t(x_i(t))$ – максимальное значение элемента временного ряда.

Проведем анализ парной корреляции факторов. Данный анализ нужен для установления факта зависимости факторов друг от друга. Формула корреляции: [10]

$$r_{xy} = \frac{\sum ((x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}},$$

где \bar{x} – среднее значение фактора, \bar{y} – среднее значение критерия.

Факторы с высокой абсолютной величиной коэффициента парной корреляции подлежат исключению из модели.

Коэффициенты корреляции для выбранных факторов составляют - 0,03 для x_1 и x_2 ; - 0,52 для x_1 и x_3 ; - 0,29 для x_2 и x_3 , что вполне допустимо.

Построим линейную многофакторную модель уровня преступности, рассчитав коэффициенты модель методом наименьших квадратов (минимизируем квадрат разности статистических данных и расчетных):

$$\tilde{y}_{расч}(t) = a_0 + \sum a_i \tilde{x}_i(t)$$

$$S = \sum (\tilde{y}_{исх}(t) - \tilde{y}_{расч}(t))^2 \rightarrow \min,$$

где a_0 – независимый коэффициент, a_i – коэффициенты влияния i -х факторов $\tilde{x}_i(t)$ в момент времени (номер года) t на значение критерия.

Минимизацию произведем мастером «Поиск решения» *MSExcел*. В результате получены следующие коэффициенты ЛММ модели: $a_0 = -0,344$; $a_1 = 1,07$; $a_2 = -0,148$; $a_3 = 0,376$. Квадратичная погрешность аппроксимации авторегрессионной модели $S = 0,15$.

Из рисунка видно, что модель неплохо аппроксимирует данные и ее можно использовать для проведения прогноза.

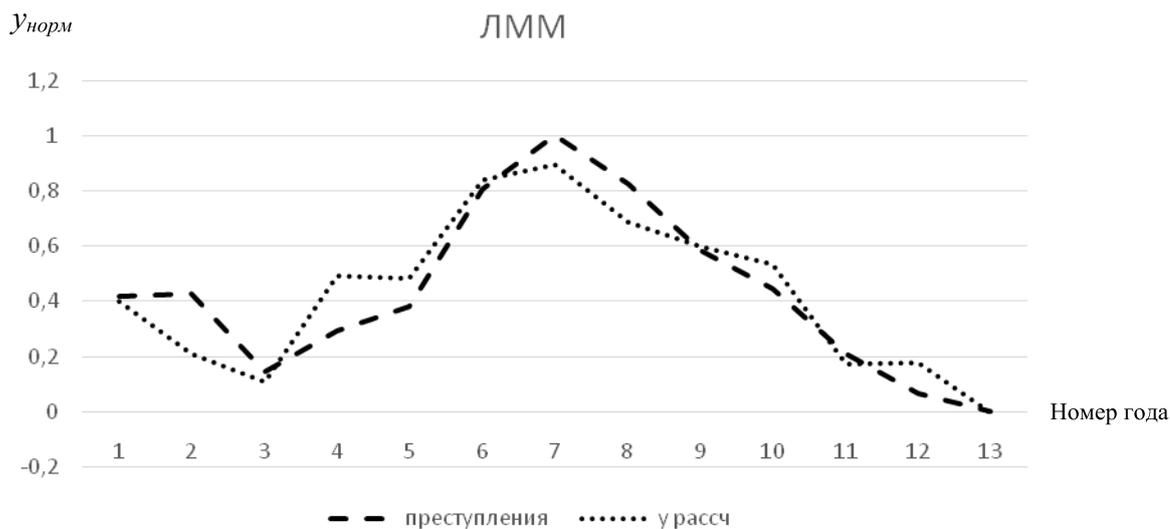


Рис. 1 Аппроксимация статистических данных линейной многофакторной модели

Проверим возможность использования других распространенных моделей.

Построим авторегрессионную модель вида

$$\tilde{y}_{расч}(t_i) = a_0 + \sum a_j \tilde{y}_{расч}(t_{i-j}),$$

где a_0 – независимый коэффициент, a_j – коэффициенты влияния критериев y в моменты времени t_{i-j} на критерий в момент времени t_i .

Найдем коэффициенты модели 3го порядка с помощью мастера «Поиск решений» *MSExcel*. Они составили $a_0 = 0,47$; $a_1 = -0,168$; $a_2 = -0,173$; $a_3 = 0,295$. Квадратичная погрешность аппроксимации составила 1,08, что намного хуже, чем у ЛММ. Это не позволяет использовать ее для прогнозирования.

Аналогичным образом построим модель в пространстве состояний (МПС) вида

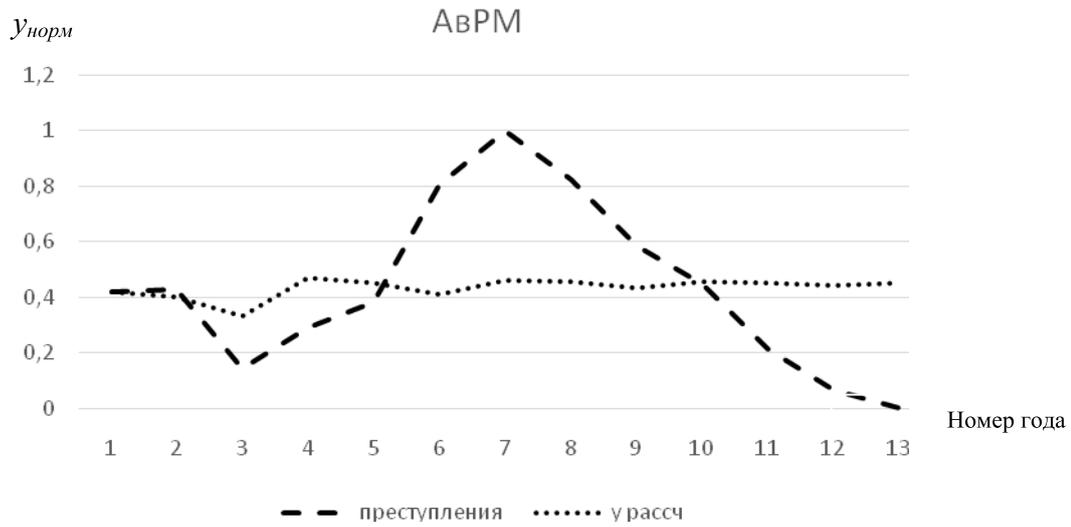


Рис. 2. Аппроксимация статистических данных авторегрессионной моделью

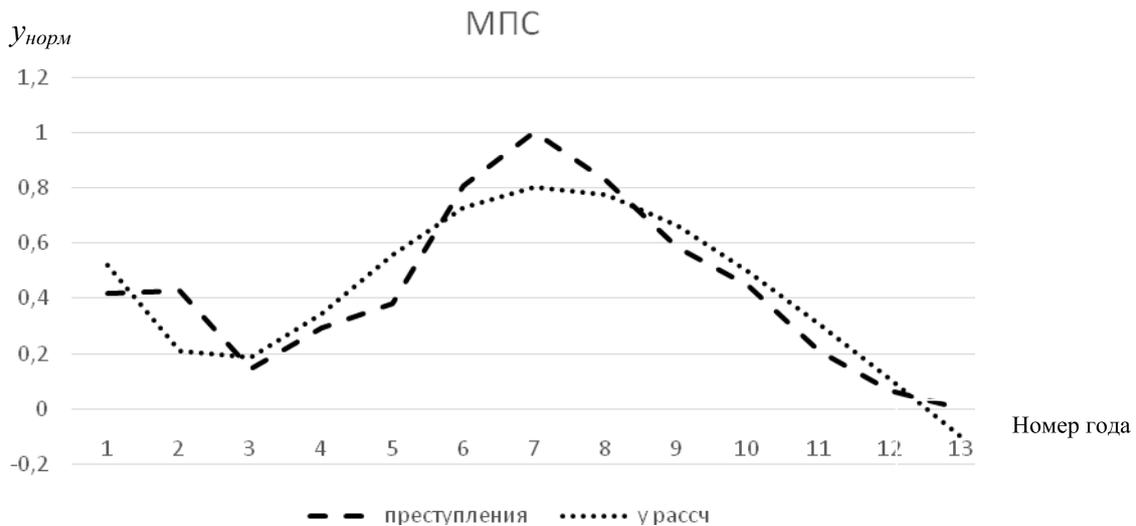


Рис. 3. Аппроксимация статистических данных моделью в пространстве состояний

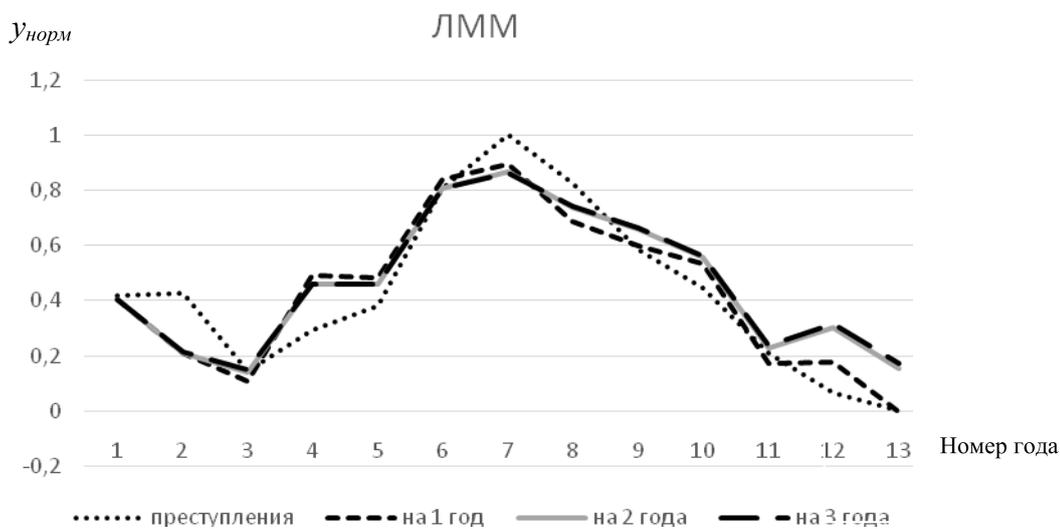


Рис. 4. Постпрогноз линейной многофакторной модели

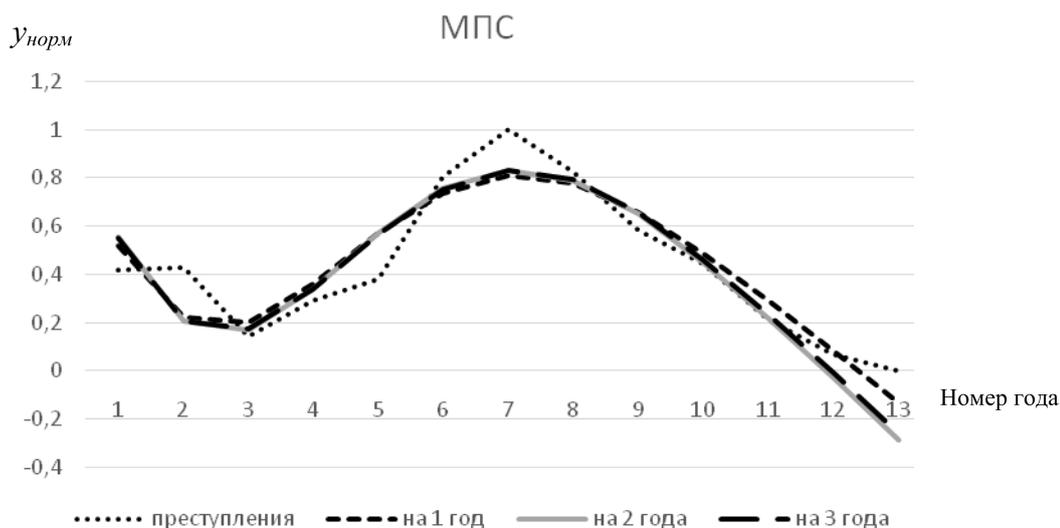


Рис. 5. Постпрогноз модели в пространстве состояний

$$\begin{cases} \vec{x}(t_i) = A + B \cdot \vec{x}(t_{i-1}) \\ \vec{y}(t_i) = C + D \cdot \vec{x}(t_i) \end{cases} \quad \begin{pmatrix} 0,205 \\ -0,18 \\ 0,262 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0,833 & 0,171 & -0,491 \\ 0,262 & 0,817 & 0,087 \\ 0,147 & -0,682 & 0,92 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1,13 \\ 0,328 \\ 0,468 \end{pmatrix}, -0,491.$$

Как и при построении предыдущих моделей найдем с помощью «Поиска решений» коэффициенты модели. Матрицы A , B , D и коэффициент C равны соответственно

Как видно из рисунка, модель сравнительно неплохо аппроксимирует статистические данные. Квадратичная погрешность аппроксимации $S = 0,17$, что не сильно отличается от погрешности ЛММ.

Целью данной работы является поддержка принятия решений по уменьшению преступности в будущем, поэтому нас интересуют прогнозные свойства полученных моделей. Для проверки возможностей прогнозирования применим широко используемый метод постпрогноза, заключающийся в расчете реакции системы по модели при известных рядах факторов на протяжении нескольких последних лет. Увеличение интервала постпрогноза позволяет определить также горизонт прогнозирования [9].

Для моделей с низкой квадратичной погрешностью аппроксимации (ЛММ и МПС) произведем расчет постпрогноза на 1, 2 и 3 года.

Получена следующая погрешность постпрогноза разных моделей в зависимости от интервала.

Таблица 2

Погрешность постпрогноза

Модель	Постпрогноз на 1 год	На 2	На 3
ЛММ	9%	15%	17%
МПС	13%	27%	25%

Как видно из таблицы ЛММ модель имеет наименьшую погрешность постпрогноза, что позволяет выбрать именно ее для дальнейшей работы.

Исследуем зависимость поведения системы от изменения неуправляемых факторов: количество выпускников средних профессиональных образовательных учреждений и количество безработных. Горизонт прогнозирования выберем равным 3 года. Тенденции развития этих факторов определим, сравнивая в пределах горизонта прогнозирования ряд значений фактора и его приближения линейной $x(t) = a + b \cdot t$ и квадратичной $x(t) = a + bt + ct^2$ моделями, а также АвРМ 1, 2 и 3 порядков. Для полученных моделей определим квадратичную погрешность аппроксимации, чтобы выбрать наиболее подходящие для прогноза модели.

Таблица 3

Квадратичные погрешности аппроксимации

	x_1	x_2	x_3
Линейная модель	1,050	0,405	0,830
Квадратичная модель	4,480	2,850	4,310
АвРМ 1 порядок	1,100	0,267	1,340
АвРМ 2 порядок	1,000	0,260	1,290
АвРМ 3 порядок	0,168	0,246	0,571

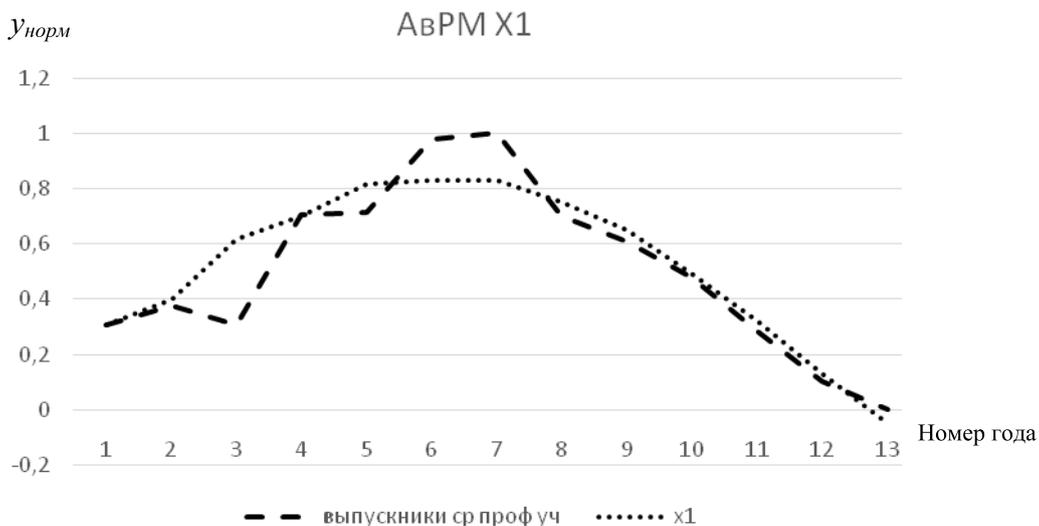


Рис. 6. Аппроксимация фактора x_1 авторегрессионной моделью 3-го порядка

Из таблицы видно, что наилучшая аппроксимация факторов у АвРМ 3го порядка. Получившиеся коэффициенты для этой модели: $a_0 = 0,023$, $a_1 = 1,22$, $a_2 = 0,346$, $a_3 = -0,704$ для x_1 , $a_0 = 0,029$, $a_1 = 0,604$, $a_2 = 0,027$, $a_3 = 0,152$ для x_2 . Для фактора x_3 все аппроксимации имеют высокую погрешность, поэтому будем

использовать последнее значение фактора (за 2012 год).

Используя найденные тенденции развития неуправляемых факторов, спрогнозируем уровень преступности при условии небольшого изменения тенденций ($\pm 5\%$).

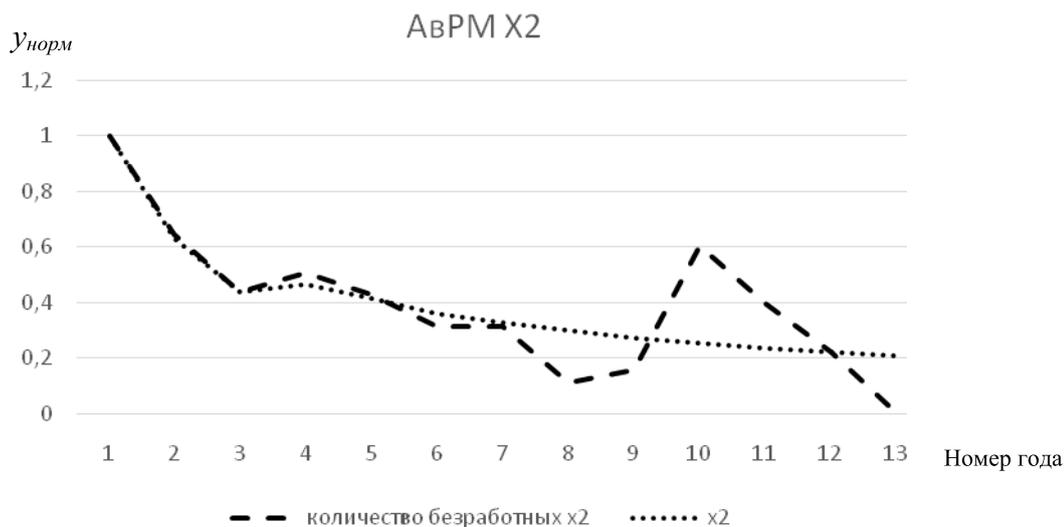


Рис. 7. Аппроксимация фактора x_2 авторегрессионной моделью 3-го порядка

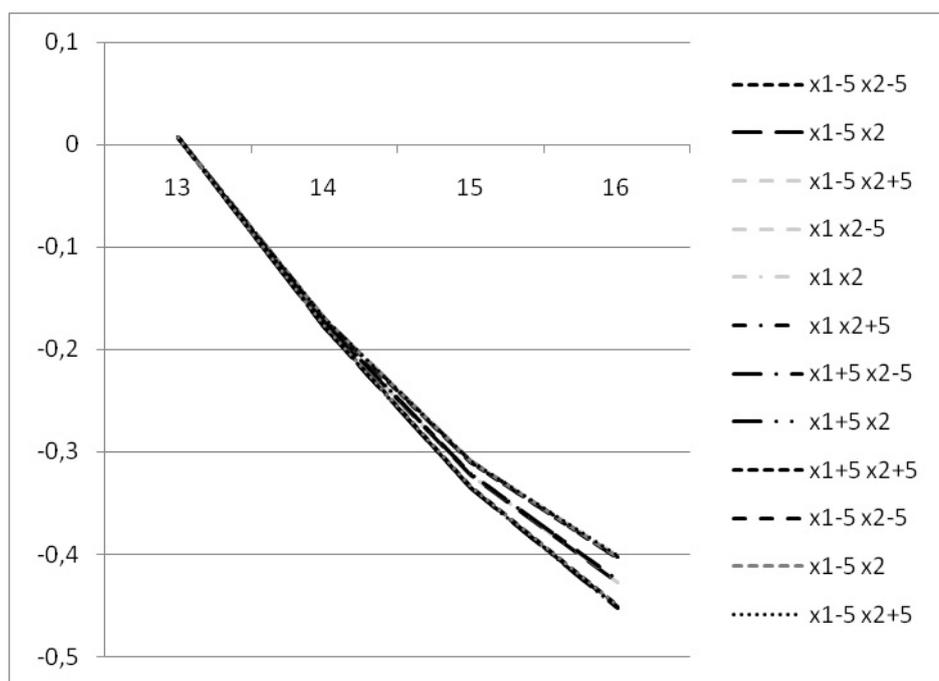


Рис. 8. Прогноз критериев при малых изменениях факторов

Таблица 4

Прогноз критерия при малых изменениях неупр. факторов

	$x_i - 5\%$	x_i	$x_i + 5\%$
$x_2 - 5\%$	-0,404	-0,428	-0,452
x_2	-0,403	-0,427	-0,451
$x_2 + 5\%$	-0,401	-0,425	-0,450

При любом развитии неуправляемых факторов уровень преступности снижается. Наименьшее снижение наблюдается в сочетании факторов $X_1 - 5\%$, $X_2 + 5\%$, при котором снижение меньше на 6,1%.

Исследуем возможность компенсации негативного влияния неуправляемых факторов путем изменения управляемого фактора X_3 (миграционный прирост). Изменяя фактор X_3 на $\pm 5\%$, получим прогноз развития системы на 3 года вследствие решения ЛПП.

Таблица 5

Прогноз критерия при решениях ЛПП

	$X_3 - 5\%$	X_3	$X_3 + 5\%$
Реакция	-0,382	-0,401	-0,42

Наилучшим результатом изменения управляемого фактора является $X_3 + 5\%$, что приводит к значению критерия -0,42. Он на 4,7% лучше, чем в наихудшем варианте развития системы без управления. Однако это значение меньше, чем процент снижения критерия при негативном сочетании неуправляемых факторов, следовательно, ЛПП не имеет достаточных ресурсов управления для компенсации их влияния.

При развитии факторов в соответствии с найденными тенденциями уровень преступности будет падать. Увеличение количества безработных и уменьшение числа выпускников средних профессиональных образовательных учреждений может привести к замедлению его падения. Однако понизив уровень миграционного прироста ЛПП может увеличить скорость его спада.

Список литературы

1. Список стран по уровню умышленных убийств [электронный ресурс] – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_уровню_умышленных_убийств
2. Причины преступности в современной России [электронный ресурс] – режим доступа: <http://psyera.ru/6125/prichiny-prestupnosti-v-sovremennoy-rossii>
3. По поручению Главы государства Руководитель Администрации Президента приняла участие в заседании коллегии МВД ПМР [электронный ресурс] – режим доступа: <http://president.gospmr.ru/ru/news/po-porucheniyu-glavy-gosudarstva-rukovoditel-administracii-prezidenta-prinyala-uchastie-v>
4. Криминологическое прогнозирование [электронный ресурс] – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Криминологическое_прогнозирование
5. Моделирование систем [электронный ресурс] - режим доступа: http://www.e-biblio.ru/book/bib/01_informatika/Modelirovanie_system/158.1.5.html
6. И М Напсо Моделирование социально-экономических систем.
7. Проблема преступности [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.globaltrouble.ru/drugie_globalnye_problemy/problema_prestupnosti.html
8. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/infraction/#
9. Сиротина Н.А., Янченко Т.В., Затонский А.В. Об аппроксимации факторов дифференциальной модели социально-экономической системы.
10. Формула коэффициента корреляции Пирсона [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://statpsy.ru/pearson/formula-pirsona/>

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ НА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ МНОГОСЛОЙНОЙ ГРЕБЕНЧАТОЙ СТРУКТУРЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ МИКРОВОЛНОВЫХ АНТЕНН ДИФРАКЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Останков А.В.,

д.т.н., профессор,
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»,
avostankov@mail.ru

Аннотация. Разработка эффективных вариантов микроволновых антенн дифракционного излучения и оптимизация излучающих свойств уже имеющихся актуальны и во многом базируются на математическом моделировании, предвещающем практическую реализацию распределительно-излучающей системы. В статье получен математический аппарат в рамках теории дифракции электромагнитных волн на бесконечных периодических структурах. Разработанная модель описывает процесс дифракции линейно-поляризованной волны на двумерной структуре типа «диэлектрик – воздушный зазор – щелевая проводящая решетка – диэлектрик – отражательная проводящая решетка (гребенка)». Вычислительный алгоритм сведен к решению системы линейных алгебраических уравнений относительно комплексных амплитуд пространственных (u , в том числе, поверхностных) гармоник рассеянного поля. Созданная модель может быть легко адаптирована для анализа частных случаев конфигурации структуры. Одним из вариантов геометрии является исключение зазора между щелевой решеткой и гребенкой, при котором структура вырождается в гребенку с канавками, частично экранированными в плоскости раскрытия. Подобная геометрия структуры интересна в плане проявления свойств метаматериала. Другой вариант конфигурации соответствует ленточной решетке на экранированной диэлектрической подложке, возбуждаемой сверху собственной волной планарного диэлектрического волновода. Геометрия реализуется путем замены экранирующей гребенки гладким металлическим экраном и актуальна в качестве излучающего раскрытия антенны дифракционного излучения.

Ключевые слова: дифракция, периодическая структура, антенна, математическая модель.

THE SOLUTION OF THE ELECTROMAGNETIC WAVE DIFFRACTION PROBLEM ON A PERIODIC MULTILAYER COMB STRUCTURE AND ITS APPLICATION FOR THE ANALYSIS OF FUTURE VERSIONS OF DIFFRACTION RADIATION MICROWAVE ANTENNAS

Ostankov A. V.,

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Radio Engineering of Voronezh State Technical University

Abstract. Elaboration of the effective versions of microwave antennas diffraction radiation and radiation properties' optimization of existing ones are relevant. They are largely based on mathematical modeling, anticipating the practical realization of the distribution-radiating system. In this article we obtain the mathematical apparatus within the electromagnetic wave diffraction theory on infinite periodic structures. The elaborated model describes the process of diffraction of a plane-polarized wave on a two-dimensional structure type of "dielectric – air gap – slit conductive grating – dielectric – reflective conductive grating (comb)." Computational algorithm is reduced to solution of a linear algebraic equation system for the complex amplitudes of the spatial (including surface) harmonics of the scattered field. The created model can be easily adapted to the analysis of particular structure configuration cases. One of the geometric versions is gap exclusion between the slit grating and comb, wherein a structure is degenerate into the comb with grooves, partially shielded in the aperture plane. This kind of geometry structure is interesting for its metamaterial properties. Another configuration option corresponds to the ribbon grating shielded dielectric substrate excited by proper wave of planar dielectric waveguide from the top. The geometry is realized by replacing the shielding comb with a smooth metal shield. It's relevant as the radiating aperture of diffraction radiation antenna.

Key words: diffraction, periodic structure, antenna, mathematical model.

Введение. В работах [1;2] описана плоская антенна дифракционного излучения (ПАДИ), распределительно-излучающая система которой реализована на основе дифракционной ре-

шетки (ДР) из проводящих лент, выполненной на экранированной диэлектрической подложке и возбуждаемой собственной волной размещенного над ДР планарного диэлектрического волновода (ПДВ).

Такая антенна и подобные ей по принципу действия характеризуются в сантиметровом и миллиметровом диапазонах сравнительно малыми потерями (КПД — вплоть до 95%), высокими направленными свойствами, преимущественно плоским вариантом исполнения. Благодаря этому ПАДИ нашли и находят применение в инфокоммуникационных, спутниковых, радиолокационных, охранных системах (см., например, [1]).

Математическое моделирование и оптимизация ПАДИ являются весьма актуальными. И связано это во многом с тем, что применение для анализа ПАДИ сеточных методов, положенных в основу функционирования большинства современных электромагнитных симуляторов, как правило, ограничено значительной электрической длиной линейных вариантов подобных антенн. В связи с этим существенно возрастает роль электродинамических методов различной степени строгости, адаптированных к конкретной геометрии излучающего раскрытия ПАДИ, включая методы теории неограниченных в пространстве периодических структур [3;4].

Цель работы — получить математический аппарат, основанный на теории бесконечных периодических структур, применительно к наиболее общей конфигурации излучающего раскрытия описанной в [1] ПАДИ.

Математическая формализация решения задачи пространственного преобразования волн обобщенной многослойной структурой. Рассмотрим периодическую гребенчатую структуру, содержащую планарный диэлектрический волновод (ПДВ), размещенный над проводящей щелевой решеткой (ЩР), интегрированной в диэлектрическую подложку. Подложка экранирована проводящей гребенкой (отражательной решеткой), в общем случае, с несколькими неравными волноводными полостями (канавками) на периоде (рис. 1).

Предполагается, что электродинамическая структура бесконечно протяжена в плоскости раскрытия xOy , периодична в направлении Ox и регулярна вдоль Oy . Ее период определяется шагом L щелевой решетки, так как характерный продольный размер гребенки может составлять K -ю долю шага L (при условии, что K канавок в пределах L полностью идентичны). ПДВ, выполненный из немагнитного материала, размещен над ЩР на расстоянии r , ЩР относительно гребенки — на расстоянии Φ . Взаимное расположение канавок гребенки и щелей полупрозрачной решетки определяется параметрами a и b_k , $k = 1 \dots K$. Обе решетки обладают бесконечной проводимостью.

Следует заметить, что анализируемая электродинамическая система является инверсной по

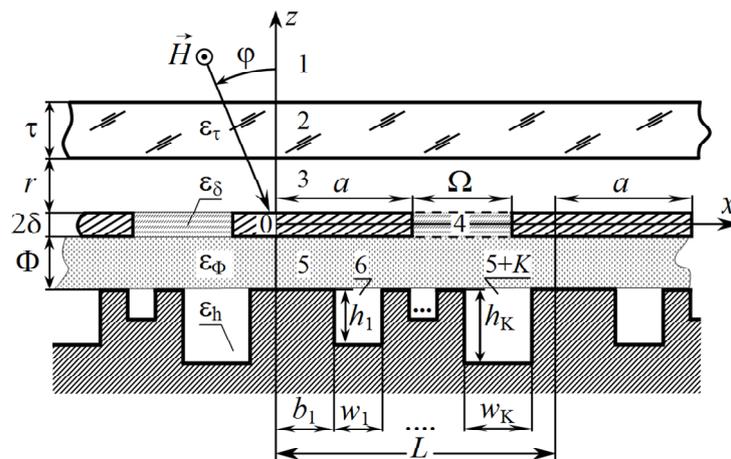


Рис. 1. Модельная геометрия структуры "ПДВ - зазор - ЩР - диэлектрик - гребенка"

отношению к рассмотренной в [5;6] гребенчатой структуре. Инверсность структур заключается в противоположном порядке следования ПДВ и ЩР в направлении нормали от плоскости раскрыва гребенки. Однако схожесть геометрии структур все же не позволяет использовать полученное в [5] решение задачи дифракции для анализа рассматриваемой структуры. Причина этого заключается в качественном различии методики преобразования функциональных уравнений, возникающих в ходе формализации дифракционной задачи, к алгебраическим уравнениям, определяющим ядро вычислительного алгоритма.

Рассматриваемая структура предназначена для использования в качестве распределительно-излучающей системы ПАДИ. Поэтому представляется целесообразным исследовать ее в режиме преобразования объемной, приходящей извне плоской волны заданной поляризации в поверхностную волну, поддерживаемую структурой [7]. Поверхностная волна, как известно, формируется низшей составляющей дискретного пространственного спектра поля дифракции, обладающей мнимым углом отражения, распространяющейся вдоль поверхности периодической структуры, поле которой сосредоточено непосредственно над и внутри ПДВ и убывает по мере удаления от раскрыва в поперечном направлении.

Пусть на гребенчатую структуру из верхнего полупространства ($z > \delta + r + \tau$, δ — полутолщина брусев ЩР, τ — толщина ПДВ) падает под углом φ однородная электромагнитная волна единичной амплитуды и длины λ_0 с плоским фазовым фронтом и единственной отличной от нуля H -компонентой поля:

$$H_y^{(1-пад)} = \exp[-j\gamma_0(z - \tau - r - \delta)] \cdot \exp(j\beta_0 x), \quad (1)$$

где $\gamma_0 = k_0 \cos \varphi$, $\beta_0 = k_0 \sin \varphi$, $k_0 = 2\pi/\lambda_0$.

Зависимость от времени имеет вид $\exp(-j\omega t)$.

H -компоненты поля дифракции в частичных областях $1 \dots (5+K)$ (K — число канавок на периоде гребенки) представляются следующим образом [4]:

$$\begin{aligned} H_y^{(1-рас)} &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n \cdot \exp[j\gamma_n(z - \tau - r - \delta)] \cdot \exp(j\beta_n x), \\ H_y^{(2)} &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \{B_n \cdot \exp[-j\eta_n(z - r - \delta)] + C_n \cdot \exp[j\eta_n(z - r - \delta)]\} \cdot \exp(j\beta_n x), \\ H_y^{(3)} &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \{D_n \cdot \exp[-j\gamma_n(z - \delta)] + E_n \cdot \exp[j\gamma_n(z - \delta)]\} \cdot \exp(j\beta_n x), \\ H_y^{(4)} &= \sum_{m=0}^{\infty} \{Q_m \cdot \exp[-jq_m(z + \delta)] + P_m \cdot \exp[jq_m(z + \delta)]\} \cdot f_m^{(2)}(x), \\ H_y^{(5)} &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \{F_n \cdot \exp[-j\xi_n(z + \delta + \Phi)] + G_n \cdot \exp[j\xi_n(z + \delta + \Phi)]\} \cdot \exp(j\beta_n x), \\ H_y^{(k+5)} &= \sum_{p=0}^{\infty} D_p^{(k)} \cdot \cos[\theta_p^{(k)}(z + \delta + \Phi + h_k)] \cdot f_p^{(k)}(x), \end{aligned}$$

где $A_n, B_n, C_n, D_n, E_n, F_n, G_n, Q_m, P_m, D_p^{(k)}$ — неизвестные комплексные амплитуды пространственных гармоник или волноводных мод поля дифракции в соответствующих частичных областях периодической структуры;

$$\gamma_n = \sqrt{k_0^2 - \beta_n^2},$$

$$\beta_n = \beta_0 + 2\pi n/L,$$

$$\eta_n = \sqrt{k_0^2 \varepsilon_\tau - \beta_n^2},$$

$$q_m = \sqrt{k_0^2 \varepsilon_\delta - (m\pi/\Omega)^2};$$

$$f_m^{(2)}(x) = \begin{cases} \cos[m\pi(x-a)/\Omega], & x \in [a, a+\Omega], \\ 0, & x \in (0, a) \cup (a+\Omega, L); \end{cases}$$

$$\xi_n = \sqrt{k_0^2 \varepsilon_\Phi - \beta_n^2}, \quad \theta_p^{(k)} = \sqrt{k_0^2 \varepsilon_h - (p\pi/w_k)^2};$$

$$f_p^{(k)}(x) = \begin{cases} \cos[p\pi(x - \sum_{i=1}^k b_i)/w_k], & x \in [\sum_{i=1}^k b_i, \sum_{i=1}^k b_i + w_k]; \\ 0, & x \notin [\sum_{i=1}^k b_i, \sum_{i=1}^k b_i + w_k]. \end{cases}$$

Компоненты электрического поля определяются по H -компонентам в соответствии с уравнениями Максвелла [3]:

$$E_x^{(i)} = -\frac{1}{j\omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon^{(i)}} \frac{\partial H_y^{(i)}}{\partial z}, \quad E_z^{(i)} = \frac{1}{j\omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon^{(i)}} \frac{\partial H_y^{(i)}}{\partial x},$$

где $\varepsilon^{(i)}$ — относительная диэлектрическая проницаемость i -й области.

Удовлетворение условиям сопряжения касательных компонент магнитного $H_y^{(i)}$ и электрического $E_x^{(i)}$ полей частичных областей на границах раздела

$z = \tau + r + \delta, r + \delta, \pm \delta, -\delta - \Phi$ приводит к следующей системе функциональных уравнений:

$$A_n + \Delta_n^0 = B_n \cdot \exp(-j\eta_n \tau) + C_n \cdot \exp(j\eta_n \tau), \quad (3)$$

$$(A_n - \Delta_n^0) \cdot \gamma_n \varepsilon_\tau = [C_n \cdot \exp(j\eta_n \tau) - B_n \cdot \exp(-j\eta_n \tau)] \cdot \eta_n, \quad (4)$$

$$B_n + C_n = D_n \cdot \exp(-j\gamma_n r) + E_n \cdot \exp(j\gamma_n r), \quad (5)$$

$$(B_n - C_n) \cdot \eta_n = [D_n \cdot \exp(-j\gamma_n r) - E_n \cdot \exp(j\gamma_n r)] \cdot \gamma_n \varepsilon_\tau, \quad (6)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} (D_n + E_n) \cdot \exp(j\beta_n x) = \sum_{m=0}^{\infty} [Q_m \cdot \exp(-2jq_m \delta) + P_m \cdot \exp(2jq_m \delta)] \cdot f_m^{(2)}(x), \quad (7)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} (D_n - E_n) \cdot \gamma_n \cdot \exp(j\beta_n x) = (1/\varepsilon_\delta) \cdot \sum_{m=0}^{\infty} [Q_m \cdot \exp(-2jq_m \delta) - P_m \cdot \exp(2jq_m \delta)] \cdot q_m \cdot f_m^{(2)}(x), \quad (8)$$

$$\sum_{m=0}^{\infty} (Q_m + P_m) \cdot f_m^{(2)}(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [F_n \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) + G_n \cdot \exp(j\xi_n \Phi)] \cdot \exp(j\beta_n x), \quad (9)$$

$$\sum_{m=0}^{\infty} (Q_m - P_m) \cdot q_m \cdot f_m^{(2)}(x) = (\varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} [F_n \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) - G_n \cdot \exp(j\xi_n \Phi)] \cdot \xi_n \cdot \exp(j\beta_n x), \quad (10)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} (F_n + G_n) \cdot \exp(j\beta_n x) = \sum_{p=0}^{\infty} D_p^{(k)} \cdot \cos(\theta_p^{(k)} h_k) \cdot f_p^{(k)}(x), \quad k = \overline{1, K}, \quad (11)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} (F_n - G_n) \cdot \xi_n \cdot \exp(j\beta_n x) = -j(\varepsilon_\Phi / \varepsilon_h) \cdot \sum_{k=1}^K \sum_{p=0}^{\infty} D_p^{(k)} \cdot \theta_p^{(k)} \cdot \sin(\theta_p^{(k)} h_k) \cdot f_p^{(k)}(x). \quad (12)$$

Из уравнений (3) - (6), не являющихся сумматорными уравнениями, нетрудно исключить неизвестные B_n и C_n и получить соотношения для суммы и разности неизвестных D_n и E_n :

$$\begin{cases} D_n + E_n = A_n \cdot r_n + \Delta_n^0 \cdot r_n^*, \\ D_n - E_n = -A_n \cdot \rho_n + \Delta_n^0 \cdot \rho_n^*, \end{cases} \quad (13)$$

где

$$\{r; \rho\}_n = \exp(-j\gamma_n r) \cdot \cos(\eta_n \tau) \times \left(1 + \frac{\operatorname{tg}(\eta_n \tau)}{2j} \left[\frac{\eta_n}{\gamma_n \varepsilon_\tau} [1\{-;+\} \exp(2j\gamma_n r)] + \frac{\gamma_n \varepsilon_\tau}{\eta_n} [1\{+;- \} \exp(2j\gamma_n r)] \right] \right);$$

знаком “*” отмечены величины, комплексно-сопряженные указанным.

Суммируя левые и соответственно правые части уравнений (7) и (9) и представляя рядом Фурье базисную функцию $\exp(j\beta_n x)$:

$$\exp(j\beta_n x) = \sum_{m=0}^{\infty} T_{nm} \cdot f_m^{(2)}(x),$$

получаем

$$Q_m^+ \cdot \cos(q_m \delta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [D_n + E_n + F_n \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) + G_n \cdot \exp(j\xi_n \Phi)] \cdot T_{nm}, \quad (14)$$

$$\text{где } Q_m^+ = 2[Q_m \cdot \exp(-jq_m \delta) + P_m \cdot \exp(jq_m \delta)].$$

Вычитая далее из (8) уравнение (10) и представляя в полученном соотношении функцию $f_m^{(2)}(x)$ в базисе $\exp(j\beta_n x)$:

$$f_m^{(2)}(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} V_{nm} \cdot \exp(j\beta_n x),$$

после замены индекса n на эквивалентный по смыслу s имеем

$$-j \sum_{m=0}^{\infty} Q_m^+ \cdot q_m \cdot \sin(q_m \delta) \cdot V_{ms} = [D_s^- E_s] \cdot \gamma_s \varepsilon_\delta - [F_s \cdot \exp(-j\xi_s \Phi) - G_s \cdot \exp(j\xi_s \Phi)] \cdot \xi_s \cdot (\varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi). \quad (15)$$

Исключая из уравнений (14), (15) переменную Q_m^+ и заменяя сумму и разность переменных D_n и E_n в соответствии с (13), получаем подсистему алгебраических уравнений с неизвестными A_n, F_n и G_n следующего вида:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} [A_n \cdot (j r_n \cdot \Sigma_{ns}^+ - \Delta_n^s \gamma_n \varepsilon_\delta \cdot \rho_n) + F_n \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) \cdot (j \Sigma_{ns}^+ - \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi) + G_n \cdot \exp(j\xi_n \Phi) \cdot (j \Sigma_{ns}^+ + \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi)] = -j r_0^* \Sigma_{0s}^+ - \Delta_s^0 \gamma_s \varepsilon_\delta \cdot \rho_s^*, \quad (16)$$

$$\text{где } s = -\infty, \infty, \quad \Sigma_{ns}^+ = \sum_{m=0}^{\infty} q_m \cdot V_{ms} \cdot T_{nm} \cdot \operatorname{tg}(q_m \delta);$$

$$T_{nm} = \Psi_{nm} / (1 + \Delta_m^0); \quad V_{ms} = \Psi_{sm}^* \cdot \Omega / (2L);$$

$$\Psi_{nm} = \exp\left\{j\left[\beta_n\left(a + \frac{\Omega}{2}\right) + \frac{m\pi}{2}\right]\right\} \times \left[\operatorname{sinc}\left(\frac{\beta_n\Omega + m\pi}{2}\right) + (-1)^m \cdot \operatorname{sinc}\left(\frac{\beta_n\Omega - m\pi}{2}\right) \right].$$

Вторую подсистему получаем, оперируя уравнениями (7) - (10) в обратной последовательности. Суммируем почленно (8) и (10) и с учетом разложения $f_m^{(2)}(x)$ по $\exp(j\beta_n x)$ получаем

$$\sum_{m=0}^{\infty} Q_m^- \cdot q_m \cdot \cos(q_m \delta) \cdot V_{ms} = [D_s^- - E_s] \gamma_s \varepsilon_\delta + [F_s^- \cdot \exp(-j\xi_s \Phi) - G_s^- \cdot \exp(j\xi_s \Phi)] \cdot \xi_s \cdot (\varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi), \quad (17)$$

где $Q_m^- = 2[Q_m^- \cdot \exp(-jq_m \delta) - P_m^- \cdot \exp(jq_m \delta)]$. Вычитаем далее из (7) уравнение (9), к разности применяем разложение $\exp(j\beta_n x)$ по $f_m^{(2)}(x)$:

$$-jQ_m^- \cdot \sin(q_m \delta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [D_n^- + E_n^- - F_n^- \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) - G_n^- \cdot \exp(j\xi_n \Phi)] \cdot T_{nm}^-, \quad (18)$$

Исключая из уравнений (17),(18) переменную Q_m^- и заменяя сумму и разность D_n^- и E_n^- в соответствии с (13), получаем подсистему алгебраических уравнений следующего вида:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} [A_n^- \cdot (jr_n^- \cdot \Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \gamma_n \varepsilon_\delta \cdot \rho_n) + F_n^- \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) \cdot (-j\Sigma_{ns}^- - \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi) + G_n^- \cdot \exp(j\xi_n \Phi) \cdot (-j\Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi)] = -jr_0^* \cdot \Sigma_{0s}^- + \Delta_s^0 \gamma_s \varepsilon_\delta \cdot \rho_s^*, \quad (19)$$

где $s = \overline{-\infty, \infty}$, $\Sigma_{ns}^- = \sum_{m=0}^{\infty} q_m \cdot V_{ms}^- \cdot T_{nm}^- \cdot \operatorname{ctg}(q_m \delta)$.

Третья подсистема формируется на основе (11),(12). Уравнение (11) преобразуется с использованием разложения функции $\exp(j\beta_n x)$ по полной ортогональной системе функций $f_p^{(k)}(x)$:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} (F_n^- + G_n^-) \cdot J_{np}^{(k)} = D_p^{(k)} \cdot \cos(\theta_p^{(k)} h_k), \quad (20)$$

где $J_{np}^{(k)}$ — коэффициенты разложения. Применение разложения в ряд модальных функций $f_p^{(k)}(x)$ по системе функций $\exp(j\beta_n x)$ позволяет получить из (12) уравнение:

$$(F_s^- - G_s^-) \cdot \xi_s = -j \frac{\varepsilon_\Phi}{\varepsilon_h} \cdot \sum_{k=1}^K \sum_{p=0}^{\infty} D_p^{(k)} \cdot \theta_p^{(k)} \cdot \sin(\theta_p^{(k)} h_k) \cdot J_{ps}^{(k)}, \quad (21)$$

где индекс s аналогичен по смыслу и значениям индексу n , $J_{ps}^{(k)}$ — коэффициенты разложения. Наконец, исключая неизвестные $D_p^{(k)}$ из (20),(21), приходим к подсистеме:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} [F_n^- \cdot (j\Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \xi_n / \varepsilon_\Phi) + G_n^- \cdot (j\Sigma_{ns}^- - \Delta_n^s \xi_n / \varepsilon_\Phi)] = 0, \quad -\infty < s < \infty, \quad (22)$$

где $\Xi_{ns} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=0}^{\infty} (\theta_p^{(k)} / \varepsilon_h) \cdot J_{ps}^{(k)} \cdot J_{np}^{(k)} \cdot \operatorname{tg}(\theta_p^{(k)} h_k)$;

$J_{ps}^{(k)} = S_{sp}^{*(k)} \cdot w_k / (2L)$; $J_{np}^{(k)} = S_{np}^{(k)} / (1 + \Delta_p^0)$; $S_{sp}^{*(k)}$ — комплексное сопряжение $S_{sp}^{(k)}$;

$$S_{np}^{(k)} = \exp\left\{j\left[\beta_n \sum_{i=1}^k \left(b_i + \frac{w_i}{1 + \Delta_i^k}\right) + \frac{p\pi}{2}\right]\right\} \times \left[\operatorname{sinc}\left(\frac{\beta_n w_k + p\pi}{2}\right) + (-1)^p \cdot \operatorname{sinc}\left(\frac{\beta_n w_k - p\pi}{2}\right) \right].$$

Результирующая система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно комплексных амплитуд пространственных гармоник полей в зазоре между щелевой решеткой и гребенкой (области 5) и пространства над структурой (области 1) получена совмещением (16), (19) и (22) и усечением путем ограничения числа гармоник:

$$\begin{cases} \sum_{n=-N_1}^{N_2} [A_n^- \cdot (jr_n^- \cdot \Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \gamma_n \varepsilon_\delta \cdot \rho_n) + F_n^- \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) \cdot (-j\Sigma_{ns}^- - \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi) + G_n^- \cdot \exp(j\xi_n \Phi) \cdot (-j\Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi)] = -jr_0^* \cdot \Sigma_{0s}^- + \Delta_s^0 \gamma_s \varepsilon_\delta \cdot \rho_s^*, \\ \sum_{n=-N_1}^{N_2} [A_n^- \cdot (jr_n^- \cdot \Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \gamma_n \varepsilon_\delta \cdot \rho_n) + F_n^- \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) \cdot (-j\Sigma_{ns}^- - \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi) + G_n^- \cdot \exp(j\xi_n \Phi) \cdot (-j\Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \xi_n \varepsilon_\delta / \varepsilon_\Phi)] = -jr_0^* \cdot \Sigma_{0s}^- + \Delta_s^0 \gamma_s \varepsilon_\delta \cdot \rho_s^*, \\ \sum_{n=-N_1}^{N_2} [F_n^- \cdot \exp(j\xi_n \Phi) \cdot (j\Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \xi_n / \varepsilon_\Phi) + G_n^- \cdot \exp(-j\xi_n \Phi) \cdot (j\Sigma_{ns}^- - \Delta_n^s \xi_n / \varepsilon_\Phi)] = 0, \end{cases} \quad (23)$$

где $s = \overline{-N_1, N_2}$, $N_{1,2} = (M-1)/2 - \operatorname{entire}(L \sin \varphi / \lambda_0)$, M — целое нечетное число;

$$F_n^- = F_n^- \cdot \exp(-j\xi_n \Phi), G_n^- = G_n^- \cdot \exp(j\xi_n \Phi).$$

Если режим дифракции является одноволновым ($L \leq \lambda_0$, $\varphi \geq 0$), тогда в части пространственного спектра рассеянного поля, соответствующего поверхностным гармоникам, доминирует одна гармоника (-1) -го порядка, которая распространяется противоположно направлению скольжения дифрагирующей волны. Отыскав на основе решения (23) амплитуду (-1) -й гармоники, мы найдем отклик структуры на падающую волну.

Анализ частных случаев конфигурации структуры, представляющих интерес для микроволновых ПАДИ. Рассмотрим частные случаи конфигурации проанализированной многослойной гребенчатой структуры. Одним из перспективных вариантов геометрии является конфигурация, в которой зазор между ЩР и гребенкой отсутствует ($\Phi = 0$, $\varepsilon_\Phi = 1$), а гребенка содержит лишь одну канавку на периоде ($K = 1$), ширина которой (w_1) превышает ширину щелей ЩР (Ω). Если к тому же полагать, что щели ЩР располагаются непосредственно над раскрытиями канавок гребенки, а $\varepsilon_\delta = \varepsilon_h$, то обобщенная гребенчатая структура (рис. 1) вырождается в накрытую слоем диэлектрика металлическую гребенку с канавками, частично экранированными в плоскости раскрытия (рис. 2).

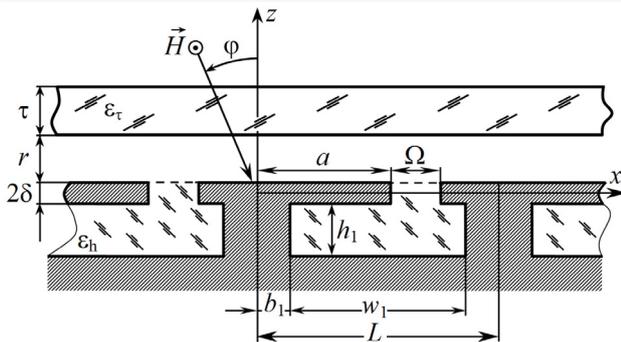


Рис. 2. Геометрия гребенчатой структуры с частично экранированными канавками

Придание канавкам формы частично закрытых резонансных полостей позволяет подбором их связи с надрешеточным пространством воздействовать на дисперсионные характеристики структуры, на вид

ее угло-частотной характеристики и характеристики излучения ПАДИ, реализованной на основе такой структуры [8]. Гребенчатая структура с частично экранированными канавками перспективна для реализации распределительно-излучающей системы ПАДИ со специальными характеристиками.

Рассмотрим следующий частный вариант геометрии многослойной гребенчатой структуры, показанной на рис. 1, при котором экранирующая гребенка заменена гладким металлическим экраном (рис. 3). Пусть зазор между ЩР и экраном по-прежнему заполнен диэлектриком ($\varepsilon_\Phi > 1$), а материальная среда в щелях ЩР соответствует сухому воздуху ($\varepsilon_\delta = 1$).

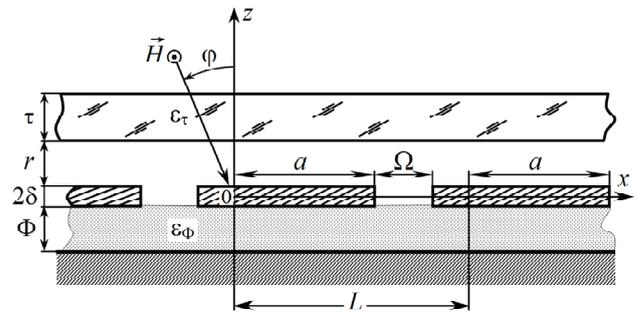


Рис. 3. Геометрия структуры "ПДВ - зазор - ЩР - диэлектрик - экран"

Для анализа конфигурации в виде ленточной решетки на экранированном слое диэлектрика, возбуждаемой ПДВ, может быть использована СЛАУ (23), в которой следует положить равной нулю глубину канавок гребенки ($K = 1$, $h_1 = 0$). Однако в целях снижения размерности решения задачи, как показано для сходной ситуации в [6], имеет смысл модифицировать СЛАУ (23).

Действительно, при наличии в плоскости $z = -\delta - \Phi$ идеально проводящего экрана H -компоненту поля дифракции в области 5 удобно представить так, чтобы обеспечить автоматическое равенство нулю касательной компоненты электрического поля:

$$H_y^{(5)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n \cdot \cos[\xi_n(z + \delta + \Phi)] \cdot \exp(j\beta_n x).$$

Тогда функциональные уравнения (9), (10) принимают вид:

$$\sum_{m=0}^{\infty} (Q_m + P_m) \cdot f_m^{(2)}(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n \cdot \cos(\xi_n \Phi) \cdot \exp(j\beta_n x),$$

$$\sum_{m=0}^{\infty} (Q_m - P_m) \cdot q_m \cdot f_m^{(2)}(x) =$$

$$= (-j/\epsilon_\Phi) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n \cdot \sin(\xi_n \Phi) \cdot \xi_n \cdot \exp(j\beta_n x),$$

откуда следует, что результирующая СЛАУ для геометрии, представленной на рис. 3, может быть получена из СЛАУ (23) заменой в первой и второй подсистемах суммы $F'_n + G'_n$ на $F_n \cdot \cos(\xi_n \Phi)$, а разности переменных $\epsilon_\delta \cdot (F'_n - G'_n)$ – соответственно на $-jF_n \cdot \sin(\xi_n \Phi)$ и отбрасыванием последней подсистемы. Тогда СЛАУ относительно комплексных амплитуд гармоник поля дифракции в области над структурой и в диэлектрическом слое между ЩР и экраном будет иметь вид:

$$\begin{cases} \sum_{n=-N_1}^{N_2} [A_n \cdot (j r_n \cdot \Sigma_{ns}^+ - \Delta_n^s \gamma_n \cdot \rho_n) + j F'_n \cdot (\Sigma_{ns}^+ + \Delta_n^s \xi_n \cdot \text{tg}(\xi_n \Phi) / \epsilon_\Phi)] = \\ = -j r_0^* \cdot \Sigma_{0s}^+ - \Delta_0^s \gamma_s \cdot \rho_s^*, \\ \sum_{n=-N_1}^{N_2} [A_n \cdot (j r_n \cdot \Sigma_{ns}^- + \Delta_n^s \gamma_n \cdot \rho_n) - j F'_n \cdot (\Sigma_{ns}^- - \Delta_n^s \xi_n \cdot \text{tg}(\xi_n \Phi) / \epsilon_\Phi)] = \\ = -j r_0^* \cdot \Sigma_{0s}^- + \Delta_0^s \gamma_s \cdot \rho_s^*, \end{cases} \quad (24)$$

где $F'_n = F_n \cdot \cos(\xi_n \Phi)$.

Для проектирования ПАДИ, реализованной на основе рассматриваемой структуры, разработана методика, содержащая элементы параметрического синтеза излучающего раскрыва и опирающаяся на численное моделирование в соответствии с (24). Методика позволяет не только определить оптимальную геометрию структуры (рис. 3), но и выполнить расчет степени клиновидности прицельного расстояния ПДВ, который, как известно, целесообразно размещать над решеткой с некоторым перекосом. Переменный зазор между диэлектрическим волноводом и решеткой обеспечивает более подходящее амплитудное распределение на раскрыве в отношении коэффициента использования его поверхности. Для оценки параметров зазора использован подход, заключающийся в расчете зависимости постоянной ослабления поверхностной волны от величины прицельного расстояния, выборе (в качестве рабочего) участка в пределах полученной характеристики и определении соответствующих его границам предельных значений зазора.

Конструкция микроволновой ПАДИ с апертурой на основе структуры “ПДВ - зазор - ЩР - диэлектрик - экран” представлена в двух проекциях на рис. 4. В качестве устройства возбуждения использована рупорно-щелевая антенна, описанная в [9].

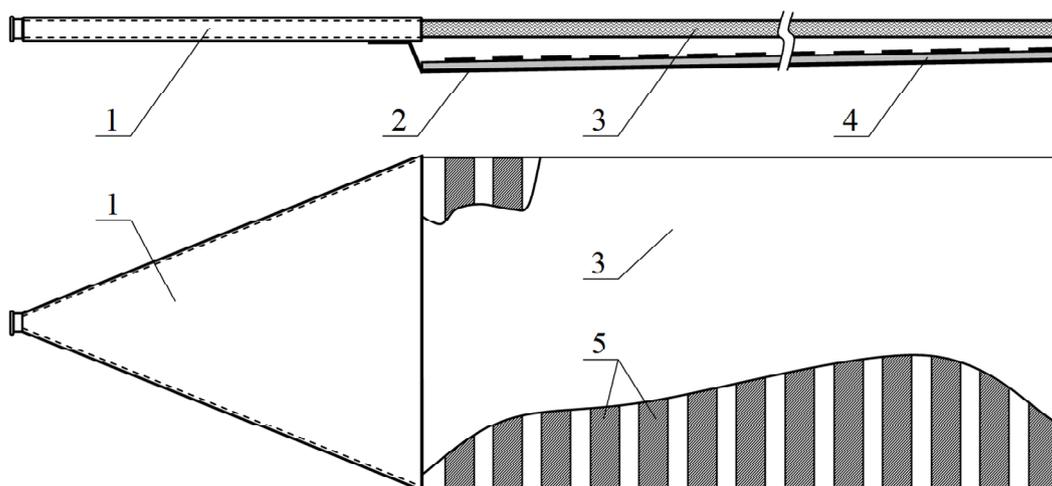


Рис. 4. Эскиз конструкции ПАДИ:

1 – устройство возбуждения, 2 – экран, 3 – ПДВ, 4 – слой диэлектрика, 5 – проводники ЩР

Заключение. На основе развитого подхода к анализу периодических многослойных гребенчатых структур реализована электродинамическая модель пространственного преобразования волн на структуре “ПДВ - зазор - ЩР - диэлектрик - гребенка”.

Продемонстрирована возможность электродинамического моделирования частных случаев конфигурации рассмотренной гребенчатой структуры, перспективных для реализации излучающего раскрыва ПАДИ.

Список литературы

1. Евдокимов А.П. Антенны дифракционного излучения // Физические основы приборостроения. — 2013. — Т. 2, №1. — С. 108-124.
2. Евдокимов А.П., Крыжановский В.В. Новое направление в технике антенных решеток // Известия вузов. Радиоэлектроника. — 1996. — Т. 39, №9-10. — С. 54-61.
3. Дифракция волн на решетках / В.П. Шестопапов, Л.Н. Литвиненко, С.А. Масалов, В.Г. Сологуб. — Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1973. — 278 с.
4. Останков А.В., Юдин В.И. Электродинамический метод анализа открытых металлодиэлектрических гребенчатых структур // Радиотехника. — 2012. — №2. — С. 31-37.
5. Моделирование рассеяния волн на щелевой решетке, экранированной периодической “гребенкой” со слоем диэлектрика / А.В. Останков, Ю.Г. Пастернак, О.И. Шерстюк, В.И. Юдин // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. — 2003. — Т. 6, №2. — С. 68-71.
6. Останков А.В., Кирпичева И.А. Расчет параметров решетки из проводящих лент на экранированном диэлектрическом волноводе для антенны дифракционного излучения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2015. — №1-2. — С. 3-10.
7. Шестопапов, В.П. Физические основы миллиметровой и субмиллиметровой техники. Т. 1. Открытые структуры. — Киев: Наук. думка, 1985. — 216 с.
8. Дифракционный анализ металлодиэлектрической гребенки с пазами, частично экранированными в области раскрыва / А.В. Останков, А.И. Климов, Ю.Г. Пастернак и др. // Радиотехника. — 2000. — №9. — С. 91-93.
9. Пастернак Ю.Г. Математическое моделирование, оптимизация и автоматизированное проектирование дифракционных и вибраторных мобильных антенных решеток / Под ред. В.И. Юдина. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1999. — 257 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ В МЕТРОПОЛИТЕНАХ

Веселов П.А.,
аспирант, НИУ «МЭИ»,
veselov.tpem@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема применения рекуперативного торможения в метрополитене, как способа повышения энергоэффективности. Приводится сравнительный анализ основных возможных способов решения проблемы, их плюсы и минусы. Предлагается техническое решение для реализации применения рекуперативного торможения. Также приводится описание экспериментально полученных целевых показателей и их сравнение с международным опытом в данном направлении.

Ключевые слова: метрополитен, вагоны 81-717/14, двигатели постоянного тока с независимым возбуждением, рекуперация, накопители электроэнергии.

SPECIFICITY OF USING BRAKING ENERGY RECOVERY AT THE SUBWAYS

P. Veselov,
National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

Abstract. The article considers the problems of using braking energy recovery at the subways, as a way of enhancing energy efficiency. This article provides comparative analysis of the main possible solutions of the problem, their pros and cons, a description of the technical solution to implement the use of braking energy recovery. Also describes the experimentally obtained target values and their comparison with the international experience.

Keywords: underground, subway cars 81-717/14, DC motor with independent excitation, braking energy recovery, electric energy storage devices.

В настоящее время вопрос о способах и путях качественного улучшения технико-экономических показателей метрополитена особенно актуален. Только московский метрополитен, согласно постановлению Правительства Москвы от 04.05.2012 N 194-ПП "Об утверждении Перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена в 2012-2020 гг.", до 2020 г. введет в эксплуатацию, по сравнению с 2011 г., более 150 км новых линий метро. Метрополитены – крупные потребители электроэнергии, что делает вопрос повышения энергоэффективности метрополитенов особенно важным.

Стоит отметить, что существенными недостатками большинства вагонов метрополитенов на данный момент являются:

- контакторное дискретное регулирование сил тяги и торможения;
- отсутствие рекуперативного торможения;
- существенные колебания силы тяги при пуске, в частности, из-за ступенчатого изменения ослабления поля.

Для решения данных проблем в НИУ «МЭИ» на кафедре «Электрический транспорт» был разработан проект модернизации вагонов 81-717/14 с управлением тяговым электроприводом с помощью IGBT транзисторов и независимым возбуждением тяговых машин (ТМ).

Известно, что ТМ обратимы, т.е. одна и та же ТМ может работать и как генератор, так и электродвигатель. При рекуперативном торможении (РкТ) электродвигатель переходит в генераторный режим. При этом двигатель преобразует механическую энергию, полученную от движущихся частей привода, в электрическую. Этот режим наступает, когда частота вращения якоря превышает частоту вращения холостого хода n_0 . В этих условиях ЭДС машины $E_a = C_e \phi n_0$ превышает напряжение питающей сети ($E_a > U_{ном}$), при этом ток якоря, а следовательно, и электромагнитный момент меняют свое направление на противоположное. Электромагнитный момент двигателя становится тормозящим и противодействует внешнему вращающему моменту, создаваемому силами

инерции вращающего с прежней скоростью якоря. Этот процесс торможения будет продолжаться до тех пор, пока частота вращения якоря, уменьшаясь, не достигнет значения n_0 . Таким образом, для перехода ТМ с НВ в режим генераторного рекуперативного торможения не требуется дополнительных изменений в схеме включения двигателя.

Проект предусматривает возможность модернизации при проведении капитальных ремонтов серийных вагонов 81-717/14 и их модификаций с целью улучшения их технических характеристик и получения возможности применения РкТ. Таким образом, «номерные» вагоны, пройдя модернизацию, могут оказаться конкурентоспособны с минимальными финансовыми затратами, а управление сопротивлениями с помощью IGBT позволяет добиться плавных характеристик, которые, в виду большой частоты транзисторного ключа, означают повышение комфорта для пассажиров, и упрощение управления ЭПС для машиниста. В проекте предусмотрена перегруппировка ТМ в режимах тяги и торможения, благодаря которой, в частности, скорость окончания РкТ находится в районе 20 км/ч, что повышает возможный экономический эффект от рекуперации и положительно отразится на потенциально возможных показателях энергоэффективности таких вагонов.

Специфика метрополитена, отличающая его от других видов электрического транспорта, состоит в малой протяженности межподстанционной зоны, то есть в небольшом числе составов, одновременно находящихся на одной зоне (секции). Поэтому применение РкТ в метрополитене требует наличия потребителя рекуперированной электроэнергии на секции. Теоретически, наиболее экономически выгодным потребителем энергии рекуперации является электроподвижной состав (ЭПС) в режиме тяги, то есть вся энергия рекуперации должна идти на межпоездной обмен. Но для реализации межпоездного обмена в метрополитене, в целях получения максимального экономического эффекта от РкТ, нужно предусмотреть возможность передачи избыточной энергии рекуперации в соседнюю секцию, что является, на данный момент, перспективной задачей, однако не-

возможно при нынешнем оборудовании сетей электроснабжения метрополитенов. Идеализированный теоретически, практически данный способ имеет один существенный недостаток, а именно то, что он все равно требует установки стационарных накопителей энергии (НЭ) для случаев отсутствия таких потребителей. Так как, на данный момент, в метрополитенах Российской Федерации не применяется система автоведения, говорить о подборе интервалов движения или математических моделей, позволяющих использовать РкТ круглосуточно, а не только в определенные часы (часы «пик»), не представляется возможным. Человеческий фактор, не вовремя закрытые двери из-за пассажиров, смещение графика из-за чрезвычайных происшествий и т.д. исключает возможность стабильного применения РкТ при наличии специального графика движения из-за его непостоянства и множества внешних факторов в виду относительно коротких промежутков времени, когда ЭПС находится в режиме пуска или РкТ.

Способ применения РкТ в виде передачи рекуперированной энергии во внешнюю сеть не рассматривается, т.к. сильные скачки напряжения и тока, множество «паразитных» высоких гармоник и необходимость дорогостоящего переоборудования ТП делает его нецелесообразным.

Таким образом, говоря о применении РкТ считается целесообразным и рассматривался в проекте только вариант установки НЭ на тяговых подстанциях (ТП). Опыт эксплуатации, в том числе зарубежных коллег, подтверждает результативность поглотителей избыточной энергии рекуперации, по разным данным НЭ позволяют экономить от 15% до 40% энергии пуска.^[1,2,3] Важно отметить, что зарубежный опыт применения РкТ в метрополитенах, описанный во множестве публикаций, в принципе ограничивается применением именно НЭ различных видов. Собственные исследования, проведенные на кафедре Электрического транспорта НИУ «МЭИ», показали, что экономический эффект от РкТ и стационарных накопителей, установленных на Филевской линии Московского метрополитена может достигать 40600 кВт*ч в день. И это при том, что исследование РкТ проводилось на

сравнительно небольшой линии – всего 11 станций, а также применение РкТ только в течении 5 часов пиковой нагрузки в день (наименьший интервал движения). Говоря о технико-экономических показателях важно отметить, что установка опытных образцов НЭ на двух ТП, а именно Т23 и Т24, обошлась городу в ~ 50 млн. руб. Само по себе применение НЭ, однако, при данной, несомненно высокой стоимости установки, для сброса на них рекуперированной энергии может оказаться экономически невыгодным, т.к. при стоимости кВт*ч электроэнергии в 4 рубля экономический эффект от накопителей может достигать ~60 млн. руб в год, т.е. фактически только окупать оборудование двух подстанций в год, не считая затраты на эксплуатацию. Но НЭ могут являться также решением проблем излишних тепловых выбросов в туннели. Наверняка многие сталкивались с тем, что подходя к открывающимся дверям поезда метро из под вагона

ощущается горячий воздух. Причина заключается в реостатном торможении, при котором ток, вырабатываемый двигателями при торможении «сжигается» на реостатах, преобразуясь в тепло.

Исходя из проведенных исследований можно сделать вывод, что внедрение НЭ способствует:

- повышению энергоэффективности метрополитенов путем применения РкТ;
- снижению тепловых выбросов в туннель, и, соответственно, снижению расходов на вентиляцию и кондиционирование, улучшение климата на станциях, в туннелях и вагонах метро.

Также важно, что НЭ возможно рассматривать и в качестве резервного источника энергии в аварийной ситуации, что дает возможность при отсутствии внешних источников питания довести ПС до станции и эвакуировать пассажиров и что положительно сказывается на безопасности метрополитенов.

Список литературы

1. Joel Hruska, Philadelphia unveils new hybrid subway trains that use Prius-like regenerative braking to feed energy back into the grid / Информационный портал «Extremetech» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [<http://www.extremetech.com/extreme/180636-philadelphia-unveils-new-hybrid-subway-system-that-uses-prius-like-regenerative-braking-to-feed-energy-back-into-the-grid>].
2. A. González-Gil, R. Palacin, P. Batty, J.P. Powell, Energy-efficient urban rail systems: strategies for an optimal management of regenerative braking energy / выставка-конференция «Transport Research Arena 2014», г. Париж, Франция, 2014 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://tra2014.tconference.eu/papers/pdfs/TRA2014_Paper_19902.pdf].
3. Сулим А. А., Экономия электроэнергии при использовании рекуперативного торможения на вагонах метрополитена [Текст]: матер. X межд. науч.-тех. конф. / А. А. Сулим, С. Д. Сичев, В. Р. Распопин // Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. - КНУ им. М. Остроградского, 2012. - С. 344.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Барыбин Д.А.,

директор ОФ ООО «ГорМаш-ЮЛ»,
эксперт Единой системы оценки в горнорудной промышленности,
специалист по неразрушающему контролю 2-го уровня.

Абель Ю.В.,

начальник лаборатории неразрушающего контроля,
эксперт Единой системы оценки в горнорудной промышленности.

Barybin_da@list.ru

Аннотация. Горнодобывающая промышленность – отрасль промышленности, в которой активно используется измельчительное оборудование. Высоким уровнем опасности отличаются процессы дробления и измельчения, которые связаны с использованием массивного измельчительного оборудования для разрушения, дробления и помола сырья с применением различного рода механических нагрузок. Данное оборудование несет в себе высокую опасность, поскольку его работа сопровождается высокими механическими нагрузками и центробежными ускорениями, большим уровнем шума и вибрации. Существующие в настоящее время требования промышленной безопасности весьма далеки от совершенства. В данной работе рассмотрены основные аспекты промышленной безопасности измельчительного оборудования в горнодобывающей промышленности. Проанализированы основные нормативно-технические документы, регламентирующие требования безопасности в данной отрасли. Согласно проанализированным данным следует отметить, что существующие требования безопасности на участках дробления и измельчения ориентированы преимущественно на требования к организации процесса и в меньшей степени касаются контроля и надзора за техническим состоянием мельниц и дробилок.

Ключевые слова: промышленная безопасность, измельчительное оборудование, горнодобывающая промышленность.

INDUSTRIAL SAFETY GRINDING EQUIPMENT MINING

Barybin D.A.,

Director of PF LLC "GorMash-UL",
expert uniform evaluation system in the mining industry,
a specialist in NDT Level 2.

Abel Y.V.,

Head of Laboratory of nondestructive testing,
expert uniform evaluation system in the mining industry.

Abstract. The mining industry - an industry which is widely used crushing equipment. A high level of danger different crushing and grinding processes that involve the use of massive grinding equipment for destruction, crushing and grinding of raw materials with the use of various mechanical loads. This equipment possesses a high risk because of their work is accompanied by high mechanical loads and the centripetal accelerations, a high level of noise and vibration. The current industrial safety requirements are far from perfect. In this paper, the basic aspects of industrial safety grinding equipment in the mining industry were treated. The main technical standards governing safety standards in the industry were analyzed. According to the analyzed data it should be noted that the existing security requirements in the areas of crushing and grinding focused primarily on the requirements for the organization of the process and to a lesser extent related to the control and supervision of the technical condition of the mills and crushers.

Keywords: industrial safety, milling equipment, mining.

Горнодобывающая промышленность – это достаточно обширная область, поэтому надзор и контроль за реализацией правил промышленной безопасности, безусловно, является важной задачей. Высоким уровнем опасности отличаются процессы дробления и измельчения, которые связаны с использованием массивного измельчительного

оборудования для разрушения, дробления и помола сырья с использованием различного рода механических нагрузок. Данное оборудование несет в себе высокую опасность, поскольку его работа сопровождается множеством высоких механических нагрузок и центробежными ускорениями, большим уровнем шума и вибрации и другими.

Общие требования промышленной безопасности регламентируются 116-ФЗ [1], при условии, что специальные требования к безопасности устанавливаются различными Правилами безопасности. Промышленная безопасность при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов устанавливается «Правилами безопасности при ведении горных работ и переработке твердых ископаемых». Правила являются обязательными для исполнения для всех организаций, которые занимаются данным видом деятельности. Как правило, наиболее часто используемым измельчительным оборудованием в данной отрасли являются дробилки, поэтому отдельным пунктом Правил выделен комплекс мероприятий по обеспечению безопасности работы с процессом дробления. Рассмотрим основной перечень данных мероприятий ниже.

Рабочая площадка оператора, который наблюдает за подачей руды в дробилку и за ее работой, должна быть оборудована специальными решетчатыми металлическими ограждениями для защиты от выброса кусков руды на рабочую площадку. Особенное требование относится к контролю зависания. Руководством фабрики должны быть разработаны инструкции по безопасности выполнения работ по контролю зависания. Традиционно, запрещается извлекать застрявшие куски руды вручную, эта операция должна производиться только с использованием спецприспособлений.

Традиционным является требование к установке дробилок и грохотов на виброустойчивые основания и с использованием виброизолирующих опор. Перекрытия и площадки для установки виброгрохотов необходимо рассчитать на вибростойкость. Все грохоты и дробилки должны быть снабжены защитой от случайного выброса кусков руды. Конусные дробилки должны быть снабжены глухими съемными ограждениями (за исключением дробилок крупного дробления 1-й стадии, которые работают «под завалом»). Щековые дробилки должны быть снабжены глухими съемными ограждениями со смотровыми окнами. Поскольку при работе дробилок и грохотов

уровень шума достигает очень больших значений, то все рабочие должны использовать наушники для работы с таким оборудованием.

Особым требованием безопасности выделено требование к запрету использования площадок обслуживания щековых дробилок для наблюдения за их работой. Запрещено расчищать лотки электровибропитателей и прикасаться к ним, а также обслуживать их во время работы.

При эксплуатации барабанных грохотов запрещено производить чистку перфорации, чистку и замену роликов. Также не допускается эксплуатация грохота со снятыми ограждениями.

Особую опасность представляет работа с кулачковыми и молотковыми дробилками, которые запрещается эксплуатировать при открытой крышке корпуса во избежание выброса кусков руды. Крышки корпусов таких дробилок с массой более 50 кг должны открываться исключительно механизированным способом.

Практически всегда дробление вызвано большим выбросом взрывоопасной пыли, поэтому на таких участках должны реализовываться мероприятия по защите от взрыва. Чтобы предотвратить попадание металла в дробилки среднего и малого дробления в обязательном порядке должно быть предусмотрено использование металлоискателей, магнитных шайб и других приспособлений.

Наряду с дроблением в Правилах [2] также отдельно прописаны требования безопасности при измельчении и классификации, поскольку эти процессы достаточно часто совмещены и взаимосвязаны. Пусковые устройства мельниц и классификаторов должны быть расположены так, чтобы работник мог наблюдать за их работой. Работа внутри мельницы разрешена только по допуску-наряду при соблюдении всех требований безопасности, указанных в технологической карте.

Запрещено снятие гаек крышки люка и их ослабление при положении мельницы люком вниз. Погрузка шаров в мельницы должна производиться с использованием плаката «Опасно» и ограждением площади. При этом персонал при подъ-

еме контейнера должен находиться на безопасном расстоянии.

Выше были представлены требования безопасности в общих чертах, однако в Правилах [2] установлены специальные требования к помещениям для измельчения цинковых осадков. Такие помещения должны быть изолированы от отделения цианирования и изолированы общеобменной вентиляцией и санитарной обработкой выбросов.

Особенные требования также применяются к участкам измельчения серных руд. Для предупреждения взрывов пыли серной руды в рабочем пространстве дробилки в зону дробления должен подаваться отработанный пар или мелко распыленная вода. При этом дробилки должны быть оборудованы защитой от статического электричества. Все работники отделения молотковых дробилок должны быть обеспечены противогазами для защиты от сернистых газов, которые выделяются при «хлопках» в полостях дробилок. Также в отапливаемых дробильных участках должны быть предусмотрены противопожарные водопроводы с пожарными кранами, а в неотапливаемых отделениях и галереях – огнетушителями. Особенное требование предъявляется к расположению дробилок среднего дробления сернистых руд именно выше нулевой отметки. Установка таких дробилок ниже нулевой отметки запрещена.

Весьма интересно, что в вышеуказанных доку-

ментах достаточно широко рассматриваются требования к обеспечению промышленной безопасности при проведении процессов измельчения и эксплуатации измельчительного оборудования, однако требованиям к контролю за техническим состоянием измельчительного оборудования отведено мало внимания. Как правило, такой контроль осуществляется службой под управлением главного механика, и было бы достаточно эффективно обеспечить более тщательный контроль и надзор со стороны государственных органов. В последнее время ведутся активные исследования в области разработки автоматизированных информационных систем контроля за техническим состоянием измельчительного оборудования и ходом процесса измельчения. Работа такой системы может позволить контролировать такие важные технические параметры работы дробилок и мельниц, как температуры подшипников, спектр вибрации, состояние конвейеров подачи и загрузочных бункеров и других. В автоматическом режиме также может быть записываться журнал текущих и аварийных событий. Стоит порекомендовать органам надзора и контроля в области промышленной безопасности обязать использовать автоматизированные измерительные системы для контроля измельчительных процессов, поскольку это позволит максимально повысить общий уровень промышленной безопасности на данных участках и исключить влияние человеческого фактора.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых ископаемых» утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Приказом Ростехнадзора №599 от 11.12.2013 г.

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА В ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Барыбин Д.А.,
директор ОФ ООО «ГорМаш-ЮЛ»,
эксперт Единой системы оценки в горнорудной промышленности,
специалист по неразрушающему контролю 2-го уровня.

Барсукова Е.А.,
эксперт Единой системы оценки в горнорудной промышленности,
компания ООО «ГорМаш-ЮЛ».
Barybin_da@list.ru

Аннотация. Горнорудная промышленность – одна из отраслей горнодобывающей промышленности, в состав которой входит большое количество опасных производственных объектов. По объему ущерба от последствий аварий данная отрасль является во многом лидирующей и поэтому экспертиза промышленной безопасности является важным элементом в их предотвращении. Экспертиза промышленной безопасности опасных производственных объектов горнорудной промышленности заключается в большом количестве сложных аналитических работ, по результатам которых выдается заключение о соответствии (либо несоответствии) объекта экспертизы предъявляемым требованиям безопасности. В данной работе рассмотрены основные аспекты экспертизы промышленной безопасности в горнорудной промышленности. Приведены основные технические устройства с истекающим сроком эксплуатации, которые подлежат экспертизе промышленной безопасности. Согласно проанализированным данным следует отметить, что важность экспертизы промышленной безопасности в горнорудной промышленности нельзя переоценить и работы в данном направлении должны улучшать уровень безопасности на опасных производственных объектах отрасли.

Ключевые слова: промышленная безопасность, горнорудная промышленность, экспертиза.

EXAMINATION OF INDUSTRIAL SAFETY OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES IN THE MINING INDUSTRY

Barybin D.,
Director of PF LLC “GorMash-UL”,
expert uniform evaluation system in the mining industry,
a specialist in NDT Level 2.

Barsukova E.,
Expert uniform evaluation system in the mining industry,
the company “Gormash-LE”.

Abstract. Mining industry is a component industry, which is characterized by a high number of hazardous industrial facilities. By the volume of damage caused by the consequences of accidents, the industry is leading and therefore examination of industrial safety is an important element in preventing them. Examination of industrial safety of hazardous production facilities of the mining industry is the large number of complex analytical activities, the conclusion of examination formulates on the basis of examination results by the conformity of object to safety rules. In this paper, the basic aspects of the examination of industrial safety in the mining industry were presented. The basic technical equipment with the end-of-life period are subject to industrial safety expertise was treated. According to the analyzed data it should be noted that the importance of examination of industrial safety in the mining industry can not be overstated, and work in this direction will improve the level of safety at hazardous production facilities in this field of industry.

Keywords: industrial safety, mining industry, examination.

Горнорудная промышленность является составной отраслью и включает в себя целый набор отраслей горнодобывающей промышленности, которые связаны с обогащением и добычей руд: руд цветных металлов, марганцевых руд, хромовых руд, титановых руд, железных руд, а также руд редкоземельных металлов и других. Данная

отрасль характеризуется высокой концентрацией опасных производственных объектов и требования промышленной безопасности в данной отрасли постоянно совершенствуются. В общем виде, требования промышленной безопасности в данной области регламентируются 116-ФЗ [1]. Одним из инструментов государственной политики в области реализации

промышленной безопасности является экспертиза промышленной безопасности опасных производственных объектов. Одним из вспомогательных документов, который регламентировал специальные требования к экспертизе промышленной безопасности в данной отрасли долгое время был РД 06-318-99 [2], однако в настоящий момент данный документ утратил силу. Традиционно к экспертизе опасных производственных объектов горнорудной промышленности предъявляются значительно более жесткие требования по сравнению с «традиционными» отраслями промышленности. Объекты горнорудной промышленностью в большинстве своем обладают большой опасностью (рисунок 1). Экспертиза промышленной безопасности опасных производственных объектов в

горнорудной промышленности проводится организациями, имеющими лицензию Ростехнадзора при условии ее оплаты за счет средств заказчика.

К основным объектам экспертизы промышленной безопасности в горнорудной промышленности относятся:

- Технические устройства, которые применяются на опасных производственных объектах;
- Документы на ликвидацию или консервацию опасного производственного объекта;
- Документы на техническое перевооружение опасного производственного объекта (если данная документация не входит в проектную);
- Декларация промышленной безопасности, которая разрабатывается в комплекте документации на



Рис. 1. Объекты горнорудной промышленности

техническое перевооружение, ликвидацию, консервацию опасного производственного объекта;

- Здания и сооружения, которые предназначены для хранения сырья или продукции, технологических процессов и других целей, установленных 116-ФЗ [1];
- Обоснование безопасности опасного производственного объекта и изменения к нему.

К основным техническим устройствами с истекшим сроком службы, которые подлежат экспертизе промышленной безопасности относятся [2, 3]:

- Вентиляторы главного проветривания;
- Компрессионные установки;
- Шахтные подъемные установки;
- Самосвалы (карьерные и рудничные);
- Локомотивы, тяговые агрегаты и карьерные электровозы;
- Оборудование для агломерации и окомкования;
- Дробильное и обогатительное оборудование;
- Электрическое оборудование в рудном и взрыво-безопасном исполнении;
- Тоннелепроходческие комплексы;
- Технические устройства для проведения взрывных работ;
- Экскаваторы с объемом ковша 5 м³ и более.

Экспертиза промышленной безопасности является достаточно сложным и трудоемким процессом, который состоит из множества стадий, на которых эксперты анализируют весь объем информации об объекте: анализ технической, проектной и эксплуатационной документации к техническим устройствам и объектам; обследование объекта; проведение исследований методами неразрушающего контроля и установление технического состояния объекта; проведение необходимых расчетов и установление остаточного срока службы технического устройства.

Достаточно важным моментом является предоставление заказчиком полного спектра информации, анализ которой необходим при проведении экспертизы промышленной безопасности. Как правило, в такой перечень входят следующие пункты:

- Основные сведения об объекте экспертизы и заказчике;

- Информация о запасах полезных ископаемых, сырьевой базе, а также информация об условиях эксплуатации и строительства предприятия горнорудной промышленности;
- Все виды документации на объект экспертизы (проектная, техническая, конструкторская, эксплуатационная и ремонтная документация);
- Данные о динамике промышленного травматизма и аварий;
- Образцы оборудования и их инструкции по эксплуатации;
- Декларация промышленной безопасности и другие [3].

Помимо анализа информации проводятся также комплексная оценка проведения (хода) работ на объекте с проверкой состояния работ, компетентности сотрудников и руководителей, состояние помещений и приборной базы и т.п.

Основным результатом экспертизы промышленной безопасности является заключение, по результатам которого делаются основные выводы о соответствии или несоответствии объекта экспертизы, требованиям промышленной безопасности. После согласования, заключение экспертизы передается в территориальный орган Ростехнадзора. При отрицательном решении заказчику предоставляются основные выводы о необходимости доработки недочетов, либо выдается предписание о том, что эксплуатация объекта экспертизы недопустима.

Несмотря на достаточную развернутость и жесткость в требованиях к проведению экспертизы промышленной безопасности в горнорудной промышленности, случаи возникновения аварий по сей день не являются редкостью, что может говорить о недостаточной эффективности работы законодательной базы в области проведения экспертизы. В будущем, постепенное совершенствование требований к проведению экспертизы промышленной безопасности в ряде отраслей горнорудной промышленности позволят существенно сократить число несчастных случаев и повысить уровень безопасности на опасных производственных объектах.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. РД 06-318-99. Положение о проведении экспертизы промышленной безопасности в горнорудной промышленности.
3. Лонский, О.В. Промышленная безопасность. учеб. пособие. Часть 4. Опасные производственные объекты горнорудной промышленности / О.В. Лонский. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 99 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРОВ СМАЧИВАТЕЛЯ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Грачев Э.А.,

эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.

Данилов А.Г.,

эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.

Галиев М.Г.,

эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.

Кульчицкий С.В.,

эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.

Третьяк Д.В.,

эксперт Единой системы оценки соответствия угольной промышленности.

gormash-ul@yandex.ru

Аннотация. В воздухе предприятий угольной промышленности содержится высокое количество вредных веществ, концентрация которых во много раз превышает предельно-допустимые нормы в воздухе рабочей зоны. Высокая концентрация таких веществ приводит к возникновению большого количества профессиональных заболеваний, которые связаны с поражением органов дыхания. Помимо этого, высокая запыленности при добыче угля может приводить к возникновению пожаров и взрывов, поэтому мероприятия по предотвращению этого являются одними из ключевых в данной отрасли. В данной работе рассмотрены основные аспекты применения смачивателей для увлажнения угольных пластов. Проанализированы основные марки смачивателей и их недостатки. Приведены некоторые перспективные смачиватели, которые могут быть применены в будущем. Резюмируя вышесказанное стоит отметить, что создание новых систем смачивателей позволит значительно улучшить уровень промышленной безопасности и состояние охраны труда на предприятиях угольной промышленности.

Ключевые слова: угольная промышленность, растворы смачивателя, увлажнение пластов.

THE EFFECTIVENESS OF WETTING SOLUTIONS FOR PRE-WETTING OF COAL SEAMS

Grachev E.A.,

expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.

Danilov A.G.,

expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.

Galiev M.G.,

expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.

Kulchytsky S.V.,

expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.

Tretiak D.V.,

expert Unified conformity assessment system of the coal industry.

Abstract. There are high amount of harmful substances in the air of working area of coal industry, whose concentration is many times greater than the accepted limit. High concentrations of these substances leads to a large amount of professional diseases which are associated with a lesion of the respiratory organs. In addition, high dust content in coal mining can lead to fires and explosions, therefore preventing of this are the key issue in this industry. In this paper the main aspects of the use of wetting agents to moisten the coal seams were treated. The main brands of wetting agents and disadvantages were analyzed. Some promising wetting agents that may be used in the future were presented. In conclusion, it should be noted that the creation of new systems of wetting agents will greatly improve the level of industrial safety and labor protection in the coal industry.

Keywords: coal industry, wetting agents, beds wetting.

В воздухе предприятий угольной промышленности содержится высокое количество вредных веществ, концентрация которых во много раз превышает предельно-допустимые нормы

в воздухе рабочей зоны. Высокая концентрация таких веществ приводит к возникновению большого количества профессиональных заболеваний, которые связаны с поражением органов дыхания. Помимо этого,

высокая запыленности при добыче угля может приводить к возникновению пожаров и взрывов, поэтому мероприятия по предотвращению этого являются одними из ключевых в данной отрасли. В соответствии с требованиями 116-ФЗ обеспечение промышленной безопасности на опасных производственных объектах является наиболее важной задачей [1].

Одним из мероприятий, повышающих уровень промышленной безопасности и охраны труда в угольной промышленности, является предварительное увлажнение угольных пластов. Предварительное увлажнение реализуется за счет подачи воды в пласт [2]. Ключевую роль играет добавление поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые повышают смачиваемость частиц угля и снижают запыленность.

Предварительное увлажнение должно применяться при выработке комбайнами избирательного действия по мощным пластам и пластам средней мощности [3]. Основной целью данного вида работ является снижение образования пыли при проведении работ. Согласно Федеральным нормам и правилам [3] предварительное увлажнение угольных пластов используется в следующих случаях:

- При естественной влажности пласта выше 8% в соответствии с ГОСТ 11014-2001;
- Если коэффициент крепости по Протодюконову (ГОСТ 21153.1-75) в совокупности с разрывной прочностью (ГОСТ 21153.3-85) после проведения испытаний образцов горных пород на водостойчивость (ГОСТ 26898-86) составляют величину выше 20%;
- Если в пласте присутствует выше 10% линзовидных включений или породных прослоев, крепость которых составляет выше 5 по шкале Протодюконова;
- При пористости угля меньше 5% в соответствии с ГОСТ 26450.1-85 и влагоемкости менее 2% в соответствии с ГОСТ 26898-86;
- При запыленности воздуха после обеспыливающей завесы в исходящем потоке вентиляционного воздуха ниже 150 мг/м^3 .

Однако, сам вопрос применения предварительного увлажнения (ведения работ по неувлажненному

пласту) рассматривается в территориальном органе Ростехнадзора при анализе экспертного заключения организации, в которую входит испытательная лаборатория, проводящая лабораторные исследования образцов угля и горных пород. Вышеупомянутое решение проводится также в согласовании с отраслевым институтом по безопасности. Основные технологические параметры проведения увлажнения также приведены в [3].

Наиболее часто используются следующие ПАВ – Нафтенокс-10, СаВО, Неонол-1020, СТС, ДТ-7, Неолас, ДБ, ОП-7, ОП-10 и другие. Использование широкого спектра ПАВ дает возможность работы с различным видами угля начиная от угля с хорошей смачиваемостью и заканчивая практически не смачиваемым. Одним из важных вопросов является определение оптимальной концентрации ПАВ в растворах смачивателя. Методика определения оптимальной концентрации детально описана в Приложении 7 Федеральных норм и правил [3]. К основным требованиям, которыми должны обладать смачиватели, относят: низкую стоимость, безопасность при работе, способность сохранять свойства пластов, биоразлагаемость и другие.

Часть ПАВ не всегда соответствуют предъявляемым к ним требованиям. Так, ДБ не является биоразлагаемым, в отличие от него синтанол ДТ-7 относится к 4-му классу опасности, что позволяет использовать его для предварительного увлажнения. ДБ также обладает рядом недостатков, такие как высокая коррозионная активность и способность к выделению хлороводорода при разложении. Однако, существуют и другие более современные системы.

Применение смачивателя «Неолас» позволило уменьшить запыленность в забоях угольных шахт с 300 до 135 мг/м^3 . Сам смачиватель обладает высокой пожаро- и взрывобезопасностью, и относится к средне биоразлагаемым веществам. В качестве функционального недостатка стоит отметить сложность при обработке длиннопламенных углей. Смачиватель «Сульфанол» также обладает высокой эффективностью, но он относится к трудно разлагаемым (коэффициент разложение ниже 70%). Системы эфиров поли-

этиленгликоля ОП-7 и ОП-10 несмотря на высокую эффективность показали высокую токсичность при вдыхании и попадании на слизистые оболочки, поэтому в настоящее время от них практически отказались. Высокую эффективность показали смеси ионогенных ПАВ с неионогенными («Эльфор», «СМУГ»), однако, уровень запыленности в шахтах все же достигал высокого значения, хотя и обладали высокой биоразлагаемостью [4].

Существуют и новые перспективные системы смачивателей, которые обладают большей эффективностью в сочетании с высокой биоразлагаемостью. Так, Ерзин А.Х. разработал комбинированные составы на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы, соснового масла и триполифосфата натрия. В качестве одного из самых эффективных растворов для шахт, которые обрабатывают уголь марки Г, ДГ и Д, автор приводит концентрацию – 0,03% раствор

30%-го смачивателя, который состоит из 2% соснового масла, 23% карбоксиметилцеллюлозы и 75% триполифосфата натрия. Достаточно высокую эффективность смачивателя «Неофор» показала работа [5], при концентрациях которого 0,1-0,15% было достигнуто осаждение 72-92% частиц угольной пыли для широкого спектра марок угля.

Резюмируя вышесказанное стоит отметить, что разработка эффективного смачивателя для увлажнения угольных пластов представляет собой достаточно сложную и комплексную задачу, поскольку несмотря на ориентацию на пылесождение стоит обращать большое внимание и на экологичность растворов, которая не всегда соотносится с их эффективностью. Создание новых систем смачивателей позволит значительно улучшить уровень промышленной безопасности и состояние охраны труда на предприятиях угольной промышленности.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Николаев, Е.Б. Исследование состояния и использование экологически безопасных мероприятий по нормализации уровня запыленности шахтного воздуха / Е.Б. Николаев, В.А. Колесник // XVII Международная экологическая конференции студентов и молодых ученых 16–18 апреля 2013 г.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по борьбе с пылью в угольных шахтах».
4. Ерзин А.Х. повышение эффективности пылеподавления при подземной разработке угольных месторождений с использованием поверхностно-активных веществ. Дисс... ученой степени к. т.н. СПб, 2015. – 148 с.
5. Голоскоков, С.И. Выбор оптимальной концентрации растворов поверхностно-активных веществ по отношению к пыли угольных шахт для борьбы с запыленностью / С.И. Голоскоков, Н.М. Недосекина, М.С. Сазонов, Е.И. Голоскоков // Промышленная безопасность и геомеханика. – №2. – 2013. – С. 5-9.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВЗРЫВОВ ПЫЛЕГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЗРЫВОПОДАВЛЕНИЯ ТИПА АСВП-ЛВ. 1М И ИХ МОДИФИКАЦИЙ

Данилов А. Г.,
эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.
Кульчицкий С. В.,
эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.
Грачев Э. А.,
эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.
Третьяк Д. В.,
эксперт Единой системы оценки соответствия угольной промышленности.
Галиев М. Г.,
эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.
gormash-ul@yandex.ru

Аннотация. Угольную промышленность по праву можно отнести к лидерам по числу аварий и несчастных случаев. Создание новых систем локализации взрывов в угольных шахтах является одной из ключевых задач по их предотвращению. К таким системам можно отнести автоматическую систему взрывоподавления и локализации взрывов типа АСВП-ЛВ.1М, основное назначение которой заключается в защите выработок от распространения по ним взрывов угольной пыли и (или) метановоздушной смеси при создании аэрозольного облака огнетушащего порошка. В данной работе проанализированы особенности работы системы АСВП-ЛВ.1М. Проведено сравнение системы с пассивными системами взрывоподавления. Приведены основные аварии, на которых система показала высокую эффективность. Предполагается, что в будущем будет проведена модернизация систем АСВП-ЛВ.1М с разработкой более современных модификаций и схем их установки в выработках, что еще больше повысит климат промышленной безопасности в угольной промышленности.

Ключевые слова: угольная промышленность, предупреждение взрывов, системы взрывоподавления.

LOCALIZATION AND PREVENTING EXPLOSIONS PYLEGAZOVOZDUSHNYH MIXTURES IN COAL MINES WITH AUTOMATIC SYSTEMS, EXPLOSION SUPPRESSION TYPE ASVP-LV. 1M AND THEIR MODIFICATIONS

Danilov A. G.,
expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.
Kulchytsky S. V.,
expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.
Grachev E. A.,
expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.
Tretiyak D. V.,
expert Unified conformity assessment system of the coal industry.
Galiev M. G.,
expert Uniform system of conformity assessment in the coal industry.

Abstract. Coal industry can rightly be attributed to the leader in the number of accidents. The creation of new systems of localization of explosions in coal mines is a key task to prevent them. These systems include automatic system of explosion suppression and localization of explosions of type – ASVP-LV.1M, the main purpose of which is to protect the workings area of explosions of coal dust and (or) methane-air mixture by creating an aerosol cloud of extinguishing powder. In this paper, the characteristics of the system ASVP-LV.1M were analyzed. A comparison of passive explosion suppression systems was carried out. The basic accidents in which the system was highly effective were presented. It is expected that ASVP-LV.1M systems will be modernized in the future with the development of more modern modifications and schemes of their installation in mines, which further enhance the climate of industrial safety in the coal industry.

Keywords: the coal industry, the prevention of explosions, explosion suppression systems.

Угольную промышленность по праву можно отнести к лидерам по числу аварий и несчастных случаев. Соблюдение требования федерального законодательства в области промышленной безопасности [1] на опасных производственных объектах производится неукоснительно, однако, взрывы и аварии не прекращаются. Создание новых систем локализации взрывов в угольных шахтах является одной из ключевых задач по их предотвращению. К таким системам можно отнести автоматическую систему взрывоподавления и локализации взрывов типа АСВП-ЛВ.1М, основное назначение которой заключается в защите выработок от распространения по ним взрывов угольной пыли и (или) метановоздушной смеси при создании аэрозольного облака огнетушащего порошка [2, 3].

Такие системы реализуются в виде автономного устройства, которое размещается в выработке с креплением к элементам крепи или анкерам. Система снабжена порошком для тушения пожара (25 кг) и емкостью сжатого воздуха, который находится под высоким давлением, и в сумме АСВП-ЛВ.1М имеет массу не более 89 кг. Отличительной особенностью системы и ее достоинством является полная автономность и способность функционировать без электрического питания. К достоинствам системы также можно отнести и то, что она не содержит пиротехнический заряд. Как правило, устанавливаются несколько или одну систему АСВП-ЛВ.1М на одном из участков выработки. Такая система обладает длиной заслона в виде облака порошка, который локализует взрыв, составляющей более 30 м с пределом срабатывания по давлению ударной волны – 0,02 МПа.

Особенностью установки системы является ее направленность в сторону взрыва. Однако, если существует вероятность прихода взрыва в противоположных направлениях, то наиболее предпочтительной будет установка двух систем АСВП-ЛВ.1М в разных направлениях. При приходе взрыва со стороны, противоположной направлению установки системы, она также может сработать, но в нештатном режиме. Эффективность таких систем активно доказана в угольных шахтах в Украине, Китае и России. Данная

система соответствует целому ряду документов, регламентирующих безопасность в угольных шахтах [4, 5].

Можно привести целый ряд аварий, где АСВП-ЛВ.1М показала высокую эффективность. Авария в филиале «Шахта «Ульяновская»» (19.03.2007) унесла жизни 110 человек за счет взрыва метанопылевоздушной смеси с участием угольной пыли. Наряду с системами сланцевой пылевзрывозащиты на шахте также применялись системы АСВП-ЛВ. После взрыва угольной пыли все сланцевые заслоны были разбиты, но сам взрыв продолжал распространяться и был остановлен только после срабатывания АСВП-ЛВ.1М.

При аварии на шахте «Томская», принадлежащей ОАО ОУК «Южжубассуголь» (08.02.2006), произошел взрыв, аналогичный указанному выше, что привело к 1 смертельному случаю и травмированию 10 человек. Две системы были установлены на аварийном участке, из которых первая сработала, что привело к локализации распространения взрыва, однако ослабленная ударная волна обладала давлением ниже порогового и вторая система не сработала (по умолчанию она не должна была сработать исходя из технических характеристик).

На шахте «Комсомольская», принадлежащей ОАО «Воркутауголь» 25.06.2007, был также локализован взрыв метанопылевоздушной смеси с участием двух систем АСВП-ЛВ. Аналогично, заслон АСВП-ЛВ показал свою эффективность в остановке взрыва на шахте «Воркутинская» ОАО «Воркутауголь» (11.02.2013).

По данным, указанным в [3] системы АСВП-ЛВ обладают значительной способностью гашения взрывов скоростью 40–660 м/с, что существенно отличает их от водяных (100–285 м/с) и сланцевых заслонов (80–235 м/с).

Стоит отметить, что использование огнетушащих порошков способствует ингибированию пылегазовоздушной смеси, в то время как пассивные заслоны используются только с флегматизирующими агентами, которые в меньшей степени эффективны. Кроме того, нельзя не отметить одно из достоинств системы, такое как время срабатывания, которое

выше более чем в 10 раз по сравнению с пассивными заслонами, при большем среднем времени жизни облака равном 370 с (0,16-0,25 с для водяных заслонов). Огнетушащий порошок распыляется на достаточно мелкие частицы размером менее 20 мкм, что по сравнению с водяными заслонами несравнимо мало, поскольку вода образует более крупные частицы, которые могут не покрыть все локализуемое пространство, в то время как аэрозоль огнетушащего порошка в силу своей летучести заполняет практически все пространство. Водяные заслоны обладают значительной громоздкостью (сотни килограмм на 1 м² выработки),

в то время как масса порошка в составе АСВП-ЛВ.1М составляет всего лишь 25 кг.

В заключении стоит отметить, что система АСВП-ЛВ показывает свою высокую эффективность по сравнению с другими аналогами и уже помогла предотвратить значительные повреждения и людские потери в угольных шахтах. Предполагается, что в будущем будет проведена модернизация таких систем с разработкой более современных модификаций и схем их установки в выработках, что еще больше повысит климат промышленной безопасности в угольной промышленности.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Осипков В.Н., Кобяков В.В., Каменев М.Н. Системы пожаротушения на основе газогенерирующих устройств. Каталог «Пожарная автоматика», 2013. С. 62-64.
3. Отчет о НИР «Анализ действующих в угольных шахтах систем локализации взрывов и оценка эффективности их применения» / А.В. Джигрин. – М., 2014. – 91 с.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах».
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах».

О ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ ОТ ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Костюк В.И.,

д.б.н., г.н.с., Полярно-альпийский ботанический сад-институт
Кольского научного центра РАН (г. Апатиты, Россия)
vikos47@mail.ru

Аннотация. Впервые выявлена зависимость между многолетними колебаниями урожайности картофеля на Кольском Севере и короткопериодическими вариациями солнечной активности. Проведен Фурье-анализ периодических свойств динамических рядов данных показателей, а также выполнен кросс-спектральный анализ сопряженности профилей их временных изменений, происходивших на протяжении 33 лет мониторинговых наблюдений.

Ключевые слова: Кольский Север, урожайность картофеля, солнечная активность.

DEPENDENCE POTATO YIELD FROM VARIATIONS IN SOLAR ACTIVITY

Kostyuk V.I.,

Polar-alpine botanical garden-institute Kola scientific centre of RAS (Apatity, Russia)

Annotation. Dependence between long-term fluctuations of productivity of potatoes in the Kola North and short-period variations of solar activity is for the first time revealed. Fourier analysis of periodic properties of dynamic sequences of data of indicators is carried out, and cross-spectral association analysis of profiles of their temporary changes happening for 33 flying's of monitoring supervision is made.

Keywords: Kola North, potato yield, solar activity.

Введение

Известно, что формирование урожая культурных растений находится под постоянным “контролем” такого мощного гелиогеофизического фактора, как солнечная активность, обуславливающего разнообразные проявления солнечно-биосферных связей (Harrison, 1976; Чижевский, 1976; Владимирский, 2010; Мирошниченко, 2011).

В начале двухтысячных годов было установлено, что биота Кольского полуострова, который расположен достаточно близко к географическому и магнитному полюсам Земли, испытывает хорошо выраженное широтно-зависимое воздействие данного фактора (Кашулин и др., 2001). Однако изучение влияния активности Солнца на продукционный процесс сельскохозяйственных растений в условиях Кольского Севера было начато только в последние годы (Костюк, 2012; Костюк и др., 2013).

Цель данной работы - выявление связи урожайности картофеля в данном регионе с вариациями солнечной активности, представленной в форме долговременного гелиогеофизического индекса – чисел Вольфа.

Объекты и методы исследования

Мониторинговые наблюдения проводились в течение 33 лет (1978-2010 гг.) на Полярной опытной станции Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова. Объектом исследования служил картофель сорта Хибинский ранний. Семенные клубни среднего размера (массой 50-70 г) проращивали на свету в течение 30-40 сут., а затем высаживали по схеме 70 • 30 см в конце мая - начале июня. Перед посадкой картофеля на делянки опытного участка вносили органические удобрения из расчета 70 т/га и нитроаммофоску – N70-90P70-90K70-90 кг д.в./га. Окончательный учет урожая клубней проводили в первой декаде сентября.

Значения чисел Вольфа (цюрихские относительные числа солнечных пятен - W) за анализируемый период наблюдений были получены из открытого интернет-источника – URL: ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp/solar_data/sunspot_numbers. Для расчетов использовали усредненные за три летних месяца значения чисел Вольфа.

Статистический анализ состава и структуры временных рядов “солнечная активность” и “урожайность картофеля”, а также оценку связи между ними выполняли с использованием программы STATISTICA 8.

Результаты исследования

Парная корреляция показателей. Общая длина рассматриваемых временных рядов (33 года) номинально включает в себя три полных 11-летних цикла солнечной активности (цикла Швабе). Статистический анализ сопряженности этих рядов показал, что между урожайностью картофеля и длиннопериодическими колебаниями солнечной активности корреляция практически отсутствовала ($r = -0.05$; $P\text{-level} = 0.78$). Таким образом, влияние низкочастотных циклов Швабе на продуктивность картофеля в нашем случае не проявилось. Возможно, это было обусловлено тем, что по агрономическим критериям картофель является однолетней культурой и выращивается в течение одного с.-х. сезона. В такой ситуации разногодичные вариации урожайности картофеля целесообразнее увязывать не с 11-летними, а с более короткими циклами изменений солнечной активности. Часто такой подход оказывается вполне оправданным и результативным. Следует также заметить, что стандартный корреляционный анализ оказался малоэффективным для оценки завуалированных связей между этими рядами, что вызывает необходимость применения статистического инструментария с более высокой “разрешающей способностью”.

Одномерный спектральный (Фурье) анализ структуры динамических рядов. Основная цель данного вида анализа – определение наиболее важных (существенных) гармонических составляющих временного ряда с эндогенными циклическими компонентами (Халафян, 2008). Одномерный спектральный анализ обычно используется для получения описательных статистик стационарного временного ряда, обнаружения в нем скрытых периодических свойств и построения периодограмм, для определе-

ния оценок спектральной плотности и вклада основных частотных гармоник в спектр ряда (Суслов и др., 2005). Преобразование Фурье позволяет перевести амплитудно-временное представление в частотный спектр. В этой связи особый интерес представляет поиск частот с большими спектральными плотностями или, говоря иными словами, такие частотные области, которые состоят из совокупности близких частот и которые вносят максимальный вклад в периодическое (циклическое) поведение всего ряда (Теребиж, 1992).

Опишем последовательно с этих позиций структурные особенности рядов “солнечная активность” и “урожайность картофеля”.

Перед началом анализа в конец исходного ряда “солнечная активность” ($n = 33$) добавляли один нуль (после удаления из него среднего и тренда), чтобы сделать ряд четным и сохранить в последующих расчетах его фактическую длину. Эту процедуру дополнения исходных данных нулями (пэддинг) выполняли и для урожайности картофеля. Ширину окна Хемминга для оценки спектральной плотности ряда принимали равной 5.

Ниже приводятся два графика оценки спектральной плотности (по частоте и по периоду) для показателя “солнечная активность”. На рис. 1 можно выделить два характерных пика спектральной плотности: основной - на частоте $f = 0.09$, и почти незаметный - на частоте $f = 0.42$. Первый пик (низкочастотный) отражает 11-летний цикл солнечной активности, а второй (высокочастотный) – периодичность 2.4 года (рис. 2). Биологическая значимость этой высокочастотной периодичности обсуждается в литературе чрезвычайно редко, а потому она представляет особый интерес в плане оценки ее потенциального влияния на урожайность картофеля.

На спектрограммах динамического ряда “урожайность картофеля” (рис. 3 и 4) выделяются четыре характерных пика - три минорных и один доминантный.

Первый – это низкочастотный пик ($f = 0.06$), имеющий стереотипный 16.5-летний период проявления. Вторая характерная точка на данных графи-

ках (смежная с первым пиком) - приурочена к частоте $f = 0.09$ и отражает 11-летний цикл солнечной активности. Эти две компоненты временного ряда имеют сравнительно небольшие по абсолютной величине и достаточно близкие значения спектральной плотности и не оказывали, очевидно, заметного влияния на многолетние колебания урожайности картофеля.

Третий пик характеризуется более высокой частотой - $f = 0.27$ и повторяется через каждые 3.7 года. Однако наибольший теоретико-прикладной интерес представляет мощная высокочастотная компонента ($f = 0.42$) с периодом 2.4 года. Она совпадает с одной из минорных частотных компонент спектра солнечной активности (периодичность 2.4 года), о которой уже упоминалось ранее.

Тесная сопряженность изменений активности Солнца и вариаций урожайности картофеля с периодичностью 2.4 года является, вероятно, не случайной и отражает одну из любопытных граней “универсального” влияния рассматриваемого гелиогеофизического фактора на природную среду.

Воздействие этой высокочастотной компоненты активности Солнца (с периодом приблизительно 2.5 года) проецируется не только на биоту, но и на абиотическую составляющую среды. Установлено, например, что с достаточно близкой периодичностью происходят оползни и обвалы в Альпах, на территориях Западной и Восточной Европы (Атлас..., 1998, с. 143-144), осуществляются колебания среднегодовых уровней Черного и Азовского морей (Атлас..., 1998, с. 216-227). Сравнительно недавно, на основе спектрального анализа временных рядов максимального стока реки Днестр (в периоды весенних половодий), также был выделен устойчивый цикл продолжительностью 2.2-2.5 года (Мельник, 2012).

Кросс-спектральный анализ связи динамических рядов. Этот подход расширяет рамки одномерного анализа Фурье и позволяет одновременно анализировать взаимосвязь спектров двух динамических рядов. Данный вид анализа определяет наличие или отсутствие существенных гармонических составляющих в исследованных частотных диапазонах и дает возможность оценивать тесноту связи

между временными рядами именно с этих позиций (Дроздов и др., 1989; Айвазян, Мхитарян, 2001).

Итоговая таблица результатов кросс-спектрального анализа обычно включает следующие основные статистики: кросс-периодограмму, кросс-плотность, квадратурную плотность, кросс-амплитуду, квадрат когерентности, усиление, фазовый сдвиг (Statistica, 2001). Ключевыми в данном наборе статистик являются оценки когерентности, усиления и фазового сдвига (Дроздов и др., 1989; Горчаков, Половников, 1995).

Коэффициент когерентности представляет собой квадрат корреляции между циклическими компонентами двух рядов соответствующей частоты. Данный показатель отражает линейную связь двух рядов дифференцированно по частотам. Когерентность принимает значения в промежутке от 0 до 1.

Коэффициент усиления (выигрыша) позволяет получить информацию о том, на каких частотах наблюдается синхронное и соответствующее по величине изменение мощности в двух анализируемых временных рядах.

Фазовый сдвиг (спектр) дает представление о том, насколько каждая частотная компонента одного ряда опережает частотные компоненты другого ряда или отстает от них.

Оценим теперь с помощью данного статистического подхода связь между солнечной активностью и урожайностью картофеля (таблица). Полученные результаты показали, что наиболее высокие значения кросс-плотности и кросс-амплитуды относятся к следующим частотам: $f = 0.09$ (период 11.0 года), $f = 0.18$ (период 5.5 года), $f = 0.21$ (период 4.7 года), $f = 0.27$ (период 3.7 года), $f = 0.36$ (период 2.8 года), $f = 0.42$ (период 2.4 года) и $f = 0.48$ (период 2.1 года). В этом списке по значениям кросс-плотности и кросс-амплитуды особенно выделяются две доминирующие частоты - $f = 0.09$ (известный 11-летний цикл Швабе) и $f = 0.48$ (широко обсуждаемый в последние годы квазидвухлетний цикл изменений солнечной активности – см., например, McIntosh et al., 2015).

Максимальная когерентность рядов (> 0.90) проявилась на следующих частотах их взаимного спектра

ра: $f = 0.48$ (период 2.1 года), $f = 0.42$ (период 2.4 года), $f = 0.33$ (период 3.0 года), $f = 0.27$ (период 3.7 года), $f = 0.21$ (период 4.7 года) и $f = 0.18$ (период 5.5 года). Любопытно, что сопряженность рядов на частоте $f = 0.09$ (период 11.0 года), оцениваемая по величине коэффициента когерентности, оказалась выражена достаточно умеренно (0.72).

Таким образом, для уточнения и конкретизации общей картины спектрального анализа необходимо подробнее рассмотреть короткопериодическую часть взаимного спектра двух динамических рядов – от 2.1 до 5.5 года. Картофель, как выяснилось, обладает непродолжительной модификационной “памятью”, зависящей (как и у других культурогенов) от “поточных” (климат, метеоусловия, биота), “неподвижных” (ландшафт, рельеф) и антропогенных (агроэкология) факторов.

В этом временном интервале самые большие значения коэффициента усиления (выигрыша) для ряда “урожайность картофеля” в зависимости от вариаций активности Солнца (Gain values Y over X) наблюдались на когерентных частотах с периодичностью 2.4, 2.8, 3.0, 4.7 и 5.5 года. Необходимо заметить, что периодичность 5.5 года в колебаниях урожайности картофеля совпадает не только с полупериодом 11-летнего цикла солнечной активности, но и с одним из основных циклов вариаций планетарного амплитудного индекса геомагнитной активности Aa , который составляет приблизительно 5.5 года (Заболотная, 2007).

Из приведенной таблицы видно также, что по мере снижения частоты (увеличения периода) значения фазового сдвига между рассматриваемыми рядами несколько уменьшались. Наибольшая согла-

сованность между рядами, оцениваемая по значениям фазового спектра, наблюдалась на частоте $f = 0.18$ (период 5.5 года).

Заключение

На основе спектрального анализа временных рядов установлено, что многолетние колебания урожайности картофеля на Кольском Севере в значительной мере связаны с изменениями активности Солнца. На вариации урожайности этой культуры по годам наиболее заметно влияют высокочастотные компоненты спектра солнечной активности с цикличностью 2...5 лет. Внутри этого диапазона отчетливо выделяется цикл в 2.4 года, характеризующийся максимальным “фитотропным” эффектом. Проявление этого эффекта обусловлено по меньшей мере двумя основными причинами: 1) избирательным “захватом частоты” на данной гармонике солнечной активности; 2) опосредованным влиянием частоты $f = 0.42$ (период 2.4 года) на урожайность картофеля за счет специфической “настройки” комплекса метеорологических и почвенно-климатических условий. Показано, например, что наиболее заметные межгодовые климатические колебания, кардинально влияющие на продукционный процесс растений, также происходят с периодичностью в 2.4 года (Монин, Сонечкин, 2005).

Полученные нами результаты дают все основания считать, что для корректного описания сценариев эвентуальных изменений урожайности картофеля на Севере в кратко- и среднесрочной перспективе необходимо учитывать короткопериодические вариации активности Солнца. В противном случае, доля неопределенности и масштабы ошибок в подобных прогнозах будут очень велики.

Таблица

Результаты кросс-спектрального анализа двух сопряженных рядов динамики – чисел Вольфа (X) и урожайности картофеля (Y) (ширина окна Хемминга была принята равной 3)

№ п/п	Частота (f)	Период (годы)	Плотность X	Плотность Y	Кросс-плотн.	Кросс-ампл.	Квадр. когер.	Выигрыш	Сдвиг фазы
0	0.00		469	0.01	2.0	2.0	0.79	189.4	0.00

№ п/п	Частота (f)	Период (годы)	Плотность X	Плотность Y	Кросс-плотн.	Кросс-ампл.	Квадр. когер.	Выигрыш	Сдвиг фазы
1	0.03	33.0	3033	0.13	14.5	16.3	0.68	126.1	-0.47
2	0.06	16.5	5168	0.84	37.0	41.8	0.40	49.9	-0.48
3	0.09	11.0	46945	0.37	93.1	111.5	0.72	301.3	-0.58
4	0.12	8.3	14015	0.46	8.3	59.8	0.56	130.2	1.43
5	0.15	6.6	1250	0.38	7.7	8.4	0.15	22.2	-0.42
6	0.18	5.5	926	0.46	20.1	20.1	0.94	43.4	-0.05
7	0.21	4.7	1239	1.16	36.9	37.7	0.99	32.5	-0.20
8	0.24	4.1	208	0.25	5.0	5.4	0.54	21.1	-0.34
9	0.27	3.7	292	1.78	9.9	21.6	0.90	12.1	-1.09
10	0.30	3.3	197	0.65	5.5	8.1	0.51	12.5	0.82
11	0.33	3.0	701	0.51	6.3	18.1	0.92	35.6	1.22
12	0.36	2.8	622	1.55	11.3	28.5	0.84	18.4	1.16
13	0.39	2.5	159	2.62	-5.7	5.8	0.08	2.2	-3.03
14	0.42	2.4	1315	3.65	-64.1	65.8	0.90	18.0	2.91
15	0.45	2.2	183	9.50	10.1	13.0	0.10	1.4	-0.69
16	0.48	2.1	429	90.47	194.9	194.9	0.98	2.2	0.00

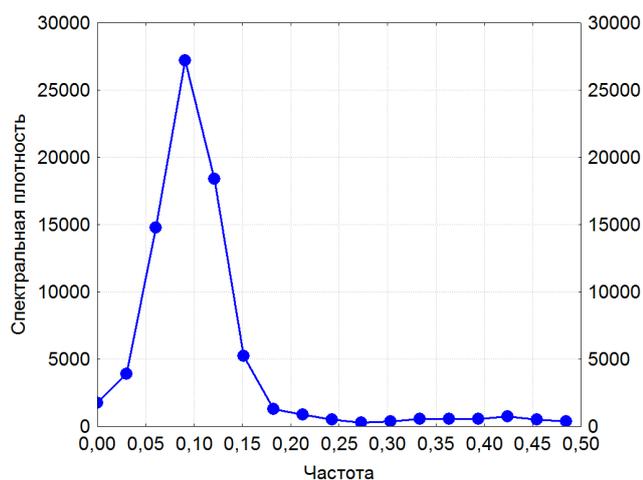


Рис. 1. График спектральной плотности показателя "солнечная активность" по частоте

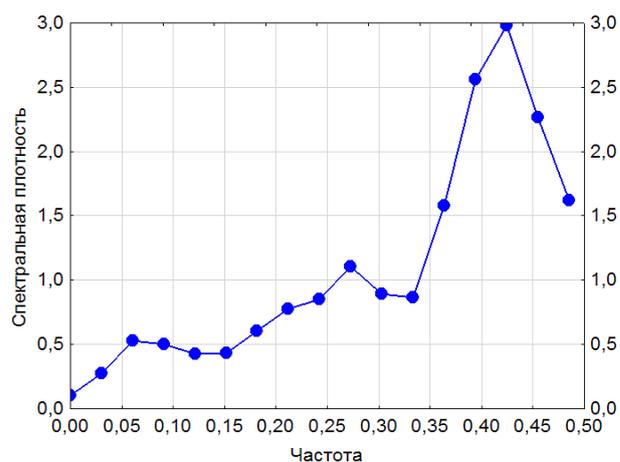


Рис. 2. График спектральной плотности показателя "солнечная активность" по периоду

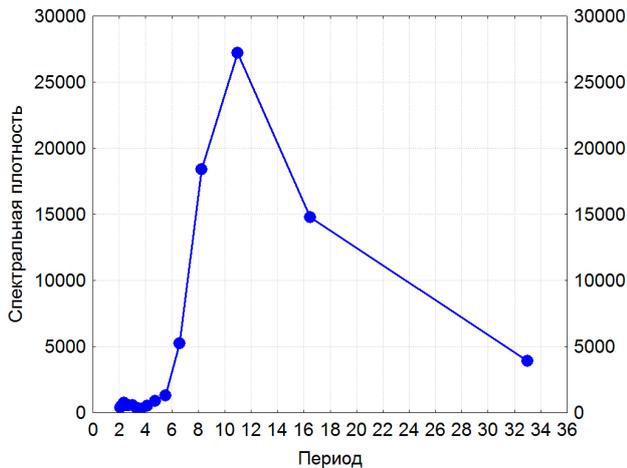


Рис. 3. График спектральной плотности показателя "урожайность картофеля" по частоте

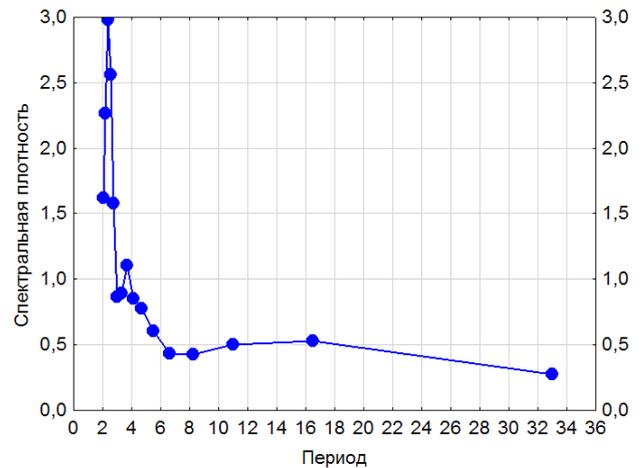


Рис. 4. График спектральной плотности показателя "урожайность картофеля" по периоду

Список литературы

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. В 2-х томах. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - Т. 1. - 656 с., - Т. 2. - 432 с.
2. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 2. Циклическая динамика в природе и обществе. - М.: Научный мир, 1998. - 432 с.
3. Владимирский Б.М. Работы А.Л. Чижевского по солнечно-земным связям. Гелиобиология в канун XXI века – итоги, проблемы, перспективы // Биофизика. - 1998. - Т. 43. - Вып. 4. - С. 566-570.
4. Горчаков А.А., Половников В.А. Финансовая математика. - М.: ВЗФЭИ, 1995. - 247 с.
5. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 567 с.
6. Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности. Справочное пособие. - М.: Изд-во ЛКИ, 2007. - 88 с.
7. Кашулин П.А., Ролдугин В.К., Жибоедов П.М., Костюк В.И. Исследование биологической роли гелиогеофизических факторов в Субарктике на примере выживания растений // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. - Апатиты. Изд-во Кольского научного центра РАН, 2001. - С. 136-145.
8. Костюк В.И. Экология культурных растений на Кольском Севере. - Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2012. - 169 с.
9. Костюк В.И., Травина С.Н., Вихман М.И. Влияние солнечной активности, инсоляции, температуры воздуха и атмосферных осадков на продуктивность культурных растений в условиях Кольского Севера. - Апатиты. Изд-во Кольского научного центра РАН, 2013. - 79 с.
10. Мельник С.В. Анализ временных рядов стока на постах верхнего и среднего Днестра // Ученые записки Таврического университета им. В.И. Вернадского. Серия "География". - 2012. - Т. 25. - №2. - С. 74-80.
11. Мирошниченко Л.И. Физика Солнца и солнечно-земных связей. - М.: Университетская книга, 2011. - 174 с.
12. Монин А.С., Сонечкин Д.М. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы. - М.: Наука, 2005. - 191 с.
13. Суслов В.И., Ибрагимов Н.М., Талышева Л.П., Цыплаков А.А. Эконометрия. - Новосибирск: Изд-во Сибирского Отделения РАН, 2005. - 744 с.

14. Теребиж В.Ю. Анализ временных рядов в астрофизике. - М.: Наука, 1992. - 392 с.
15. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. – М.: Бином-Пресс, 2008. - 512 с.
16. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. - М.: Изд-во Мысль, 1976. - 367 с.
17. Harrison V.L. Do sunspot cycles affect crop yields? Economic Research Service. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report. No. 327. - Washington. 1976. - 23 p.
18. McIntosh S.W., Leamon R.J., Krista L.D. et al. The solar magnetic activity band interaction and instabilities that shape quasi-periodic variability // Nature Communications. - 2015. - 6:6491. - Doi: 10.1038/ncomms7491.
19. STATISTICA: Обзор методов и руководство пользователя. - StatSoft, 2001. - 220 с.

СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННО-ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛАНДШАФТНО-МЕМОРИАЛЬНЫХ ПАРКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Семенютина А.В.,

Д. С.-Х. Н.,

Свинцов И.П.,

академик РАН, Д. С.-Х. Н.,

Таран С.С.,

К. С.-Х. Н.,

Кружилин С.Н.,

К. С.-Х. Н.,

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации,
Новочеркасская государственная мелиоративная академия,
vnialmi@yandex.ru

Аннотация. Дано научное обоснование обновления зеленого фонда (деревьев, кустарников, лиан, цветочного декора, газонов) ландшафтно-мемориальных парковых комплексов, которое базируется на мониторинге их состояния и разработке комплексной системы мероприятий с учетом зонирования структуры, качества, анализа и прогнозирования возможных изменений на фоне естественных процессов и под влиянием антропогенных факторов. На примере лесопаркового пояса Мамаева кургана определены корректирующие меры, направленные на сохранение и восстановление парковой структуры мемориальных комплексов, выполняющих важные функции: градостроительную, архитектурно-художественную и эстетическую, санитарно-гигиеническую и микроклиматическую, рекреационную.

Ключевые слова: рекреационно-озеленительные насаждения, биоразнообразие, зеленый фонд, зеленые технологии, биоэкологический потенциал, реконструкция, реставрация насаждений, антропогенные факторы.

FORMATION STRATEGY OF RECREATIONAL GREENERY OF LANDSCAPE AND MEMORIAL PARK COMPLEXES

Semenyutina A.V.,

doctor of agricultural sciences,

Svintsov I.P.,

academician of the Russian Academy of Sciences,

doctor of agricultural sciences,

Taran S.S.,

candidate of agricultural sciences,

Kruzhilin S.N.,

candidate of agricultural sciences,

All-Russian research institute of an agrolesomelioration,

Novocherkassk state meliorative academy

Abstract. Scientific justification of updating of green fund (trees, bushes, lianas, a flower decor, lawns) of landscape and memorial park complexes which is based on monitoring of their state and development of complex system of actions taking into account zoning of structure, quality, the analysis and forecasting of possible changes against natural processes and under the influence of anthropogenous factors is given. On the example of a forest-park belt of Mamayev Kurgan the correcting measures directed on preservation and restoration of park structure of the memorial complexes which are carrying out important functions are defined: town-planning, architectural and art and esthetic, sanitary and hygienic and microclimatic, recreational.

Keywords: recreational озеленительные plantings, biodiversity, green fund, green technologies, bioecological potential, reconstruction, restoration of plantings, anthropogenous factors.

В настоящее время зеленый фонд (деревья, кустарники, лианы, цветочный декор, газоны) ландшафтно-мемориальных парковых комплексов требует обновления и развития, в связи

с неудовлетворительным состоянием насаждений, которое особенно проявилось в экстремальные годы, периодически повторяющиеся в малолесных регионах, недооценкой роли кустарников; увлечением ря-

довыми посадками и монокультурами. В результате ослабла жизнедеятельность насаждений, погибает часть деревьев и кустарников, вытаптываются газоны, в той или иной степени изменилась планировка территорий. Отсутствие буферных зон привело к повышению в 2-3 раза антропогенной нагрузки на архитектурные комплексы [1, 2, 3].

В соответствии с Федеральным законом (от 18.12.2006 №232-ФЗ) в целях сохранения исторической, ландшафтной и градостроительной среды установлены зоны охраны объектов культурного наследия, на которых введен особый правовой режим и запрещена деятельность, несовместимая с основным назначением этих земель.

В городе Волгограде на Мамаевом кургане был сооружен памятник в честь победы советских войск над немецко-фашистскими захватчиками. По генеральному плану – это композиционный центр большого зеленого массива. В основу генсхемы (1962 г.) озелененного пространства положены материалы почвенного и агролесомелиоративного обследования.

По замыслам скульптора Е.В. Вучетича, архитектора Я.В. Белопольского, ландшафтного архитектора Л. Розенберга для мемориала характерно слияние всех видов искусства. Скульптура, литература в виде памятных стихов, музыка и насаждения должны создать целостный и яркий эмоциональный образ – торжественный, сильный, скорбный, исполненный радости победы. Поэтому традиционно проектировались вертикали тополей (символизирующие строй солдат), голубые ели, колоновидные туи и можжевельники, плакучие виды ивы, вяза, рябины, а также березы как символ родной природы [4].

Зеленый фонд (деревья, кустарники, лианы, цветочный декор, газоны) является фоном и составной частью парковой структуры мемориального комплекса «Героям Сталинградской битвы на Мамаевом кургане» (территория места ожесточенных боев в 1942-1943 гг.) и выполняет важные функции: градостроительную, архитектурно-художественную и эстетическую, санитарно-гигиеническую и микроклиматическую, рекреационную. Для Мамаева кургана определены границы зоны охраны Мамаева кургана

– места ожесточенных боев в 1942-1943 гг. как объекта культурного наследия федерального значения.

С целью сохранения композиционных и планировочных решений Историко-мемориального комплекса «Героям Сталинградской битвы» на месте погибших деревьев и кустарников необходимо высаживать рекомендуемые проектом виды, в лесопарковом поясе Мамаева кургана – научно и принципиально обосновывать обогащение ассортимента с формированием рекреационного потенциала [5-8].

Работы по обновлению зеленого фонда Мамаева кургана необходимо целенаправленно организовывать и развивать, согласно руководящим документам по эксплуатации, капитальному ремонту, реставрации и реконструкции рекреационно-озеленительных насаждений.

Разработка мероприятий по улучшению условий существования зеленых насаждений Мамаева кургана преследует цель сохранения экологического равновесия, гармоничного и целенаправленного развития урбанизированных территорий и природной среды [9].

К сожалению, в последние годы зеленый фонд Мамаева кургана стал жертвой «экологической агрессии» урбанизации и других антропогенных и естественных природных факторов.

Выявлено, что факторами экологического риска для зеленого фонда Мамаева кургана являются естественные (ветровая и водная эрозия, оползни и другие экзогенные процессы, изменение климатических условий, уровни стояния грунтовых вод) и антропогенные (дорожное и другое строительство, загрязнение воздушного бассейна, деградация растительности, рекреационная депрессия, визуальное загрязнение среды и нарушение эстетических достоинств ландшафта).

Само по себе создание озеленительных пространств является мощным средством, снижающим влияние большого комплекса неблагоприятных факторов на условия жизни человека, так как они выполняют санитарно-гигиеническую функцию, способствуют оздоровлению воздушного бассейна, снижает эрозионные процессы. Кроме того, деревья

и кустарники выделяют фитонциды, способствуют ионизации воздуха, выводят из атмосферы большое количество пыли.

Эстетическое значение насаждений можно продлить за счет увеличения сроков их функционирования путем сохранения экологического равновесия, гармоничного и целенаправленного развития урбанизированных территорий и природной среды.

Такое равновесие основано на соответствии ряда фактором:

- видового состава насаждений – природно-климатическим условиям;
- функционального назначения озелененного пространства, его размером, характеру и особенностям;
- уровнем благоустройства озелененного пространства – интенсивности его использования.

Распределение территории лесопаркового пояса по ландшафтными категориям (закрытые, полуоткрытые, открытые) проведено с учетом климатической зоны, отдано предпочтение закрытому пространству в связи с сухим и жарким летом (рис. 1).

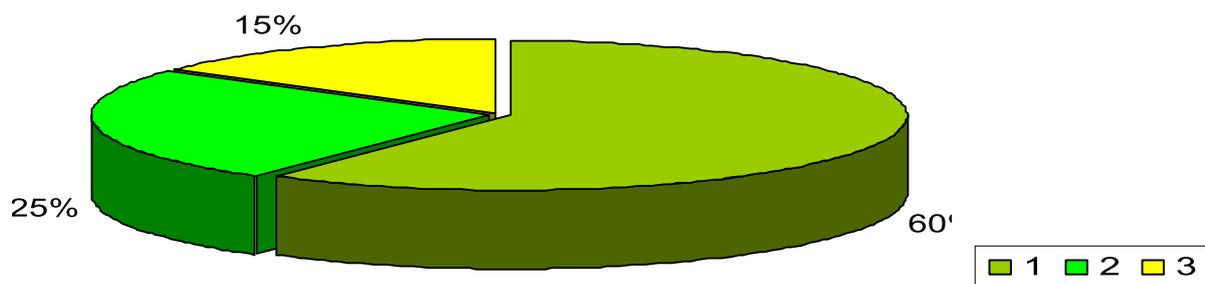
Размещение растительности с учетом баланса территории имеет целый ряд возможностей для улучшения

экологических, рекреационных и санитарно-гигиенических условий. Сюда входят оздоровление воздушного бассейна, улучшение аэрации, защита человека от вредных воздействий, обеспечение необходимой устойчивости самих растений и использование зеленых технологий, оздоровительных и защитных функций растительных организмов и т.д.

Ориентировочный баланс территории лесопаркового пояса Мамаева кургана (в % от общего баланса территории)

<i>Древесно-кустарниковые насаждения и открытые луговые пространства, поляны</i>	90-93
<i>Дорожно-тропиночная сеть и смотровые площадки</i>	2,5-4,0
<i>Элементы малых архитектурных форм</i>	5,0-6,0
<i>Обслуживающие сооружения и хозяйственные постройки</i>	1,0-2,0

Необходимость реконструкции насаждений лесопаркового пояса Мамаева кургана обусловлена помимо возрастного фактора и рядом других обстоятельств (табл. 1).



1 – закрытые пространства (сомкнутость полога 1,0-0,6); 2 – полуоткрытые пространства (0,5-0,2); 3 – открытые пространства (0,1).

Рис. 1. Лесопарковый пояс Мамаева кургана по категориям ландшафта

Таблица 1

Основные направления работ по реконструкции в зависимости от состояния насаждений

Насаждения	Причины реконструкции	Метод реконструкции
Старовозрастные и необратимо поврежденные	Аварийное состояние посадок: опасность падения, опасность заражения соседних насаждений, снижение кислородопроductивности из-за ослабления физиологических процессов, снижение газо- и шумозащитных и др. санитарно-гигиенических свойств. Потеря декоративности: крон, стволов, отсутствие цветения, слабая облиственность и др. Пожароопасность.	Оставить наиболее здоровые и жизнеспособные насаждения или более долговечные растения. Замена может быть произведена одновременно или поэтапно. Для поддержания выразительности внешнего облика объекта при поэтапной замене оставляют часть наиболее декоративных деревьев и кустарников. Растения оставляют таким образом, чтобы последующая их уборка не повредила новые посадки (оставление коридоров, «окон», куда упадут собираемые экзemplяры). Обеспечить возможность удаления или дробления пней и оставшихся корней во избежание порослевого возобновления. Омоложение древесных и кустарниковых насаждений. Омоложение – основной метод реконструкции насаждений, способных к порослевому возобновлению. Провести мероприятия по улучшению почвенно-грунтовых условий (полив и др.).
Засушенные посадки (полнота 0,9-1,0)	Наличие недоразвитости крон, отсутствие подлеска и травяного покрова, значительная дискомфортность: недостаточные освещенность и аэрация, изнуряющая сухость воздуха в засушливые периоды. Сухие сучья, отсутствие ярусности, искривление опушенных растений, отсутствие газона и др., как следствие снижение долговечности растений и потеря декоративности.	Комплексное и одновременное осуществление работ: удаление значительной части растений с обогащением породного состава деревьями и кустарниками; создание ярусности, опушек, полян, открытых пространств; формирование групп и куртин; восстановление плодородия почвы, создание газонных покрытий.
Сильно разреженные посадки (полнота менее 0,3)	Недостаточная микроклиматическая, шумо-, ветро- и пыле-защитная эффективность, возможная потеря декоративности, если разреживание вызвано рубками, разрытиями.	Посадка декоративных видов для достижения необходимой полноты и создания ярусности и разновозрастности. Формирование групп, куртин, оформление опушек, улучшение цветочного декора.
Однородные или малоценные, малодекоративные посадки	Недостаточная эстетическая выразительность, монотонность, сокращение периода декоративности. Низкая санитарно-гигиеническая и микроклиматическая эффективность, вызванная качествами крон в насаждениях. Не обеспечивают необходимого уровня комфортности, низкий рекреационный потенциал монокультур, чем у смешанных насаждений.	<ul style="list-style-type: none"> • Сохранение значительной части существующих насаждений с образованием биогрупп, дополнением кустарниковыми посадками и экземплярами деревьев, контрастных по отношению к монокультурам. • Сохранение высокодекоративных однородных насаждений с посадкой растений меньшего возраста (для вечнозеленых посадок). • Подбор и введение ассортимента в соответствии с экологическими требованиями. Эстетически обогатить насаждения с целью повышения рекреационного потенциала (посадка кустарников, создание цветников и др.).

Таблица 1 (окончание)

Основные направления работ по реконструкции в зависимости от состояния насаждений

Насаждения	Причины реконструкции	Метод реконструкции
Несоответствие биологических требований растений экологическим условиям произрастания	Угнетение роста и развития, потеря декоративности, постепенное или быстрое отмирание. Значительное снижение санитарно-гигиенических, микроклиматических и других функций, рекреационного потенциала насаждений.	<ul style="list-style-type: none"> • Подбор ассортимента и полная смена состава насаждений на соответствующие экологическим условиям. • Улучшение экологических условий: мелиорация, восстановление плодородия почв, структуры, порозности, водопроницаемости и т.п. Осветление, создание защитных посадок, укрепление откосов, посадка в насыпные «бурты» и т.д. • Невозможность изменения экологических условий – заменить древесные насаждения на кустарниковые, цветники, газоны с использованием мощений различного вида, подпорных стенок и малых архитектурных форм.
Насаждения с недостаточным уровнем благоустройства	Недостаточно развитая дорожно-тропиночная сеть не обеспечивает регулирование потоков пешеходов и приводит к вытаптыванию насаждений, к их распаду, поломке, уничтожению. Снижаются декоративность и рекреационная эффективность насаждений.	Прокладка новых дорожек и дополнительных дорог, в соответствие с современными требованиями, устройство площадок, формирование насаждений с учетом их восприимчивости с новых маршрутов, а также улучшение благоустройства.

При формировании лесопарковых насаждений необходимо сохранить выразительные природные участки [10-11]. Малоценные, однообразные территории реконструируются существующие и вновь создаваемые насаждения должны удачно составлять закрытые, полужакрытые и открытые пространства. Для достижения художественной выразительности в лесопарковых композициях Мамаева кургана следует использовать разнообразие парковых элементов:

- поляны;
- газон;
- солитеры, одиночные посадки;
- аллеи (основные, внутренние, второстепенные, изогнутые, при наличии рельефа, открытые и закрытые);
- рядовые посадки;
- живые изгороди;
- групповые посадки;
- куртины и рожи;
- вертикальное озеленение;
- цветочное оформление;
- парковые объекты малых форм;
- сеть дорог, аллей, тропинок;
- база для обслуживания посетителей и др.

Необходимость использование декоративных групп в лесопарковом поясе:

- как композиционный центр лесопарковой картины – на полянах, лужайках, завершающих перспективу, закрепляющих повороты дорожек и фоновые посадки;
- как переход массивов к открытому пространству;
- как образующие кулисы;
- как образующие пейзажные группы.

Наиболее важный элемент природообустройства лесопарка – дорожно-тропиночная сеть. Дорожно-тропиночная сеть лесопаркового пояса после проведенной реконструкции должна быть представлена:

- аллеями массового пешеходного движения, для наиболее посещаемых мест (их продольный уклон для обеспечения удобного передвижения

и хорошего водоотвода, не должен превышать 3%);

- **лесопарковыми и прогулочными дорогами и тропами** в наиболее живописных местах (пешеходными, велосипедными). Для велосипедных прогулок прокладываются отдельные дорожки для однополосного движения не менее 1,5 м, для двухполосного – 2,5 м. Пешеходные прогулочные дороги проводят вдали от мест активного отдыха, трассировка свободная, ширина от 0,75 до 2-3 м. Продольный уклон определяется рельефом.
- **прогулочными, кольцевыми или огибными дорогами.** Ширина проезжей части автопрогулочных дорог до 7 м. Максимальный продольный уклон в пределах 7-9%, минимальный продольный уклон принимается из условий водоотвода;
- **дорогами хозяйственного назначения;**
- **дорожно-тропиночная сеть композиционного значения,** раскрывающая разнообразие лесопаркового ландшафта (прогулочные комплексные, прогулочные в удаленной части).

Дороги-аллеи независимо от их конструкции должны обеспечивать поверхностный водоотток с устройством лотков, отводящих воду (рисунок 5.3). Большие трудности вызывают устройство дорожек на крутых склонах. Во избежание осыпания откоса с одной стороны делают подпорную стенку из грубо обработанных камней. Дорожка должна иметь поперечный уклон для стока воды под откос. При устройстве видовых площадок подпорные стенки делают капитальными.

В композициях лесопаркового ландшафта могут широко использоваться альпинарии, они интересны на участках, имеющие пересеченный рельеф, с глубокими оврагами, холмами, склонами при оформлении ручья. Небольшие поляны, откосы, ложбины лучше покрывать красивоцветущими стелющимися растениями, образующие дернину (флокс, очитки, чабрец и др.).

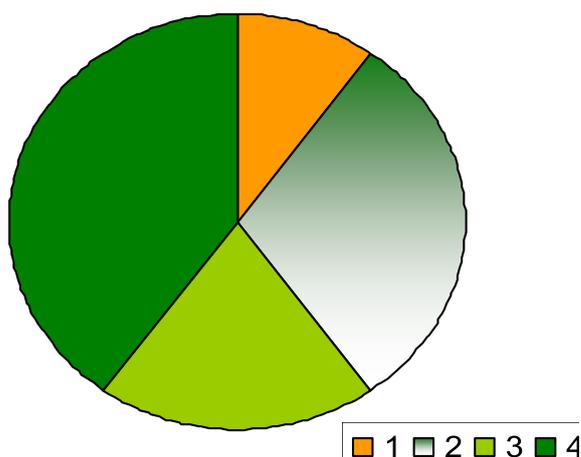
Лесопарковый пояс Мамаева кургана должен выполнять следующие первоочередные функции:

- Являться зеленым фоном для комплекса памятников. Исходя из этого, верхняя часть лесопаркового пояса, непосредственно к нему прилегающая, решается в виде плотных насаждений, наиболее эффектно выявляющих скульптурный ансамбль.
- Служить рекреационным парком (для прогулочных маршрутов) со склоновыми перспективами величественных ландшафтов широкого простора Волги и Заволжья, а также ландшафта всего города. Для этой цели насаждения группируются таким образом, чтобы максимально и наиболее эффектно раскрыть дальние перспективы, а дорожно-тропиночная сеть должна объединить наиболее привлекательные видовые точки в единую композицию. Поясная дорога, проложенная по периметру лесопарка, как кольцевой прогулочный маршрут. Предусматривается устройство огибной дороги, в виде крытых липовых аллей, с зеленым сводом, украшенной трельяжными беседками, входными арками.
- Для тихого отдыха населения в природной обстановке, растения группируются таким образом, чтобы создать удобные и приятные места – поляны, лужайки, оборудованные пикниковые и видовые площадки. Из-за наличия почти на всей территории лесопарка террасных насаждений площадки предусматриваются в очень ограниченных размерах и количествах (к северу от телецентра). Поляны формируют как открытое пространство, в основном свободное от деревьев и крупных кустарников, но имеющее травяное покрытие (малые, средние и большие с шириной соответственно 1, 5-2; 2-4; 4-6 высоты окружающей древесно-кустарниковой растительности). Объединяются в группы, анфилады и «цепочки». Пространство крупных полян и выходы на них отмечаются солитерами и группами высокодекоративных деревьев. Очертаниям полян придаются изрезанные контуры (кулисы), с условиями лучшей инсоляции для различных экспозиции склонов (табл. 2).

Таблица 2

Назначение и размеры площадок отдыха

Виды площадок	Назначение	Минимальная площадь на 1 посетителя, м ²	Размеры площадок, м ²	Покрывтие
Тихого отдыха				
на 1-2 чел.	Бездеятельный отдых, чтение	5	5-15	газонное, спецсмеси
на 3-5 чел.		5	20-15	то же
на 6-15 чел.	то же	10	60-30	то же
Лужайки (поляны):				
малые	активный отдых	25	250-450	луговой газон
средние	пикники	30	500-900	то же
большие	массового гулянья	40	2000-5000	то же



- 1 – зона доминирования парковых и скульптурных сооружений;
- 2 – переходная (парковая) зона;
- 3 – зона с естественным характерным ландшафтом (поляны, луга, овраги, ручей);
- 4 – буферный лесопарковый пояс.

Рис. 2. Степень урбанизации ландшафтно-мемориального паркового комплекса Мамаева кургана

Сложный рельеф участка следует использовать для создания разнообразия композиций и взаимной изоляции участков, рассчитанные либо на отдых в естественном окружении либо на повышенную плотность посетителей вблизи сооружений. Поскольку плотность посещения является значительной, следует выделить поляны, лужайки, дорожки для прогулок с детьми и т.д. (рис. 2).

Рекреационный потенциал лесопаркового ландшафта – эта мера возможности выполнения им рекре-

ационных функций, обусловленная его природными условиями и результатами деятельности человека.

Нельзя ставить знак равенства между рекреационной ценностью и рекреационной пригодностью и рекреационным потенциалом. Оценка рекреационного потенциала насаждений является важнейшим компонентом лесопаркового ландшафта и объединяется в три основные группы:

- привлекательность насаждений;
- комфортность для отдыха;

- *устойчивость к рекреационному воздействию (рис. 3).*

Лесные экосистемы лесопаркового пояса Мамаева кургана необходимо сформировать, как рекреационные и обустроенные территории (табл. 3, рис. 4).



Рис. 3. Составные части рекреационного потенциала лесопарковых насаждений

Таблица 3

Мероприятия по уходу за лесными экосистемами

Мероприятия	Функциональная зона	
	Природо-охранная	Рекреационная лесопарковая
1	2	3
Лесоводственные мероприятия		
1. Рубки ухода за лесом с целью:		
формирования ландшафта	-	+
обновления насаждений (в том числе с целью реконструкции)	+	+
формирования опушек	-	+
ухода за подростом	-	+
ухода за подлеском	-	+

Мероприятия	Функциональная зона	
	Природо-охранная	Рекреационная лесопарковая
ухода за молодняками	+	+
2. Санитарные рубки	+	+
в том числе. уборка сухостоя, валежника, бурелома и зависших деревьев	+	+
3. Прочие рубки	+	+
4. Индивидуальный уход за отдельными деревьями	-	+
5. Посадка деревьев и кустарников с целью:		
обогащения породного состава	-	+
повышения декоративности пейзажей	-	+
маскировка недекоративных пейзажей	-	+
предотвращения деградации насаждений	-	+
улучшения условий обитания фауны	+	-
восстановления ландшафтов	+	+
6. Содействие естественному возобновлению леса	-	+
7. Дополнение посадок	+	+
8. Уход за посадками	+	+
9. Создание луговых газонов	-	+
10. Уход за травостоем газонов и сенокосов	+	+
11. Лесозащитные мероприятия	+	+
12. Противопожарные мероприятия	+	+
13. Уход за мелиоративной сетью	-	+
Регуляционные мероприятия (для растений)		
1. Ограничение посещаемости	+	+
2. Рыхление уплотненной почвы	+	+
3. Удобрение, мульчирование почвы, внесение торфа под пологом леса	+	+
4. Посев исчезающих или выпавших видов травянистых растений	+	-
5. Сенокосение для регулирования развития трав	+	+
Благоустройство территории		
1. Строительство и ремонт дорожно-тропиночной сети	+	+

Мероприятия	Функциональная зона	
	Природо-охранная	Рекреационная лесопарковая
2. Устройство, оборудование маршрутов и уход за ними	-	+
3. Устройство переходов через ручьи и переувлажненные участки	+	+
4. Устройство смотровых площадок и видовых точек, уход за ними	+	+
5. Устройство площадок отдыха различного назначения	-	+
6. Оформление входов	+	+
7. Очистка водоемов и уход за ними	+	+
8 Установка форм наглядной агитации и уход за ними	+	+
9. Ремонт и уход за элементами благоустройства	-	+
10. Уборка мусора	+	+

За ослабленными и поврежденными деревьями старших возрастов в аллеях и полосах необходим следующий уход: обрезка сухих и полусухих ветвей с последующей обработкой срезов антисептиками,

зачистка и антисептирование ран, уборка плодовых тел различных грибов, зачистка, антисептирование и пломбирование дупел, обмыв крон, внекорневые и корневые подкормки (табл. 4).

Таблица 4

Примерные нормы органических и минеральных удобрений при подкормках

Виды растений	Ед. изм.	Органическое удобрение	Минеральные удобрения в граммах ДВ					Примечание
			КСl	P ₂ O ₅	K ₂ O	аммиачная селитра (33%)	суперфосфат (16%)	
Кустарники в группах и одиночные	шт.	3-5	30	12	8	40	80	через год
Кустарники в биогруппах	п/м	5-7	40	15	12	50	100	через год
Деревья 2-5 лет после посадки	шт.	8-10	50	25	15	80	150	через год
Деревья свыше 10 лет после посадки	шт.	10-12	90	30	25	90	180	через год



Рис. 4. Фрагмент пейзажного стиливого решения озеленительных посадок Мамаева кургана



Рис. 4. Фрагмент пейзажного стилизованного решения озеленительных посадок Мамаева кургана

Во взрослые насаждения подкормки целесообразно вносить гидробурами или шланговым поливом. Шурфы должны быть на разной глубине (20 и 30 см) для охвата зоны распространения деятельных корней. Шурфы располагаются в виде кольца по кругу, равному диаметру кроны (ширина кольца 60-80 см), в шахматном порядке через 100 см. в каждый шурф вносят комплексное удобрение типа нитрофоски и заделывают. Количество удобрений зависит от размера, степени ослабленности и возраста дерева, ширины обрабатываемой полосы. Сумма внесенных удобрений не должна превышать обычных норм.

В силу механических повреждений или при появлении признаков старости производится временное омолаживание деревьев, при этом удаляется вся крона или часть ее. Омолаживать крону во всех случаях

надо очень осторожно. Сначала удаляется вершина, укорачиваются скелетные ветви диаметром более 8-10 см. На каждой обрешанной ветви оставляют ветви второго порядка. Летом на укороченных сучьях и по стволу появляется поросль. Если она сильная ее прореживают. Ветви, не давшие побегов на 2 год, спиливают до основания. Такое омолаживание делается один, максимум два раза в жизни растения. Ежегодная сильная обрезка быстро приводит к иссушению растений и в конечном счете к гибели.

У кустарников при наступлении старости омолаживание производится срезкой кустарников на пенек. Привитые обрезают на 10-15 см выше прививки, не привитые на такую же высоту от корневой шейки, а иногда и ниже. Обрезку делают весной до начала роста. После срезки от пеньков появляется поросль, которую следует проредить, оставляя 3-4

побега. Кустарники, дающие корневую поросль или отпрыски, омолаживают, удаляя слабые побеги, причем делают это систематически. Кустарники более приспособлены к обрезке, и могут подвергаться ей неоднократно.

Учитывая незначительную долговечность растений, приходится думать об их замене через 20-30 лет. Чтобы не получилось это внезапно, следует проводить реконструкционные работы постепенно, удаляя ежегодно самые старые и потерявшие декоративность деревья.

Для повышения устойчивости насаждений, гигиенической эффективности и художественного уровня паркового комплекса требуется равномерное размещение посадок, с учетом ландшафтного анализа территории, рельефа и использования. Общие принципы обновления зеленого фонда Мамаева кургана направлены на:

- зонирование территории по функциональному назначению и стилевому решению, с учетом категории охраны и использования насаждений;
- улучшение режима для отдыха, защита от инсоляции, ветра и пыли, создание благоприятных, эстетических и санитарно-гигиенических условий для прогулок;
- художественно-архитектурного оформления территории;
- обновление и формирования рекреационного потенциала зеленого фонда ландшафтно-мемориального паркового комплекса Мамаева кургана, как способа комплексной охраны памятника культурного наследия.

С целью формирования необходимых условий произрастания растений, требуется смонтировать современную систему полива в автоматическом режиме, которая способна орошать 100% зеленой зоны объектов.

Оптимизация рекреационных функций существующего зеленого фонда обусловлена не только природными свойствами, но и результатами опыта озеленения. Экологическая устойчивость и рекреационная привлекательность обеспечивается созданием многоярусных структур озеленительных насаждений

и расширением их биологического и генетического разнообразия во времени и пространстве.

Обновление зеленого фонда Мамаева кургана включает три части: капитальный и текущий ремонт, реконструкцию и реставрацию насаждений.

К капитальному и текущему ремонту относятся:

- восстановление газона;
- замена погибших по разным причинам деревьев и кустарников;
- восстановление дорожек;
- восстановление цветников.

К реконструкциям насаждений относятся:

- обрезка и омолаживание, посадка на пень деревьев и кустарников;
- восстановление плодородия почвогрунта;
- посадка и подсадка новых растений;
- выборка, вырубка и раскорчевка.

К реставрации насаждений относятся:

- восстановление и воссоздание ценных парковых насаждений (в стиле времени) с учетом архитектурно-художественного решения;
- сохранение (стиля) с повышением жизнестойкости насаждений в существующем виде (для мемориальных объектов);
- адаптация растений с учетом размеров, степени сохранности, наиболее соответствующей сущности памятников.

Таким образом, экологическое обоснование мероприятий по формированию озеленительных пространств Мамаева кургана включает следующие позиции:

- расширение видового и генетического разнообразия растений – как одного из приема оздоровления насаждений;
- систематическое проведение санитарно-оздоровительных и профилактических мероприятий в соответствии с действующими санитарными нормами и правилами и указаниями областных органов лесного хозяйства;
- организация регулярного надзора за колебанием численности и периодически возникающими очагами массового размножения наиболее опас-

ных видов энтомовредителей (с начала апреля и до конца октября). Надзор необходимо проводить путем рекогносцированных обследований и стационарных наблюдений не реже одного раза в месяц (видовой состав вредителей, степень заселенности, занимаемая площадь) – намечаются сроки борьбы с ними;

- своевременное выявление насаждений с признаками ослабления и ухудшения их состояния (суховершинность, изреженность крон, пожелтение листьев, наличие сухостоя и ветровала). В зависимости от причины и степени ослабления насаждений разрабатываются и осуществляются специальные мероприятия, направленные на оздоровление ослабленных насаждений;
- своевременное проведение рубок в древостоев с явными признаками заселения вредителями или пораженных стволовыми гнилями с одновременными восстановительными посадками; постоянное наблюдение за древостоями третьей степени жизнестойкости и постепенная замена их здоровыми и жизнестойкими;
- залужение обнаженных почв путем посева трав с целью борьбы с древесной кобылкой и другими прямокрылыми;
- своевременная вывозка срубленных деревьев. Все деревья и кустарники, срубленные в зимний период, следует вывозить за пределы зеленой зоны до 20 апреля, а срубленные летом – до 10 октября;

- уничтожение сорной растительности под пологом изреженных насаждений, в местах концентрации и массового размножения подгрызающих совков-вредителей корней молодых растений. Химическую обработку можно проводить только в исключительных случаях.

Устойчивость и комфортность озеленительного пространства во многом зависит от степени устойчивости самих пород, их состава в искусственных фитоценозах, смешения и размещения. Смешанные многоярусные древесные насаждения с участием кустарников и травянистого покрытия более устойчивы.

Чередование открытых и закрытых участков и возникающие при этом горизонтальные и вертикальные потоки воздуха способствуют успешному проветриванию парковых насаждений.

При подборе видов с максимально выраженными рекреационными достоинствами и декоративностью необходимо исключить посадку в парке растений, вызывающих аллергические заболевания (женские экземпляры тополей и др.).

Проектирование, создание, капитальный и текущий ремонт насаждений, реконструкцию и реставрацию паркового комплекса проводят в соответствии с нормативными документами, техническими указаниями, научными рекомендациями, с учетом почвенно-климатических условий, рекреационной устойчивости растений и санитарно-гигиенических аспектов эксплуатации.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке
РГНФ и Правительства Волгоградской области
(проект №14-16-34011).**

Список литературы

1. Дендрофлора лесомелиоративных комплексов / А.В. Семенютина - Под ред. И. П. Свинцова. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 266 с.
2. Семенютина, А.В., Подковырова Г.В. Оптимизация видового состава древесных растений в рекреационно-озеленительных насаждениях сухой степи // Вестник Орел ГАУ. – 2011. – №5(32). – С. 129 – 131.
3. Ландшафтное озеленение сельских территорий: учебно-методическое пособие / А.В. Семенютина [и др.]. – Волгоград, 2014. – 144 с.
4. Семенютина А. В. Костюков С.М. Хужахметова А.Ш. Концептуально-методологические аспекты обновления зеленого фонда Мамаева Кургана // Ландшафтная архитектура и садово-парковое и ландшафтное строительство: современные проблемы: Матер. междунар. науч. -практ. конф.. – Воронеж: ВГЛТА., 2009.- С. 185-189.
5. Повышение биоразнообразия кустарников в рекреационно-озеленительных насаждения засушливого пояса России (научно-методические указания) / К. Н. Кулик, И. П. Свинцов, А. В. Семенютина [и др.] – М., 2008. – 64 с.
6. Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes / A.V. Semenyutina, S.M. Kostyukov. – Accent graphics communications. – Montreal, QC, Canada, 2013. – 164 p.
7. Semenyutina A.V. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects decorative advantages / A.V. Semenyutina, I.U. Podkovyrov, V.A. Semenyutina // Life Science Journal. – 2014. – 11(12s). – P. 699-702.
8. Семенютина А. В. Дендрологические ресурсы для повышения биоразнообразия деградированных ландшафтов / А.В. Семенютина, И.П. Свинцов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки. – №9-10. – 2014. – С. 33-41.
9. Кулик К.Н., Семенютина А.В., Белицкая М.Н., Подковыров И.Ю. Современные проблемы и перспективы функционирования адаптивной системы озеленения / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №3(31). – С. 4-29.
10. Кругляк В.В., Царегородцев А.В. Адаптивные системы озеленения в парковых комплексах Белгородской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – №2(33). – С. 318-324.
11. Семенютина А.В. Научно-методические указания по оптимизации дендрофлоры лесомелиоративных комплексов / А. В. Семенютина [и др.]. – Волгоград, 2012. – 40 с.

ОБУСТРОЙСТВО ЗЕМЕЛЬ РЕКРЕАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В МАЛОЛЕСНЫХ РЕГИОНАХ: ПРИНЦИПЫ И МЕРОПРИЯТИЯ

Семенютина А.В.,

д. с.-х. н.,

Свинцов И.П.,

академик РАН, д. с.-х. н.,

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации

vnialmi@yandex.ru

Аннотация. Разработаны принципы и технологические мероприятия обустройства деградированных территорий и лесов рекреационного значения в условиях засушливого климата, которые позволяют размещать отдыхающих на территории с учетом всех аспектов воздействия на окружающую среду и особенно тщательно на наиболее уязвимые объекты. Перспективность мероприятий по рекреационному использованию лесных экосистем в условиях урбанизированных ландшафтов малолесных регионов подтверждена патентом №59673 “Ландшафтно-экологический комплекс “Горная Поляна”.

Ключевые слова: леса рекреационного назначения, биоразнообразие, природные экосистемы, рекреационно-озеленительные насаждения, аборигенные виды растений, декоративность, малолесные регионы.

ARRANGEMENT OF LANDS OF RECREATIONAL APPOINTMENT IN LOW-FOREST REGIONS: PRINCIPLES AND ACTIONS

Semenyutina A.V.,

doctor of agricultural sciences,

Svintsov I.P.,

academician of the Russian Academy of Sciences,

doctor of agricultural sciences

Abstract. The principles and technological actions of arrangement of the degraded territories and the woods of recreational value in the conditions of droughty climate which allow to place vacationers in the territory taking into account all aspects of impact on environment and especially carefully on the most vulnerable objects are developed. Prospects of actions for recreational use of forest ecosystems in the conditions of the urbanized landscapes of low-forest regions are confirmed with the patent No. 59673 “The landscape and ecological complex “Mountain Glade”.

Keywords: woods of recreational appointment, biodiversity, natural ecosystems, recreational озеленительные plantings, native species of plants, decorative effect, low-forest regions.

К землям рекреационного назначения относятся участки, выделенные в установленном порядке и предназначенные для массового отдыха и туризма населения. В эту категорию включены участки детских туристических станций, парков, скверов, санаториев, домов отдыха, турбаз, оздоровительных детских лагерей, лесопарков, учебно-туристических троп (рис. 1). К рекреационным относятся также земли с зелеными зонами и лесопарками пригородных ландшафтов, земли городов и поселков (зеленые насаждения, выполняющие защитные и санитарно-гигиенические функции и являющиеся местом отдыха населения) [1].

К рекреационным лесам относят городские леса и лесопарки, леса лесопарковых частей зеленых зон I и 2-го округов зон санитарной охраны курортов, зеленых зон лечебно-оздоровительных учреждений. Рекреационные функции выполняют также 50-250-метровые полосы леса по обеим сторонам туристических и прогулочных маршрутов в лесах II и III групп; участки леса, специально отведенные для отдыха в национальных и природных парках, заказниках и др.; участки леса и 100-метровые защитные полосы, примыкающие к пляжам, стоянкам туристов и рыбаков, вокруг автостоянок вдоль автомобильных дорог.



Рис. 1. Участки рекреационного назначения: а – лесопарк, б – сквер

Пригодность территорий для рекреации необходимо определять исходя из трех аспектов: функционального, гигиенического и эстетического, – с учетом ее эколого-экономических возможностей и социальной потребности. В засушливой зоне важное место отводится лесной растительности. [2, 3, 4, 5]

Выделение земель для рекреационных целей в Волгоградской обл. проводится на уровне постановлений и генеральных планов на основе рекреационных ресурсов, социологических данных о количестве отдыхающих, основных потоках движения по сезонам года, а также изучения характера рекреации территорий на нагрузки (организованный и неорганизованный туризм – пешеходный, водный, велосипедный, конный и т.д.). В Волгоградской обл. требуется уточнение общих площадей для рекреации по районам с позиции их пригодности для этих целей.

Анализ территорий для рекреационного освоения проводится по следующим показателям:

- технико-экологическому (инженерно-геологические и гидрологические условия, наличие коммуникаций, возможность строительства учреждений отдыха);
- природоохранному (возможность сохранения природного равновесия, предельно допустимые рекреационные нагрузки и емкости комплексов отдыха, возможность реконструкции природного ландшафта).

Территориальная дифференциация ландшафтных рекреационных объектов определяется их относительной ценностью и рекреационной емкостью с учетом природоохранных факторов, обуславливающих возможность освоения и изменения объекта.

В пригородных ландшафтах различных природно-климатических районов Волгоградской обл. оп-

ределение этих факторов индивидуально и зависит от поставленной цели, обеспеченности фактическим ресурсным потенциалом, а также существующими зависимостями между структурой и средовосстановительным эффектом. Особое внимание при определении площади рекреации уделяется лесистости и общей площади. Обязательному анализу подвергаются следующие параметры:

- экологические показатели – степень загрязненности (в долях ПДК) почвы, поверхностных и подземных вод, растительности, воздуха;
- качество жизни населения, социальная инфраструктура, обусловленность ее состоянием окружающей среды;
- экономические показатели (оценка производственной инфраструктуры);
- показатели средовосстановительных функций и охрана генофонда.

В результате обследования нами было выявлено, что многие особо охраняемые природные территории Волгоградской обл. используются не только в целях сохранения природных систем, проведения научных исследований, но и для рекреационных целей.

Для обеспечения большого количества рекреационных услуг требуется обустройство рекреационных земель. Важное место отводится объектам лесной растительности. Это объясняется тем, что лес имеет определяющее рекреационное и оздоровительное значение наряду с такими факторами природной среды, как водоснабжение, оптимальные условия обитания людей и т.д. [6].

Для рекреационного обустройства территории лесопарков в условиях засушливого климата разработаны экологические принципы, которые позволяют размещать отдыхающих на территории с учетом всех аспектов воздействия на окружающую среду и особенно тщательно на наиболее уязвимые объекты.

Основные из них следующие:

- зонирование территории в целях рекреации (выделение заповедных зон, зоны заказного режима, познавательного туризма, рыболовства, охоты, зоны охраны историко-культурных объектов и т.д.);

- сохранение, расширение и непрерывное использование биоразнообразия;
- повышение декоративной привлекательности и экологической устойчивости лесонасаждений;
- обустройство территорий, активно используемых под рекреацию (пляжи, базы, экологические тропы и т.д.);
- восстановление нарушенных участков в целях рекреации.

Повысить декоративность рекреационных ландшафтов в малолесных регионах можно методами лесных мелиораций с обязательным исключением при озеленении участков экзотических и не свойственных природе данного парка видов растений, способствующих биологическому загрязнению территорий. Разнообразию ландшафту придает формирование декоративных групп деревьев и кустарников в сочетании с лесными массивами и рощами (рис. 2).

При обустройстве ландшафтов малолесных регионов одновозрастными насаждениями смягчают очертания внешних границ рекреационных участков открытыми и водными пространствами, а также другими формами рельефа (рис. 3). В создаваемых лесных массивах достигают разнообразия путем посадки контрастирующих древесных пород и обогащения их листопадными и вечнозелеными растениями, чередованием леса, водных пространств, полей, прогалин, лугов.

Для обеспечения разнообразия при обустройстве рекреационных территорий, расположенных на возвышенных участках рельефа, используют открытые пространства (рис. 4).

По берегам водоемов максимально сохраняют естественную растительность, чтобы не ухудшить качество воды и свести к минимуму водную эрозию. Для улучшения художественного облика видового пейзажа используют посадки аборигенных древесных видов.

Интенсивные методы обустройства территорий позволяют концентрировать максимальное количество рекреантов на единице площади при уменьшении их негативного воздействия на природные комплексы.



Рис. 2. Использование групповых посадок при обустройстве рекреационных территорий:
 а – кустарники, б – деревья

В городских условиях засушливого региона огромную ценность имеют естественные лесные массивы. Особенно актуальна проблема сохранения, восстановления и регламентированного использования их рекреационного потенциала.

На территории Советского района г. Волгограда имеется уникальный островок природы – лесной массив “Григорова балка”. Являясь объектом рекреации, он повышает экологическую емкость городской застройки. Первые сведения об уникальности растительного покрова этого лесного массива отражены в дневниках экспедиций Н. А. Димо и Б. А. Келлера. Во время Великой Отечественной войны здесь проходили оборонительные сражения, большое количество древесной растительности было уничтожено, сильно пострадал ландшафт [4, 7]. Это уникальное естественноисторическое образование. Позднее эта местность своей оригинальностью и богатством растительного покрова постоянно привлекала внимание ученых, практиков и использовалась для целей рекреации. Аналогичных участков в соседстве с urba-

низированными территориями не имеется. Поэтому регламентированность использования таких территорий является первоочередной задачей.

Проведено обследование насаждений по степени антропогенного воздействия и выявлены предельно деградированные, умеренно деградированные и слабо деградированные участки. Высокая степень деградации отмечена в остепненных дубово-кустарниковых насаждениях в нижней выположенной части продольного профиля балки, которая находится вблизи городских построек и транспортных магистралей (рис. 5). Здесь сильно нарушена лесная среда, древостой куртинно-лугового типа, деревья значительно угнетены. Подрост и подлесок редкий, поврежденных и усохших экземпляров более 50%, характерна густая дорожная сеть, подстилка на открытых местах отсутствует, 40% площади вытоптано до минеральной части почвы. На участках с умеренной степенью деградации значительно изменена лесная среда, подстилка и почва уплотнены, много обнаженных корней деревьев, вытоптано до минеральной



*Рис. 3. Сочетание разных элементов рекреационного ландшафта:
а – лесного и открытого участков, б – лесного участка и водного пространства*



Рис. 4. Открытое пространство природного парка

части почвы 15% площади. Для участков со слабой степенью деградации характерно незначительное изменение лесной среды и ухудшение роста и развития деревьев и кустарников, единичные их повреждения, подрост и подлесок жизнеспособные, почва слегка нарушена (до 5%).

Выявлено, что лесной массив “Григорова балка” и окрестные зеленые насаждения находятся в критическом состоянии. В последние годы прекращен комплекс работ по охране и уходу, что привело к массовому усыханию части насаждений, резкому ухуд-

шению их санитарного состояния. Большой вред ландшафту наносят пожары, возникающие по вине отдыхающих. Часть земель отводится под городскую застройку. Для смягчения все возрастающего антропогенного пресса требуется установление регламента рекреационной нагрузки и разработка мероприятий по обустройству рекреационных участков.

Лесной массив “Григорова балка” должен быть защищен от переуплотнения почвы (вытаптывания). Своевременная обрезка, омолаживание, удаление и замена устаревших растений позволят содержать на-



Рис. 5. Дегradированные дубово-кустарниковые насаждения нижней выположенной части продольного профиля Григоровой балки



Рис. 6. Слабо дегradированная формация байрачного леса (григорова балка)

саждения в состоянии активного роста и высокой декоративности (рис. 6). Так как аналогичных полифункциональных ландшафтов в соседстве с урбанизированными территориями в Волгограде не имеется, то единственным решением регулирования антропогенной нагрузки на лесной массив "Григорова балка" является формирование буферной зоны в виде обширных озелененных пространств. Это прилегающие территории кардиоцентра, госуниверситета, санато-

рия "Волгоград" и исторического памятника "Лысяя Гора" общей площадью около 1 тыс. га. Культурное обустройство прилегающей буферной зоны позволит регламентировать антропогенные нагрузки, оптимизирует соотношение урбанизированных и лесных территорий, которые представлены 130 га.

Запланированные мероприятия необходимы для сохранения лиственных насаждений, сосредоточенных в балке, которая является местом обитания мно-

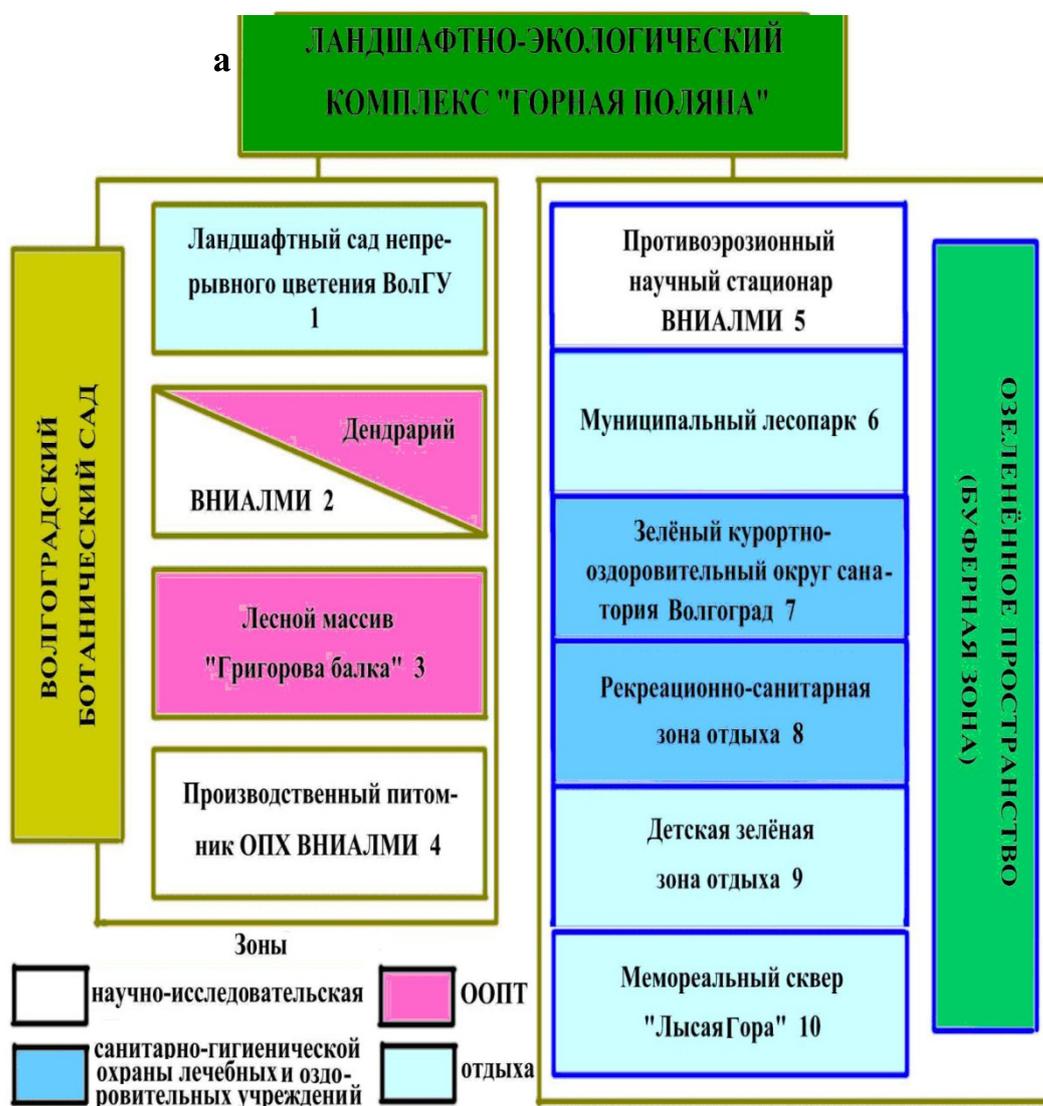


Рис. 7. Ландшафтно-экологический комплекс "Горная поляна", схема комплекса



Рис. 8. Оборудование рекреационных территорий лесной мебелью

гих исчезающих растений Волгоградской обл. (рябчика русского, ландыша майского и др.). На территории лесного массива имеются родники с питьевой и лечебной водой.

Перспективность мероприятий по рекреационному использованию лесных экосистем в условиях урболандшафтов засушливого региона подтверждена патентом №59673 “Ландшафтно-экологический комплекс “Горная Поляна” [8, 9].

Для уменьшения нагрузки на природные экосистемы в малолесных регионах необходимо сочетание экстенсивных (расширение рекреационных площадей или сокращение количества посетителей) и интенсивных (проведение соответствующих лесохозяйственных мероприятий и благоустройство территории) методов.

Оптимальное размещение отдыхающих позволяет сохранить большую часть рекреационных территорий от чрезмерных нагрузок. При этом оборудуют поляны для игр и развлечений, очаги, места для курений и стоянок автомобилей, устанавливают лесную мебель, беседки и др. (рис. 8). На видном месте помещают схемы прогулочно-познавательных троп с обозначением начала маршрутов, их протяженности и описанием наиболее интересных мест.

Повышение качества отдыха заключается в улучшении комфортности рекреационных объектов, которое может быть достигнуто при проведении спе-

циализированных лесохозяйственных мероприятий, в том числе ландшафтных рубок. Ландшафтными рубками обеспечивается формирование по возможности многоярусного древостоя хорошего санитарного состояния. В первую очередь их необходимо провести в насаждениях, примыкающих к дорогам, пешеходным и туристским тропам, видовым площадкам, водным поверхностям и другим местам массового посещения.

На рекреационных площадях после ландшафтной рубки в древостоях осуществляют посадки древесных растений: восстановительные (введение под полог древостоя главных пород); декоративные (маскирующие и оформляющие); защитные (повышающие устойчивость насаждений, ограждающие места отдыха от неблагоприятных факторов и изолирующие участки обитания фауны).

Зеленые насаждения являются полноценным конструктивным градостроительным и рекреационным элементом. Исследование проблем формирования озелененных урбанизированных территорий в аридных условиях выявило нецелесообразность микрорайонных садов. Перераспределение норм озеленения и замена компактного микрорайонного сада бульваром, который становится основным звеном пешеходных связей, является важным элементом обустройства населенных пунктов в поясе жаркого климата (рис. 9).

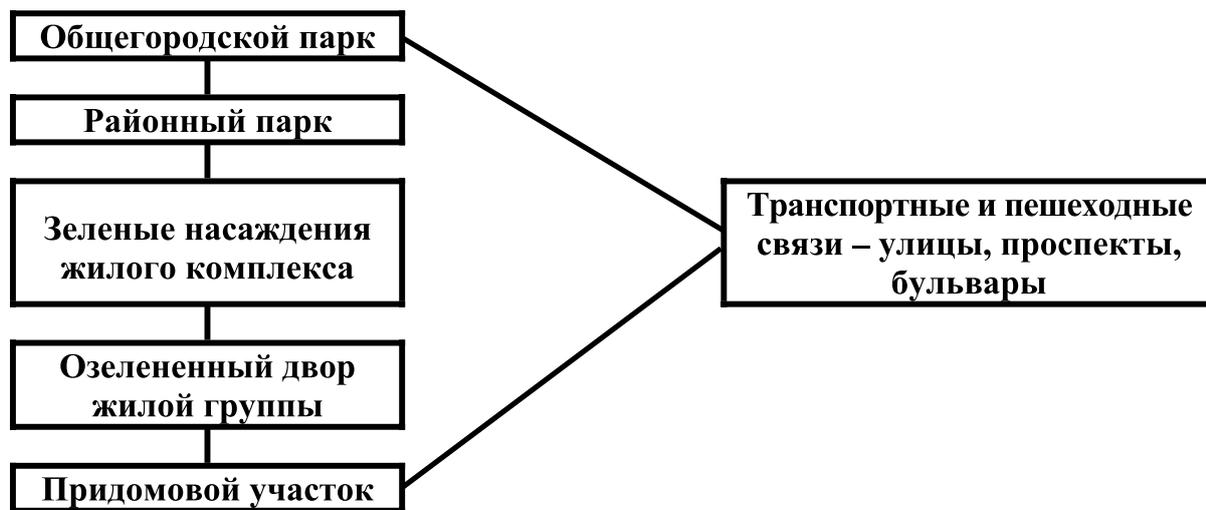


Рис. 9. Состав элементов городской системы озелененных территорий общего пользования для целей рекреации

Система озелененных территорий дополняется участками ограниченного пользования и специального назначения, различными специализированными парками и рекреационными комплексами. Природно-климатические условия влияют на структуру системы в целом, на соотношение площадей между элементами и их планировку. Для районов с низкой лесистостью (1,5-5,0%) оптимальная площадь зеленых насаждений в расчете на одного человека составляет 70-74 м².

Создание и использование в рекреационных целях насаждений зеленых зон, парков, лесопарков, спортивно-озеленительных, учебных, туристических троп и т.д. сопряжено с повышением требований к подбору устойчивых и декоративных пород. При этом используют ландшафтные принципы организации территорий. В результате достигается экологическая устойчивость зеленых насаждений, удовлетворяются потребности в отдыхе и улучшается художественный облик ландшафтов.

Обустройство земель аридных территорий имеет свою специфику, так как природные ландшафты здесь почти не сохранились, а культурные мало приспособлены для массового отдыха [10, 11]. При создании фитоценозов надо обращать внимание на аборигенные виды растений, которые вполне приспособле-

ны к местным условиям произрастания, наиболее устойчивы и продолжительно сохраняют способность к росту (табл. 1).

Таблица 1

Аборигенные виды древесных растений для рекреационных целей в садово-парковых ландшафтах Волгоградской обл.

Место произрастания	Вид
Совершенно открытые сухие и сильно освещенные местообитания (в плакорных условиях)	Сосна обыкновенная
	Берест
	Дуб черешчатый
	Яблоня лесная
	Крушина слабительная
	Шиповник собачий
	Груша дикая
	Боярышник однопестичный
	Боярышник обыкновенный
	Миндаль низкий
	Вишня степная
Можжевельник казацкий	

Место произрастания	Вид
Открытые местообитания западин и местообитаний полузатененных склонов	Дуб черешчатый
	Берест
	Яблоня лесная
	Крушина слабительная
	Клен татарский
	Таволга городчатая
	Груша дикая
	Осокорь
	Осина
	Боярышник волжский
	Терн
Таволга зверобоелистная	
Влажные местообитания	Дуб черешчатый (ф. пойменная)
	Ольха черная
	Калина обыкновенная
	Бузина красная

На основе изучения устойчивости и декоративности интродукционных ресурсов дендрариев ВНИАЛМИ на землях рекреации рекомендуется использовать адаптированные декоративные экзоты, среди которых большое количество кустарников [12].

Для развития декоративных растений требуются определенные условия, без которых они теряют устойчивость и эстетические качества или погибают. Несоответствие условий произрастания потребностям растений отражается на их внешнем облике, особенно в засушливых условиях. Растения меняют форму роста, размеры, окраску листьев. Поэтому при их подборе необходимо учитывать климатические, эдафические и орографические факторы. Размещать растения определенных внешних форм необходимо на места, соответствующие их экологическим и фитоценотическим требованиям (рис. 10).

Мероприятия по рекреационному благоустройству территорий малолесных районов проводятся с целью упорядочения использования отдельных участков. Это снижает отрицательное влияние рекреационной нагрузки на природные экосистемы, повышает культуру, комфорт и познавательно-образовательную ценность отдыха (табл. 2).

**Исследование выполнено при финансовой поддержке
Российского гуманитарного научного фонда и
Правительства Волгоградской области
(проект №14-16-34011)**

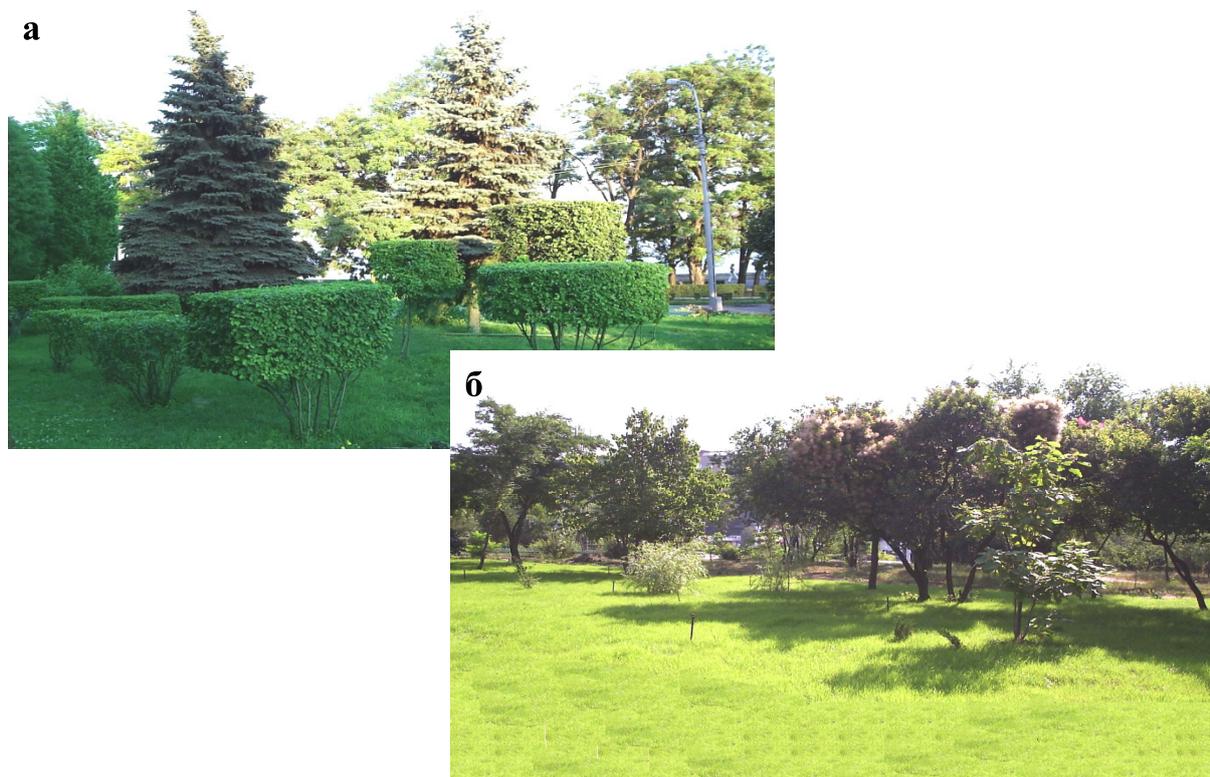


Рис. 10. Рекреационные объекты с элементами ценотического подбора деревьев и кустарников: а – вечнозеленые и листопадные, б – листопадные различного видового состава

Примечания к таблице 2:

Рекомендуемые мероприятия: 1 – облесение, возобновление и восстановление лесонасаждений; 2 – мульчирование почвы (торф, опилочный компост и т.п.); 3 – восстановление травяного покрова; 4 – минеральное удобрение; 5 – защитно-декоративные посадки; 6 – огораживание (временное, постоянное); 7 – дорожно-тропиночная сеть; 8 – туалеты и урны для мусора; 9 – лесная мебель, навесы, колодцы; 10 – малые архитектурные формы; 11 – информация на природе; 12 – разработка детального проекта; 13 – разработка программы работ; 14 – оборудование мест отдыха автотуристов, водных туристов; 15 – оборудование мест отдыха пешеходов, велосипедистов; 16 – оборудование пикниковых площадок; 17 – оборудование спортивных площадок; 18 – оборудование детских игровых площадок; 19 – оборудование информационных центров; 20 – создание учебных троп; 21 – запрет въезда, разжигания костров, размещения палаток; 22 – въезд личного транспорта только по пропускам; 23 – особый обслуживающий персонал; 24 – уход (дополнительная обязанность землепользователя); 25 – специальная техника; 26 – специализированные мастерские. Обязательность выполнения: о – обязательно, ж – желательно, пн – по необходимости. Эффективность мероприятия проверена на модельных объектах изучения + –.

Таблица 2

Рекреационное обустройство лесов

Классификация лесов рекреационного значения	Мероприятия																										
	лесохозяйственные													организационно-хозяйственные													
	благоустройство						организационные начинания						ведение хозяйства														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
<i>Собственно рекреационные леса</i>																											
Городские и пригородные леса: парки на базе лесов	о+	о+	о+	о+	пн	о+	о	ж	ж	ж	о+	о	-	-	пн	ж	о+	пн	ж+	ж+	о	-	о	-	о	о	
лесопарки благоустроенные леса	о+	о+	о+	о+	о	о+	о+	ж+	ж	о+	пн	о	-	-	о+	о+	ж	ж	ж+	ж+	о	пн	ж	о+	о	о	
Леса около учреждений отдыха, туризма и лечения: турбазы и т.п. санатории и т.п. базы отдыха пионерлагеря	пн	пн	пн	ж	ж	ж	о	о	-	о	пн	о	-	-	о	о	ж	о	о	о	о	пн	о	пн	пн	пн	
<i>Леса, где рекреация – подчиненная функция</i>																											
Леса около аттрактивных мест неорганизованного отдыха и туризма	пн	пн+	пн	ж	о	пн+	о+	о+	-	о+	ж+	о+	о+	о+	ж+	пн	пн	ж+	о+	о+	о+	ж+	ж+	о+	ж	ж	
Особо охраняемые территории (строительного режима)	-	-	-	-	-	пн	ж	-	-	ж+	-	о+	пн+	ж+	-	-	-	-	ж	о+	ж+	ж+	о	-	-	-	
Леса охранного или хозяйственного значения	-	-	-	-	-	пн	пн	-	-	ж	-	-	пн	ж	пн	-	-	-	пн	о	-	-	ж	о	-	-	

Список литературы

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
2. Семенютина А. В. Формирование зеленых пространств, как средство сохранения, оздоровления и устойчивого развития урбанизированных ландшафтов // Проблемы устойчивого развития глазами молодежи: материалы Междунар. науч. -практ. форума молодых ученых. – М., 2001. – С. 181-183.
3. Семенютина А. В. Экоэффективные технологии оптимизации деградированных ландшафтов лесными мелиорациями // Инновационные технологии XXI века для рационального природопользования, экологии и устойчивого развития: материалы форума. – М., 2004. – С. 323-325.
4. Семенютина А. В., Костюков С. М. Перспективы рекреационного использования лесных экосистем в условиях урбанизированных территорий засушливого региона // Город. Лес. Отдых. Рекреационное использование лесов на урбанизированных территориях. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. – С. 196-198.
5. Семенютина А. В., Подковырова Г. В. Особенности реконструкции рекреационно-озеленительных насаждений урбанизированных территорий Нижнего Поволжья // Вестник ОрелГАУ. –2010.– №5(26). – С. 39-42.
6. Ивонин В. М. Лесные мелиорации ландшафтов. – Ростов н/Д., 2001. – 188 с.
7. Димо Н. А., Келлер Б. А. В области полупустыни. Почвенные и ботанические исследования на юге Царицынского уезда Саратовской губернии. – Саратов: изд. Саратов. губерн. земства, 1907. – 213 с.
8. Патент РФ на промышленный образец №59673; 16.07.2006. Карта-схема ландшафтно-экологического комплекса «Горная поляна»;
9. Семенютина А. В. Ландшафтно-экологический комплекс «Горная Поляна» // Здоровье и экология. – 2003. – №5. – С. 27-30.
10. Семенютина А. В. Актуальные проблемы озеленения урбанизированных территорий // Эколого-экономическая оптимизация природопользования. – Волгоград, 2004. – С. 159-162.
11. Семенютина А. В. О проблемах и мероприятиях рекреационного обустройства территорий // Поволжский экологический вестник. – 2002. – Вып. 9. – С. 192-200.
12. Семенютина А. В., Свинцов И. П., Кулик Д. К., Хужахметова А. Ш., Семенютина В. А., Костюков С.М., Дрепина О. И. Методология использования биоразнообразия кустарников в «зеленых технологиях» аридных регионов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки. - №11-12. -2014. –С. 36-45.

КАДРОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ ГОРОДСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ КАК БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Горохова И.В.,

ГБУЗ СО «Самарская городская поликлиника №6
Промышленного района» (г. Самара),
gorohova.71@list.ru

Аннотация. Медицинские кадры — основной ресурс лечебного учреждения, от которого во многом зависит качество оказания медицинской помощи и результативность работы медицинской организации. Целью работы является оценка подходов к управлению человеческими ресурсами в ГБУЗ СО «Самарская городская поликлиника №6 Промышленного района». В статье описаны основные направления кадровой политики: мотивация персонала на повышение профессионального уровня, дифференцированная система оплаты труда — Совет по качеству учреждения, применение принципов менеджмента «сотрудничество в команде» и «вовлечение персонала», корпоративная культура организации. Анализ анкетирования персонала в 2014 году показал, что более 90% сотрудников учреждения одобряет действующую систему оплаты труда в рамках Совета по качеству и социальную политику медицинской организации. Вывод: кадровая политика ГБУЗ СО «Самарская городская поликлиника №6 Промышленного района» позволила улучшить показатели укомплектованности кадрами и вовлечь персонал в процесс управления лечебным учреждением.

Ключевые слова: медицинские кадры, городская поликлиника, управление человеческими ресурсами, кадровый менеджмент, дифференцированная система оплаты труда.

PERSONNEL MANAGEMENT OF CITY POLICLINIC AS BASIC ELEMENT IN THE MAINTENANCE OF MEDICAL CARE QUALITY

Gorokhova I. V.

GBUZ SO "Samara city polyclinic №6 Industrial District"

Abstract. Health care workforce is the main resource of medical institution on which healthcare quality and effectiveness of the medical organization depends. The purpose of work is the assessment of approaches to management of human resources in "Samara city polyclinic №6 of Promyshlenny district". In article the main directions of personnel policy are described: motivation of the personnel on increase of professional level, the differentiated system of compensation — Council for quality, application of the principles of management "cooperation in team" and "involvement of the personnel", corporate culture of the organization. The analysis of questioning of the personnel in 2014 showed that more than 90% of employees are satisfied the operating system of compensation within Council for quality and social policy of the medical organization. Conclusion: personnel policy of "The Samara city polyclinic №6 of Promyshlenny district" allowed to improve completeness indicators shots and to involve the personnel in management of medical institution.

Keywords: health care workforce, city polyclinic, management of human resources, personnel management, the differentiated system of compensation.

Улучшение качества медицинской помощи в российском здравоохранении является приоритетной задачей политики государства в области охраны здоровья граждан. Важным условием реализации этого принципа является наличие достаточных, справедливо распределенных (в соответствии с потребностями населения) квалифицированных и мотивированных медицинских кадров [1].

Медицинские кадры являются одним из самых значимых ресурсов здравоохранения, потому что

именно они обеспечивают результативность работы всего лечебного учреждения.

Основой целью кадровой политики ГБУЗ СО «Самарская городская поликлиника №6 Промышленного района» (СП 6) является привлечение на работу лучших высококвалифицированных работников на конкурсной основе и обеспечение эффективного использования их трудового потенциала. Работники рассматриваются как важнейшее конкурентное преимущество организации.

Для достижения цели в кадровом менеджменте выделены следующие направления по управлению человеческими ресурсами (УЧР):

- создание условий и повышение мотивации для профессионального роста и саморазвития медицинского персонала;
- дифференцированная система оплаты труда по конечному результату работы;
- обучение персонала работе в команде;
- реализация программ для укрепления здоровья сотрудников поликлиники и поддержания в коллективе благоприятной рабочей атмосферы;
- создание форм обратной связи с вовлечением большего числа сотрудников.

Профессиональное развитие является мощным мотивационным фактором, как для врачебного, так и для среднего медицинского персонала, так как является гарантией обеспечения качества их потенциала.

Программы повышения квалификации персонала (в том числе и получение дополнительного высшего образования) формируются в СГП 6 в зависимости от потребностей учреждения. Количество фактически обученных врачей и медсестер СГП 6 ежегодно значительно превышает план обучения персонала в рамках повышения квалификации. Так, в 2013 году обучено на 94%, а в 2014 году на 49% больше сотрудников, чем запланировано, в том числе по программам дополнительного образования (такие, как «Управление и экономика в здравоохранении», «Внутренние аудиты качества» и другие). При этом возрастает и уровень аттестации персонала. Так у врачей квалификационный уровень увеличился с 60% в 2010 году до 75,5% в 2014г. У среднего медицинского персонала наблюдается рост уровня аттестации с 68% в 2010 году до 75% в 2013 году с небольшим снижением в 2014 году за счет прихода в поликлинику медсестер после окончания образовательного учреждения.

Система дифференцированной оплаты труда сотрудников - Совет по качеству (СК) СГП 6 внедрена в 2000 году сначала в отделениях врачей общей практики, затем постепенно распространена на все подразделения медицинской организации. Критерии

объема (интенсивности труда), качества, медицинской результативности, удовлетворенности пациентов и исполнительская дисциплина работников применяются при распределении денежных средств на стимулирующие выплаты персонала в рамках СК [2].

Большая часть критериев оценки работы персонала разработана таким образом, что оценивается работа в команде «врач-медсестра». Поэтому у работников появляется чувство ответственности за результаты труда всей команды или отделения, а не только за свою часть работы. По мнению руководства СГП 6, оценка работы по принципу «сотрудничество в команде» дает неоспоримые преимущества по сравнению с индивидуальной оценкой деятельности сотрудника. Открытый менеджмент показывает работникам, насколько высокая производительность важна для успеха организации.

Важной функцией системы УЧР является изучение общей атмосферы и настроений в коллективе с целью своевременного внедрения мероприятий по созданию благоприятной рабочей обстановки. Существенным элементом в формировании корпоративной культуры является наличие социальных программ, основными направлениями которых являются: оздоровление сотрудников и членов их семей; организация профессиональных конкурсов; улучшение условий труда; развитие корпоративной культуры; оказание социальной помощи; программа «Счастливое детство» для детей сотрудников. В 2013 года социальные программы дополнены мероприятиями по привлечению и социальной поддержке молодых специалистов: выплаты «подъемных», софинансирование съемного жилья и др., с 2014 года – организовано софинансирование занятий спортом.

Одними из основных требований международного стандарта ISO 9001:2008, соответствие которой подтвердила система менеджмента качества (СМК) СГП 6 является ориентация на потребителя и вовлечение персонала в процесс управления организацией [3]. Внутренними потребителями являются сотрудники учреждения, поэтому повышение уровня удовлетворенности персонала эффективной системой оплаты и условиями труда, программами социальной

поддержки и корпоративной культурой руководство поликлиники считает важным в повышении качества и результативности медицинской помощи.

Администрацией поликлиники с 2004 г. активно используется система обратной связи с персоналом учреждения. Ежегодно проводится анализ отношения сотрудников к дифференцированной системе оплаты труда, с 2008 года – анализ по удовлетворенности условиями труда, корпоративной культурой, мерами социальной поддержки. По результатам проведенного в 2014 году анкетирования более 90% сотрудников одобряет систему оплаты труда в рамках Совета по качеству; 89% респондентов стремится к повышению своей квалификации; 90% опрошенных высказали «положительное» отношение к мерам социальной поддержки сотрудников учреждения и 98% проанкетированных удовлетворяет корпоративная культура СГП 6.

Использование элементов современной концепции УЧР в кадровом менеджменте СГП 6 позволило повысить уровень заработной платы персонала и

улучшить показатель укомплектованности кадрами СГП 6 (врачебными кадрами - с 86,1% в 2008 г. до 99,0% в 2014 г., медсестрами – с 77,8% в 2008 г. до 100% в 2014 г.).

Вовлечение персонала для реализации организационных целей учреждения может быть достигнуто только тогда, когда появится доверие сотрудников организации к внедряемым изменениям, а руководство создаст необходимые для этого условия.

Результатом грамотной кадровой политики администрации СГП 6 является ответное стремление сотрудников как можно лучше выполнять свои функциональные обязанности, добиваясь высокого качества оказания медицинской помощи.

Новые подходы к управлению человеческими ресурсами развивают горизонтальные управленческие связи, мотивируют сотрудников к творческому подходу и создают организационные условия улучшения технологических процессов и результативности деятельности медицинской организации в целом.

Список литературы

1. WHO, 2013; 91; 11: 797-896
2. Горохова И.В. Эффективный контракт как основа системы кадрового менеджмента в Самарской городской поликлинике №6 / Гусева С.Л., Горохова И.В.// Медицинское образование и профессиональное развитие. Тезисы II Международной конференции «Эффективное управление медицинской организацией – 2014» (29-30 мая, г. Москва) – 2014. – №2 (16). – С.89-91.
3. ГОСТ Р ИСО 9001: 2008 Системы менеджмента качества. Требования. – М., Стандартинформ, 2008.

Требования к оформлению рукописей статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно–практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0–11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные – 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф–редактору научнопрактического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" (e-mail: redaktor@nauteh.ru).