



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 11/12 - 2014 (ноябрь/декабрь)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной
ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



В НОМЕРЕ:

АНТЕННЫ, СВЧ УСТРОЙСТВА
И ИХ ТЕХНОЛОГИИ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ (ПО ОТРАСЛЯМ)

ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

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

и др. материалы

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

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 03.12.2015 г.
Формат 84×108 1/16

Печать цифровая
Заказ № 0000
Тираж 2000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

АНТЕННЫ, СВЧ УСТРОЙСТВА И ИХ ТЕХНОЛОГИИ

А.В. Останков

Вычислительная модель для исследования поля дифракции канавки в экране.

A. Ostankov – Computational model for the study of the scattered field of the groove in the screen..... 3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Е.Н. Каширская

Применение математических методов в исследовании коммуникации в социальных сетях.

E. Kashirskaya – Application of mathematical methods in the study of communication in social networks..... 12

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Л.К. Кузнецов

Распределенная система резервного копирования для малых предприятий.

L. Kuznetsov – Distributed systems backup for small enterprises..... 17

А.В. Царегородцев, А.М. Албаков

Методы информационного взаимодействия СМИ и социальных групп.

A. Tsaregorodtsev, A. Albakov – Distributed systems backup for small enterprises..... 21

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Д.А. Барыбин, Ю.В. Абель

Декларирование промышленной безопасности.

D. Barybin, Y. Abel – Declaration of industrial safety..... 24

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Ю.С. Иванова

Методы совершенствования эксплуатации нефтегазового оборудования.

Y. Ivanova – Methods to improve the operation of oil and gas equipment..... 28

ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

О.А. Мирюк

Фазовые превращения при твердении магнизиальных композиций.

O. Miryuk – The phase transformations at hardening of magnesium compositions..... 32

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

А.В. Семенютина, И.П. Свинцов, Д.К. Кулик,

А.Ш. Хужахметова, В.А. Семенютина,

С.М. Костюков, О.И. Дрепина

Методология использования биоразнообразия кустарников в «зеленых технологиях» аридных регионов.

A. Semenyutina, I. Svintsov, D. Kulik, A. Huzhahmetova, V. Semenyutina, S. Kostjukov, O. Drepina – Methodology use of biodiversity shrubs in “green technologies” arid regions. 36

А.В. Семенютина, И.П. Свинцов,

А.Ш. Хужахметова, В.А. Семенютина

Экологические аспекты культивирования и многоцелевого использования редких и исчезающих древесных видов природной флоры.

A. Semenyutina, I. Svintsov, A. Huzhahmetova, V. Semenyutina – Environmental aspects and cultivation multipurpose use of rare and endangered tree species native flora..... 46

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

Н.М. Миназетдинов

Моделирование электрохимической прошивки пазов.

N. Minazetdinov – Modeling of electrochemical groove machining..... 56

ОПТИКА

А.А. Михайлов

Влияние отклонений в распределении по толщине нанесенного на образующие цилиндрической поверхности оптического покрытия на его спектральную характеристику пропускания.

A. Mikhailov – The effect of deviations in the thickness distribution of the optical coating deposited on the cylindrical surface on its spectral transmission characteristics..... 62

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯ ДИФРАКЦИИ КАНАВКИ В ЭКРАНЕ

Останков А. В.,

доктор технических наук, профессор, кафедра радиотехники,
Воронежский государственный технический университет,
avostankov@mail.ru

Аннотация. Проектирование антенн с плоскими зеркалами, антенн дифракционного излучения требует наличия эффективной вычислительной модели дифракции волн на проводящем экране с неоднородностями. В предположении аппроксимации поля источника совокупностью локально-плоских волн решена двухмерная задача дифракции волны с ограниченным в пространстве плоским фронтом на прямоугольной канавке в экране. Получена система линейных уравнений относительно волноводных мод канавки. Представлены формулы для расчёта поля дифракции в ближней и дальней зонах. Описана реализация основных вычислительных процедур. Представлены частные результаты анализа поля дифракции в дальней зоне канавки.

Ключевые слова: антенна, дифракция, канавка, экран, локально-плоская волна, математическая модель.

COMPUTATIONAL MODEL FOR THE STUDY OF THE SCATTERED FIELD OF THE GROOVE IN THE SCREEN

Ostankov A. V.,

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

Abstract. Designing antennas with planar mirrors and diffraction radiation antennas requires an efficient computational model of wave diffraction on a conducting screen with inhomogeneities. Approximation of the field source using aggregate locally plane waves considered. In these conditions solved the two-dimensional problem of wave diffraction with limited flat front on the rectangular groove in the screen. The system of linear equations for the guided modes of the groove is received. The formulas for calculating the diffraction field in the near and far fields represented. Implementation of the basic computational procedures described. Partial results of analysis of the diffraction field in the far zone of the groove are presented.

Key words: antenna, diffraction, groove, screen, locally plane wave, mathematical model.

Введение. В настоящее время в антенной, СВЧ и КВЧ технике нашли широкое применение отражательные дифракционные решётки. Среди разнообразных типов и модификаций металлических отражательных решёток особым образом выделяются решётки с канавками прямоугольного профиля, называемые гребёнками [1,2]. Важная роль гребёнок во многом связана с историческим приоритетом их применения в СВЧ технике. Однако в последние десятилетия интерес к гребёнкам не ослабел, а, напротив, упрочился. Так, в СВЧ и КВЧ диапазонах на основе металлизированных квазипериодических гребёнок реализуются излучающие раскрытые зеркальных антенн с плоскими рефлекторами [3-5], а в совокупности с диэлектрическими волноводами разнообразных типов – распределительно-излуча-

ющие системы антенн дифракционного излучения (дифракционных антенн вытекающей волны) [6-8].

Электродинамические процессы, протекающие в таких антеннах, как правило, весьма сложны и сопровождаются разнообразными волновыми резонансами, в том числе в канавках гребёнки. Учёт резонансных явлений в канавках на стадии электродинамического моделирования излучающей системы позволяет существенно улучшить направленные свойства антенны, снизить потери, а в ряде случаев – реализовать новые режимы работы антенны. Таким образом, экспресс-анализ электромагнитного поля, возникающего при рассеянии электромагнитной волны на совокупности канавок, а также на одиночной канавке представляет собой важную и актуальную задачу. Приоритетность такой задачи значительно возраста-

ет при использовании гребёнок с канавками сложной формы, например, для селекции или преобразования ортогональных типов поляризации принимаемых антенным устройством электромагнитных волн [9,10], расширения полосы частот с ослабленной угло-частотной зависимостью [11], для придания гребёнке свойств EBG-структур (микроволновых метаматериалов) [12].

Основу известных вычислительных алгоритмов для анализа дифракции волны на неоднородности в экране составляет представление дифрагирующего поля в виде непрерывного пространственного спектра неограниченных в пространстве плоских волн [13]. Связано это с тем, что при взаимодействии поля (облучателя в зеркальной антенне или диэлектрической линии передачи в антенне дифракционного излучения) с канавками гребёнки аппроксимация дифрагирующего поля полем неограниченной в пространстве плоской волны уже недостаточна. Если уместна аппроксимация поля сфокусированным волновым пучком, то разложение дифрагирующего волнового пучка по плоским волнам позволяет использовать решения задач дифракции плоских электромагнитных волн на соответствующей структуре [14]. Указанный способ формализации задачи анализа очевидно эффективен лишь при относительно компактном пространственном спектре волнового пучка, формируемого облучателем. В большинстве антенных приложений указанное условие редко выполняется.

В основе альтернативного способа лежит представление фронта дифрагирующей волны локально-плоским в совокупности точек раскрытия гребёнки [15-17]. Тогда поле облучателя может быть описано конечным набором искусственно-локальных плоских волн (с искусственно ограниченными по протяженности плоскими фронтами) [18]. Для расчета характеристик антенны при таком подходе в соответствии с принципом суперпозиции необходимо располагать решением задачи дифракции на канавке в проводящем экране локально-плоской волны с искусственно ограниченным в пространстве фронтом.

Цель статьи – математически формализовать двухмерную задачу рассеяния локально-плоской

волны линейной поляризации на одиночной канавке прямоугольного профиля, выполненной в проводящем экране.

1. Математическая формализация задачи анализа поля дифракции. Пусть канавка прямоугольного профиля выполнена в бесконечно протяженном в плоскости раскрытия xOy металлическом экране с пренебрежимо малыми потерями, обладает шириной α , глубиной h и регулярна в направлении Oy (рис. 1).

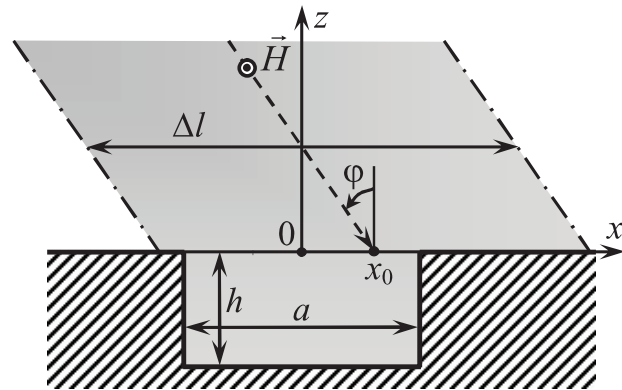


Рис. 1. Геометрия задачи

На экран с канавкой под углом Φ падает локально-плоская электромагнитная волна линейной H -поляризации, амплитудно-фазовый фронт которой ограничен в продольном (Ox) направлении. Поле такой волны описывается единственной отличной от нуля H -компонентой в направлении его однородности, которую удобно представить в виде:

$$H_y^{(0)}(x,z) = H_0 \cdot [1(x-x_{\rightarrow}(z)) - 1(x-x_{\leftarrow}(z))] \times \exp[j\beta_0(x-x_0)] \cdot \exp(-j\gamma_0 z),$$

где H_0 – амплитуда напряжённости магнитного поля;

$x_{\rightarrow, \leftarrow}(z)$ – абсциссы левой и правой текущих границ эквифазных поверхностей:
 $x_{\rightarrow, \leftarrow}(z) = x_0 + z \cdot \operatorname{tg} \Phi \mp \Delta l / 2$, $\Delta l = x_{\rightarrow} - x_{\leftarrow}$;

x_0 – абсцисса центра полосы, “засвечиваемой” в плоскости экрана;

$l(x)$ – единичная функция;

β_0 и γ_0 – постоянные распространения:
 $\beta_0 = k_0 \sin \varphi, \gamma_0 = k_0 \cos \varphi, k_0 = 2\pi / \lambda_0;$

λ_0 – длина волны.

Временная зависимость в виде $\exp(-j\omega t)$ здесь и далее опущена.

Требуется определить рассеянное канавкой поле.

Рассеянное канавкой поле целесообразно представить в виде интегрального Фурье-разложения по классическим плоским волнам с неограниченными фронтами:

$$H_y^{(i)}(x, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(\beta) \cdot \exp[j(\beta \cdot x + \gamma(\beta) \cdot z)] d\beta, \quad (2)$$

где β и $\gamma(\beta) = \sqrt{k_0^2 - \beta^2}$ – продольная и поперечная постоянные распространения составляющей пространственного спектра;

$A(\beta)$ – комплексная спектральная плотность искомого поля.

Поле в канавке (закороченном плоском волноводе) имеет смысл описать дискретной совокупностью волноводных мод:

$$H_y^{(k)}(x, z) = \sum_{m=0}^{+\infty} D_m \cos[\eta_m(z+h)] \cdot f_m(x), \quad (3)$$

где D_m – комплексная амплитуда m -й моды с поперечной постоянной распространения

$$\eta_m = \sqrt{k_0^2 - (m\pi/a)^2};$$

$f_m(x)$ – модальная функция, описывающая вариацию поля моды в направлении Ox и обеспечивающая автоматическое выполнение граничных условий на стенках канавки:

$$f_m(x) = \begin{cases} \cos\left[\frac{m\pi}{a}\left(x + \frac{a}{2}\right)\right], & |x| \leq a/2, \\ 0, & |x| > a/2. \end{cases} \quad (4)$$

Компоненты электрического поля над экраном с канавкой и внутри канавки определяются в соответствии с выражением, непосредственно вытекающим из уравнений Максвелла:

$$E_x(x, z) = \frac{1}{-j\omega\epsilon_0} \cdot \frac{\partial H_y(x, z)}{\partial z}. \quad (5)$$

Следует иметь в виду, что при дифференцировании в соответствии с (5) магнитной составляющей поля (1) дифрагирующей волны на границах, определяющих область локализации её фронта, определяющих область локализации её фронта, то есть там, где поле скачком обращается в нуль, в тангенциальной составляющей напряжённости электрического поля $E_x^{(0)}$ появляются особенности типа дельта-функции. Однако далее по тексту дельта-всплески напряжённости $E_x^{(0)}$ всюду опущены. Связано это с тем обстоятельством, что в большинстве практически важных задач поле источника аппроксимируется не одной локально-плоской волной, а их совокупностью. В плоскости раскрытия канавки (гребёнки) – в точках сопряжения фронтов смежных локально-плоских волн – указанные дельта-особенности имеют разный знак и, следовательно, попарно взаимно аннигилируют.

В результате “сшивания” тангенциальных компонент электромагнитного поля при $z=0$ и последующего внесения составляющих поля локально-плоской волны под знак интеграла получаем парную систему функциональных уравнений:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left[\{A(\beta) - \delta(\beta - \beta_0)H_0 \exp(-j\beta x_0) \times \right. \\ \left. \times [1(x - x_{\rightarrow}) - 1(x - x_{\leftarrow})]\} \gamma(\beta) \exp(j\beta x) d\beta \right] = \\ = j \sum_{m=0}^{+\infty} D_m \eta_m \sin(\eta_m h) \cdot f_m(x), \quad -\infty < x < \infty, \quad (6)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left[\{A(\beta) + \delta(\beta - \beta_0)H_0 \exp(-j\beta x_0) \times \right. \\ \left. \times [1(x - x_{\rightarrow}) - 1(x - x_{\leftarrow})]\} \exp(j\beta x) d\beta \right] = \\ = \sum_{m=0}^{+\infty} D_m \cos(\eta_m h) \cdot f_m(x), \quad |x| \leq a/2, \quad (7)$$

где $\delta(\beta-\beta_0)$ – дельта-функция для учёта в составе спектральной плотности поля над раскрывом составляющих поля дифрагирующей волны;

$$x_{\rightarrow,\leftarrow} = x_{\rightarrow,\leftarrow}(z=0) = x_0 \mp \Delta l / 2.$$

Умножим обе части уравнения (6) на функцию $\exp(-j\beta'x)$ и проинтегрируем по переменной x в бесконечных пределах [19]. В результате получим (с учётом последующей замены β' на β) выражение для спектральной плотности искомого поля $A(\beta)$:

$$A(\beta) = \frac{1}{2\pi \cdot \gamma(\beta)} \times \left\{ H_0 \gamma_0 \cdot K_0(\beta) + j \sum_{m=0}^{+\infty} D_m \eta_m \sin(\eta_m h) \cdot I_m(\beta) \right\}, \quad (8)$$

$$I_m(\beta) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_m(x) \cdot \exp(-j\beta x) dx =$$

$$\text{где } = \frac{a}{2} \cdot e^{-jm\pi/2} \cdot \left[\text{sinc}\left(\frac{\beta a + m\pi}{2}\right) + \right. \quad (9)$$

$$\left. + (-1)^m \text{sinc}\left(\frac{\beta a - m\pi}{2}\right) \right];$$

$$K_0(\beta) = \exp(-j\beta_0 x_0) \int_{x_{\rightarrow}}^{x_{\leftarrow}} \exp[-jx(\beta - \beta_0)] dx = \\ = \Delta l \cdot \exp(-j\beta x_0) \cdot \text{sinc}\left[\frac{\Delta l(\beta - \beta_0)}{2}\right]; \quad (10)$$

$$\text{sinc}(u) = \sin(u)/u.$$

Анализируя формулу (8) приходим к выводу, что первое слагаемое в ней описывает вклад переизлучения “засвечиваемой” полосы в раскрыве канавки, второе слагаемое – отклик канавки “засвечиваемой” волной.

Используя разложение функции $\exp(-j\beta x)$ по ортогональной на интервале $|x| \leq a/2$ системе функций $f_m(x)$ [19], несложно избавиться от текущей координаты x и в уравнении (7):

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(\beta) \cdot I_s^*(\beta) d\beta + \\ + (-D_s) \cos(\eta_s h) \cdot (1 + \Delta_s^0) a / 2 = -H_0 \cdot J_s, \quad s = 0, \infty, \quad (11)$$

где Δ_s^t – символ Кронекера;

$I_s^*(\beta)$ – комплексное сопряжение к $I_m(\beta)|_{s=m}$;

J_s – коэффициенты возбуждения, обусловленного прямым воздействием локально-плоской волны на канавку:

$$J_s = \int_{-\infty}^{\infty} [1(x - x_{\rightarrow}) - 1(x - x_{\leftarrow})] \cdot \exp[j\beta_0(x - x_0)] \times \\ \times [1(x + a/2) - 1(x - a/2)] \cdot \cos[s\pi(x + a/2)/a] dx;$$

если канавка не “засвечивается” ($x_{\leftarrow} \leq -a/2$ ИЛИ $x_{\rightarrow} \geq +a/2$), то $J_s = 0$; для других $x_{\leftarrow}, x_{\rightarrow}$ коэффициенты J_s могут быть рассчитаны аналитически:

$$J_s = \int_{\rho_{\rightarrow}}^{\rho_{\leftarrow}} \cos\left[\frac{s\pi(x + a/2)}{a}\right] \cdot \exp[j\beta_0(x - x_0)] dx, \quad (12)$$

$$\text{где } \rho_{\rightarrow} = \begin{cases} -a/2, & x_{\rightarrow} \leq -a/2, \\ x_{\rightarrow}, & -a/2 < x_{\rightarrow} < a/2; \end{cases}$$

$$\rho_{\leftarrow} = \begin{cases} a/2, & x_{\leftarrow} \geq a/2, \\ x_{\leftarrow}, & -a/2 < x_{\leftarrow} < a/2. \end{cases}$$

После исключения из уравнения (11) неизвестной комплексной спектральной плотности $A(\beta)$, описываемой выражением (8), получаем результирующую систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно комплексных амплитуд волноводных мод канавки:

$$\sum_{m=0}^{\infty} D_m \cdot [\eta_m \sin(\eta_m h) \cdot \sigma_{ms} + j\Delta_m^s (1 + \Delta_s^0) \cos(\eta_m h) a/2] = jH_0 (J_s + \gamma_0 \cdot P_s), \quad (13)$$

где σ_{ms} – коэффициенты, определяющие взаимную электродинамическую связь мод канавки по полю над раскрывом:

$$\begin{aligned} \sigma_{ms} &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\gamma(\beta)} \cdot I_m(\beta) \cdot I_s^*(\beta) d\beta = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{k_0^2 - \beta^2}} \int_0^a \cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right) e^{-j\beta x} dx \int_0^a \cos\left(\frac{s\pi}{a}x\right) e^{j\beta x} dx d\beta; \end{aligned} \quad (14)$$

P_s – коэффициенты возбуждения, обусловленного электродинамической связью канавки с возбуждённым участком раскрыва:

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\gamma(\beta)} \cdot K_0(\beta) \cdot I_s^*(\beta) d\beta = \\ &= \frac{e^{-j\beta_0 x_0}}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-j\beta a/2}}{\sqrt{k_0^2 - \beta^2}} \int_{x_s}^{x_r} e^{-jx(\beta - \beta_0)} dx \int_0^a \cos\left(\frac{s\pi}{a}x\right) e^{j\beta x} dx d\beta. \end{aligned} \quad (15)$$

Используя найденные из (13) комплексные амплитуды волноводных мод D_m , несложно рассчитать с учётом (8) и (2) поле, рассеянное канавкой в экране. Для оценки ненормированной амплитудной диаграммы рассеяния канавки (поля дифракции в дальней зоне как функции угла наблюдения) следует использовать формулу, аналогичную полученной в [20], в соответствии с которой

$$f(\Theta) = 2\pi \sqrt{30k_0} |A(k_0 \sin \Theta)| \cos \Theta, \quad (16)$$

где Θ – угол наблюдения, отсчитываемый по часовой стрелке от нормали к раскрытию канавки.

2. Реализация основных вычислительных процедур в модели дифракции. Анализ дифракции локально-плоской волны на канавке в экране, как показано выше, сводится к решению СЛАУ (13)

относительно комплексных амплитуд волноводных мод канавки. Поскольку СЛАУ (13) содержит бесконечное число уравнений (неизвестных), производится её усечение простым ограничением числа волноводных мод, учитываемых в канавке ($m, s = \overline{0, M}$). Численный анализ показывает, что для обеспечения удовлетворительной точности решения, характеризваемой относительно малой погрешностью выполнения баланса мощности, достаточно учесть все распространяющиеся в канавке моды и две-три затухающие (характер моды зависит от соотношения a/λ_0). Сформированная СЛАУ решается стандартным методом.

Основные временные затраты при формировании СЛАУ (13) приходятся на численные расчёты коэффициентов, определяющих матрицу левой и вектор правой частей системы.

Формула (14) для коэффициентов σ_{ms} в целом пригодна для численного расчёта. Интегрирование в ней приходится производить на большом интервале изменения параметра β (теоретически – от $-\infty$ до $+\infty$), в пределах которого подынтегральная функция многократно (несчётное число раз) изменяет знак. В таких условиях расчёт коэффициентов σ_{ms} с высокой точностью требует значительных затрат времени. Вместе с тем, в [14] показано, что исходное выражение (14) для σ_{ms} может быть сведено к виду, более адаптированному к расчётам. Методика преобразования [19] основана на использовании свойств преобразования Фурье и приводит согласно [14] к следующему выражению:

$$\sigma_{ms} = \frac{1}{2} \int_{-a}^a H_0^{(1)}(k_0|\xi|) \int_{\mu_+}^{\mu_-} \cos\left[\frac{m\pi(\mu+\xi)}{a}\right] \cos\left(\frac{s\pi\mu}{a}\right) d\mu d\xi, \quad (17)$$

где $H_0^{(1)}(x)$ – функция Ганкеля первого рода нулевого порядка;

$$\mu_{\rightarrow} = \begin{cases} -\xi, & \xi \leq 0, \\ 0, & \xi > 0; \end{cases} \quad \mu_{\leftarrow} = \begin{cases} a, & \xi \leq 0, \\ a - \xi, & \xi > 0. \end{cases}$$

Внутренний интеграл в (17) рассчитывается аналитически, внешний – численно. Заметим, что

подынтегральная функция (Ганкеля) имеет логарифмическую особенность при $\xi=0$. Для её устранения интервал интегрирования по переменной ξ следует разбить так, чтобы указанная особенность приходилась на одну из граничных точек частичных интервалов интегрирования. Тогда для расчёта частичных интегралов достаточно использовать численный метод, исключающий выбор узлов на концах интервала. Кроме того, в силу свойства соотношения (14), заключающегося в том, что $\sigma_{ms} = \sigma_{sm}$, расчёт половины указанного числа коэффициентов может не производиться.

Правая часть СЛАУ (13) определяется величиной коэффициентов J_s и P_s . Наибольшее время занимает расчёт P_s , если ориентироваться на формулу (15). Впрочем, однотипность выражений (15) и (14) указывает на возможность модификации (15) за счёт использования свойств преобразования Фурье. В работе [21] получено, на наш взгляд, наиболее пригодное для расчёта P_s выражение:

$$P_s = \frac{1}{2} \int_{x_{\rightarrow}-a}^{x_{\leftarrow}} H_0^{(1)}(k_0|\xi + \frac{a}{2}|) \int_{\mu_{\rightarrow}}^{\mu_{\leftarrow}} \cos\left(\frac{s\pi\mu}{a}\right) e^{j\beta_0(\mu+\xi)} d\mu d\xi, \quad (18)$$

$$\text{где } \mu_{\rightarrow} = \begin{cases} x_{\rightarrow} - \xi, & \xi \leq x_{\rightarrow}, \\ 0, & \xi > x_{\rightarrow}; \end{cases}$$

$$\mu_{\leftarrow} = \begin{cases} a, & \xi \leq x_{\leftarrow} - a, \\ x_{\leftarrow} - \xi, & \xi > x_{\leftarrow} - a. \end{cases}$$

Внутренний интеграл в (18) может быть найден аналитически, внешний – численно. Если область прямого взаимодействия волны с раскрывом имеет большую протяжённость, то есть $x_{\leftarrow} - x_{\rightarrow} \gg \lambda_0$, то для обеспечения точности расчёта P_s полосу “засветки” $[x_{\rightarrow}, x_{\leftarrow}]$ следует разбить на части $[x_{\rightarrow j}, x_{\leftarrow j}]$ с привязкой к канавке. В частности, разумно выделить интервал $[-a, a]$ (прямая “засветка” канавки, логарифмическая особенность подынтегральной функции при $\xi = -a/2$) и части протяжённостью не более

$\lambda_0/2$ левее и правее канавки. Если некая j -я часть полосы “засветки” значительно удалена от канавки, например $x_{\rightarrow j} \geq a/2 + (1 \dots 2)\lambda_0$, то расчёт частичного интеграла в составе (18) целесообразно выполнять по приближённой формуле, получаемой заменой функции Ганкеля её асимптотическим приближением и последующим аналитическим интегрированием с “заморозкой” аргумента наиболее статичной части (квадратного корня знаменателя) подынтегральной функции [21]:

$$P_{sj} \approx \frac{k_0 \cdot \exp[-j(\frac{\pi}{4} - k_0 \frac{a}{2})] [1 - (-1)^s \cdot \exp(-jk_0 a)]}{\sqrt{\pi k_0 (x_{\rightarrow j} + x_{\leftarrow j})} [(k_0)^2 - (s\pi/a)^2] (\beta_0 + k_0)} \times \\ \times (\exp[jx_{\rightarrow j}(\beta_0 + k_0)] - \exp[jx_{\leftarrow j}(\beta_0 + k_0)]).$$

Если $x_{\leftarrow j} \leq -a/2 - (1 \dots 2)\lambda_0$, знак k_0 в (19) следует изменить на противоположный.

На рис. 2-4 приведены расчётные нормированные амплитудные диаграммы рассеяния канавки в экране локально-плоской волной при условии $\varphi=0^\circ$ и $x_0=0$.

Заключение. В разработанной вычислительной модели дифракции волны на канавке в идеально-проводящем экране в отличие от известных моделей удачным образом сочетаются две противоположные стороны. С одной стороны идеология модели проистекает из простоты понимания подхода, связанного с аппроксимацией дифрагирующего поля, при которой парциальной составляющей поля является искусственно-локальная плоская волна. С другой стороны для модели характерна вполне достаточная для теории и практики проектирования антенных и СВЧ, КВЧ устройств строгость математической формализации. Подобная квазистрогость решения задачи обеспечивает приемлемую точность результатов анализа как в ближней, так и в дальней зонах, характерную для аналитических и чисто вычислительных (сеточных) моделей. Обладая малой размерностью и высокой степенью вычислительной алгоритмизации, модель дифракции может быть использована для анализа свойств конечных гребёнок (совокупности

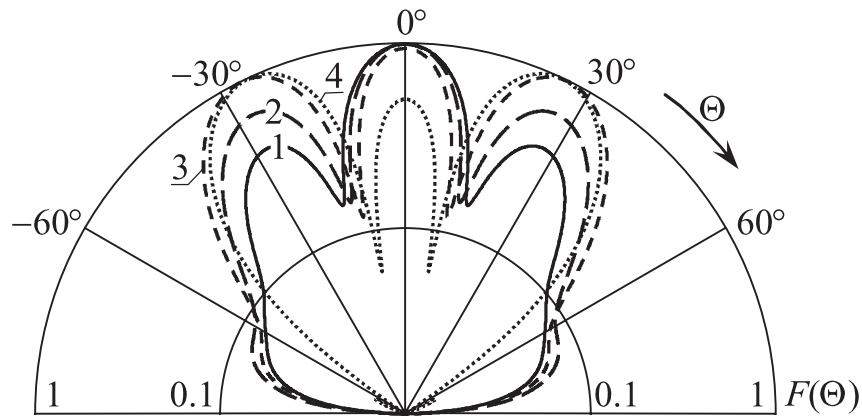


Рис. 2. Диаграммы рассеяния канавки глубиной $\lambda_0/4$ при $\Delta l = 3\lambda_0$:
 1 - $a = \lambda_0/4$; 2 - $\lambda_0/2$; 3 - $3\lambda_0/4$; 4 - λ_0

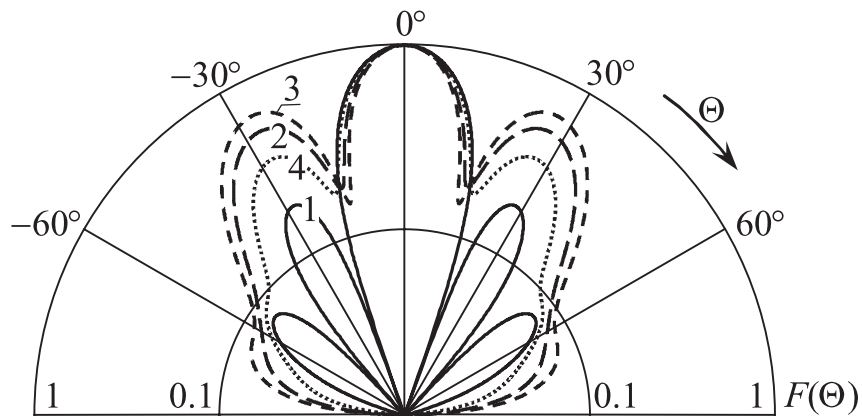


Рис. 3. Диаграммы рассеяния канавки шириной $\lambda_0/2$ при $\Delta l = 3\lambda_0$:
 1 - $h = 0$; 2 - $\lambda_0/8$; 3 - $\lambda_0/4$; 4 - $3\lambda_0/8$

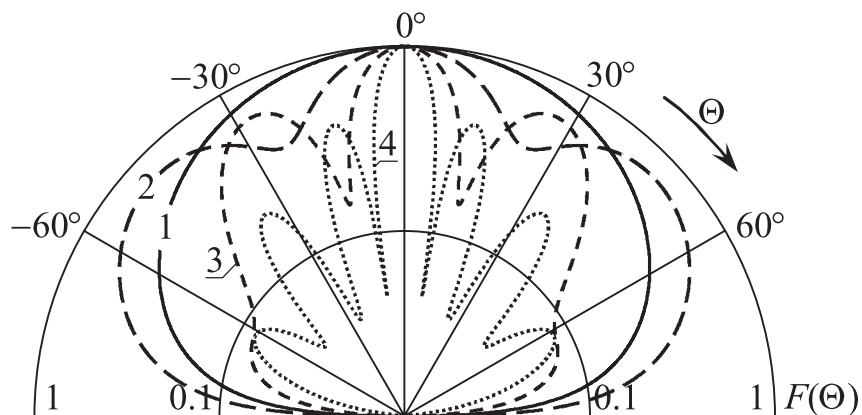


Рис. 4. Диаграммы рассеяния канавки глубиной $\lambda_0/4$ и шириной $\lambda_0/2$:
 1 - $\Delta l = \lambda_0/2$; 2 - $3\lambda_0/2$; 3 - $3\lambda_0$; 4 - $6\lambda_0$

канавок) прямоугольного профиля при рассеянии от плоского, и синтеза на этой основе плоских ребристых антенн с амплитудно-фазовым фронтом, отличным от плоского, и синтеза на этой основе плоских ребристых антенн с оптическим типом возбуждения.

Список литературы

1. Резонансное рассеяние волн: в 2 т. Т. 1.: Дифракционные решетки / В. П. Шестопапов, А. А. Кириленко, С. А. Масалов, Ю. К. Сиренко. – Киев: Наук. думка, 1986. – 232 с.
2. Шестопапов, В. П. Физические основы миллиметровой и субмиллиметровой техники: в 2 т. Т. 1.: Открытые структуры / В. П. Шестопапов. – Киев: Наук. думка, 1985. – 216 с.
3. Сестрорецкий, Б. В. Широкополосная плоская отражающая антенна с наклонным лучом / Б. В. Сестрорецкий, Б. А. Пригода, С. А. Иванов // Антенно-фидерные устройства, системы и средства радиосвязи: сб. тр. III междунар. науч.-техн. конф. – Воронеж, 1997. – Т. 2. – С. 255-263.
4. Антенна трехсантиметрового диапазона волн с плоским фокусирующим рефлектором / К. Б. Меркулов, А. В. Останков, Ю. Г. Пастернак и др. // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – Т. 46. – № 4. – С. 165-166.
5. Зеркальная СВЧ антенна с плоским дифракционным рефлектором для систем телекоммуникаций и спутникового телевидения / К. Б. Меркулов, А. В. Останков, Ю. Г. Пастернак и др. // Телекоммуникации. – 2002. – № 11. – С. 25-29.
6. Евдокимов, А. П. Антенны дифракционного излучения / А. П. Евдокимов // Физические основы приборостроения. – 2013. – Т. 2. – № 1. – С. 108-124.
7. Останков, А. В. Ретроспективный анализ возможностей, конструкций и основных характеристик дифракционных антенн вытекающей волны / А. В. Останков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 8. – С. 75-81.
8. Дифракционные решетки в антеннах СВЧ и КВЧ диапазонов волн [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Юдин, Ю. Г. Пастернак, А. В. Останков, К. Б. Меркулов. – Воронеж: ВГТУ, 2002. – 180 с.
9. Экспериментальные исследования антенных характеристик гребенки с двумя пазами и со слоем диэлектрика / А. И. Климов, К. Б. Меркулов, А. В. Останков и др. // Приборы и техника эксперимента. – 1999. – № 4. – С. 113-116.
10. Грибовский, А. В. Преобразование поляризации гауссова волнового пучка при незеркальном отражении от двухэлементной двумерно-периодической решетки из закороченных волноводов прямоугольного сечения / А. В. Грибовский, О. А. Елисеев // Радиофизика и радиоастрономия. – 2014. – Т. 19. – № 3. – С. 229-239.
11. Диапазонное снижение угловой чувствительности плоских дифракционных устройств на базе металлодиэлектрических двухуровневых гребенок / А. И. Климов, В. Н. Митрохин, А. В. Останков и др. // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер.: Приборостроение. – 1998. – № 4. – С. 95-103.
12. Дифракционный анализ металлодиэлектрической гребенки с пазами, частично экранированными в области раскрытия / А. В. Останков, А. И. Климов, Ю. Г. Пастернак и др. // Радиотехника. – 2000. – № 9. – С. 91-93.
13. Литвиненко, Л. Н. Спектральные операторы рассеяния в задачах дифракции волн на плоских экранах / Л. Н. Литвиненко, С. Л. Просвирнин. – Киев: Наук. думка, 1984. – 240 с.

14. Литвиненко, Л. Н. Дифракция плоской Н-поляризованной электромагнитной волны на щели в металлическом экране конечной толщины / Л. Н. Литвиненко, С. Л. Просвирнин, В. П. Шестопапов // Радиотехника и электроника. – 1977. – Т. 22. – № 3. – С. 474-484.
15. Виниченко, Ю. П. Отражательный поляризатор облучающей системы антенн оптического типа / Ю. П. Виниченко, А. Е. Туманская // Электромагнитные волны и электронные системы. – 1999. – Т. 4. – № 3. – С. 56-59.
16. Борзов, А. Б. Цифровое моделирование входных сигналов систем ближней радиолокации от сложных радиолокационных сцен [Электронный ресурс] / А. Б. Борзов, А. В. Соколов, В. Б. Сучков // Журнал радиоэлектроники: электрон. журнал. – 2004. – № 4. – URL:<http://jre.cplire.ru/jre/apr04/3/text.html>.
17. Останков, А. В. Электродинамические модели резонансных гребенчатых структур для анализа и синтеза высокоэффективных дифракционных антенн: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.12.07 / Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2011. – 421 с.
18. Останков, А. В. Оптимизация свойств вынесенного облучателя в антенне с плоским гребенчатым зеркалом / А. В. Останков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 5-1. – С. 25-27.
19. Александров, Н. Л. О некоторых методах расчета конечных волноводных решеток / Н. Л. Александров, Ю. П. Виниченко // Радиотехника и электроника. – 1991. – Т. 36. – № 10. – С. 1939-1945.
20. Останков, А. В. Анализ и оптимизация дифракционной антенны поверхностной волны / А. В. Останков // Антенны. – 2010. – № 9 (160). – С. 44-53.
21. Останков, А. В. Моделирование дифракции волн на непериодической отражательной решетке / А. В. Останков, В. Н. Фролов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2007. – Т. 3. – № 8. – С. 9-15.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ИССЛЕДОВАНИИ КОММУНИКАЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ¹

Каширская Е.Н.,

кандидат технических наук, доцент,
ФГОБУ ВПО «Московский государственный университет
приборостроения и информатики», Москва
kashirskaya_en@list.ru

Аннотация. Актуальность: безопасности государства может способствовать учет и прогнозирование так называемого «поведения толпы», и в особенности, участников массовых социальных сетей для целенаправленного влияния на развитие событий. Методы: математическое моделирование распространения инноваций в социальных сетях. Результаты: рассмотрены некоторые из применяющихся в настоящее время математических моделей для исследования прогнозирования коммуникаций в социальных сетях. Перспективы: получены результаты, вписывающиеся в уже существующие математические модели коммуникационных процессов; предлагается в дальнейшем исследовать связи в социальных сетях на основе теории случайных ветвящихся процессов.

Ключевые слова: коммуникация, социальные сети, математическая модель, общественное сознание, безопасность государства.

APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN THE STUDY OF COMMUNICATION IN SOCIAL NETWORKS

Kashirskaya E.N.,

Ph.D., Associate Professor,
FGOBU VPO "Moscow State University of Instrument Engineering
and Computer Science", Moscow

Abstract. Introduction, Purpose: state security can contribute to the account and prediction of so-called "crowd behavior", and in particular, the participants of mass social networks for targeted impact on development. Methods: mathematical modeling of diffusion of innovation in social networks. Results: explore some of the currently in use mathematical models to predict the communication research on social networks. Discussion: The obtained results fit into the existing mathematical models of communication processes; offered in the future to explore the connections in social networks based on the theory of random branching processes.

Keywords: communication, social networks, mathematical model, social consciousness, state security.

Массовое сознание формируется информационными потоками, которые протекают в социальной сфере. Информационные потоки, складываясь и формируя информационные процессы в обществе, воздействуют на общественное сознание и поведение общества в целом и отдельных личностей в частности. Безопасность государства, а также безопасность отдельной личности, с учетом особенностей современного информационного общества, невозможно обеспечить, если не пытаться прогнозировать развитие коммуникаций, и, в частности, коммуникаций в социальных сетях.

Безопасности государства может способствовать учет и прогнозирование так называемого «поведения толпы», и, в особенности, участников массовых социальных сетей для целенаправленного влияния на развитие событий.

Очень ярко проявляется влияние различных политических структур на массовое сознание в ходе проведения избирательных кампаний, о чем уже который год свидетельствуют многочисленные «цветные» революции.

Посмотрим, как на протяжении истории человечества трансформировалось общение людей [2]. Когда-то круг общения человека ограничивался небольшой группой физической досягаемости. Еще с некоторыми людьми можно было связываться пе-

¹ По материалам «II Международного конгресса по информационной безопасности национальных экономик INFOSECURITYFINANCE»

репиской, которая осуществлялась курьерами или с оказией. После организации регулярной почтовой службы круг pen friends - друзей по переписке значительно расширился. Затем появился телеграф, но в полном смысле средством коммуникации он не стал в силу дороговизны по сравнению с почтой. В последней четверти 19-го века вошел в обиход телефон, и это, во-первых, упростило общение на расстоянии (говорить проще, чем писать) и, во-вторых, расширило круг дистанционно общающихся людей. Примерно через век и две войны наступило время электронной почты, благодаря чему стало возможным не писать полноценных писем (эпистолярный жанр все-таки требует определенных усилий, двумя строчками не обойдешься). На короткое время к нам пришел пейджер и, наконец, как апофеоз физического разобщения – компьютерный пейджинг типа ICQ. Общение из реала начало массово перемещаться в виртуальный мир. Ну, дальше вы знаете, реальное общение всё больше и больше переносится в виртуальные сети, благодаря чему особую значимость приобретают информационные технологии. Сейчас общение в Интернете приобрело значение эффективного средства воздействия на социальные процессы в обществе.

В каждом государстве и вокруг него существуют деструктивные силы различного происхождения, как внешние, так и внутренние. Для борьбы с ними

в современном информационном и, скажем прямо, интернет-зависимом обществе необходимы количественные характеристики качественных коммуникационных процессов, протекающих в Интернете.

Без учета угроз, исходящих от толпы, причем нередко толпы, управляемой деструктивными силами, трудно или даже невозможно обеспечить безопасность общества и, следовательно, государства.

Какими же количественными характеристиками могут описываться подобные угрозы? Это, в первую очередь, скорость, с которой тот или иной вновь возникший процесс распространяется в обществе. Такие процессы принято называть инновационными. Прочитав Роджерса, заведующего кафедрой коммуникации и журналистики в университете Нью-Мексико: «Инновация – это идея, практическая деятельность или объект, новизна которого ощущается индивидом или группой» [3]. В наше время именно инновационные процессы в Интернете формируют массовое сознание.

Не секрет, что, по мнению многих авторитетных политологов, начавшаяся в декабре 2010 года «арабская весна» была организована через Facebook и Twitter.

Развитие деструктивной инновации и как следствие начало возможной революции происходит по следующей схеме (таблица 1).

Таблица 1

Дестабилизация общества

Действие	Аудитория	Инструмент	Результат
Массовые высказывания недовольства существующим режимом	Молодежь в социальных сетях	Революционная идея (инновация) в соцсетях	Формирование активной оппозиции
Координация действий	Пользователи соцсетей	Протест в соцсетях	Формирование группы протестующих
Политический флэш-моб	Толпа	Сбор и демонстрация политических лозунгов	Активное привлечение сочувствующих

В научной литературе описано множество моделей распространения инноваций. Все они, в основном, пришли в теорию коммуникаций из биологии или эконометрики, куда, в свою очередь, тоже попали из биологии, например, модель распространения эпидемий. Не будем приводить их все в коротком докладе. Опишем лишь некоторые из них [1].

1. Экспоненциальная модель: $n(t) = Ce^{kt}$,
 где $n(t)$ – количество людей, последовавших инновации,
 t – время,
 k и C – коэффициенты пропорциональности.

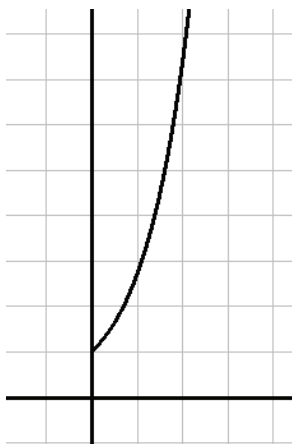


Рисунок 1. Примерный вид графика экспоненциальной функции (без соблюдения масштаба)

2. Модель Грилихеса: $n(t) = \frac{n_0}{1 - e^{-a-vt}}$,
 где n_0 – число последователей инновации на начальный момент времени,
 a – константа,
 v – скорость распространения инновации.

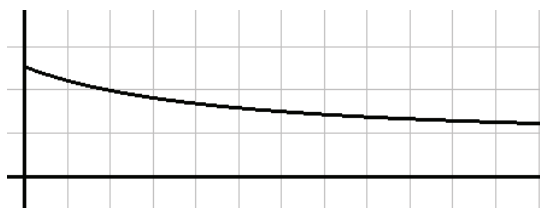


Рисунок 2. Примерный вид графика модели Грилихеса (без соблюдения масштаба).

3. Модель Коулмена: $\frac{dn(t)}{dt} = k \cdot (N - n(t))$,
 где N – общее количество потенциальных последователей идеи.

После интегрирования получаем:
 $n(t) = N - C \cdot e^{-kt}$,
 где C – произвольная постоянная интегрирования.

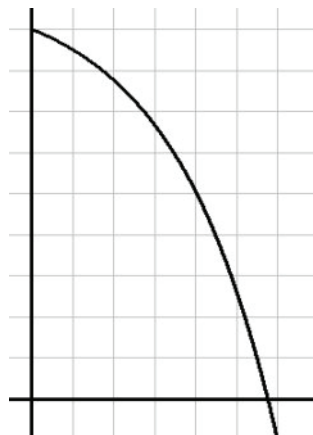


Рисунок 3. Примерный вид модели Коулмена после интегрирования (без соблюдения масштаба).

4. Модель Блэкмана:

$$\frac{dn(t)}{dt} = k \cdot n(t) \cdot \frac{N - n(t)}{N}$$

После интегрирования получим:

$$n(t) = \frac{C \cdot t^{kN}}{1 + C \cdot t^{kN}}$$



Рисунок 4. Примерный вид модели Блэкмана после интегрирования (без соблюдения масштаба).

5. Модель Флойда:

$$\frac{dn(t)}{dt} = k \cdot n(t) \cdot \left(\frac{N - n(t)}{N} \right)^2.$$

6. Обобщенная модель Басса:

$$\frac{dn(t)}{dt} = a \cdot (N - n(t)) + n(t) \cdot \frac{N - n(t)}{N},$$

где a и b – коэффициенты пропорциональности.

7. Модель Гомпертца:

$$\frac{dn(t)}{dt} = k \cdot n(t) \cdot (\ln N - \ln n(t)).$$

Эти и многие другие модели были получены при рассмотрении диффузных процессов и броуновского движения. По внешнему виду графиков можно судить о том, что они могут соответствовать распространению информации в Интернет-сообществах лишь в отдельных частных случаях и никак не соответствуют динамике процесса, которая заключается в лавинообразном нарастании количества последователей новой идеи, постепенном достижении порогового значения и дальнейшем упадке при понижении интереса к идее или замещении ее новой идеей.

Нам представляется наиболее отвечающей нашему исследованию сигмоидальная логистическая модель, подобная модели Блэкмена (рисунок 4). Рассмотрим ее, как предлагается в уже упоминавшейся монографии [1]. Для этого введем следующие условные обозначения:

N – общее количество людей в социальной сети,

$n(t)$ – количество последователей выдвинутой идеи (инновации),

m – количество контактов одного последователя с неохваченными пользователями в единицу времени,

p – вероятность охвата одного новичка идеями пользователя,

p_1 – вероятность охвата при единичном контакте,

p_0 – вероятность тематического контакта по выдвинутой идее, характеризуемая актуальностью идеи,

h – вероятность затухания идеи в единицу времени.

В этих обозначениях вероятность охвата при единичном тематическом контакте равна $p_0 \cdot p_1$, количество новичков, охваченных идеями, в единицу времени – $p_0 \cdot p_1 \cdot m$, а вероятность общения последователя идеи с неохваченным – $\frac{n}{N}$. Тогда вероятность охвата в результате общения будет равна $\frac{n \cdot p_0 \cdot p_1}{N}$. Таким образом, вероятность «вербовки» хотя бы единичного новичка за m контактов может быть выражена функцией:

$$p = 1 - \left(1 - p_0 \cdot p_1 \cdot \frac{n(t)}{N} \right)^m. \quad (1)$$

Среднее число вновь приобретенных идей последователей от контактов с носителями будет определяться величиной $p \cdot (N - n(t))$.

С учетом затухания формула (1) преобразуется в (2):

$$p = 1 - \left(1 - p_0 \cdot p_1 \cdot \frac{n(t)}{N} \right)^m - h \cdot \frac{dn(t)}{dt}. \quad (2)$$

На графике решения этого уравнения мы видим классическую логистическую кривую.

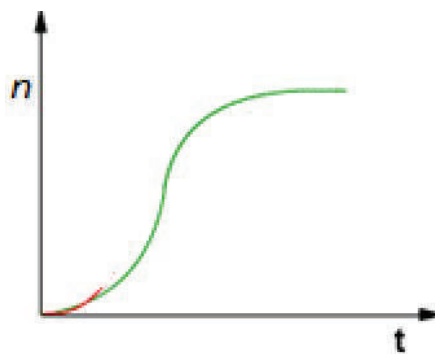


Рисунок 5. Изменение числа последователей инновации во времени.

Тем не менее, нам представляется, что ни одна из рассматриваемых в настоящее время моделей не может считаться полностью адекватной динамике процессов в социальных сетях. Наиболее часто сейчас применяются графовые модели сетей, но и они, в силу статичности, не вполне годятся для исследования. Более интересны, но не всеобъемлющи модели, составленные на основе клеточных автоматов, так как в них есть возможность учета динамики.

В 2013 году (*цитирую*) «Администрация президента заказала научно-исследовательскую работу, цель которой — просчитать математическую модель, с помощью которой чиновники смогут эффективнее

общаться с россиянами через интернет» [4]. Такая модель, по нашему мнению, может быть получена на основе рассмотрения случайных ветвящихся процессов, к которым, на самом деле, относятся коммуникации в социальных сетях. Теория ветвящихся случайных процессов – относительно новый раздел теории вероятностей, посвященный размножению и превращению частиц. С помощью этой теории можно исследовать установление и разрушение связей в коммуникационных системах [5]. Такой подход может дать основания для построения единой математической модели асимметричных распределений, соответствующих социальным сетям.

Список литературы

1. Минаев В.А. и др. Как управлять массовым сознанием: современные модели. - М., 2012. - 213 с.
2. Каширская Е.Н. Инфернальная теорема математики. // Эхо планеты. - № 38-39. – 2006. – С.28-31.
3. Rogers E. Diffusion of Innovations. 5ed. - New York: Free Press, 2003. - 553 p.
4. Кремль заказал математическую формулу движения информации в Сети. // Известия. – 5.05.2013. - <http://izvestia.ru/news/553821>
5. Иванов С.А. Моделирование процессов коммуникации в научном сообществе: Устойчивые статистические распределения в коммуникационных системах. – М., 2010. – 120 с.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО КОПИРОВАНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ¹

Кузнецов Л.К.,
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Финансовый университет
при Правительстве российской Федерации», Москва,
longin_kuz@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы резервного копирования данных для малых предприятий. Преимуществом предлагаемой системы является отсутствие необходимости в выделенном сервере.

Ключевые слова: резервное копирование, данные, жесткий диск, сервер, программа.

DISTRIBUTED SYSTEMS BACKUP FOR SMALL ENTERPRISES

Kuznetsov L.K.,
Ph.D., Associate Professor,
FGOBU VPO "Financial University under the Government
of the Russian Federation", Moscow

Abstract. Addresses issues of data backup for small businesses. The advantage of the proposed system is the lack of not-need a dedicated server.

Key words: backup, data, hard disk, server, software

Регулярное резервное копирование данных является неотъемлемой частью успешного бизнеса. Потеря информации и невозможность быстрого ее восстановления может привести к огромным убыткам, вплоть до полного прекращения деятельности компании [1]. К сожалению, зачастую о проблеме начинают задумываться слишком поздно. Ситуация усугубляется в небольших компаниях, где может не хватать ресурсов для привлечения квалифицированных специалистов, способных качественно и надежно организовать резервное копирование.

В данной работе рассмотрен один из возможных подходов к решению проблемы. Хотя и существует ряд ограничений, препятствующих его использованию в крупных компаниях, у него есть ряд преимуществ, делающих его актуальным для небольших компаний. К преимуществам распределенной системы резервного копирования, предлагаемой в данной работе, можно отнести простоту внедрения,

отсутствие необходимости в выделенном сервере, возможность задействовать имеющиеся ресурсы (неиспользуемое дисковое пространство) оптимальным образом.

Разработка собственного решения, несомненно, повлечет дополнительные расходы, но желание полностью использовать имеющиеся ресурсы, наличие множества технологий, позволяющих сильно сократить сложность разработки и затраченное время, а также потенциальная возможность продажи разработанного продукта аналогичным малым предприятиям, послужили основанием для принятия решения в его пользу.

К разрабатываемой системе были предъявлены следующие функциональные требования:

- работа по расписанию – резервное копирование должно начинаться автоматически в строго установленное время, это поможет минимизировать ошибки связанные с человеческим фактором (забывчивость человека);
- возможность разбиения резервной копии на части с добавлением избыточной информации

¹ По материалам «II Международного конгресса по информационной безопасности национальных экономик INFOSECURITYFINANCE»

– файл разбивается на n частей, дополнительная избыточная информация создается путем генерации еще m частей таким образом, что из любых n частей можно будет восстановить исходный файл, это позволит увеличить надежность системы;

- использование одноранговой $p2p$ сети – после разбиения все части файла распределяются по сети, система должна обеспечивать их передачу, а также прием и сохранение;
- восстановление резервных копий – в случае отказа оборудования и утери данных, по запросу пользователя, система должна предоставить ему список резервных копий, доступных для восстановления, переслать части и восстановить из них исходный файл;
- гибкость настройки – параметры системы должны быть изменяемы, например, путь к файлам, резервные копии которых будут создаваться, путь, по которому сохраняются принятые части файлов, время начала работы, уровень избыточности;
- ведение журнала работы – все действия необходимо записывать в специальные файлы журналов, что поможет выявить неполадки в работе системы, оценить скорость проведения операций, принять верные решения, связанные с оптимизацией работы системы.

В качестве архитектуры системы выбрана одноранговая сеть $p2p$. $P2p$ (peer-to-peer) – компьютерная сеть, основанная на равноправии участников. В такой сети отсутствуют выделенные серверы, а каждый узел (peer) является как клиентом, так и сервером. В отличие от архитектуры клиент-сервер, такая организация позволяет сохранять работоспособность сети при любом количестве и любом сочетании доступных узлов [3]. Таким образом, разрабатываемая система является полностью распределенной и не требует выделенного сервера.

Для надежного распределения резервных копий по узлам одноранговой сети, необходимо ввести избыточную информацию, то есть сгенерировать

дополнительные части резервной копии. Для решения этой задачи подходит алгоритм, используемый в RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) массивах [1]. Работа данного алгоритма основана на корректирующих кодах Рида-Соломона.

Рассмотрим алгоритм [4]. Перед нами стоит следующая задача: пусть имеется n частей резервной копии размером b байт каждая D_1, D_2, \dots, D_n , необходимо сгенерировать еще m частей размером b байт каждая C_1, C_2, \dots, C_m таким образом, что если будут утеряны любые m частей из D_1, D_2, \dots, D_n , C_1, C_2, \dots, C_m , резервная копия может быть восстановлена.

Будем рассматривать каждую часть как последовательность слов. Размер каждого слова составляет w бит и выбирается программистом (с учетом некоторых ограничений), следовательно, часть размером b байт состоит из $l = \frac{8 \cdot b}{w}$ слов. Всю резервную копию можно представить в виде матрицы D , где элемент d_{ij} – j слово i части резервной копии, а генерируемые части в виде матрицы C , где c_{ij} – j слово i генерируемой части.

Матрицу C получим из уравнения:

$$D \cdot F = C, \quad (1)$$

где F – матрица Вандермонда размерности $m \times n$, каждый элемент $f_{i,j}$ которой вычисляется по формуле $f_{i,j} = j^{i-1}$. Поскольку вся левая часть уравнения (1) нам известна, мы сможем найти матрицу C (2).

Предположим, что ровно m частей было утеряно. Для начала вычислим матрицу A на основе матрицы Вандермонда размерности $m \times n$. Выполняя элементарные преобразования: перестановка местами любых двух столбцов матрицы, умножение любого столбца матрицы на константу, отличную от нуля, сложение столбцов, приведем матрицу Вандермонда к такому виду, что верхние $n \times n$ элементов будут являться единичной матрицей. Определим матрицу $E = \begin{bmatrix} D \\ C \end{bmatrix}$ и получим следующее уравнение (3).

$$\begin{bmatrix} f_{1,1} & f_{1,2} & \dots & f_{1,n} \\ f_{2,1} & f_{2,2} & \dots & f_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{m,1} & f_{m,2} & \dots & f_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,l} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \dots & d_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{n,1} & d_{n,2} & \dots & d_{n,l} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & \dots & c_{1,l} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & \dots & c_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{m,1} & c_{m,2} & \dots & c_{m,l} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 2^{m-1} & 3^{m-1} & \dots & n^{m-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,l} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \dots & d_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{n,1} & d_{n,2} & \dots & d_{n,l} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & \dots & c_{1,l} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & \dots & c_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{m,1} & c_{m,2} & \dots & c_{m,l} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 2^{m-1} & 3^{m-1} & \dots & n^{m-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,l} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \dots & d_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{n,1} & d_{n,2} & \dots & d_{n,l} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,l} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \dots & d_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{n,1} & d_{n,2} & \dots & d_{n,l} \\ c_{1,1} & c_{1,2} & \dots & c_{1,l} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & \dots & c_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{m,1} & c_{m,2} & \dots & c_{m,l} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Вычеркивая из матриц А и Е частей, соответствующих утерянным частям, получаем матрицы А' и Е'. Получаем новое уравнение:

$$A' \cdot D = E' \quad (4)$$

По определению, все строки матрицы Вандермонда F линейно независимы. Поскольку матрица А была получена из F путем элементарных преобразований, ее строки также линейно независимы, а матрица А' является обратимой, и, следовательно, уравнение (4) имеет решение. Решив (4), мы получим матрицу D, а, следовательно, восстановим резервную копию.

Принцип работы программы

Запуск программы резервного копирования происходит в автоматическом режиме одновременно со

стартом операционной системы. При первой загрузке будет предложено отредактировать настройки по умолчанию. Рекомендуется, по крайней мере, выбрать папку с файлами, резервные копии которых необходимо создавать, и установить расписание работы.

Запущенная программа является одновременно и сервером и клиентом. Начав работу, она регистрирует PNRP имя и создает WCF службу, использующую IP-адрес и порт, указанный в настройках. В дальнейшем, любая другая копия программы, используя PNRP имя, сможет обнаружить эту службу, установить соединение и начать обмен данными.

Когда наступит время, заданное расписанием, программа упакует все папки и файлы в один ZIP файл. В конец получившегося файла, будут дописаны нули, чтобы его размер стал кратен одному мегабайту. Формат ZIP устроен так, что данная операция никак не скажется на его работоспособности. После

чего файл будет разбит на части, и с помощью алгоритма RS-RAID программа сгенерирует дополнительные части, которые создадут избыточность информации и увеличат тем самым надежность всей системы. Указав PNRP имя, программа получит список всех доступных WCF служб и информацию, необходимую для подключения к ним. Используя полученную информацию, она установит соединения и разошлет случайным образом все имеющиеся части. Возникающие исключения, общее время работы и информацию о результате записываются в файл журнала. Рассылка и прием частей от других компьютеров могут осуществляться одновременно, так как производятся в разных потоках.

Важно помнить, что задачей системы является резервное копирование, а не постоянная архивация данных, поэтому встает вопрос об удалении устаревших копий. Время, по истечении которого резервную копию можно считать устаревшей, задается в настройках, по умолчанию оно равно трем дням. После успешного завершения работы, программа посылает всем копиям команду удалить устаревшие части.

В случае утери данных, система предоставит пользователю список всех доступных для восстановления резервных копий, их размер и дату создания. При выборе одной из них, все части этой копии будут загружены, ZIP файл восстановлен и распакован.

Список литературы

1. Кузнецов Л.К., Ноздрин Ю.И. Защита информации и информационная безопасность: Учеб. пособие. – М.: ВГНА, 2005. – 236 с.
2. .NET Сетевое программирование для профессионалов /Паркер Т., Кровчик Э., Кумар В., Лагари Н. – М.: Лори, 2005. – 400с.
3. Using P2P in backup and storage systems – http://deptinfo.unice.fr/~dalle/wiki/uploads/Enseignements/Cours_Ubi_Part1.pdf
4. Plank J. A Tutorial on Reed-Solomon Coding for Fault-Tolerance in RAID-like Systems – <http://web.eecs.utk.edu/~plank/plank/papers/CS-96-332.pdf>

МЕТОДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СМИ И СОЦИАЛЬНЫХ ГРУПП¹

Царегородцев А. В.,

д. т. н., профессор,
зав. кафедрой «Информационная безопасность»,
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
AVTsaregorodtsev@fa.ru

Албаков А. М.,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
amAlbakov@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена классификация и краткая характеристика методов информационного взаимодействия СМИ и социальных групп, а так же воздействия в социальной среде, исходя из процессов, реализуемых субъектом, на которого оказывается воздействие.

Ключевые слова: информационное воздействие, информационное взаимодействие, информационная безопасность, методы воздействия.

THE METHODS OF INFORMATION INTERACTION BETWEEN THE MEDIA AND SOCIAL GROUPS

Tsaregorodtsev A. V.,

Dr. of Sc. (Engineering), Professor,
Head of Information Security Department,
Financial University under the Government of the Russian Federation,

Albakov A. M.,

student,
Financial University under the Government of the Russian Federation,

Abstract. The article describes the classification and brief description of the methods of information interaction between media and social groups, as well as the impact of the social environment on the basis of the processes implemented by subjects that are affected.

Key words: information impact, information interaction, information Security, methods of influence.

Как известно на человеческое общество необходимо воздействовать для достижения своих целей в различных областях нашей жизни, причем такая ситуация характерна не только для нашего времени. Направлять социум было необходимо с момента его возникновения и с каждым годом данная необходимость будет только расти. На объект можно воздействовать различными способами и средствами. Информационное воздействие, в процессе которого воздействуем на информационные процессы объекта, после чего поведение противоре-

ющего социального объекта изменяется, не является исключением.

В процессе информационного воздействия поведение противостоящего социального объекта изменяется путем воздействия на реализуемые им информационные процессы. В данной статье я постарался рассмотреть классификацию и краткую характеристику методов информационного воздействия в социальной среде, исходя из информационных процессов, реализуемых социальным субъектом, на которого оказывается воздействие.

Различные методы воздействия на процессы: доведение до регистратора специально сгенерированных сигналов, не соответствующих объективному миру; недопущение регистрации субъектом

¹ По материалам «II Международного конгресса по информационной безопасности национальных экономик INFOSECURITYFINANCE»

сигналов от объектов окружающего мира, имеющих большое значение для субъекта; изменение методов преобразования зарегистрированных субъектом сигналов в информацию; внесение изменений в информацию, сохраняемую социальным субъектом; ограничение возможности социального субъекта распространять сигналы; внесение изменений в данные, передаваемые по коммуникационным каналам; комбинированное информационное воздействие.

Первый и второй метод основаны на влиянии на процесс регистрации субъектом сигналов из внешнего мира и представляют собой подмену объективного мира субъекта неким виртуальным миром, который субъект воспринимает как реальность и формирует свое поведение.

Третий метод основан на том, что субъекту недостаточно лишь зарегистрировать сигналы из внешнего мира, он должен понять их, привести их к понятиям, которые ему уже известны.

Изменив алгоритм создания информации, можно добиться того, что, основываясь на адекватных сигналах из окружающего мира, подвергающийся воздействию социальный субъект будет получать неадекватную информацию, использование которой в процессе принятия управленческих решений будет препятствовать выбору оптимального пути к достижению цели или будет способствовать формированию выгодного поведения.

Возможность применения четвертого метода обусловлена тем, что субъект принимает управленческие решения и формирует свое поведение не только исходя из поступающих в режиме реального времени сведений, но и с учетом ранее полученной и накапливаемой информации. Изменив данную информацию, мы окажем воздействие на социальный субъект и его поведение.

Тезаурусом будем считать сохраненную субъектом информацию. Существуют следующие варианты воздействия на тезаурус: уничтожение всего тезауруса или его части, добавление новых сообщений в существующий тезаурус, изменение структуры тезауруса, комбинированное воздействие.

Уничтожение всего тезауруса или его части внесет максимальную энтропию в имеющийся тезаурус, убрать базу, на основе которой готовятся управленческие решения и формируется поведение субъекта.

Добавление новых сообщений в существующий тезаурус предполагает скрытое управление поведением социального субъекта, в процессе которого у центра принятия управленческих решений формируется неадекватное восприятие реальности, приводящее к выгодному воздействию стороны инициированию определенных управленческих решений или препятствованию их принятию.

Изменение структуры тезауруса представляет собой выстраивание новых логических цепочек из имеющихся в тезаурусе сообщений без добавления новых данных.

Ограничение возможности социального субъекта распространять сигналы достаточно широко применяется в человеческом обществе, конкретными примерами его реализации являются цензура и иные варианты ограничения свободы слова. Конкретный механизм такого метода информационного воздействия, как внесение изменений в данные, передаваемые по коммуникационным каналам, зависит от того, какие элементы социального субъекта соединяют коммуникационные каналы, содержащие данные, являющиеся объектом воздействия:

а) если по этому каналу передаются данные между регистратором и преобразователем, то внесение изменений в такие данные может оказать на субъект воздействие, подобное воздействию на этапе регистрации им сигналов из внешнего мира;

б) если по этому каналу передается информация между такими элементами, как преобразователь, хранилище информации и центр принятия управленческих решений, то механизм информационного воздействия будет практически идентичен внесению изменений в информацию, сохраняемую субъектом;

в) если по этому каналу передается командная информация от центра принятия управленческих решений к рабочим органами субъекта, то внесение изменений в эту информацию приведет к неадекватному функционированию этих рабочих органов и,

следовательно, к неадекватному поведению социального субъекта.

Три варианта информационного воздействия реализовываются с помощью данных методов.

В первом варианте в ходе воздействия воздействующий субъект изменяет модель реальности социального субъекта, под которой понимается упрощенное отображение мира с удержанием основных (с точки зрения субъекта) присущих ему свойств.

Второй вариант воздействия заключается в лишении субъекта информации, достаточной для разработки и принятия управленческих решений.

Третий вариант воздействия состоит в оказании управляющего влияния на процесс реализации принятых управленческих решений.

Различные социальные субъекты активно разрабатывают и применяют данные методы. Найти реальные примеры применения данных методов не является проблемой. К примеру, первый метод был применен во время военной компании США в Ираке, причиной для начала операции послужила

информация о наличии у Ирака оружия массового поражения, что на деле оказалось не правдой. Таким образом, общество только поддержало данную военную компанию. В качестве примера второго метода можно рассмотреть недавние действия украинских властей, которые прекратили деятельность ряда российских журналистов на территории своей страны, а так же вещание некоторых телевизионных каналов. Широкомасштабная культурная экспансия западного образа жизни во все страны и регионы мира, в процессе которой стираются межнациональные различия, происходит унификация культуры является отличным примером третьего метода.

В целом можно заключить, что информационное воздействие применяется на всех уровнях общественных отношений – от межличностных до межгосударственных и межнациональных. И, видимо, недалек тот день, когда будут разработаны методики комплексного информационного воздействия на социальные субъекты для достижения поставленных целей.

Список литературы

Богданов А.М., Мохор В.В. Математическая модель информационного воздействия // Сб. научн. тр. «Інформаційні технології та безпека». – Вып. 2, Институт проблем регистрации информации НАН Украины, Киев, 2002. – С. 3–13.

ДЕКЛАРИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

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. В данной работе проводится анализ процесса разработки декларации промышленной безопасности. Сформулированы основные нормативно-правовые акты о декларировании промышленной безопасности. Приведено основное содержание декларации промышленной безопасности.

Ключевые слова: промышленная безопасность, декларирование безопасности, опасные вещества.

DECLARATION OF INDUSTRIAL SAFETY

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 analysis of the development of industrial safety declaration was carried out. The main legal acts on declaration of industrial safety were represented. The content of the industrial safety declaration was formulated.

Keywords: industrial safety, safety declaring, hazardous substances.

Согласно требованию ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», любая организация, которая занимается эксплуатацией опасного производственного объекта, обязана разработать декларацию промышленной безопасности. Порядок разработки декларации реализуется в соответствии со статьей 14 данного закона «Разработка декларации промышленной безопасности» [1].

Процесс разработки декларации промышленной безопасности включает в себя множество мероприятий:

- Оценка риска аварий на производстве, а также оценка угроз и рисков, которые вызывает данная авария;
- Анализ мер по предупреждению аварий;
- Анализ того, насколько готов промышленный объект к эксплуатации;

- Требования промышленной безопасности. В этом пункте обязательно указываются меры по ликвидации аварии на декларируемом объекте;
- Мероприятия по снижению последствий и ущербов аварий.

Данный закон указывает на обязательный характер разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов I и II классов опасности, на которых могут использоваться, перерабатываться и храниться следующие опасные вещества (таблица 1) [2]:

Декларация промышленной безопасности должна состоять из:

- Титульного листа;
- Данных об организации, которая разрабатывает декларацию. Если в разработке участвовали несколько организаций, то сведения предоставляются для каждой из них;

Таблица 1

Опасные вещества и их количество

Вещество	Количество опасного вещества, т	
	I класс опасности	II класс опасности
Аммиак	5000 и более	500 – 5000
Нитрат аммония (нитрат аммония и смеси аммония, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 масс.%, а также водные растворы нитрата аммония, в которых концентрация нитрата аммония превышает 90 масс. %)	100000	10000 – 100000
Хлор	250 и более	25 – 250
Акронитрил	2000 и более	200 – 2000
Цианистый водород	200 и более	20 – 200
Оксид этилена	500 и более	50 – 500
Фтористый водород	500 и более	50 – 500
Сернистый водород	500 и более	50 – 500
Триоксид серы	750 и более	75 – 750
Диоксид серы	2500 и более	250 – 2500
Фосген	7,5 и более	0,75 – 7,5
Алкилы свинца	500 и более	50 – 500
Метилизоцианат	1,5 и более	0,15 – 1,5
Воспламеняющиеся и горючие газы	2000 и более	200 – 2000
Горючие жидкости на товарно-сырьевых складах и базах	500000	50000 – 500000
Горючие жидкости, которые используют в технологическом процессе	2000 и более	200 – 2000
Токсичные вещества	2000 и более	200 – 2000
Высокотоксичные вещества	200 и более	20 – 200
Окисляющие вещества	2000 и более	200 – 2000
Взрывчатые вещества	500 и более	50 – 500
Опасные для окружающей среды вещества	2000 и более	200 – 2000

- Оглавления с нумерацией всех разделов;
- Раздела 1 «Общие сведения», который включает в себя реквизиты организаций, сведения о расположении объекта, сведения о работниках и страховые сведения;
- Раздела 2 «Результаты анализа безопасности», который включает сведения об опасных веществах, о технологии и об основных результатах анализа риска аварии;
- Раздела 3 «Обеспечение требований промышленной безопасности», который включает в себя сведения, касающиеся обеспечения требований промышленной безопасности к эксплуатации объекта, а также о готовности к действиям по локализации и ликвидации аварий;
- Раздела 4 «Выводы», который должен включать в себя перечень опасных участков объекта, степень риска, перечень факторов риска, меры по уменьшению риска аварий. В данном разделе в обязательном порядке должно быть указано сравнение показателя риска для аварии со среднестатистическими показателями. Анализ должен быть произведен на основании фоновых показателей риска, которые официально опубликованы [5].
- Раздела 5 «Ситуационные планы» – наиболее объемный раздел декларации, который должен включать графическое отображение зон действия поражающих факторов. На ситуационном плане отмечают в масштабе места расположения выбросов и взрывов опасного производства, транспортные коммуникации, зоны действия поражающих факторов, вероятные сценарии аварий. Помимо вышесказанного, также указывают потенциальный риск гибели людей от аварий на территории объекта и прилегающих местностях. Декларация включает два обязательных приложения:
- Приложение №1 «Расчетно-пояснительная записка», которая состоит из титульного листа, оглавления, раздела 1 «Сведения о технологии», раздела 2 «Анализ риска» и раздела 3 «Выводы и предложения», включая список использованных источников.

- Приложение №2 «Информационный лист», который служит для предоставления его гражданам (по их требованию). Данное приложение содержит краткое описание основных сведений об организации, информацию о последствиях и масштабах возможных аварий и мерах безопасности, а также сведения о способах оповещения населения в случае возникновения аварий.

В общем случае декларацию разрабатывают в составе проектной документации на строительство и реконструкцию опасного производственного объекта, а также она может разрабатываться при его техническом перевооружении, консервации, ликвидации объекта вместе с соответствующей документацией [3]. В качестве примера опасного производственного объекта показан карьер (рис. 1).

Декларация на опасный производственный объект может разрабатываться вновь, если прошло 10 лет с момента внесения в реестр декларации, при изменении технологических процессов или при увеличении количества опасных веществ более 20%. Также декларацию необходимо разрабатывать заново при изменении требований к промышленной безопасности. В более пессимистичном сценарии декларацию необходимо разрабатывать заново по предписанию федеральных либо территориальных органов в области промышленной безопасности в случае выявления несоответствий.

Жизненный цикл декларации промышленной безопасности состоит из двух этапов: разработки декларации и ее регистрации с утверждением в Ростехнадзоре. В частности, можно выделить два управления в аппарате Ростехнадзора, куда могут направляться декларации на рассмотрение и регистрацию: управление по надзору за общепромышленными опасными объектами (металлургия, нефтехимическая промышленность и др.) и управление по надзору за взрывоопасными и химическими опасными производствами и объектами (химические производства и производства специальной химии).

Руководитель организации, которая эксплуатирует опасный производственный объект, утверждает декларацию, и именно он несет ответственность



Рисунок 1. Пример опасного производственного объекта

за полноту и достоверность сведений, которые в ней указаны. После ее подписания декларация предоставляется в органы государственной власти и местного самоуправления, а также в общественные объединения и гражданам. Внесение деклара-

ции в реестр федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности или же его территориальный орган производится в течение пяти рабочих дней с момента поступления документов.

Список литературы:

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон РФ о внесении изменений в федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», отдельные законодательные акты российской федерации и о признании утратившим силу подпункта 114 пункта 1 статьи 333.33 части второй налогового кодекса российской федерации 2013.
3. Федеральный закон от 04.03.2013 N 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
4. Лисанов, М.В. Нормативно-правовое обеспечение декларирования промышленной безопасности опасных производственных объектов/ М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2000. - № 1. - С. 8 - 12.
5. Гражданкин, А.И. Характерные ошибки анализа риска аварий при декларировании промышленной безопасности/ А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 10. – С. 6 – 12.

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Иванова Ю.С.,

Ижевский государственный технический университет
имени М.Т.Калашникова,
mosgotrachch@ya.ru

Аннотация. В процессе эксплуатации под действием внешних условий и режимов работы исходное состояние оборудования непрерывно ухудшается, снижается эксплуатационная надежность и увеличивается опасность возникновения отказов. Надежность электрооборудования зависит не только от качества изготовления, но и от научно обоснованной эксплуатации, правильного технического обслуживания и своевременного ремонта.

Ключевые слова: Нефтегазовое оборудование, методы совершенствования, техническое состояние, долговечность.

METHODS TO IMPROVE THE OPERATION OF OIL AND GAS EQUIPMENT

Ivanova Y.S.,

Izhevsk state technical university,

Annotation. During the operation under the influence of external conditions and modes original condition of the equipment is continuously deteriorating, reduced operational reliability and increases the risk of failure. Reliability of electrical depends not only on the quality of manufacture, but also on evidence-based operation, proper maintenance and timely repair.

Keywords: Oil and gas equipment, methods to improve the technical condition, durability.

В современных условиях, сформировавшихся в 2014 году, когда цены на нефть в течение года снизились практически вдвое, а РФ попала под многочисленные санкции, вопросы модернизации оборудования особенно актуальны для нефтегазовой отрасли. Предприятия при управлении собственностью должны особое внимание уделять управлению активами которые непосредственно участвуют в формировании доходов [4]. В свою очередь нефтегазовые предприятия крайне подвержены влиянию экзогенных факторов [5, 6], а Российская экономика в целом зависит от цен на нефть [7].

Эффективность и надежность нефтегазового оборудования зависит от его технического состояния. Современное нефтегазовое оборудование имеет достаточно высокие расчетные показатели надежности. Однако в процессе эксплуатации под действием внешних условий и режимов работы исходное состояние оборудования непрерывно ухудшается, снижается эксплуатационная надежность и увеличивается опасность возникновения отказов. Надежность электрооборудования зависит не только от качества

изготовления, но и от научно обоснованной эксплуатации, правильного технического обслуживания и своевременного ремонта. В основе процесса эксплуатации электрооборудования лежат последовательные во времени смены состояний работы, резерва, ремонта, технического обслуживания, хранения и т. д. [2].

В настоящее время для введения производственной эксплуатации и поддержания технического состояния оборудования в соответствии с требованиями нормативно-технической документации применяют систему планово-предупредительного ремонта (ППР). Такой подход предупреждает прогрессирующий износ оборудования и уменьшает внезапность выхода его из строя. Система ППР дает возможность подготовить управляемую и прогнозируемую на длительный период ремонтную программу: по видам ремонтов, типам оборудования, электростанциям и отрасли в целом. Постоянство ремонтных циклов позволяет осуществлять долгосрочное планирование выработки энергии, а также прогнозировать материальные, финансовые и трудовые ресур-

сы, необходимые капитальные вложения и развитие производственной базы нефтеремонта. Это упрощает планирование профилактических мероприятий, позволяет осуществить предварительную подготовку ремонтных работ, выполнять их в минимальные сроки, повышает качество ремонта и, в конечном итоге увеличивает надежность нефтеснабжения потребителей [1].

Рассмотрим на практике действие методики. При наблюдении за работой газлифтной установки и ее обслуживании замеряют буферное и затрубное давления, рабочие давления на замерных установках, определяют дебит нефти, газа, содержание воды и песка в продукции скважины и т.п. Кроме того, проверяют исправность устьевого оборудования; выкидных линий; скребков, применяемых для борьбы с образованием отложений парафина. Желательно все ремонтные работы с образованием отложений парафина проводить без остановки скважины.

Результаты наблюдений записывают в специальный журнал. Эти данные служат исходным материалом для установления оптимального режима эксплуатации других скважин, работающих в аналогичных условиях.

Для борьбы с отложениями парафина проводят следующие мероприятия:

- уменьшение пульсации фонтанирования при максимальном снижении газового фактора;
- применение механической очистки НКТ (насосно-компрессорных труб) различными скребками;
- покрытие внутренней поверхности НКТ стеклом, эпоксидными смолами, эмалями, бакелитовым лаком и др. (футерование);
- расплавление парафина, растворение парафина различными растворителями.

При использовании скребков на устьевой арматуре монтируют лубрикатор с сальником. Для спуска скребков на проволоке и их подъема применяют депарафинизационные установки типа АДУ (автоматические депарафинизационные установки), которые состоят из лебедки с электродвигателем и станции управления.

Для расплавления парафина применяют прогрев НКТ закачкой пара, горячей нефти или нефтепродуктов.

Подача теплоносителя в виде пара в затрубное пространство и выход его через насосно-компрессорные трубы обеспечивают расплавление и вынос парафина потоком нефти.

Для обработки скважин паром применяют передвижные паро-генераторные установки [3].

Для борьбы с пескопроявлением используют фильтры для закрепления призабойной зоны; ограничение депрессии для предотвращения разрушения скелета нефтесодержащих пород; конструкции подъемных лифтов и режимы их работы, при которых обеспечивается полный вынос песка.

Для борьбы с парафином, гидратами, солеотложением, образованием эмульсии, используют несмотря на повышенную металлоемкость установки, иногда второй ряд НКТ, что позволяет закачивать в кольцевое пространство между ними растворители и химреагенты без остановки скважины.

Образование гидратных пробок в скважинах устраняют следующими методами:

- уменьшением перепада давления на клапане;
- вводом ингибитора в нагнетаемый газ.

Важнейшим достижением в области газлифтной эксплуатации является освоение технологии спуска и извлечения через НКТ газлифтных клапанов, устанавливаемых в специальных эксцентричных камерах, размещенных на колонне насосно-компрессорных труб на расчетных глубинах. Это исключает необходимость извлечения колонны труб для замены пусковых или рабочих клапанов при их отказе или повреждении.

В расчетных местах на колонне труб устанавливают специальные эксцентричные камеры с карманом для ввода в него газлифтного клапана. В посадочном кармане спускаемый в него клапан уплотняют с помощью верхних и нижних колец из нефтестойкой резины и стопорной пружинной защелки. На внешней стороне эксцентричной камеры в месте расположения клапана между его уплотнительными кольцами делают сквозные отверстия. Через эти отверстия газ

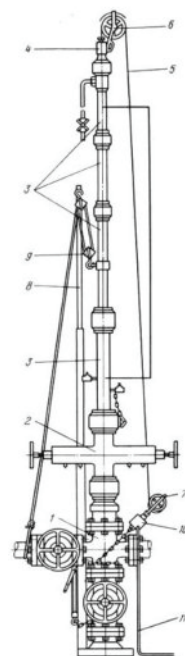
из межтрубного пространства проходит в посадочный карман, а затем через боковые отверстия в самом клапане - в насосно-компрессорные трубы.

Эксцентричную камеру делают таким образом, что проходное сечение колонны труб и их соосность полностью сохраняются. В верхней части эксцентричной камеры устанавливают специальную направляющую втулку, ориентирующую инструмент, на котором спускается клапан так, чтобы он при отклонении точно попадал в посадочный карман. На нижнем конце сборки посадочного инструмента имеется захватное пружинное устройство, которое освобождает головку клапана после его посадки в карман. Посадочный инструмент, имеющий шарнирные соединения, после того как он будет правильно ориентирован направляющей втулкой, переламывается в этих шарнирных соединениях с помощью пружинных устройств, чтобы продольная ось спускаемого клапана совпала с продольной осью посадочной камеры. Посадочный инструмент спускается в НКТ на стальной проволоке диаметром от 1,8 до 2,4 мм через устье скважины [1].

Клапаны извлекаются также с помощью канатной техники. Для этого в скважину спускается экстрактор, который, попадая в эксцентричную камеру, после последующего небольшого подъема ориентируется там направляющей втулкой в плоскости посадочной камеры клапана. После ориентации экстрактора его звенья под действием пружин переламываются в сочленениях так, что становятся в требуемое положение перед ловильной головкой клапана. Захватное пружинное приспособление на конце экстрактора при посадке на ловильную головку клапана захватывает ее и при подъеме вырывает сам клапан из посадочной камеры.

Для замены газлифтных клапанов в эксцентричных камерах или установки вместо газлифтных клапанов просто заглушек, не прибегая при этом к глушению или остановке скважины, на фланец верхней крестовины газлифтной арматуры или на фланец буферной задвижки устанавливают малогабаритный перекрывающий механизм - превентор 1 с ручным приводом, имеющий эластичные (резино-

вые) уплотняющие элементы, с помощью которых можно перекрыть скважину даже в том случае, когда в ней остается проволока. На превентор с помощью быстро-съемных соединений крепят секции лубрикатора 4, на верхнем конце которого имеется сальник 5 для пропуска проволоки 7 или тонкого каната и ролик 6. Внизу арматуры укрепляют натяжной шкив 8, через который канатик направляется на барабан лебедки с механическим приводом. Параллельно лубрикатору крепят небольшую съемную мачту 2 с полиспастом 3 для облегчения поднятия и сборки лубрикатора и ввода в него необходимого инструмента или извлечения поднятых клапанов. Натяжной шкив связан механически с датчиком 9, преобразующим силу натяжения канатика в электрические сигналы, передаваемые по кабелю 10 на индикаторное устройство. Датчик показывает натяжение канатика и дает информацию о захвате и извлечении газлифтного клапана из посадочной камеры. Вообще при использовании канатной техники по натяжению канатика можно судить о проводимых операциях на глубине. В связи с этим точности определения натяжения канатика, предотвращению его обрыва придают особое значение при использовании канатной техники.



В качестве привода для барабана лебедки используют гидравлический двигатель для более точного и плавного осуществления этих операций.

Газлифтные клапаны устанавливают и извлекают с помощью гидравлической лебедки, смонтированной в кузове микроавтобуса или на базе гусеничного транспортера, либо на специальной раме, переносимой вертолетом при использовании на заболоченных территориях.

Перед оператором в кабине установлены индикатор натяжения проволоки и указатель глубины [2].

Таким образом, основным технико-экономическим критерием системы ППР служит минимум простоев оборудования на основе жесткой регламентации ремонтных циклов. В соответствии с этим критерием периодичность и объем работ по техническому обслуживанию и ремонту определяются заранее установленными для всех видов оборудования типовыми нормативами.

Предложены и научно обоснованы аналитические зависимости для определения предель-

ных долговечностей базовых элементов оборудования, соответствующих состоянию текучести и неустойчивости пластического деформирования металла. Полученные закономерности положены в основу разработанных методов расчетов предельных долговечностей базовых элементов нефтегазового оборудования, работающего под давлением коррозионных рабочих сред.

Список литературы

1. С.Г.Бабаев, Ю.А.Васильев - Повышение надежности оборудования, применяемого для бурения на нефть и газ. – М.: Машиностроение, 2013. -162 с.
2. С.Г.Бабаев Надежность и долговечность бурового оборудования. – М.: Недра, 2004. – 184 с.
3. Е.И.Ишемгужин Теоретические основы надежности буровых и нефтегазопромысловых машин. – Уфа: Изд. Уфимск. нефт. ин-та, 2011. – 84 с.
4. Полякова А.Г., Колмаков В.В. Управление собственностью как экономической основой пространственного развития: сущность, концептуальные основы, механизм. Тюмень, 2006.
5. Давлетова Р.С., Файзуллин Р.В. Моделирование зависимости состояния нефтедобывающего предприятия от эндогенных и экзогенных факторов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2013. - №3. С.33-37
6. Давлетова Р.С., Коловертнов Р.А., Файзуллин Р.В. Влияние внешней среды на стратегическое планирование развития промышленного предприятия // Экономика и предпринимательство. 2013. - №7. С. 519-522.
7. Стрелкова В.И., Файзуллин Р.В. Модель зависимости между курсом доллара к рублю и ценой на нефть // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2014. - №3. С.41-47

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ТВЕРДЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Мирюк О.А.,
д.т.н., профессор,
Рудненский индустриальный институт, Казахстан.
psm58@mail.ru

Аннотация. Исследованы процессы гидратации и твердения магнезиального вяжущего с участием Fe_2O_3 , Fe_3O_4 и Al_2O_3 . Приведен состав продуктов гидратации. Определены превращения фаз при гидратации вяжущего. Исследовано влияние тепловой обработки на состав и свойства вяжущего.

Ключевые слова: каустический магнезит, магнезиальные композиции, гидратация, твердение.

THE PHASE TRANSFORMATIONS AT HARDENING OF MAGNESIUM COMPOSITIONS

Miryuk O.A.,
Rudny Industrial Institute

Abstract. Processes on hidratation and hardening of magnesium binding with participation of Fe_2O_3 , Fe_3O_4 and Al_2O_3 are investigated. Composition of hidratation products is presented. Transformations of phases at hydration of binding are defined. Influence of thermal processing on composition and property of binding is investigated.

Key words: caustic magnesite, magnesium compositions, hidratation, hardening.

Магнезиальные вяжущие – эффективная разновидность малоэнергоёмких материалов, характеризующаяся интенсивным твердением, высокими физико-механическими показателями. Ассортимент магнезиальных вяжущих расширяется за счет композиций, включающих каустический магнезит и дополнительный компонент природного или техногенного происхождения [1 – 3]. Магнезиальная составляющая активизирует гидратационную способность дополнительного компонента, вовлекая его в процессы структурообразования. Смешанные вяжущие по техническим характеристикам не уступают каустическому магнезиту, зачастую отличаются повышенной водостойкостью.

Большинство сырьевых материалов имеет сложный химико-минеральный состав. Представляет интерес влияние соединений железа и алюминия, присутствующих в породах и отходах промышленности, на гидратацию и твердение магнезиальных композиций.

Цель работы – исследование смешанных магнезиальных вяжущих с железосодержащим и глиноземсодержащим компонентами.

Модельные вяжущие готовили из каустического магнезита ПМК – 75; химических реактивов Fe_2O_3 , Fe_3O_4 и Al_2O_3 . Вяжущие затворяли раствором хлорида магния плотностью 1250 кг/м³.

Состав композиций позволяет проследить отдельные превращения, характерные для многокомпонентных смесей. Прочность камня вяжущего определяли на образцах размером 20x20x20 мм, изготовленных из теста нормальной густоты. Фазовый состав затвердевших материалов оценивали дифрактометрическим и дифференциально-термическим методами анализа. Структуру камня вяжущего исследовали с помощью электронной микроскопии.

Вяжущие из каустического магнезита и оксида железа характеризовались мольными соотношениями: MgO: Fe_2O_3 – 1:0; 3:1; 2:1; 3:2; 1:1; 1:2. Содержание Fe_2O_3 в смесях соответственно равно, %: 0; 57; 67; 73; 80; 89. Характер твердения вяжущих зависит от содержания MgO. В отличие от каустического магнезита, композиции имели стабильный объем при твердении в воде (18 мес.). Анализ дифрактограмм выявил, что с увеличением доли Fe_2O_3 ускоряется гидратация

MgO. Полное преобразование MgO наблюдается в высокожелезистых составах («3:2»; «1:1»; «1:2») к 7 сут твердения. По сравнению с вяжущими, содержащими Al_2O_3 , в композиции с Fe_2O_3 повышенная активность MgO. Непропорциональная количеству MgO степень упрочнения вяжущих свидетельствует о вкладе Fe_2O_3 в структурообразование. Степень превращения Fe_2O_3 в гидраты составляет 5 – 18%, наибольшие значения характерны для высокомагнезиальных составов («3:1»; «2:1»). Активность Fe_2O_3 при гидратации магнезиальных вяжущих можно объяснить предшествующей растворению оксида топохимической реакцией с растворенным в воде $MgCl_2$.

Состав кристаллогидратов камня вяжущих определяется соотношением компонентов. Основу затвердевших вяжущих с $MgO:Fe_2O_3$ – 1:0; 3:1; 2:1 образует пентагидрооксихлорид магния $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$. При гидратации смешанных вяжущих не идентифицирован тригидрооксихлорид магния $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$. Отличием гидратированных композиций является $Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 2MgCO_3 \cdot 6H_2O$ – гидрооксихлоркарбонат магния. С течением времени содержание гидратного комплекса уменьшается, не вызывая деструктивных процессов; это подтверждает стабильное упрочнение большинства композиций. Пентагидрооксихлорид магния сохраняется в композиции долгосрочного твердения. Основу аморфных фаз камня вяжущего образует гидроксид железа.

Исследования методом электронной микроскопии выявили микроконгломератное строение камня смешанного вяжущего. Наличие частиц различной морфологии способствует уплотнению и повышению устойчивости затвердевшей композиции к деструктивным процессам.

Высокой прочностью и водостойкостью отличаются вяжущие из MgO и Fe_3O_4 . Характер изменения фазового состава и свойств затвердевшей композиции во многом аналогичен композициям, содержащим Fe_2O_3 . С увеличением концентрации Fe_3O_4 уменьшается содержание пентагидрооксихлорида магния (эндоэффекты при 220°C и 420°C), возрастает доля гидрооксихлоркарбоната магния (эндоэффекты

при 280°C, 470°C и 600 °C) и гидрооксида железа (эндоэффекты при 280°C и 400°C). При гидратации высокомагнезиального вяжущего образуется гидроферрит магния (эндоэффекты при 310°C и 500°C).

Высокая реакционная способность железосодержащего компонента подтверждена при исследовании модельных магнезиальных композиций из каустического магнезита и минералов: андрагита $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ и пирита. $Fe[S_2]$.

Модельное вяжущее из 40% каустического магнезита MgO и 60% реактива Al_2O_3 использовано для исследования влияния повышенных температур на фазовые превращения при твердении магнезиальной композиции. Первая группа образцов оставлена для твердения на воздухе при нормальной температуре; вторая – через 3 ч после формования помещена в сушильный шкаф, где выдержана при 90°C в течение 10 ч. В последующем все образцы твердели в нормальных условиях. Прочность материалов определяли через 1 и 7 сут (табл. 1).

Часть образцов в возрасте 7 сут перед испытаниями подвергали тепловой обработке (0,5 ч) при температурах 300°C и 400°C, заметно влияющих на прочность материала. Фрагменты образцов после испытания анализировали рентгенофазовым и термическим методами.

Термический анализ подтверждает присутствие в вяжущем нормального твердения пентагидрооксихлорида магния. Эндоэффекты при 200°C и 400°C указывают на ступенчатую дегидратацию кристаллогидрата, а при 500°C – на разложение фазы.

Дегидратация комплекса $Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 2MgCO_3 \cdot 6H_2O$, характерного только для смешанного вяжущего, отмечена эндоэффектами при 250°C и 440°C, а при 600°C происходит распад карбонатного гидрата. Кроме того, при активизирующем влиянии раствора хлористого магния в твердеющей композиции, включающей MgO и Al_2O_3 , возникает аморфный гидроксид алюминия (эндоэффекты при 250°C, 440°C), а также гидроалюминаты магния типа гидроталькита (эндоэффекты при 250°C и 500°C).

Анализ результатов механических испытаний (табл. 1) показал, что выдерживание образцов при

**Влияние условий твердения
на прочностные показатели смешанного магниального вяжущего**

Режим твердения в первые сутки	Предел прочности при сжатии, МПа			
	1 сут	7 сут	после обработки при температуре, °С	
			300	400
Нормальное твердение	29	53	42	4
Выдерживание при 90°С в течение 10 ч	45	62	41	4

90°С интенсифицирует раннее твердение, обеспечивает рост прочности материала на 55%. В дальнейшем превосходство образцов второй группы сохраняется, однако различие в показателях прочности не превышает 17%. Высокотемпературное воздействие снижает прочность образцов обеих групп на 20 – 34% (300°С) и в 13 – 15 раз (400°С).

Изменения прочностных показателей затвердевшего вяжущего определяются характером гидратообразования. Твердение образцов при 90°С активизирует гидратационную способность MgO и Al₂O₃, о чем свидетельствует значительное снижение интенсивности дифракционных отражений этих фаз. Выдерживание при 90°С обеспечивает практически полную (93%) гидратацию MgO, остаточное содержание которого в образцах второй группы в 4 раза меньше, чем в образцах нормального твердения. Повышенная температура твердения, увеличивая гидратационную активность MgO, способствует кристаллизации Mg(OH)₂.

Основным кристаллогидратом в вяжущих нормального твердения является 5Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O. Значительная доля фазы формируется в первые сутки, а в период 1 – 7 сут увеличивается только на 15%.

Повышение температуры твердения до 90°С затрудняет образование 5Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O: содержание гидрата почти на 30% меньше, чем при нормальных условиях. Это обусловлено преимуществен-

ным формированием Mg(OH)₂, который не участвует в образовании комплекса 5Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O.

Активизирующее влияние раствора MgCl₂ способствует проявлению гидратационных свойств Al₂O₃ и образованию при нормальном твердении аморфного Al(OH)₃, а при увеличении температуры – кристаллизации гидрата. При повышенной температуре твердения усложняется фазовый состав кристаллогидратов вяжущего за счет гидрооксихлоркарбоната магния Mg(OH)₂·MgCl₂·2MgCO₃·6H₂O и гидроталькита 5Mg(OH)₂·MgCO₃·2Al(OH)₃·4H₂O. Формированию карбонатсодержащих комплексов предшествует ранняя карбонизация Mg(OH)₂, которую, по данным [4], активизирует MgCl₂. Выявлена [3] зависимость процессов образования пентагидрооксихлорида и гидрооксихлоркарбоната магния, включающая одновременное увеличение содержания гидратов. Формированию гидрооксихлоркарбоната магния благоприятствует увеличение плотности раствора хлорида магния, чему могло способствовать выдерживание отформованных образцов при повышенной температуре.

Обработка образцов при 300°С существенно изменяет фазовый состав гидратов. Разлагаются кристаллогидратные комплексы, при участии продуктов распада образуются соединения менее сложного состава, с пониженным содержанием кристаллизационной воды.

В числе новообразований возможны $2\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot (2-4)\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и другие. Многообразие и невыразительность большинства дифракционных отражений затрудняют четкую идентификацию новообразований. Появление дифракционных максимумов ($d = 0,56; 0,28; 0,17$ нм) на рентгенограммах образцов, обработанных при 300°C , указывает на появление основного хлорида $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ в результате преобразования продуктов разложения $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и несвязанного $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

По данным [5], при нагревании гидроталькита до температуры $250 - 320^\circ\text{C}$ выделяются четыре молекулы кристаллизационной воды, и удаляется конституционная вода гидроксида алюминия. Это подтверждается увеличением доли Al_2O_3 в образцах, выдержанных при 300°C . В отсутствие сложных кристаллогидратов, формирующих каркас камня, остаточная прочность структуры после обработки при 300°C , обеспечивается перечисленными новообразованиями, а также гидроксидами алюминия и магния.

Обработка образцов при 400°C сопровождается разрушением большинства фаз, возникших при 300°C , дегидратацией $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$. Снижение термической

устойчивости гидроксида алюминия вызвано, по-видимому, разрушительным действием хлористого водорода, выделяющегося при разложении основного хлорида магния. Различие содержаний MgO в образцах первой и второй групп обусловлено наличием MgCO_3 в материале, твердевшем при 90°C .

Выводы. Реакционная способность железосодержащего компонента обеспечивает высокую активность магнезиальной композиции оксихлоридного твердения, многообразие кристаллических и гелевых гидратов. Оптимизация вещественного состава за счет железосодержащего компонента повысит эффективность смешанных магнезиальных вяжущих.

Твердение смешанного магнезиальноглиноземистого оксихлоридного вяжущего при повышенной температуре характеризуется формированием гидрокарбонатных комплексов сложного состава; кристаллизацией брусита и, как следствие, снижением доли пентагидрооксихлорида магния; повышением ранней прочности камня на 55%. Изменения фазового состава гидратов практически не влияют на термическую устойчивость структуры при $300 - 400^\circ\text{C}$.

Полученные результаты расширяют представления о составе и свойствах гидратов в магнезиальных композициях.

Список литературы

1. Зырянова В.Н., Бердов Г.И., Верещагин В.И. Физико-химические процессы и технология получения композиционных магнезиальных вяжущих материалов с использованием магнийсиликатных наполнителей // Техника и технология силикатов. – 2010. – №1. – С. 37–41.
2. Орлов А.А., Черных Т.Н., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я. Энергосбережение при получении магнезиального вяжущего строительного назначения // Строительные материалы. – 2011. – №8. – С. 47 – 50.
3. Мирюк О.А., Ахметов И.С. Вяжущие вещества из техногенного сырья. – Рудный: РИИ, – 2002. – 250 с.
4. Куатбаев К.К. Силикатные бетоны из побочных продуктов промышленности. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
5. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розилова Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, 1974. – 399 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КУСТАРНИКОВ В «ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ» АРИДНЫХ РЕГИОНОВ

Семенютина А.В.,

Д. С.-Х. Н.,

Свинцов И.П.,

академик РАН, д. с.-х. н.,

Кулик Д.К.,

К. С.-Х. Н.,

Хужахметова А.Ш.,

К. С.-Х. Н.,

Семенютина В.А.,

аспирантка,

Костюков С.М.,

К. С.-Х. Н.,

Дрепина О.И.,

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации

vnialmi@yandex.ru

Аннотация. Дано научное обоснование эффективности применения кустарников в зеленых технологиях. Определены биоэкологический потенциал и длительность проявления их декоративности. Разработана схема сохранения и непрерывного использования биоразнообразия кустарников в зеленых технологиях для агломераций засушливых регионов.

Ключевые слова: биоразнообразие, кустарники, интродукция, зеленые технологии, рекреационно-озеленительные насаждения, биоэкологический потенциал, декоративность, малолесные регионы, агломерация.

METHODOLOGY USE OF BIODIVERSITY SHRUBS IN "GREEN TECHNOLOGIES" ARID REGIONS

Semenyutina A.V.,

Svintsov I.P.,

Kulik D.K.,

Huzhahmetova A.S.,

Semenyutina V.A.,

Kostjukov S.M.,

Drepina O.I.,

All-Russian Research Institute of agroforestry

Abstract. Given the effectiveness of scientific justification shrubs in green technologies. Identified bioecological potential and duration of manifestation of their decoration. Developed a scheme of co-storage and continuous use of biodiversity in the bushes green technologies for agglomerations arid regions.

Keywords: biodiversity, shrubs, introduction, green technology, recreation and landscaping plantings, bioecological potential, decorative, sparsely regions agglomeration.

Зеленые технологии охватывают все сферы экономики. В настоящее время они интенсивно внедряются в сферу зеленого строительства путем введения в культуру малолесных регионов экономически важных древесных растений для смягчения последствий изменения климата, снижения вредных выбросов в атмосферу и повышения эколого-экономической и социальной эффективности урбанизированных территорий. Научно обосно-

ванные зеленые технологии позволяют значительно расширить использование интродукционных ресурсов кустарников в условиях урбанизации засушливого пояса России.

Современные рекреационно-озеленительные насаждения засушливого пояса России характеризуются бедным составом декоративной растительности и нуждаются в обогащении флоры, преимущественно кустарникового яруса. Среди главных сфер разра-

ботки зеленых технологий для агломераций является создание экологически устойчивых и декоративно-привлекательных насаждений. Наиболее простыми и эффективными методами решения экологических проблем малолесных регионов становится применение биологически разнообразного видового состава кустарников для озеленения, которое существенным образом улучшит санитарно-гигиенический и эстетический облик населенных пунктов [1, 2, 3].

Потребности и экологическое состояние деградированных территорий не могут быть удовлетворены монокультурами. Для реализации специфичных ландшафтно-архитектурных замыслов и приемов озеленения населенных пунктов и создания рекреационно-озеленительных насаждений в засушливых условиях повышается потребность в толерантных декоративных кустарниках, которые отвечают разнообразным требованиям [4-8].

На основе изучения адаптационных возможностей и декоративных достоинств кустарников различных семейств в различных условиях произрастания из коллекционных фондов ВНИАЛМИ для Ергенинско-Сарпинского и Волго-Уральского лесомелиоративных районов рекомендуются наиболее засухоустойчивые и декоративные виды (боярышники, таволги, шиповники, форастииеры и др.). Они

способствуют формированию разнообразной полезной фауны, увеличивая экологическую устойчивость территории.

Привлекательность и комфортность рекреационно-озеленительных насаждений обусловлена декоративностью, которая проявляется в оптимальных условиях их произрастания. Среди декоративных признаков при подборе ассортимента для создания различных типов рекреационно-озеленительных посадок важное значение имеет биологический потенциал кустарников по срокам цветения (рис. 1).

Декоративность кустарников в течение вегетационного периода определяется сезонной окраской ствола и ветвей, листьев, цветов, плодов и их формой. Длительность проявления декоративности кустарников зависит от видовой принадлежности (табл. 1).

Габитус кустарников определяется размерами и формой растений в конкретных условиях, что является основанием для их размещения и использования в различных типах озеленительных посадок. По размерам растений кустарники делят на 4 группы (рис. 2).

Из аборигенных кустарников для озеленения сухих и сильно освещенных участков пригодны: боярышник однопестичный, миндаль низкий, крушина слабительная, вишня степная, шиповник собачий,

Таблица 1

Длительность проявления декоративности кустарников

Род	Оценка декоративности (баллы) и длительность эстетического воздействия (в месяцах)						Сумма
	цветки	плоды	форма листьев	окраска листьев	ствол и ветви	крона	
Боярышник	5x1	6x1	3x4	3x1	2x12	2x12	74
Кизильник	4x1	5x2	4x4	6x1	2x12	4x12	108
Шиповник	5x1	6x2	4x4	3x1	2x12	4x12	120
Сирень	6x1	3x2	4x4	3x1	2x12	3x12	91
Спирея	6x1	3x2	4x4	3x1	2x12	5x12	115
Чубушник	6x1	2x2	3x4	3x1	2x12	4x12	97

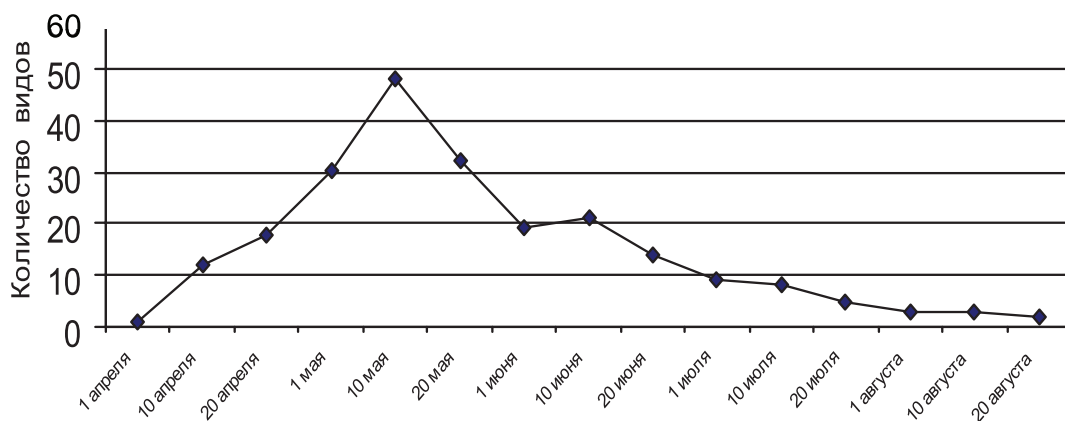
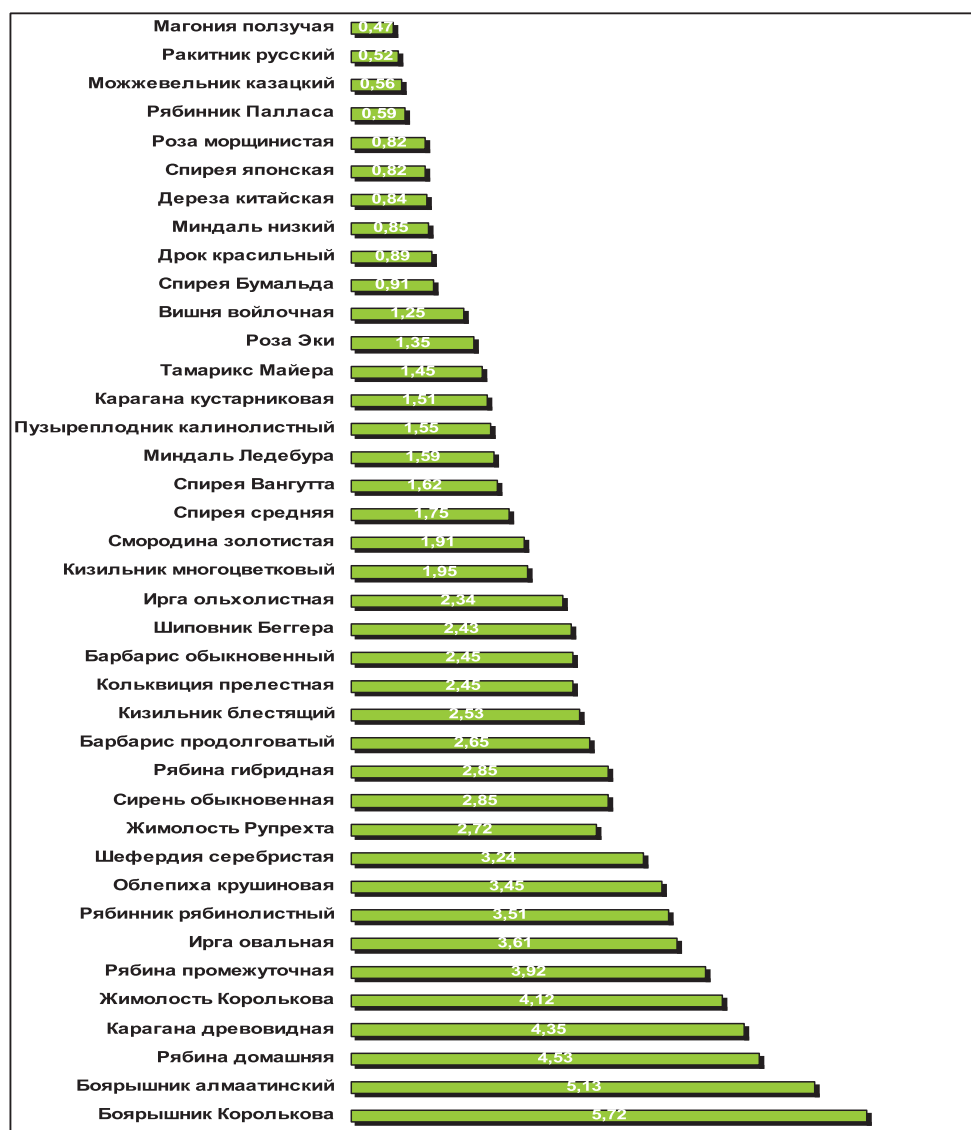


Рис. 1. Биологический потенциал кустарников по срокам цветения



I – высота более 3 м,
 II – высота от 2 до 3 м,
 III – высота от 1 до 2 м,
 IV – высота до 1 м.

Рис. 2. Распределение кустарников по группам роста

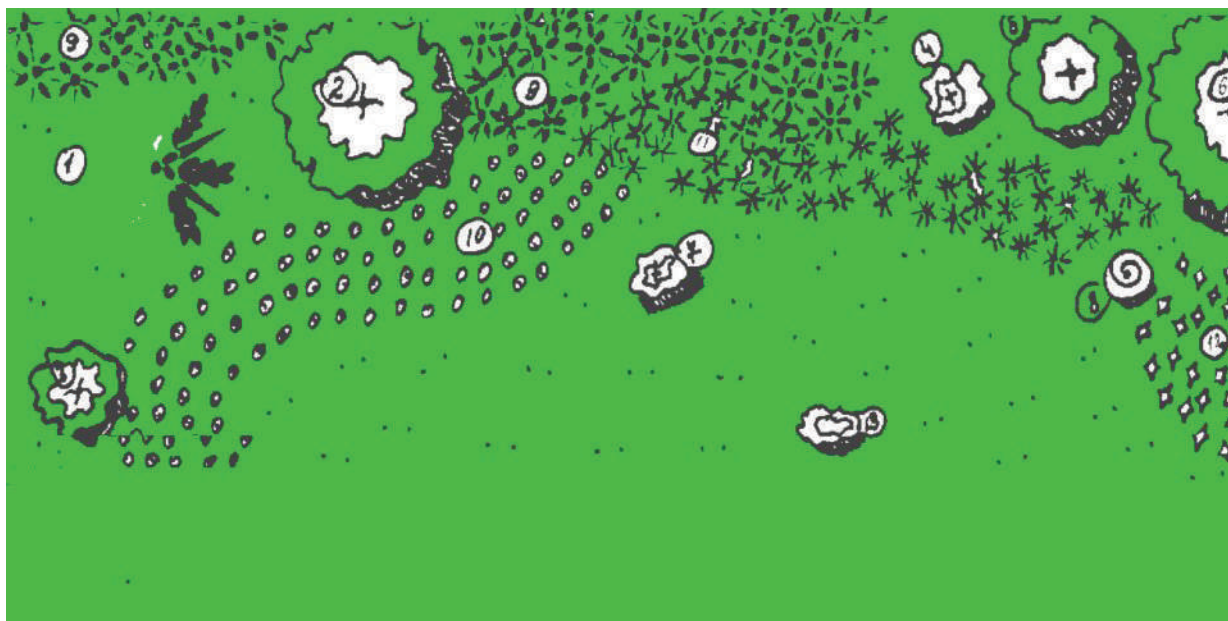
можжевельник казацкий. Ракитник русский рекомендуется для декоративного оформления, как низкокустарниковый (высота до 1 м) материал. Для открытых местообитаний, западин и полузатененных склонов – крушина слабительная, боярышник волжский, клен татарский, таволга городчатая и зверобоелистная.

Введение в рекреационно-озеленительные насаждения колючих, низких и стелющихся кустарников различной высоты (боярышник, терн, лиций, магония, хеномелес и др.) и создание из них ремиз, служащих для животных укрытием и удобным местом гнездования птиц играют важную роль при адаптивном природопользовании.

Пригодность интродуцированных кустарников для элементов садово-паркового ландшафта определяется не только декоративными свойствами, но и эколого-биологическими особенностями и хозяйственной ценностью [3].

При формировании устойчивых озеленительных насаждений необходимо учитывать фитоценотическое единство растений по их приуроченности к определенным фитоценозам в естественной природе. Кустарники следует подбирать и группировать по высоте и форме в соответствии с экологическими требованиями согласно масштабам композиций и особенностям рельефа (рис. 3).

Экологическую эффективность рекреационно-озеленительных насаждений в засушливом регионе можно значительно повысить за счет введения в культуру декоративных и адаптированных кустарников. На основе длительного изучения коллекций кустарников Всероссийского НИИ агролесомелиорации выявлен биологический потенциал и рекомендован ассортимент перспективных видов для зелёных насаждений внутри (парки, скверы, бульвары) и вокруг (лесопарки, зелёные кольца, зелёные зоны) населённых пунктов (рис. 4, табл. 3).



- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. Ель колючая | 7. Роза морщинистая |
| 2. Катальпа бигнониевидная | 8. Хеномелес Маулея |
| 3. Спирея Вангутта | 9. Рудбекия “золотой шар” |
| 4. Форзиция европейская | 10. Ромашка белая - поповник |
| 5. Рябина обыкновенная | 11. Флокс многолетний |
| 6. Яблоня Сиверса | 12. Люпин обильноцветущий |
| | 13. Магония падуболистная |

Рис. 3. Декоративное оформление рекреационного участка с использованием биоразнообразия кустарников



Рис. 4. Применение кустарников в рекреационно-озеленительных насаждениях внутри населенных пунктов

Таблица 3

Биоэкологический потенциал кустарников, перспективных для рекреационно-озеленительных насаждений вокруг населенных пунктов в Волго-Уральском и Ергенинско-Сарпинском лесомелиоративных районах

Биоэкологические признаки	Названия видов									
	БМ	КД	КБ	КТ	ЛУ	МП	СК	СЗ	ХМ	ШС
Листопадность Вечнозеленые Листопадные	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Зимостойкость Слабая Средняя Высокая	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Засухоустойчивость Слабая Средняя Высокая	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Устойчивость к засолению почв Слабая Средняя Высокая	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Поражаемость вредителями и болезнями Слабая Средняя Высокая	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Устойчивость к загрязнению среды Слабая Средняя Высокая	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Отношение к увлажнению Гигрофит Мезофит Ксерофит	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Отношение к свету Светолюбивые Теневыносливые	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Отношение к плодородию почв Нетребовател. Ср.требовател.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Биоэкологические признаки	Названия видов									
	БМ	КД	КБ	КТ	ЛУ	МП	СК	СЗ	ХМ	ШС
Почвозащитные свойства										
Слабые					*					
Средние	*		*	*			*	*		*
Высокие		*				*			*	
Энергия роста										
Слабая	*					*			*	
Средняя		*	*	*	*		*	*		*
Высокая										
Предельный возраст в культуре, (г)	30	40	40	50	30	40	30	30	30	40
Предельная высота, (м)	4	4	2	4	5	0,3	6	2	0,5	5
Интенсивность цветения										
Слабая										
Средняя	*	*	*	*	*	*		*	*	*
Высокая							*			
Интенсивность плодоношения										
Слабая									*	
Средняя	*	*	*	*	*	*	*	*		*
Высокая										
Способы размножения										
Семенное	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Вегетативное						*				
Конкурентно-способность вида										
Средняя	*	*	*		*	*	*		*	*
Высокая				*				*		
Оценка ареала вида										
В пределах ареала				*						
Интродуцент (вне ареала)	*	*	*		*	*	*	*	*	*

Принятые сокращения:

БМ - боярышник мягковатый
 КД – карагана древовидная
 КБ – кизильник блестящий
 КТ – клен татарский
 ЛУ – лох узколистный

СК – скумпия кожевенная
 СЗ – смородина золотистая
 ХМ – хеномелес Маулея
 ШС – шефердия серебристая
 МП – магония ползучая

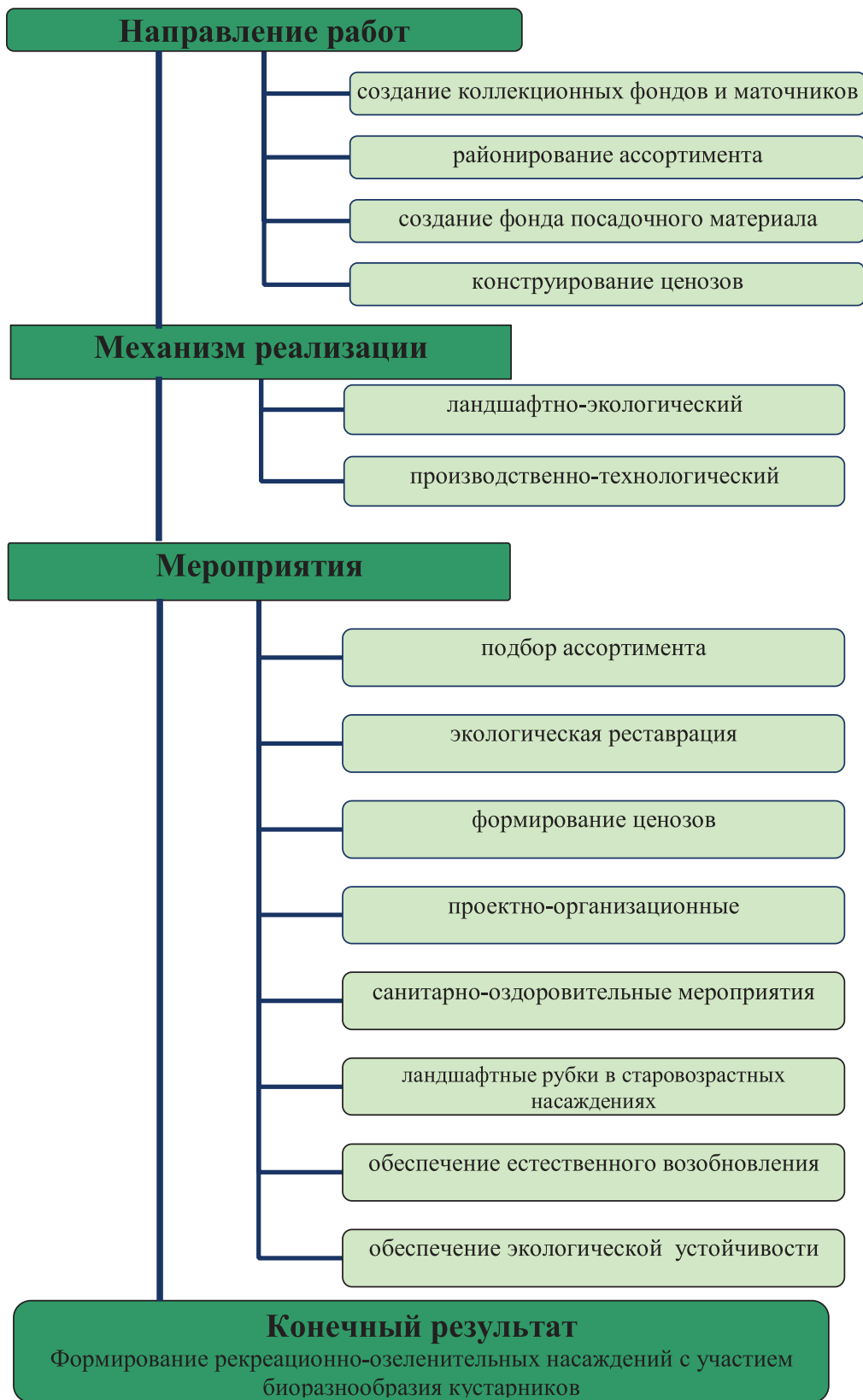


Рис. 5. Схема сохранения и непрерывного использования биоразнообразия кустарников в зеленых технологиях

Сохранение коллекционных фондов и использование кустарников в рекреационно-озеленительных посадках аридных территорий включает эколого-биологические, адаптивно-ландшафтные, хозяйственно-экономические принципы, практическая ценность результатов которых обозначается в механизме реализации и мероприятиях по использованию биоразнообразия кустарников коллекционных ресурсов ВНИАЛМИ (рис. 5).

Степень перспективности применения коллекционного материала определялась в результате многолетнего опыта культивирования в конкретных условиях обитания.

Оценка коллекций кустарников ВНИАЛМИ по способности к возобновлению показала, что самосев имеют 20,8% видов в Волгоградском, 22,3 – Поволжском, 23,5 – Камышинском и 25,6 – Кулундинском дендрариях. Способность видов к возобновлению самосевом может быть использована для дорастивания его как посадочного материала [9, 10].

По практическому использованию генофонд кустарников распределяется следующим образом: декоративные – 72,4-83,7; лекарственные – 20,1-22,8; плодовые (дикорастущие) – 25,7-38,0; медоносные

и энтомофильные – 46,2-48,0; лесомелиоративные – 29,5-31,6%.

Новые условия выращивания растений-интродуцентов откладывают заметный отпечаток на процессы заложения генеративных органов, динамику их формирования, на развитие плодов и семян. Чем выше степень адаптации растений к местным условиям, тем успешнее они развиваются, что обусловлено хорошей завязываемостью плодов и семян, формированием крупных плодов и семян. Это ведет к большей семенной продуктивности и возможности использования растений для создания маточного фонда декоративных кустарников и семенных участков [10].

Наличие и интенсивность цветения и плодоношения отражают степень адаптации видов к экологическим условиям. Изучение экологических основ семеноведения кустарников необходимо для дальнейшего практического использования перспективных образцов растений.

Для успешного внедрения научных достижений на производственных питомниках ФГУП «Волгоградское» и Нижневолжской станции по селекции древесных пород ВНИАЛМИ созданы фонды



Рис. 6. Ландшафтно-экологический комплекс «Горная поляна» (патент на промышленный образец № 59673)

посадочного материала адаптированных кустарников. На площади 30 га выращивают более 115 видов кустарников многоцелевого назначения: барбарисы, кизильники, рябины, боярышники, хеномелес и др., представляющие ценность для лесомелиорации и озеленения.

Для сохранения и рационально использования биоразнообразия интродукционных ресурсов ВНИАЛМИ необходимо сформировать многофункциональный объект (научный, учебный, производ-

ственный, природоохранный) ландшафтно-экологический комплекс «Горная поляна», который будет базироваться на сложившейся научной, практической, природной и исторической уникальности территории (рис. 6).

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

Список литературы

1. Ландшафтное озеленение сельских территорий: учебно-методическое пособие / А.В. Семенютина [и др.]. – Волгоград, 2014. – 144 с.
2. Семенютина А. В. Ассортимент деревьев и кустарников для мелиорации агро- и урбандолиндов засушливой зоны: науч.-метод. рек. – М., 2002. – 59 с.
3. 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.
4. Semeniyutina A.V. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects decorative advantages / A.V. Semeniyutina, I.U. Podkovyrov, V.A. Semeniyutina // Life Science Journal. – 2014. – 11(12s). – P. 699-702.
5. Solomentseva A.S. Enrichment range of wild *Rosa* in the Lower Volga / A.S. Solomentseva, D.K. Kulik // The role of botanical gardens in conservation of plant diversity: proceeding of the international scientific practical conference Dedicated to 100th Anniversary of Batumi Botanical Garden. Part I. – Batumi, Georgia, 2013. – P. 223.
6. Semeniyutina A.V. Evaluation of biological potential of shrubs in the conditions of introduction / A.V. Semeniyutina, S.M. Kostyukov // The role of botanical gardens in conservation of plant diversity: proceeding of the international scientific practical conference Dedicated to 100th Anniversary of Batumi Botanical Garden. Part I. – Batumi, Georgia, 2013. – P. 211-212.
7. Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes / A.V. Semeniyutina, S.M. Kostyukov. – Accent graphics communications. – Montreal, QC, Canada, 2013. – 164 p.
8. Semeniyutina V.A. Ecological plasticity of *Zizyphus jujuba* in the Lower Volga // Биоразнообразие. Экология. Адаптация. Эволюция: VI Междунар. конф. мол. ученых, Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова. – Одесса, 2013. – С. 156-157.
9. Семенютина А.В. Принципы формирования фонда посадочного материала биоразнообразия древесных видов для улучшения экологической ситуации малолесных регионов / А.В. Семенютина и [др.]. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки. – №7-8. – 2014. С. 56-74.
10. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны / А. В. Семенютина и [др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 57 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И МНОГОЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ

Семенютина А. В.,

д. с.-х. н.,

Свинцов И. П.,

академик РАН, д. с.-х. н.,

Хужахметова А. Ш.,

к. с.-х. н.,

Семенютина В. А.,

аспирантка

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации

vnialmi@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются экологические аспекты культивирования редких и исчезающих древесных видов. Приведена характеристика ареалов их распространения и состояния природных местообитаний. Дана оценка биологического потенциала и выявлены перспективы их многоцелевого использования для оптимизации аридных экосистем в условиях Волгоградской области.

Ключевые слова: многоцелевое использование, редкие и исчезающие виды, древесные растения, природная флора, сохранение биоразнообразия, охрана окружающей среды, интродукция.

ENVIRONMENTAL ASPECTS AND CULTIVATION MULTIPURPOSE USE OF RARE AND ENDANGERED TREE SPECIES NATIVE FLORA

Semenyutina A. V.,

Svintsov I. P.,

Huzhahmetova A. S.,

Semenyutina V. A.

All-Russian Research Institute of agroforestry

Abstract. The article deals with the environmental aspects of the cultivation of rare and endangered tree species. The characteristic areas of their distribution and status of natural habitats. The estimation of biological potential and prospects identified multipurpose use to optimize the conditions of arid ecosystems in the Volgograd region.

Keywords: multipurpose use, rare and endangered species, woody plants, natural flora, biodiversity conservation, environmental protection, introduction.

В малолесных регионах эколого-экспериментальная интродукция как процесс внедрения хозяйственно ценных древесных растений играет важную роль [1, 2]. Интродукция редких и исчезающих видов путем введения их в культуру имеет научное и практическое значение: позволяет лучше изучить эколого-биологические особенности и хозяйственно ценные свойства, разработать мероприятия по сохранению видов в природе [3].

Цель исследований – биоэкологическое обоснование культивирования и многоцелевого применения редких и исчезающих видов древесных растений для оптимизации аридных экосистем в ус-

ловиях Волгоградской области. Ксеротермический режим климата Волгоградской области определяет аридную направленность формирования растительности и оказывает влияние на создание фондов посадочного материала и решения проблем мобилизация растений [4, 5]. Для Нижневолжского региона характерными являются: высокая степень континентальности, засушливость, неустойчивость режима увлажнения. Климат Волгоградской области отличается: небольшим количеством годовых атмосферных осадков; низкой относительной влажностью воздуха; сильными ветрами; высокими летними и низкими зимними температурами воздуха; частыми

оттепелями зимой, короткой весной; ливневым характером дождей; малым снеговым покровом; высокой испаряемостью [5, 6].

Объектом исследований являлись редкие и исчезающие виды природной флоры, культивируемые в коллекциях ФГУП «Волгоградское», ВНИАЛМИ: семейство кипарисовые Cupressaceae Bartl. – плосковеточник восточный *Platycladus orientalis* (L.) Franco, можжевельник казацкий *Juniperus sabina* L.; семейство розоцветные Rosaceae Juss. – кизильник блестящий *Cotoneaster lucidus* Schlecht, яблоня

Недзвецкого *Malus niedzwetzkyana* Dieck; семейство цезальпиниевые Caesalpiniaceae R. Br. – гледичия каспийская *Gleditsia caspica* Desf; семейство ореховые Juglandaceae A. Rich. ex Kunth – орех айлантолистный *Juglans ailanthifolia* Carr. (орех Зибольда *Juglans sieboldiana* Maxim); семейство маслиновые Oleaceae Hoffm. et Link – сирень венгерская *Syringa josikaea* Jacq.

Анализ ареалов распространения и состояния природных местообитаний этих видов показали, что они находятся под угрозой исчезновения (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика ареалов распространения и состояния природных местообитаний видов

Семейство, род, вид растения	Статус	Ареал, место обитания	Запасы	Причины изменения запасов
Кипарисовые Cupressaceae Bartl. <i>Плосковеточник восточный</i> <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Редкий Реликтовый вид	Горы северного Китая Скалистые склоны на высоте 1350 м над уровнем моря	Очень небольшие в естественных условиях несколько сотен деревьев	Обламывание веток туристами, деградация природных экосистем под антропогенным воздействием
<i>Можжевельник казацкий</i> <i>Juniperus sabina</i> L.	Редкий вид	Европейская часть России Пески, меловые отложения	Небольшие, ограниченные	Выпас скота
Розоцветные Rosaceae Juss. <i>Кизильник блестящий</i> <i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht. <i>Яблоня Недзвецкого</i> <i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck	Редкий Эндемичный вид Очень редкий эндемичный вид	Юг Восточной Сибири Каменистые степные склоны, галечники Средняя Азия Предгорья, леса	Очень редко встречается, с ограниченным распространением Небольшие, ограниченные	Хозяйственная деятельность человека, нарушение мест обитания Маленькое количество в природе
Цезальпиниевые Caesalpiniaceae R. Br. <i>Гледичия каспийская</i> <i>Gleditsia caspica</i> Desf.	Редкий исчезающий вид	Восточное Закавказье Низменности, предгорья, речные террасы	Незначительные, сохранились отдельные группы	Пастьба скота, заготовка плодов на корм скоту

Семейство, род, вид растения	Статус	Ареал, место обитания	Запасы	Причины изменения запасов
Ореховые Juglandaceae A. Rich. Ex Kunth <i>Орех Зибольда</i> <i>Juglans sieboldiana</i> Maxim.	Редкий вид	Дальний Восток; юг Сахалина; Япония Хвойно-широколиственные леса	Ограничены, удалены друг от друга	Рубки, хозяйственное освоение территории
Маслиновые Oleaceae Hoffm. Et Link <i>Сирень венгерская</i> <i>Syringa josikaea</i> <i>Jacq. fil.</i>	Редкий реликтовый вид	Карпаты Сильно увлажненные участки у выходов родников	Незначительные ограниченные	Сбор на букеты, нарушение мест обитания

Приспосабливаясь к засушливым условиям Волгоградской области древесные растения, изменяют ритм своего роста и развития, что зависит не только от климатических особенностей вегетационного периода, но и от систематической принадлежности растений.

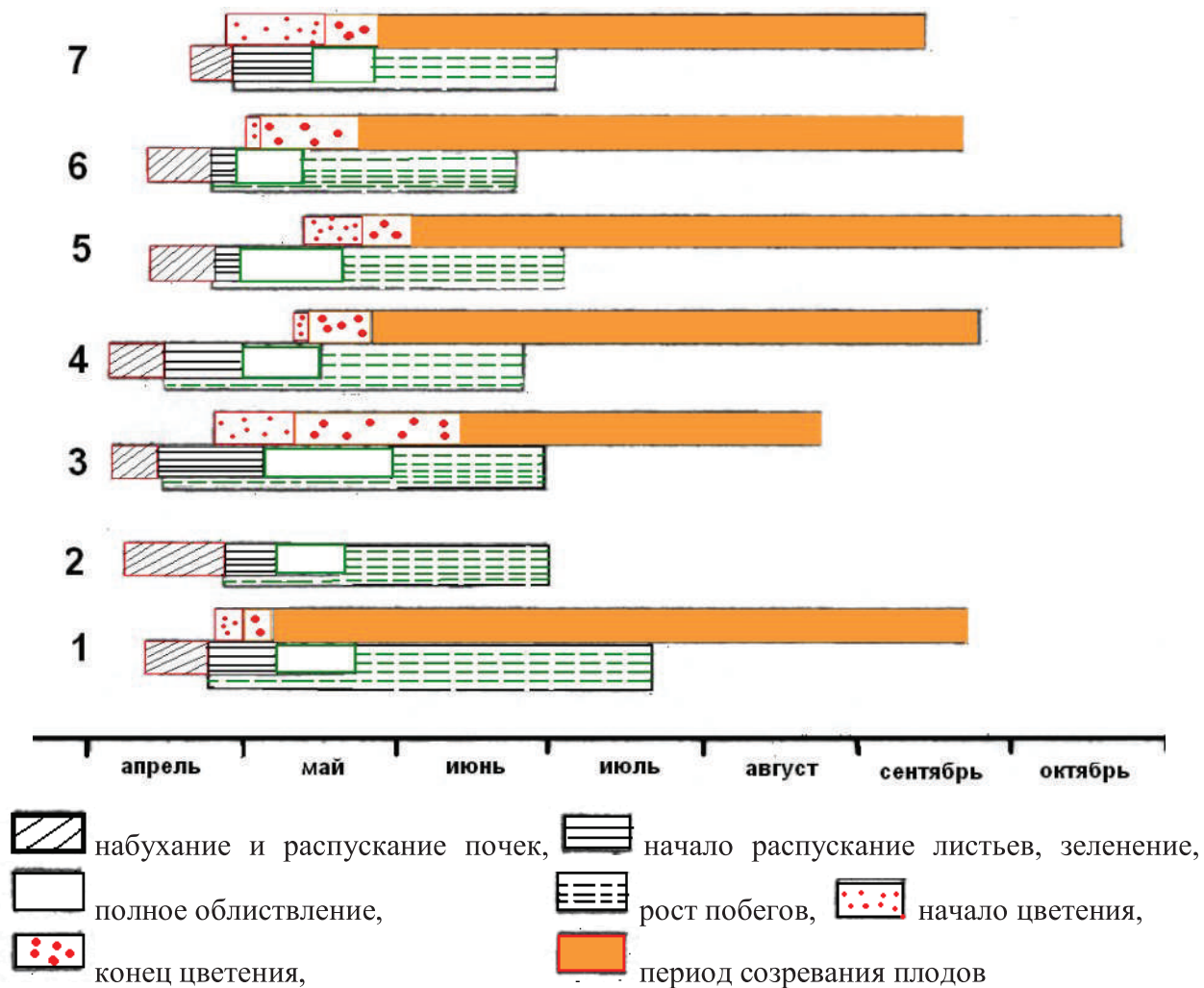
Факторы среды влияют на плодоношение и семеношение древесных интродуцентов и препятствуют проведению мероприятий по созданию экологически устойчивых защитных лесных насаждений в засушливом регионе России. В связи с выше изложенным, требуется тщательное изучение параметров экологической пластичности древесных видов, установление биоэкологического потенциала семеношения и определение генеративной способности деревьев и кустарников в засушливых условиях с целью разработки эффективных мероприятий по их использованию в агролесомелиорации.

Показателем соответствия экологических условий потребностям интродуцируемого вида является его цветение и плодоношение. Первым из изучаемых видов в условиях сухой степи зацветает плоскочеточник восточный (в конце апреля). В начале мая зацветает орех айлантолистный (Зибольда), кизильник блестящий, яблоня Недзвецкого, во второй половине мая – сирень венгерская и гледичия каспийская. Яблоня Недзвецкого, сирень венгерская и кизильник блестящий во время цветения приобретают особую

декоративность. Наиболее продолжительным цветением (с 8 мая по 12 июня) отличается кизильник блестящий (24 дня). Цветение яблони Недзвецкого продолжается 14 дней (с 11 по 24 мая). Сирень венгерская цветет в течение 11 дней с 15 по 26 мая.

У кизильника блестящего плоды созревают в середине августа. Период созревания плодов 63 дня. У остальных видов созревание плодов происходит во второй половине сентября-октября. Период созревания шишек у плоскочеточника восточного 105 дней, плодов у яблони Недзвецкого и ореха Зибольда 120, гледичии каспийской 130, сирени венгерской 110 дней. Наибольший срок созревания плодов у гледичии каспийской. Этот вид имеет самый южный ареал распространения, достаточно теплолюбив.

Умеренная влажность и пониженная температура благоприятны для цветения, в то время как высокие температура и влажность воздуха задерживают цветение некоторых растений, и действие неблагоприятных факторов среды на цветение во многом зависит от фенологии генеративных органов. Понижение температуры в период цветения приводит к частичной или полной гибели пыльцы и снижению урожая плодов и семян у древесных интродуцентов (*Juglans*). Опасность повреждения заметно уменьшается по мере увеличения расстояния между кроной и почвой. Изучаемые виды древесных растений проходят полный цикл сезонного развития от распускания вегетативных и ге-



1 – *Плосковetchник восточный*, 2 – *Можжевельник казацкий*, 3 – *Кизильник блестящий*,
 4 – *Яблоня Недзвецкого*, 5 – *Гледичия каспийская*, 6 – *Орех айлантолистный*, 7 – *Сирень венгерская*

Рис. 1. Феноспектры редких и исчезающих видов в условиях Волгоградской области

неративных почек до заложения почек будущего года и созревания семян и плодов (рис. 1).

Анализируемые виды представлены различной жизненной формой, среди них имеются деревья и кустарники. Исходя из особенностей роста, можно выделить следующие группы кустарников: низкий (можжевельник казацкий), средний (кизильник блестящий), высокий (сирень венгерская) и деревья (посковetchник восточный, гледичия каспийская, яблоня Недзвецкого, орех Зибольда).

В природных местообитаниях можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) встречается на самых разнообразных почвах и даже на горных породах, меловых отложениях, глинах, песках. На Арчединско-Донских песках (Волгоградская область) он растет круглыми или овальными куртинами диаметром 5-12 м у подножий и в середине склонов. На 1 га насчитывается 5-6 куртин, приуроченных к микропонижениям в рельефе местности. Можжевельник имеет мощные с шелушащейся корой ветви диаметром 8-15

см у основания и 3-5 см на концах. Ветви растут, прижимаясь к поверхности почвы, дополнительно укореняясь в микроблюдцах, образуют новые частично самостоятельные растения. В условиях культуры рост можжевельника аналогичен росту в природных экосистемах, он быстро разрастается в ширину и образует плотные заросли. В возрасте 24 лет диаметр его куртин составляет 5-6 м, а высота 0,5 м.

Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schlecht) в природных экосистемах достигает высоты до 3 м. В условиях интродукции в возрасте 18 лет его высота составила 2,7 м. Размер кроны 3,243,3 м.

Сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq.) в том же возрасте достигает высоты 2 м. Она имеет более компактную крону размерами 2,342,6 м. Среднегодовой прирост побегов у этого вида 34,0 см. В природе этот кустарник достигает высоты 4 м. Он имеет густую раскидисто-овальную крону. Продолжительность его жизни до 100 лет. Корневая система мочковатая поверхностная.

Плосковеточник восточный (*Platyclusus orientalis* (L.) Franco) в природе достигает высоты 18 м, имеет пирамидальную крону с приподнятыми вверх ветвями. В средней Азии 25-летние деревья достигали высоты 6 м. В районе Гиссарского хребта в горном селении близ мусульманского храма испокон веков высятся гигантское дуплистое дерево плосковеточника, которому приписывают возраст 1000 лет. В условиях дендрария ВНИАЛМИ этот вид в возрасте 20 лет имеет высоту 3,8 м. Светолюбив, не выносит поверхностного затемнения. Попадая под полог других деревьев, слабо растет, почти не плодоносит, крона у него изреживается, наблюдается отмирание ветвей, находящихся в тени, а затем и гибель всего растения.

Яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkyana* Dieck) в природе достигает высоты 5-6 м и имеет шаровидную крону. В культуре рост ее зависит от условий среды. В Московском ботаническом саду (БС) в 5-6-летнем возрасте она имела высоту 1,3-1,6 м, в Кировоканском отделении БС в возрасте 14 лет достигла высоты 2,5 м, в Душамбинском БС в 8 лет имела высоту 6 м, в условиях дендрария ВНИАЛМИ в возрасте 17 лет имеет

высоту 3,5 м и хорошо развитую крону, средний годичный прирост в высоту 20 см [3].

Гледичия каспийская (*Gleditsia caspica* Desf) в возрасте 19 лет достигает высоты 5,6 м и диаметра ствола 6,0 см. Среднегодовой прирост в высоту составляет 30 см. Крона ажурная. В природе высота этого вида около 13-15 м, а диаметр ствола до 40 см. Лучшего развития достигает на аллювиальных почвах. Образует хорошо развитую, горизонтально распростертую корневую систему (7-8 м длиной) со стержневым корнем около 2-3 м. В природе дает два прироста побегов в год, а в условиях дендрария ВНИАЛМИ – один.

Орех айлантолистный (*Juglans ailanthifolia* Carr.) – дерево первой величины. Достигает в природе высоты до 20,0-22,5 м и диаметра до 1,0 м. Долговечность 200-300 лет. Имеет раскидистую крону. В культуре образует высокопродуктивные насаждения. В смешанных хвойно-лиственных лесных культурах в возрасте 50 лет достигал высоты 22 м и диаметра 24 см. На Сахалине в 50-летнем возрасте орех достигает высоты 12 м и 60 см в диаметре с поперечником кроны 15 м. На Украине орех Зибольда растет значительно быстрее, а также обильнее и чаще плодоносит. Однако в условиях Украины при росте в понижениях и морозобоинных местах он страдает от поздних заморозков в мае, при этом обмерзают его побеги, цветки, завязи. Во избежание этого орех айлантолистный, как и другие виды ореха, следует выращивать на повышенных местах, где не скапливаются холодные массы воздуха. В центрально-Черноземных областях встречается редко. В Липецкой области в дендрарии и парке лесной опытной станции растут группами и одиночно более 20 деревьев. В 27-летнем возрасте они достигают в высоту 8 м и 10 см в диаметре, плодоносят. В Средней Азии мало испытан, плодоносит, но страдает от жары и засухи. Однако в условиях орошения в долине р. Вахша (Таджикистан) растет прекрасно, достигая в 13-летнем возрасте высоты 11,5 и диаметра 15 см. В условиях Волгоградской области в коллекциях ВНИАЛМИ в возрасте 18 лет достигает высоты 4,2 м и диаметра 6,0 см. Средний годичный прирост в высоту составляет 23 см [3].

Ранее считалось, что критическая температура воздуха для гледичии каспийской находится в пределах $-20...-22^{\circ}\text{C}$. Как показали наблюдения, в процессе постепенной акклиматизации в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области этот вид выдерживает температур в пределах -30°C . Решающим в бесснежные зимы следует считать понижение температуры почвы до -3°C . Этот порог оказывается для нее критическим. Поэтому рекомендуется укрывать корневую систему растений при культивировании.

Важнейшим условием нормального существования, функционирования и хорошей продуктивности растений является их влагообеспеченность, которая влияет на ферментативную активность, интенсивность фотосинтеза и дыхания, рост и плодоношение [1, 7]. В связи с этим необходимо изучение водного режима и сравнительной засухоустойчивости редких и исчезающих видов. Более высокая водоудерживающая способность тканей листьев является одним из показателей повышенной засухоустойчивости растений (способности переживать засушливые периоды).

Такая устойчивость является комплексным свойством: чем на больший период может быть отсрочено опасное уменьшение гидротуры протоплазмы (способность избегать высыхания) и обезвоживание без повреждений (устойчивость к высыханию), тем больше шансов у растения пережить крайнюю засуху [1].

В условиях Нижнего Поволжья успешность введения в культуру редких и исчезающих видов природной флоры России определяется степенью их засухоустойчивости и морозостойкости. Наиболее перспективный интродукционный материал с большим диапазоном приспособительных возможностей. По засухоустойчивости виды подразделяются на три группы: с высокой, средней, слабой водоудерживающей способностью (рис. 2). В первую группу были объединены можжевельник казацкий и кизильник блестящий, во вторую – плоскоцветник восточный, в третью – орех айлантолистный (Зибольда) и сирень венгерская.

Сбережение и рациональное использование растений занимают видное место в природоохранном комплексе. Особое значение приобретает антропо-

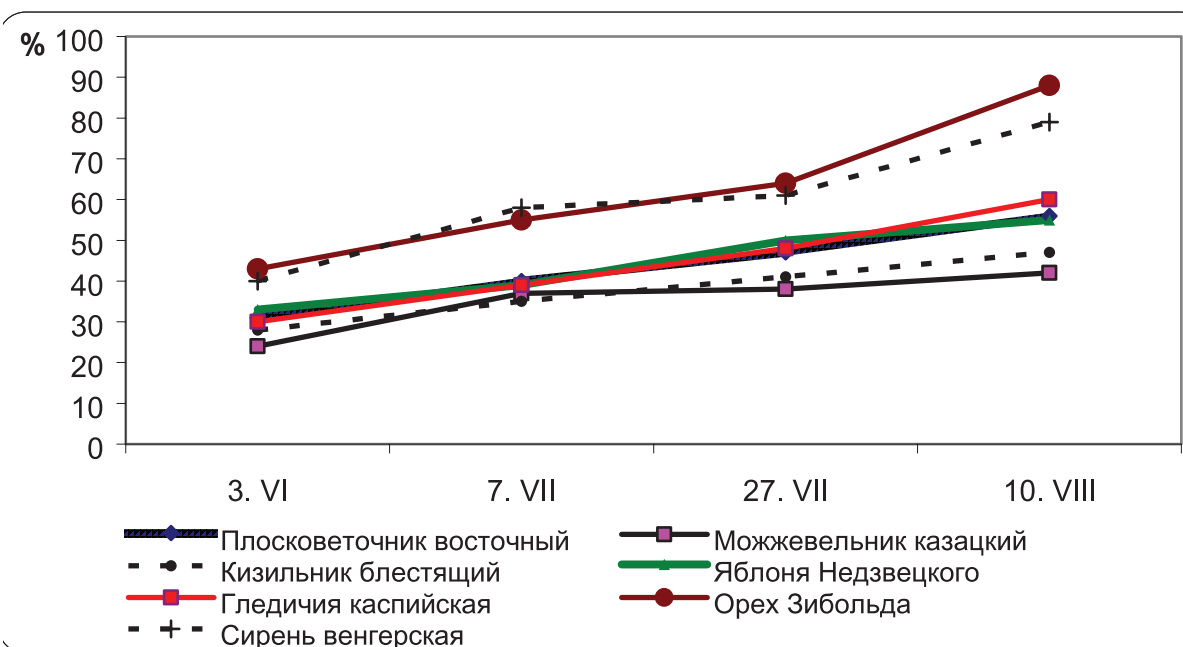


Рис. 2. Водоудерживающая способность листьев редких и исчезающих видов

генный пресс, который вызывает коренные изменения в составе, распределении и численности отдельных видов растений и их сообществ, что выражается, прежде всего, в уничтожении диких растений в процессе их непосредственного использования. В результате опустынивания, деградации земель, сведения лесов, уменьшения гетерогенности экосистем человек теряет многие виды, так и не узнав об их существовании и роли, которую они играли [8].

Из всей флоры России в хозяйственных целях широко используются лишь 1,5% видов растений. Для селекции сельскохозяйственных культур во флоре нашей страны представляют интерес в настоящее время около 600 видов. Помимо их встречаются редкие и исчезающие эндемики и реликты древесных видов, которые перспективны для интродукции и введения в культуру в условиях антропогенной нагрузки [9-14].

Изучены перспективы использования редких и исчезающих древесных видов. Плоскоцветочник восточный хорошо переносит неблагоприятные условия городской среды, но не переносит сильного уплотнения почвы. Теплолюбив, пыле- и дымоустойчив, при повреждениях быстро отрастает. Устойчив к вредителям и болезням. Декоративен в живых изгородях и аллеях, пригоден для лесоразведения.

Представляет большой интерес для зеленого строительства. Насчитывается более 60 форм плоскоцветочника восточного, различающихся между собой по величине, характеру кроны, строению побегов, окраске листьев и некоторым другим признакам. Многообразие форм определяет широкий спектр применения этого растения. Формы с пирамидальной и округлой кроной обычно используются в аллеях, групповых и одиночных посадках, а низкие и кустарниковые формы применяют для создания живых изгородей. Особенно эффективно будут выглядеть карликовые сорта среди травянистых растений в альпинариях. Этот вид хорошо переносит стрижку, что позволяет формировать необычные зелёные скульптуры, бордюры, живые изгороди. Хвоя, кора, древесина испаряют эфирные масла, обладающие бактерицидными свойствами. Древесина используется на поделки.

Можжевельник казацкий – высокодекоративный хвойный кустарник с оригинальной кроной. Применяется в посадках группами и куртинами на газонах, для озеленения и закрепления откосов, склонов, на каменистых местах и песках [15]. Корневая система мощная, способствует разрыхлению почвы, повышению ее воздухо- и водопроницаемости, лучшему формированию почвенного профиля.

Древесина крепкая, смолистая, устойчивая против гниения и насекомых. Используется на мелкие поделки. Плохо переносит дым и копоть. Выделяет больше фитонцидов, чем другие хвойные.

Кизильник блестящий отличает жаровыносливость, достаточная зимостойкость, лёгкость размножения, пересадки и нетребовательность к почвенным условиям, достаточная засухоустойчивость. Кизильник блестящий – очень ценное растение для озеленения и лесоводства для создания подлеска в искусственных насаждениях. Из него получают прекрасные живые изгороди высотой 1,0-1,5 м. Пригоден для опушек, групповой и одиночной посадок.

Яблоня Недзвецкого декоративна, особенно в период цветения и плодоношения. В цветении одна из красивейших яблонь, ярко выделяющихся малиново-розовыми цветами. Имеет декоративную пурпурную листву. Рекомендуется для посадок на переднем плане одиночно и группами, а также в смешении с другими поздно цветущими деревьями и кустарниками. Пригодна для скверов, парков, улиц, пришкольных и садовых участков.

Даёт съедобные плоды с розовой мякотью и приятным вкусом употребляемые в пищу. Ценность плодов в очень высоком (до 3,5%) содержании каротина, что позволяет использовать их в качестве сырья для производства дефицитных желирующих веществ. Обильное цветение этого вида делает его прекрасным медоносом, дающим много нектара и перги.

Гледичия каспийская рекомендуется как декоративное растение с красивой ажурной кроной для защитного лесоразведения, живых изгородей, для закрепления оврагов [16]. Может совместно произрастать с дубом, кленом, жимолостью, скумпией, свидиной, бузиной.

Орех айлантолистный (Зибольда). Плоды используют в пищу. Ядро содержит 63% жира, имеет приятный вкус. Орехи перерабатываются на масло и используются в кондитерском производстве. Благодаря красивой крупной листве орех высоко ценится как декоративное дерево в озеленении. Используется для аллейных посадок и групп.

Значительную ценность имеет как компонент в работах по гибридизации для выведения морозостойких гибридов. В культуре известны его гибриды с орехом грецким и некоторыми другими видами [17].

Сирень венгерская в культуре рекомендуется как декоративное растение для парков, созда-

ния аллей, живых изгородей. Цветет 2-3 недели, в зависимости от погодных условий: во влажный период цветение более продолжительное, в жаркое лето более короткое. При выращивании рекомендуется полив растений в засушливый период времени, очень декоративна в рядовых и одиночных насаждениях на газоне. Хорошо растет возле водоемов.

Видовое разнообразие (гетерогенность) растений является основой стабильности экосистем, расширяя и улучшения селекционной практики. Направления использования редких и исчезающих видов деревьев и кустарников приведены в таблице 2.

Таблица 2

Целевое использование редких и исчезающих деревьев и кустарников в Волгоградской области

Род, вид	Целевое назначение					
	Почво-защитное	Почво-улучшающее	Фруктовое	Кормовое	Декоративное	Медоносное
<i>Плоскоцветник восточный</i>	⊕	–	–	–	⊕	–
<i>Можжевельник казацкий</i>	⊕	⊕	–	–	⊕	–
<i>Кизильник блестящий</i>	⊕	⊕	–	⊕	⊕	⊕
<i>Яблоня Недзвецкого</i>		–	⊕	⊕	⊕	⊕
<i>Гледичия каспийская</i>	⊕	–	–	⊕	⊕	⊕
<i>Орех Зибольда</i>	⊕	⊕	⊕	–	⊕	–
<i>Сирень венгерская</i>	⊕	–	–	–	⊕	⊕

Таблица 3

Ландшафтно-эстетические свойства растений

Род, вид	Бальная оценка декоративности и длительности эстетического воздействия (в месяцах)						
	Цветки	Плоды	Форма листа	Окраска листа	Ствол	Крона	Сумма
<i>Плосковеточник восточный</i>	2×1	5×3	6×12	6×3	2×12	6×12	203
<i>Можжевельник казацкий</i>	2×1	4×3	6×12	6×3	3×12	6×12	176
<i>Кизильник блестящий</i>	4×1	5×2	4×4	6×1	2×12	4×12	108
<i>Яблоня Недзвецкого</i>	4×1	6×2	5×4	5×1	4×12	4×12	137
<i>Гледичия каспийская</i>	2×1	6×3	5×4	3×1	6×12	6×12	187
<i>Орех Зибольда</i>	3×1	5×3	5×4	6×1	4×12	4×12	140
<i>Сирень венгерская</i>	6×1	3×2	4×4	3×1	2×12	3×12	91

Редкие и исчезающие виды имеют многоцелевое назначение. Хвойные имеют большое значение как почвозащитные и декоративные растения. Розоцветные (яблоня) имеет большое плодовое, пищевое и медоносное значение. Высокой декоративностью отличаются все виды (табл. 3).

Высокий балл декоративности имеет гледичия каспийская и яблоня Недзвецкого, но они декоративны преимущественно в тёплое время года. Наибольшей декоративностью отличаются хвойные виды (плосковеточник восточный и можжевельник казацкий), так как декоративны в течение всего года.

Таким образом, в коллекциях ВНИАЛМИ культивируется 7 редких и исчезающих видов растений различных ботанических семейств, занесенных в Красную книгу. Характеристика ареалов распро-

странения и состояния природных местообитаний этих видов показали, что они находятся под угрозой исчезновения. Анализ видов по статусу выявил в коллекциях два редких реликтовых (плосковеточник восточный, сирень венгерская), два редких эндемичных (кизильник блестящий, яблоня Недзвецкого), редкий исчезающий (гледичия каспийская), два редких (можжевельник казацкий, орех айлантолистный) вида природной флоры.

Проведенные наблюдения за ростом, развитием, цветением, плодоношением, размножением, показали, что изученные виды редких и исчезающих видов, являются экономически важными растениями (декоративными, лесомелиоративными, плодовыми, лекарственными, медоносными). Сохранение и использование их в питомниководстве позволит расширить

ассортимент хозяйственно ценных видов в защитном лесоразведении, озеленении населенных пунктов и частном садоводстве Волгоградской области.

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

Список литературы

1. Дендрофлора лесомелиоративных комплексов / А.В. Семенютина: монография под ред. И. П. Свинцова. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 266 с.
2. Кулик К.Н. Эколого-экспериментальная интродукция хозяйственно-ценных растений для агролесомелиорации / К.Н. Кулик, И.П. Свинцов, А.В. Семенютина // Доклады РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 19-24.
3. Семенютина А.В. Редкие и исчезающие виды природные флоры России, культивируемые в Волгоградской дендрарии / А.В. Семенютина // Вековой опыт формирования лесных экосистем в агроландшафтах засушливого пояса России. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2003. – С. 57-61.
4. Семенютина А.В. Принципы формирования фонда посадочного материала биоразнообразия древесных видов для улучшения экологической ситуации малолесных регионов / А.В. Семенютина [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки. – №7-8. – 2014. – С. 56-74.
5. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны / А.В. Семенютина [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 57 с.
6. Научно-методические указания по оптимизации дендрофлоры лесомелиоративных комплексов / А.В. Семенютина [и др.]. – Волгоград, 2012. – 40 с.
7. Семенютина А.В. Биоэкологическое обоснование ассортимента кустарников для озеленения урбанизированных территорий Нижнего Поволжья / А.В. Семенютина, С.М. Костюков, А.С. Соломенцева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – №2(26). С. 32-37.
8. Экологические термины в защитном лесоразведении: учеб. пособие / К.Н. Кулик [и др.]; под ред. И.П. Свинцова. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – 264 с.
9. Акімов І. К. Червона книга України. Флора, фауна. – Киев: Глобалконсалтинг, 2009. – 1536 с.
10. Красная книга Казахстана ССР. Ч. 2. – Растения / Под общей ред. Б.А. Быкова. – Алма-Ата: Наука, 1981.
11. Красная книга СССР // Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. – М., 1984.
12. Красная книга СССР// Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. – М., 1978.
13. Красная книга республики Узбекистан. Т.1. Растения и грибы. – Ташкент, 2009.
14. Агеенко А.С. Древесная флора Дальнего Востока / А.С Агеенко [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 224 с.
15. Ulyanov D.V. Introduction of species *Juniperus* L. under the conditions of chestnut soils / D.V. Ulyanov, A.V. Semenutina // Відновлення порушених природних екосистем: Матер. V міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 12-15 травня 2014 р.). – Донецьк, 2014. – С. 268.
16. Климов А.Д. Адаптация видов родового комплекса *Gleditsia* L. и их перспективность для озеленения и защитного лесоразведения в Нижнем Поволжье // Проблемы природоохранной организации ландшафтов: Международный науч.-практ. конф. – ч. 1. – Новочеркасск: Лик, 2014. – С. 176-180.
17. Хужахметова А.Ш. Оптимизация лесомелиоративных насаждений засушливого региона видами родовых комплексов *Corylus* и *Juglans* / А.Ш. Хужахметова, С.С. Таран // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2013. – № 3 (31). – С. 106-111.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОШИВКИ ПАЗОВ

Миназетдинов Н. М.,

Канд. физ.-мат. наук, доцент,

Набережночелнинский институт

Казанского (Приволжского) федерального университета

nminazetdinov@yandex.ru

Аннотация. Цель работы – определение формы границы анода-детали и ширины паза при электрохимической прошивке детали полигональным электродом-инструментом с изолированным участком границы. Исходная задача сводится к задаче о плоскопараллельном потенциальном течении идеальной жидкости с нелинейным условием на ее поверхности. Представлены результаты расчетов для частных случаев.

Ключевые слова: электрохимическая обработка металлов, потенциал, гидродинамическая аналогия, свободная поверхность.

MODELING OF ELECTROCHEMICAL GROOVE MACHINING

Minazetdinov N. M.,

Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny

Abstract. Objective of the work – definition of the anode detail border form and width of a groove at an electrochemical machining with a polygonal electrode - tool with the isolated border site. The initial problem is reduced to a problem of plane-parallel potential flow of an ideal liquid with non-linear conditions on its surface. In conclusion the constructed analytical solution of the problem is illustrated by the results of calculations for particular cases.

Keywords: electrochemical machining of metals, potential, hydrodynamic analogy, free surface.

Электрохимическая обработка (ЭХО) металлов и сплавов основана на принципе их локального анодного растворения в электрохимической ячейке. При этом форма электрода-инструмента (катода) копируется на заготовке детали (аноде). Удаление продуктов реакций осуществляется за счет прокачки под большим давлением раствора электролита через межэлектродный промежуток. Одним из видов ЭХО металлов является электрохимическое прошивание, при котором катод, углубляясь в анод, образует отверстия или узкие пазы постоянного сечения [1].

Ниже в рамках модели идеального процесса [2] находится численно-аналитическое решение двумерной задачи, связанное с определением ширины паза и формы анодной границы при стационарной электрохимической прошивке детали трехгранным катодом симметричной формы. В отличие от схемы, рассмотренной в работе [3], катод содержит электроизолированный участок границы. Изоляция нерабочей части катода позволяет уменьшить наклон боковой стенки обрабатываемой поверхности.

Схема сечения межэлектродного промежутка представлена на рис. 1. Сечение катода – равнобедренный треугольник с углом при основании α п. В силу симметрии межэлектродного промежутка ограничимся рассмотрением левой его части, ограниченной границей CDE катода, состоящей из рабочей (токопроводящей) части CD и электроизолированного участка DE , линиями симметрии BC , EF .

При соблюдении необходимых условий после длительного времени обработки граница FAB анода принимает определенную, постоянную во времени форму, которую называют установившейся или стационарной [2].

Введем систему декартовых координат (x_1, y_1) , связанную с катодом, который движется в направлении оси ординат, и комплексный потенциал электростатического поля $W_1(z_1) = v(x_1, y_1) + iu(x_1, y_1)$, $z_1 = x_1 + iy_1$ ($u(x_1, y_1)$ – потенциал поля, $v(x_1, y_1)$ – функция тока) [4]. Потенциал поля в межэлектродном промежутке удовлетворяет уравнению Лапласа. При допущении равномерной поляризации [1, 2] электро-

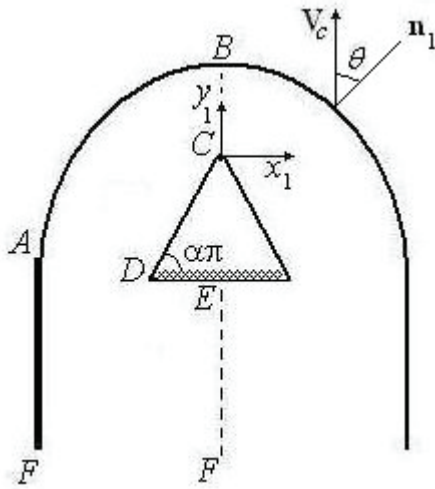


Рисунок 1. Геометрия межэлектродного промежутка

дов на границах FAB анода и CD катода потенциал поля принимает постоянные значения: $u|_{FAB} = u_a$, $u|_{CD} = u_c$.

На границе изоляции DE и линиях симметрии BC , EF выполняется условие: $\partial u / \partial n_1 = 0$.

При обработке сталей в водных растворах нитрата или хлората натрия, зависимость выхода по току η (доля электрического заряда, затраченной на растворение металла), от анодной плотности тока j_a можно представить в виде

$$\begin{aligned} \eta(j_a) &= 0 \text{ при } j_a \leq j_{cr}; \\ \eta(j_a) &= a_0 + a_1/j_a \end{aligned} \quad (1)$$

при $j_a > j_{cr}$,

где $a_0 > 0$, $a_1 < 0$, $j_{cr} = -a_1/a_0$ – постоянные [5].

В модели, согласно условию (1) искомую анодную границу разделим на две области. В области AB происходит растворение металла. Распределение нормальной производной потенциала на этом участке стационарной анодной границе имеет вид [5]

$$\frac{\partial u}{\partial n_1} = \frac{1}{\kappa a_0} \left(-a_1 + \frac{\rho V_c}{\varepsilon} \cos \theta \right),$$

где κ – удельная электропроводность среды, ε – электрохимический эквивалент металла, ρ – плотность материала анода, θ – угол между вектором V_c скорости подачи катода и вектором n_1 нормали (рис. 1) в данной точке анодной границы.

В области, которая моделируется вертикальным прямолинейным участком AF , выход по току η равен нулю и растворение металла не происходит. Плотность тока на участке AF изменяется от значения j_{cr} в точке A до нуля в бесконечно удаленной точке F .

Введем безразмерные переменные $x = x_1/H$, $y = y_1/H$, $n = n_1/H$, где $H = \kappa(u_a - u_c)/j_0$ – характерная длина, $j_0 = \rho V_c / \varepsilon$ – характерная плотность тока, и представим комплексный потенциал в безразмерном виде $W(z) = \varphi(x, y) + i \psi(x, y)$, $z = x + iy$ с помощью преобразования

$$W(z) = (W_1(z) - i u_{c1}) / (u_a - u_{c1}) \quad [6].$$

Функция ψ удовлетворяет уравнению Лапласа в межэлектродном промежутке с условиями на границах

$$\begin{aligned} \psi|_{FAB} &= 1, \quad \psi|_{CD} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{BC} &= \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{DE} = \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{EF} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{AB} &= a + b \cos \theta, \\ a &= -\frac{a_1}{a_0 j_0}, \quad b = \frac{1}{a_0}. \end{aligned} \quad (3)$$

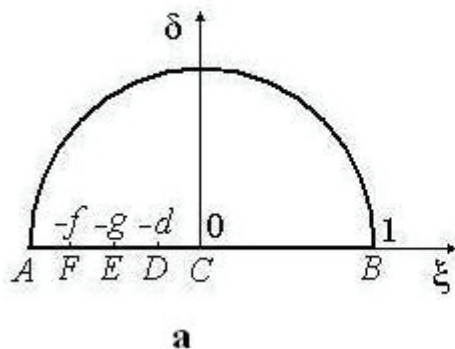
В гидродинамической интерпретации [4] модели электрического поля условие (3) определяет годограф скорости V фиктивного течения идеальной несжимаемой жидкости [7] на анодной границе

$$V = a + b \cos \theta, \quad (4)$$

где θ – аргумент вектора скорости.

Гидродинамическим аналогом исходной задачи является задача теории струй идеальной жидкости [7] об определении свободной границы AB с заданным на ней условием (4). Точке A анодной границы соответствует точка отрыва струи, с полубесконечной пластины AF , скорость течения на которой изменяется от значения $V = a$ в точке отрыва, до нуля в бесконечно удаленной точке F .

Для решения задачи введем вспомогательную комплексную переменную $t = \xi + i\delta$, изменяющуюся в области G_t ($|t| < 1, \delta > 0$) (рис. 2а), и найдем функцию $z(t)$, конформно отображающую область G_t на область течения. Соответствующие точки на рис. 1 и рис. 2а обозначены одинаковыми буквами.



Параметр Φ_0 определяет величину электрического тока, протекающего через анодную границу. Область изменения комплексного потенциала представлена на рис. 2б.

Используя метод конформных отображений [4], найдем функцию dW/dt и параметр Φ_0 :

$$\frac{dW}{dt} = \frac{i}{I_0} \tau(t), \quad I_0 = \int_0^1 \tau(x) dx,$$

$$\tau(t) = \frac{1+t}{\sqrt{t(t+d)(1+td)(t+f)(1+tf)}},$$

$$\Phi_0 = \frac{1}{I_0} \int_0^d \frac{(1-x) dx}{\sqrt{x(d-x)(1-xd)(f-x)(1-xf)}}.$$

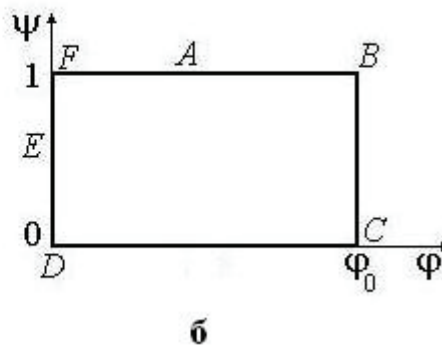


Рисунок 2. а – плоскость параметрической переменной t ; б – область изменения комплексного потенциала W

Комплексный потенциал $W(t) = \varphi(t) + i \psi(t)$, удовлетворяет граничным условиям

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & t = \exp(i\sigma), \quad \sigma \in [0, \pi]; \quad t = \xi \quad \xi \in [-1, -f], \\ 0, & t = \xi, \quad \xi \in [-d, 0]. \end{cases}$$

На линиях симметрии CB , FF и электроизолированном участке DE функция $\varphi(t)$ принимает постоянные значения. Не нарушая общности, будем считать, что

$$\varphi(\xi) = 0, \quad \xi \in [-f, -d]; \quad \varphi(\xi) = \Phi_0, \quad \xi \in [0, 1].$$

Введем функцию Жуковского [7]

$$\chi(t) = \ln \left(\frac{1}{V_0} \frac{dW}{dz} \right) = r - i\theta,$$

$$r = \ln \frac{V}{V_0},$$

где $V_0 = a + b$ – значение скорости фиктивно-го течения в точке $B(t = 1)$ и представим ее в виде суммы [7]:

$$\chi(t) = \chi_*(t) + \omega(t).$$

Функция Жуковского $\chi_*(t) = r_* - i\theta_*(t)$, $r_* = \ln(V_*/V_0)$ соответствует течению по заданной схеме с условием $V_* = V_0$ на границе AB анода, а функция $\omega(t)$, аналитическая в области G_t и непрерывна вплоть до ее границ. На границе области G_t функции $\chi(t)$ и $\chi_*(t)$ удовлетворяют граничным условиям

$$a + b \cos \theta(t) = V_0 \exp(r(t)),$$

$$t = e^{i\sigma}, \sigma \in [0, \pi]; \quad r(1) = 0,$$

$$\operatorname{Re} \chi_*(t) = 0, \quad t = e^{i\sigma}, \quad \sigma \in [0, \pi],$$

$$\operatorname{Im} \chi(\xi) = \operatorname{Im} \chi_*(\xi) = \begin{cases} -\pi/2, & \xi \in [-1, -f) \\ -\pi, & \xi \in (-f, -g), \\ \pi/2, & \xi \in (-g, -d), \\ -\alpha \pi, & \xi \in (-d, 0), \\ 0, & \xi \in (0, 1]. \end{cases}$$

В точке A выполняется условие гладкого отрыва [3, 7]

$$\theta'(\delta) = 0 \quad \text{при} \quad \delta = 0. \quad (5)$$

Используя метод особых точек Чаплыгина [7], получим

$$\chi_*(t) = \frac{1}{2} \ln \frac{(t+f)(t+\varepsilon)}{(1+tf)(1+t\varepsilon)} - \left(\frac{3}{2} - \alpha\right) \ln \frac{t+d}{1+td} - \alpha \ln t.$$

Из сравнения граничных условий функции $\chi(t)$ и $\chi_*(t)$ для функции $\omega(t)$ получим нелинейную краевую задачу

$$a + b \cos(T + \mu) = V_0 \exp(\lambda), \quad (6)$$

$$\operatorname{Im} \omega(\xi) = 0, \quad \xi \in [-1, 1], \quad \operatorname{Re} \omega(1) = 0, \quad (7)$$

где

$$T = \operatorname{Im} \chi_*(\exp(i\sigma)),$$

$$\mu = \operatorname{Im} \omega(\exp(i\sigma)),$$

$$\lambda = \operatorname{Re} \omega(\exp(i\sigma)),$$

$$\sigma \in [0, \pi].$$

Функция $\omega(t)$ в силу условия (7) разлагается в степенной ряд с вещественными коэффициентами

$$\omega(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k t^k, \quad c_0 = -\sum_{k=1}^{\infty} c_k. \quad (8)$$

Геометрические характеристики течения определяются из параметрической зависимости

$$\frac{dz}{dt} = \frac{\exp(-\chi(t)) dW}{V_0 dt} =$$

$$= i M t^{\alpha-0.5} \left(\frac{1+t}{t+f}\right) \frac{(t+d)^{1-\alpha}}{(1+td)^{2-\alpha}} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{1+tg}{t+g}} \exp\left(-\sum_{k=1}^{\infty} c_k t^k\right), \quad (9)$$

$$\text{где } M = (V_0 I_0 e^{c_0})^{-1}.$$

Интегрированием выражения (9) по полуокружности бесконечно малого радиуса с центром в точке $t = -f$, с помощью теории вычетов, найдем расстояние h между линиями AF и EF , соответствующее половине безразмерной ширины паза

$$h = \pi M \frac{f^{\alpha-0.5} (1-f)(f-d)^{1-\alpha}}{(1-fd)^{2-\alpha}} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{1-fg}{f-g}} \exp\left(\sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} c_k f^k\right).$$

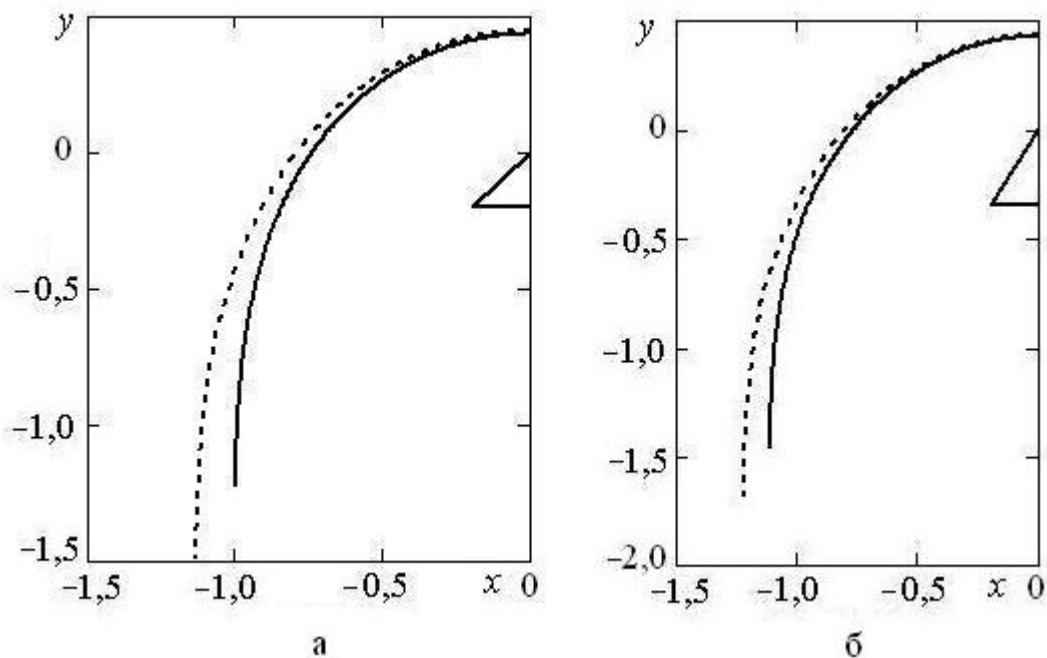


Рисунок 3. Результаты расчета анодных границ:
а – $\alpha = 0,25$; б – $\alpha = 1/3$.

Интегрируя выражение (9) на отрезках $[-g, -d]$ и $[-d, 0]$, найдем безразмерные длины L_1 и L_2 отрезков DE и CD , соответственно

$$\begin{aligned}
 L_1 &= M \int_d^\varepsilon F_1(x)(x-d)^{1-\alpha} dx, \\
 L_2 &= M \int_0^d F_1(x)(d-x)^{1-\alpha} dx, \\
 L_1 &= L_2 \cos \alpha \pi,
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

где

$$\begin{aligned}
 F_1(x) &= \frac{1-x}{x^{0,5-\alpha} (1-xd)^{2-\alpha} (f-x)} \times \\
 &\times \sqrt{\frac{1-xd}{g-x}} \exp\left(\sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} c_k x^k\right).
 \end{aligned}$$

Для численного решения задачи задаются геометрические величины L_1, α , коэффициенты a_0, a_1 и характерная плотность тока j_0 . Коэффициенты разложения (8) определяются таким образом, чтобы на искомой анодной границе удовлетворялось условие (6). Численно задача решается методом коллокаций. [8]. Система уравнений для вычисления коэффициентов разложения (8) решается совместно с уравнениями (5), (10), предназначенных для определения параметров d, g, f .

Расчеты выполнены при следующих значениях задаваемых параметров:

$$\begin{aligned}
 L &= 0,2, \quad a_0 = 0,906, \quad a_1 = -12,818, \\
 j_0 &= 100 \text{ А/см}^2
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

(значения a_0, a_1 соответствуют процессу электрохимической обработки стали 5ХНМ в растворе нитрата натрия с концентрацией 15% [5]).

При $\alpha = 0,25$ значение h половины безразмерной ширины паза равно 0,997. На рис. 3а сплошной линией представлены результаты расчета анодной границы для указанного частного случая. Для сравнения, на этом же рисунке, пунктирной линией обозначены результаты расчета анодной границы, для

электрохимической обработки трехгранным катодом без изоляции [3].

При тех же значениях параметров (11) и $\alpha = 1/3$ получается $h = 1,111$. На рис. 3б, аналогичным образом, представлены результаты расчета анодной границы с изоляцией и без изоляции на границе катода.

Список литературы

1. Щербак М.В. Толстая М.А., Анисимов А.П., Постановов В.Х. Основы теории и практики электрохимической обработки металлов и сплавов. – М.: Машиностроение, 1981. – 413 с.
2. Давыдов А.Д., Козак Е. Высокоскоростное электрохимическое формообразование. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
3. Миназетдинов Н.М. Гидродинамическая интерпретация одной задачи теории размерной электрохимической обработки металлов // ПММ – 2009. – Т. 73, Вып. 1. – С. 60–68.
4. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1987. – 688 с.
5. Котляр Л.М., Миназетдинов Н.М. Определение формы анода с учетом свойств электролита в задачах электрохимической размерной обработки металлов // ПМТФ. 2003. Т.44. №3. С. 179–184.
6. Каримов А.Х., Клоков В.В., Филатов Е.И. Методы расчета электрохимического формообразования. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. – 388 с.
7. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости – М.:Наука, 1979. – 536 с.
8. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 2008. – 480 с.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПО ТОЛЩИНЕ НАНЕСЕННОГО НА ОБРАЗУЮЩИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА ЕГО СПЕКТРАЛЬНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ПРОПУСКАНИЯ.

Михайлов А.А.,

Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики,
Санкт-Петербург, Россия,
mikhailov_aa@list.ru

Аннотация. Рассматриваются отклонения в спектральной характеристике пропускания привносимые отклонениями от заданной толщины оптического покрытия, которое нанесено на образующие цилиндрической поверхности, с помощью резистивного испарения в вакуумной камере.

Ключевые слова: цилиндрическая поверхность, оптическое покрытие, интерференционное покрытие.

THE EFFECT OF DEVIATIONS IN THE THICKNESS DISTRIBUTION OF THE OPTICAL COATING DEPOSITED ON THE CYLINDRICAL SURFACE ON ITS SPECTRAL TRANSMISSION CHARACTERISTICS.

Mikhailov A.A.,

St. Petersburg State University of Information Technologies,
Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia

Abstract. Consider deviations of the transmission spectral characteristic introduced by deviations from the given thickness of optical coating applied to the cylindrical surface forming by resistive evaporation in a vacuum chamber.

Keywords: cylindrical surface, optical coating, interference coating.

Последнее время постоянно увеличивается интерес к формированию различных типов интерференционных покрытий на поверхностях как сферической, так и несферической формы. Химические методы формирования покрытий на деталях малого радиуса кривизны, оптических элементах с торической и цилиндрической поверхностях не всегда можно применять. Это объясняется тем, что на спектральные характеристики формируемого интерференционного покрытия существенное влияние оказывают постоянство толщины по всей приёмной поверхности, а также точность изготовления толщины каждого слоя.

Наиболее актуальными являются задачи, связанные с работой формирования спектроделительных покрытий (дихроических зеркал), которые отражают или поглощают видимую часть спектра и пропускают инфракрасную, на цилиндрических поверхностях. Такие элементы могут использоваться для приборов ночного видения и в приборах специального назначения.

На данный момент широко изучены и описаны в литературе методы создания оптических покрытий различного назначения и различного распределения по толщине на деталях различной формы, но преимущественно плоскопараллельных пластинах и сферических поверхностях [1, с. 58, с. 61, с. 69; 2, с. 94, с. 96; 3, с. 40].

Если рассматривать процесс нанесения оптического покрытия на деталь цилиндрической формы, то задача по определению мгновенных координат точек на поверхности цилиндра для прогнозирования распределения на детали будущего покрытия сильно усложняется.

На рисунке 1 представлена обобщенная спектральная характеристика отрезающего светофильтра (спектроделителя), указаны основные параметры, которые характеризуют данный класс светофильтров.

Для данного класса покрытий имеет огромную важность соответствие теоретического и практического положения точки полупропускания ($0,5T(\lambda)$), по-

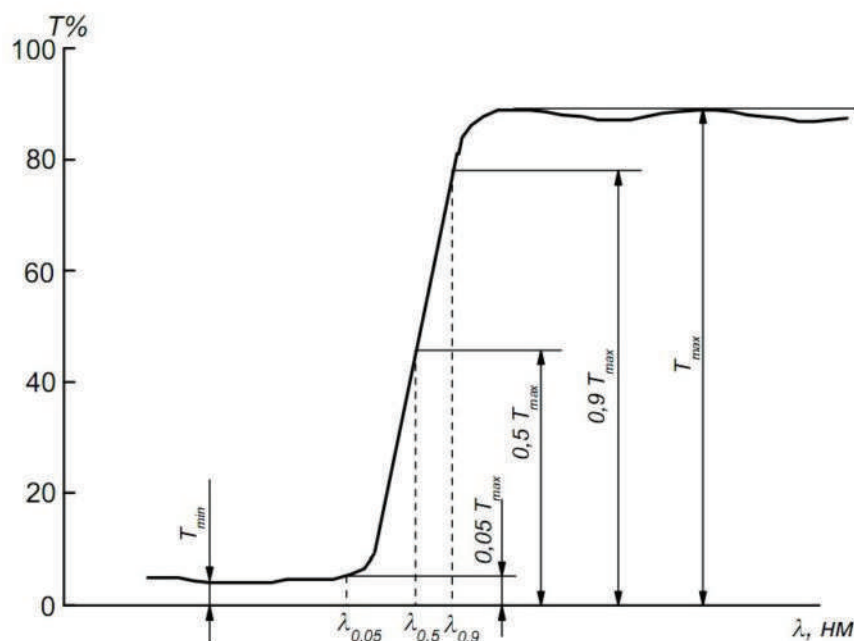


Рис. 1. Спектральная характеристика пропускания спектроделителя для длинноволновой области спектра.

ложение которой в свою очередь определяется точностью расчета структуры светофильтра (количество слоев, их толщины, показатели преломления входящих в его состав материалов) и в огромной степени зависит от точности реализации этих параметров. Основной проблемой является получение минимального отклонения от заданной толщины на всей рабочей поверхности детали.

Если речь идет о равнотолщинном покрытии, а именно такое описывалось выше. При отклонении толщины покрытия всего на несколько процентов, вся спектральная характеристика спектроделителя исказится в рассматриваемой зоне, но самое главное, что длинная волны, на которой находилась точка полупропускания, сместится в длинноволновую или в коротковолновую область спектра в зависимости от знака отклонения по толщине слоя покрытия. На практике покрытие на определенных длинах волн будет «дырявым», то есть иметь зоны пропускания в зоне спектра, которая теоретически не должна быть прозрачной.

Но распределение толщины слоев так же определяется эмиссионной характеристикой испарителя [1, с.38]. Для испарителей, реализующихся при терми-

ческом, в том числе электронно-лучевом испарении, возможно получение медленно меняющегося профиля толщины слоя. При этом градиент профиля толщины слоя на детали плавно меняется по координате, а сами величины этого градиента малы.

Если рассматривать деталь цилиндрической формы, то распределение толщины по поверхности детали будет определяться следующим выражением, аналогичным, полученному в [1, с. 46]:

$$t = \int_0^{\phi} HS \cdot \frac{\cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{p^2} d\varphi, \quad (1)$$

где, ϑ_1 – угол между вектором p и нормалью к испарителю, коллинеарной оси OZ , ϑ_2 – угол между вектором p и нормалью к точке на поверхности детали, p – длина вектора p (соединяющего испаритель с точкой на поверхности цилиндра), HS – функция Хэвисайда, ограничивающая напыление на затененную зону детали, ϕ – наименьшее общее кратное периодов угловых скоростей, характеризующих вращение цилиндра.

На рисунке 2 изображено нормированное распределение по толщине одного слоя, полученное

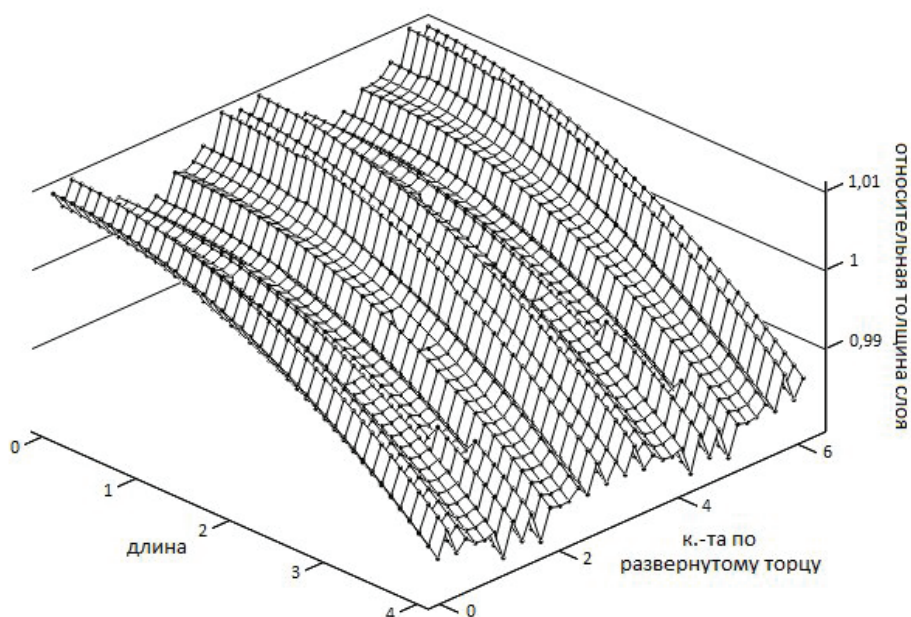


Рис. 2. Нормированное распределение толщины покрытия на цилиндрической детали.

теоретическим способом с помощью математической модели, основанной на выражении 1 и мгновенных координатах заданной точки на поверхности цилиндра.

Профиль представленной поверхности в большей степени зависит от параметров заданных в математическую модель, но общая картина остается практически неизменной: даже при теоретическом расчете наблюдается отклонение по толщине, которое может исказить спектральные характеристики покрытия, которое требуется получить.

На практике будут наблюдаться вносимые мно-

гими факторами ошибки в распределении по толщине. При наложении эти ошибки могут иметь разные знаки или, что хуже, одинаковые, то есть они могут либо устранить друг друга, либо усилить.

Таким образом, при проектировании оптического покрытия для детали цилиндрической формы для достижения приемлемых отклонений от необходимых значений спектральных параметров, необходимо принимать во внимание дополнительные данные по возможному распределению покрытия на самой детали, которое может внести значительный вклад в получаемое в итоге покрытие.

Список литературы:

1. Губанова Л.А., Путилин Э.С., Интерференционные покрытия, формирующие энергетические и волновые параметры излучения. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. 220 с.
2. Котликов Е.Н., Варфоломеев Г.А., Лавровская Н.П., Тропин А.Н., Хонинева Е.В. Проектирование, изготовление и исследование интерференционных покрытий: учебное пособие / - СПб.: ГУАП, 2009. 189с.
3. Большанин А. Ф. Формирование пленок постоянной величины на осесимметричной подложке / А. Ф. Большанин, А. Г. Жиглинский, С. Г. Парчевский, Э. С. Путилин // ОМП. 1978. № 3. С. 39–42.

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 научно-практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" (e-mail: redaktor@nauteh.ru).