



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**№ 7/8 - 2014** (июль/август)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной  
ответственностью  
**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**Редакционный совет**

**А.В. Царегородцев** — д.т.н., профессор Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

**Ю.Б. Миндлин** — к.э.н., доцент Московского

государственного индустриального университета

**М.М. Безрукова** — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО

**Н.Н. Грачев** — профессор Московского государственного института электроники и математики НИУ ВШЭ, доктор высшей степени в области технических наук (Doctor Habilitatus)

**А.И. Гусева** — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"

**А.Я. Качанов** — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)

**Е.Ю. Клименко** — д.ф.-м.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"

**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 РАМН

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](mailto:redaktor@nauteh.ru)

<http://www.nauteh.ru>

<http://www.vipstd.ru/nauteh>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77–44912 от 04.05.2011 г.

© Современная наука:  
Актуальные проблемы теории и практики



В НОМЕРЕ:

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ  
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
АНТЕННЫ, СВЧ-УСТРОЙСТВА И ИХ ТЕХНОЛОГИИ  
РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА  
И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ  
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ,  
РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-  
АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ  
РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ  
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ  
и др. материалы

Журнал издается с 2011 года

Редакция:

Главный редактор

**А.В. Царегородцев**

Выпускающий редактор

**Ю.Б. Миндлин**

Верстка

**Д.М. Замятин**

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

В течение года можно произвести подписку  
на журнал непосредственно в редакции

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

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

Журнал отпечатан в типографии  
ООО "КОПИ-ПРИНТ"  
тел./ факс: (495) 973–8296  
Подписано в печать 15.09.2014 г.  
Формат 84×108 1/16

Печать цифровая  
Заказ № 0000  
Тираж 2000 экз.

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Н.А.Седова, В.А. Седов**

Логико-лингвистическая модель определения уровня квалификации эксперта.  
*N. Sedova, V. Sedov – A logical-linguistic model determining the level of expert qualification ..... 3*

## АНТЕННЫ, СВЧ-УСТРОЙСТВА И ИХ ТЕХНОЛОГИИ

**В.Ф. Чередниченко**

Оптимизация на основе математического моделирования характеристик диэлектрической антенны вытекающей волны.  
*V. Cherednychenko – Optimization based on mathematical modeling characteristics of dielectric leaky wave antenna..... 7*

## РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

**С.В. Ананко**

Базовые алгоритмы движения мобильного робота.  
*S. Ananko – The basic algorithms of mobile robot movements..... 12*

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

**Д.В. Иванов**

Идентификация дробной обобщенной экспоненты, при наличии помехи наблюдения.  
*D. Ivanov – Identification fractional generalization exponent, the presence of noise observations..... 15*

## ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

**Е.М. Кишкинова**

Метаморфозы византийской парадигмы: византийский стиль в архитектуре Западной Европы конца XIX - первой трети XX века.  
*E. Kishkinova – Metamorphosis byzantine paradigm: byzantine style in architecture Western Europe late XIX – early XX century..... 21*

**И.А. Попова**

Необарокко в творчестве А.Н. Померанцева.  
*I. Popova – Neobarokko in the works of A.N.Pomerantseva..... 36*

## РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**К.С. Саушкина**

Освоение запасов битуминозной нефти: международный опыт и перспективы для России.  
*K. Saushkina – The development of bituminous oil reserves: international practices and prospects for Russia..... 44*

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**А.А. Третьяков**

Моделирование задачи о вдавлении конуса в поверхность упругопластического тела и влияние остаточных напряжений на распределение нормальных перемещений в наплыве.  
*A. Tretyakov – Simulation of the problem of cone indentation in the surface of elastic-plastic body and the effect of residual stresses on the distribution of the normal displacements in the influx. .... 48*

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

**А.В. Семенютина, И.П. Свинцов, С.С. Таран, С.Н. Кружилин, А.Ш. Хужахметова, В.А. Семенютина, Д.В. Ульянов**

Принципы формирования фонда посадочного материала биоразнообразия древесных видов для улучшения экологической ситуации малолесных регионов.  
*A. Семенютина, И. Свинцов, С. Таран, С. Кружилин, А. Хужахметова, В. Семенютина, Д. Ульянов – Simulation of the problem of cone indentation in the surface of elastic-plastic body and the effect of residual stresses on the distribution of the normal displacements in the influx. .... 56*

**С.Н. Кружилин**

Закономерности роста и формирования насаждений *quercus robur* в условиях степи.  
*S. Kruzhilin – Principles of formation of biodiversity fund planting material of tree species to improve environmental situation sparsely regions. .... 75*

# ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИИ ЭКСПЕРТА

**Седова Н. А.,**

К. Т. Н.

**Седов В. А.,**

к. ф.-м. н.

Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского (г. Владивосток)

nellyfish81@mail.ru

**Аннотация.** В работе описывается логико-лингвистическая модель, позволяющая формализовать определение уровня квалификации эксперта. Представлена общая структура логико-лингвистической модели, фрагмент базы правил нечетких продукций и показан тестовый пример функционирования модели.

**Ключевые слова:** логико-лингвистическая модель, лингвистическая переменная, базовое терм-множество, правило нечетких продукций, уровень квалификации эксперта.

## A LOGICAL-LINGUISTIC MODEL DETERMINING THE LEVEL OF EXPERT QUALIFICATION

**Sedova N. A., Sedov V. A.**

Maritime State University named after G.I. Nevelskoi (Vladivostok)

**Abstract.** This paper describe the logical-linguistic model allowing defining the level of expert qualification. A general structure of the logical-linguistic model, a part of the fuzzy rule base of products and a test example the operation of the model are shown.

**Keywords:** logical-linguistic model, linguistic variable, basic term set, fuzzy rule productions, level of expert qualifications.

В работах [1-3] представлена модель формирования оценки экспертов, привлекаемых для извлечения знаний, использующихся для разработки систем искусственного интеллекта. В работе [4] представлена модель на базе теории нечетких множеств, позволяющая определять предварительный уровень квалификации эксперта для дальнейшего учета такого уровня при формировании экспертных групп. Настоящая работа является развитием работы [4] и описывает реализацию модели для определения квалификации эксперта в среде FuzzyTECH [5, 6].

Из перечня критериев, представленных в [1], выделены критерии, имеющие так называемую «лингвистическую неопределенность» [5]: возраст эксперта; занимаемая должность; стаж работы в «проблемной области»; число публикаций по теме решаемой задачи; число патентов или свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, свя-

занных с решаемой задачей; число выступлений на мероприятиях, связанных с темой решаемой задачи; число успешно реализованных проектов; самооценка компетентности эксперта; характеристика эксперта другими экспертами.

Каждый из критериев в представляемой модели использован для формирования входных лингвистических переменных. В полной логико-лингвистической модели на базе теории нечетких множеств, имеющей девять входных лингвистических переменных и три термина в каждой лингвистической переменной, общее число правил нечетких продукций должно составлять 19683. Для сокращения числа правил проведена модификация логико-лингвистической модели путем построения сложной модели, состоящей из трех нечетких подсистем и результирующего, аккумулирующего модуля (структура модели показана на рисунке 1). Это позволило снизить объем базы правил нечетких продукций до 117 правил.

Дополнительный, аккумулирующий модуль, состоящий из трех входных лингвистических переменных по три термина каждая, привносит еще 27 правил в базу правил нечетких продукций. Таким образом, общий объем базы правил нечетких продукций составляет 144 правила.

Термы входной лингвистической переменной «возраст эксперта» представляют собой терм-множество следующего вида: {молодой, зрелый, солидный}. Входные лингвистические переменные «занимаемая должность», «самооценка компетентности эксперта» и «характеристика эксперта» имеют термы: низкая, средняя и высокая – при этом последние две лингвистические переменные заданы на универсальном множестве [0, 10], где 10 означает высший уровень квалификации. Остальные входные лингвистические переменные имеют терм-множество {малое (малый), среднее (средний), большое (большой)}. Лингвистические переменные «число публикаций по теме решаемой задачи», «число патентов и свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ», «число выступлений на

мероприятиях, связанных с темой решаемой задачи» и «число успешно реализованных проектов» заданы на универсальном множестве [0, 100], где численная характеристика этих лингвистических переменных указывает на процент от максимального значения, имеющегося у экспертов, принимающих участие в решении поставленной задачи, поскольку эксперты в разных «проблемных областях» могут иметь разное число научных трудов и результатов, отражающих специфику этой «проблемной области». Выходные лингвистические переменные «оценка 1», «оценка 2», «оценка 3» и «предварительный уровень квалификации эксперта» заданы на универсальном множестве [0, 10] и имеют базовое терм-множество следующего вида: {низкая (низкий), средняя (средний), высокая (высокий)}. На рисунке 2а представлен фрагмент базы правил нечетких продукций для модуля, вычисляющего значение лингвистической переменной «оценка 1», имеющего в качестве входных лингвистических переменных: занимаемая должность, стаж работы в «проблемной области» и возраст эксперта. На рисунке 2б показана трехмерная поверхность нечеткого вывода для модуля,

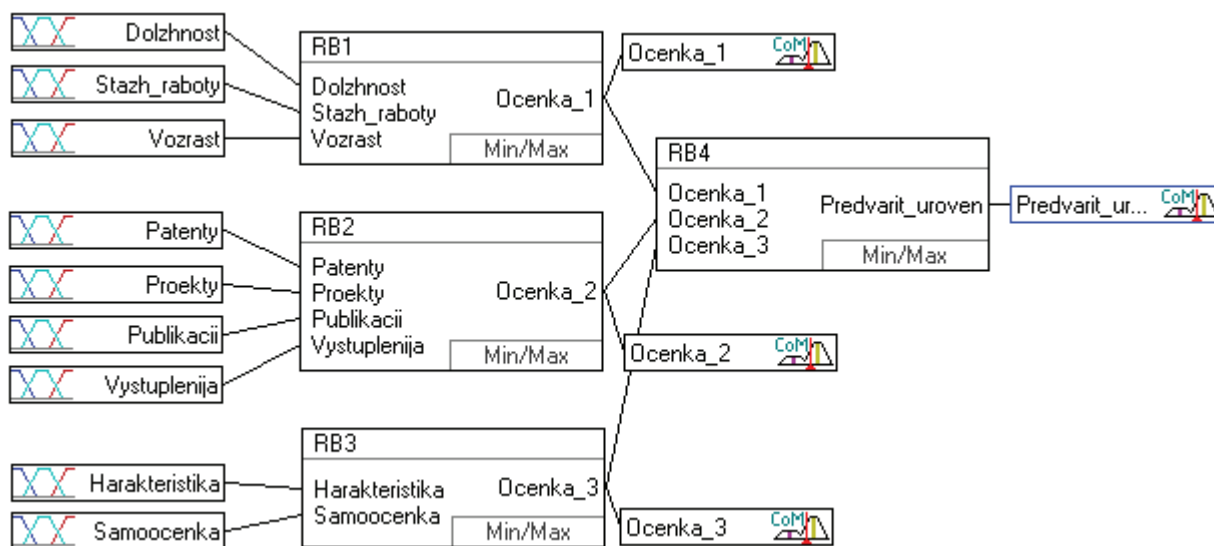


Рис. 1. Структура логико-лингвистической модели определения предварительного уровня квалификации эксперта

вычисляющего значение лингвистической переменной «оценка 3», имеющего в качестве входных лингвистических переменных: характеристика эксперта другими экспертами и самооценка компетентности эксперта.

Предварительный уровень квалификации эксперта, полученный с помощью сложной логико-лингвистической модели на базе теории нечетких множеств, поступает на модуль, в котором необходимо отвечать на вопросы, предполагающие однозначные ответы «да» или «нет» (например, связанные с отсутствием/наличием ученой степени или научного звания и т.д.). После этого привлекается модуль, определяющий результирующий уровень квалификации эксперта, исходя из полученного с помощью логико-лингвистической модели предварительного

уровня квалификации эксперта и ответов на однозначные вопросы.

Для реализованной логико-лингвистической модели, рассчитывающей предварительный уровень эксперта квалификации, на рисунке 2в представлен фрагмент проведенного тестирования, демонстрирующий не только конечный уровень квалификации эксперта, но и промежуточные оценки 1-3.

Тестирование логико-лингвистической модели показало ее работоспособность и адекватность тестовым примерам. В дальнейшем планируется разработка единого интерфейса, включающего как представленную логико-лингвистическую модель и модуль с однозначными вопросами, так и результирующий модуль, определяющий уровень квалификации эксперта.

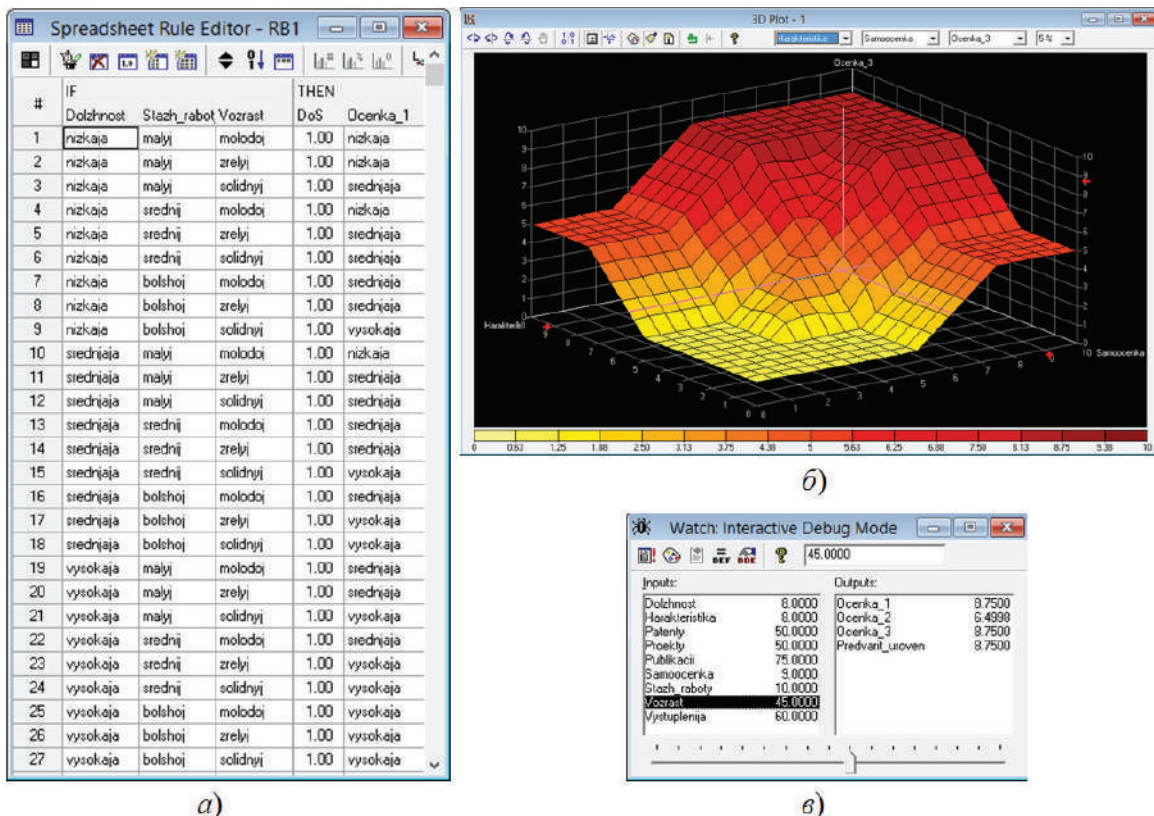


Рис. 2. Фрагмент базы правил нечетких продукций (а), поверхность нечеткого вывода (б) и пример функционирования (в) логико-лингвистической модели

### Список литературы

1. Черный С.Г. Элементы технологии групповой классификации многопризнаковых объектов при поддержке принятия решений // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2013. – №1(46). – С. 155-160.
2. Черный С.Г. Анализ правил комбинирования групповых экспертных оценок при нечетких данных // Системы управления и информационные технологии, №3.1(57), 2014. – С. 182-187.
3. Черный С.Г., Логунова Н.А. Разработка сегментов кластеров координации отраслевой направленности // Мир транспорта. – 2014. – №3(52). – С. 104-115.
4. Седов В.А. Модель формирования экспертных групп, использующая элементы теории нечетких множеств // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Кемерово, 16-17 октября 2014 г.; Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2014. – с. 421, 422.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005 – 736 с.
6. Седова Н.А. Разработка интеллектуальных систем на базе нечеткой логики в FuzzyTech (методические указания к лабораторной работе). Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2012. – 56 с.

# ОПТИМИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНЫ

Чередниченко В. Ф.,  
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»  
faleksiya@bk.ru

**Аннотация.** Выполнена оптимизация характеристик диэлектрической антенны вытекающей волны. Установлено значение шага решетки, обеспечивающее малый уровень максимальных боковых лепестков диаграммы направленности. Установлено, что при использовании в качестве материала диэлектрического волновода поликора наличие зазора между волноводом и решеткой не приводит к улучшению энергетических характеристик антенны.

**Ключевые слова:** антенна, вытекающая волна, уровень боковых лепестков, коэффициент полезного действия.

## OPTIMIZATION BASED ON MATHEMATICAL MODELING CHARACTERISTICS OF DIELECTRIC LEAKY WAVE ANTENNA

Cherednychenko V. F.  
Voronezh State Technical University

**Abstract.** The optimization of the dielectric characteristics of the leaky wave antennas. Set the lattice spacing, providing small level of maximum side-lobe. It is established that, when used as the material of the dielectric waveguide polycor a gap between the waveguide and the grating does not improve the energy characteristics of the antenna.

**Key words:** antenna, leaky waves, sidelobe level, efficiency.

В последние годы в системах связи находят широкое применение радиоволны миллиметрового диапазона. Эффективная работа таких систем невозможна без антенн, в том числе ортонаправленных для приемных станций [1].

Одной из важнейших особенностей микроволновой техники миллиметрового диапазона является высокий коэффициент полезного действия (КПД) открытых излучающих линий передачи [1-3]. Это свойство открытых линий передачи позволяет создавать на их основе эффективные антенны вытекающей волны, принцип действия которых основан на преобразовании поверхностных волн линии в объемные волны на периодических решетках [4-7].

В статье рассматривается описанная в [7] антенна вытекающей волны, принцип работы которой основан на преобразовании поверхностной замед-

ленной волны планарного диэлектрического волновода в объемную волну с помощью периодической дифракционной решетки проводников (рисунок 1,а), шаг следования которых соизмерим с длиной излучаемой объемной волны. Шаг дифракционной решетки является важнейшим параметром раскрыва, определяющим излучающие свойства антенны вытекающей волны. Применительно к реализации раскрыва на основе решетки проводников исследование зависимости основных характеристик антенны от шага решетки в миллиметровом диапазоне выполнено в работе [8].

Для формализации решения дифракционной задачи использована двумерная модель, частично показанная на рисунке 1,б. Диэлектрическая пластина толщиной  $\tau$  с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  размещена на проводящем основании.

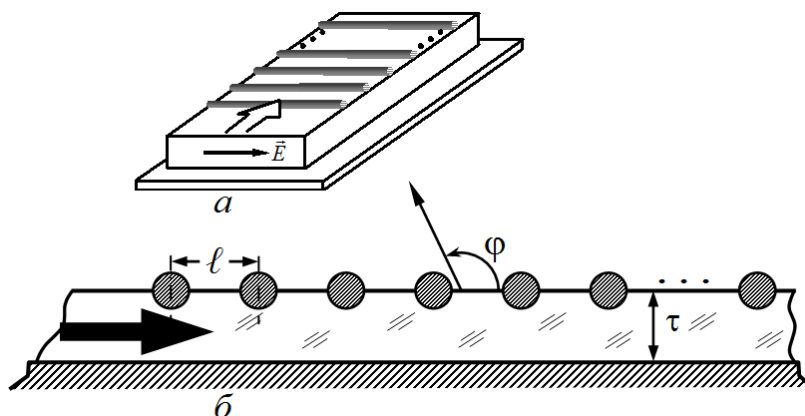


Рис. 1. Излучающий раскрыв антенны (а) и его модель (б)

Непосредственно на поверхности диэлектрической пластины расположена эквидистантная решетка из  $N$  проводников в форме тонких металлических стержней малого радиуса (по сравнению с длиной волны  $\lambda$  в свободном пространстве), разнесенных друг относительно друга с шагом  $\ell$ . В предположении, что на решетку проводников перпендикулярно направлению их регулярности набегают поверхностная замедленная  $H$ -волна с единственной отличной от нуля поперечной  $E$ -компонентой (рисунок 1,а), расчет рассеянного решеткой поля сводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно комплексных амплитуд токов в проводниках. В работе [7] такая система уравнений получена с использованием двумерной интегральной модифицированной функции Грина, описывающей отраженное от диэлектрической пластины поле.

Исследование характеристик антенны в миллиметровом диапазоне при  $\lambda = 7.14$  мм, показывает, что для реализации малого уровня бокового излучения шаг решетки следует взять из интервала 3...3.3 мм. Численная оптимизация методом последовательного поиска позволила выявить шаг  $\ell = 3.12$  мм, при котором обеспечивается наименьший уровень бокового излучения – "минус" 17.5 дБ. На рисунках 2,а и б приведена в декартовой и полярной системе координат диаграмма направленности (ДН) антенны, полученная для шага решетки  $\ell = 3.12$  мм (длина решетки составляет 156 мм),  $\epsilon = 9.8$  (поликор),  $\tau = 1.43$  мм (по-

ловина длины волны в волноводе с учетом его диэлектрической проницаемости). Направление максимума ДН – 84.2 градусов (отклонение от нормали 5.8 градусов), ширина основного лепестка ДН по уровню "минус" 3 дБ – 3.4 градуса, коэффициент стоячей волны – 1.80, КПД антенны – 91.2%, коэффициент использования поверхности (КИП) раскрыва – 53.5%, полная эффективность антенны (произведение КПД на КИП [9]) – 48.8%.

Одним из важных геометрических параметров антенного полотна, показанного в разрезе на рисунке 1,б, является расстояние (зазор) между решеткой и диэлектрической пластиной  $d$ . В работах [7,8] этот параметр полагался равным нулю. Нулевой зазор между решеткой и диэлектрическим волноводом как бы предпочтителен с технологической точки зрения. Действительно, гораздо удобнее размещать элементы решетки непосредственно на поверхности диэлектрика, нежели на некотором расстоянии. Однако если решетку проводников реализовывать как решетку широких щелей в металлическом экране, обладающем определенной механической прочностью, то технологически несложно обеспечить зазор требуемой величины между решеткой и диэлектрическим волноводом, причем, в общем случае, неравномерный – для обеспечения оптимального амплитудного распределения в раскрыве.

Пусть величина зазора отлична от нуля. Исследование влияния величины зазора на характеристики излучения антенны проводилось для шага



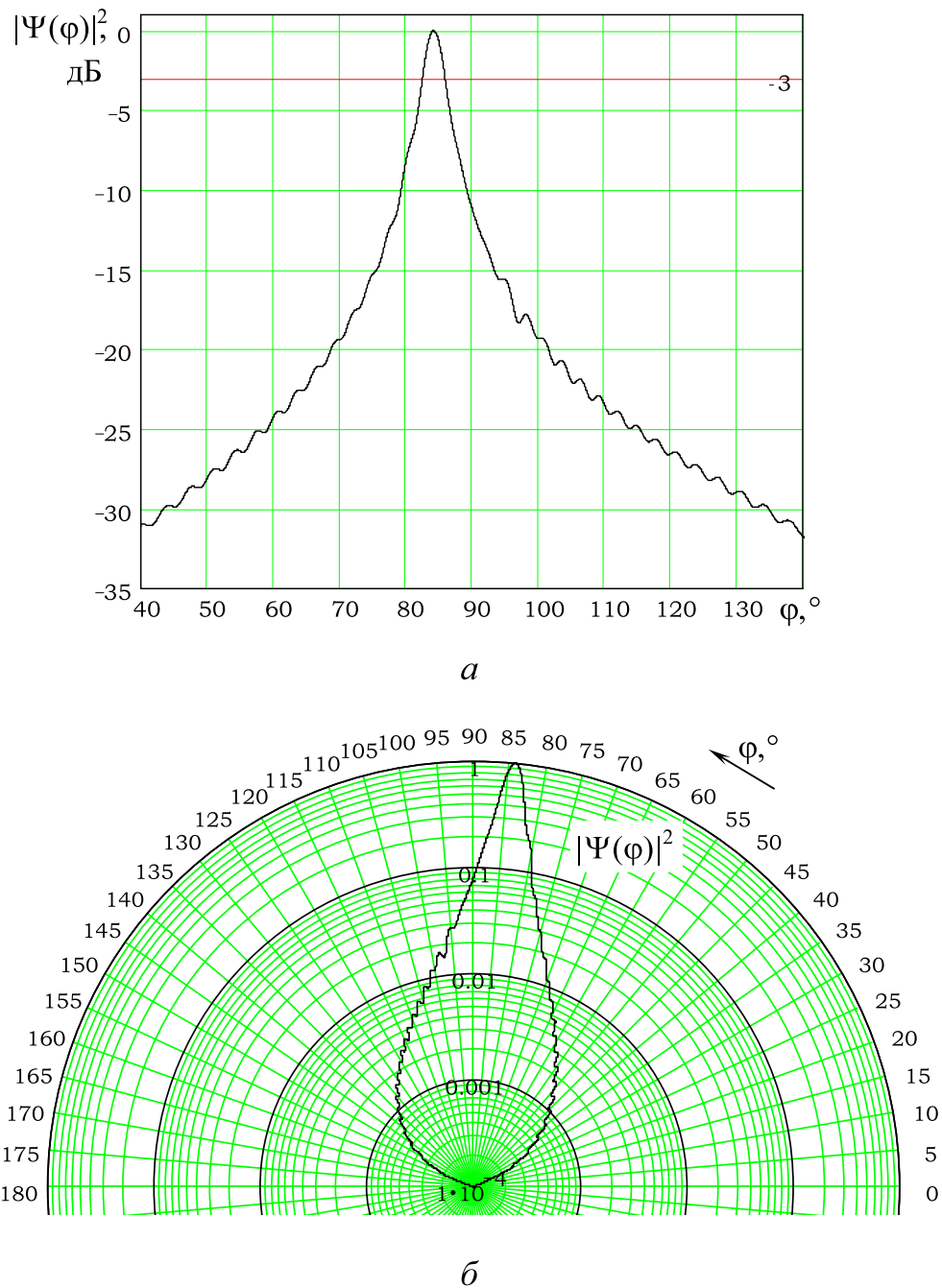


Рис. 2. ДН антенны с малым уровнем бокового излучения

решетки, равного 2.79 мм. Методом последовательного поиска установлено, что с увеличением величины зазора наблюдается рост КИП раскрыва, однако, КПД антенны при этом существенно снижается. Так,

при увеличении зазора до 0.25 мм КИП раскрыва возрастает от 83.2% до 94.4%, а КПД антенны снижается от 93.7% до 82.1%. Если увеличить величину зазора до 0.5 мм, то КИП возрастает до 99.2%, а КПД

снижается до 58.6%. Существенное падение КПД при увеличении величины зазора объясняется, видимо, тем, что интенсивность поля поверхностной волны вследствие достаточно большой диэлектрической проницаемости материала волновода резко уменьшается при удалении от поверхности волновода.

На рисунках 3,а и б приведена в декартовой и соответственно полярной системе координат ДН антенны, полученная для зазора  $d = 0.25$  мм при шаге решетки  $\ell = 2.79$  мм. Направление максимума ДН – 96.5 градусов (отклонение от нормали 6.5 градусов), ширина основного лепестка ДН по уровню “минус” 3

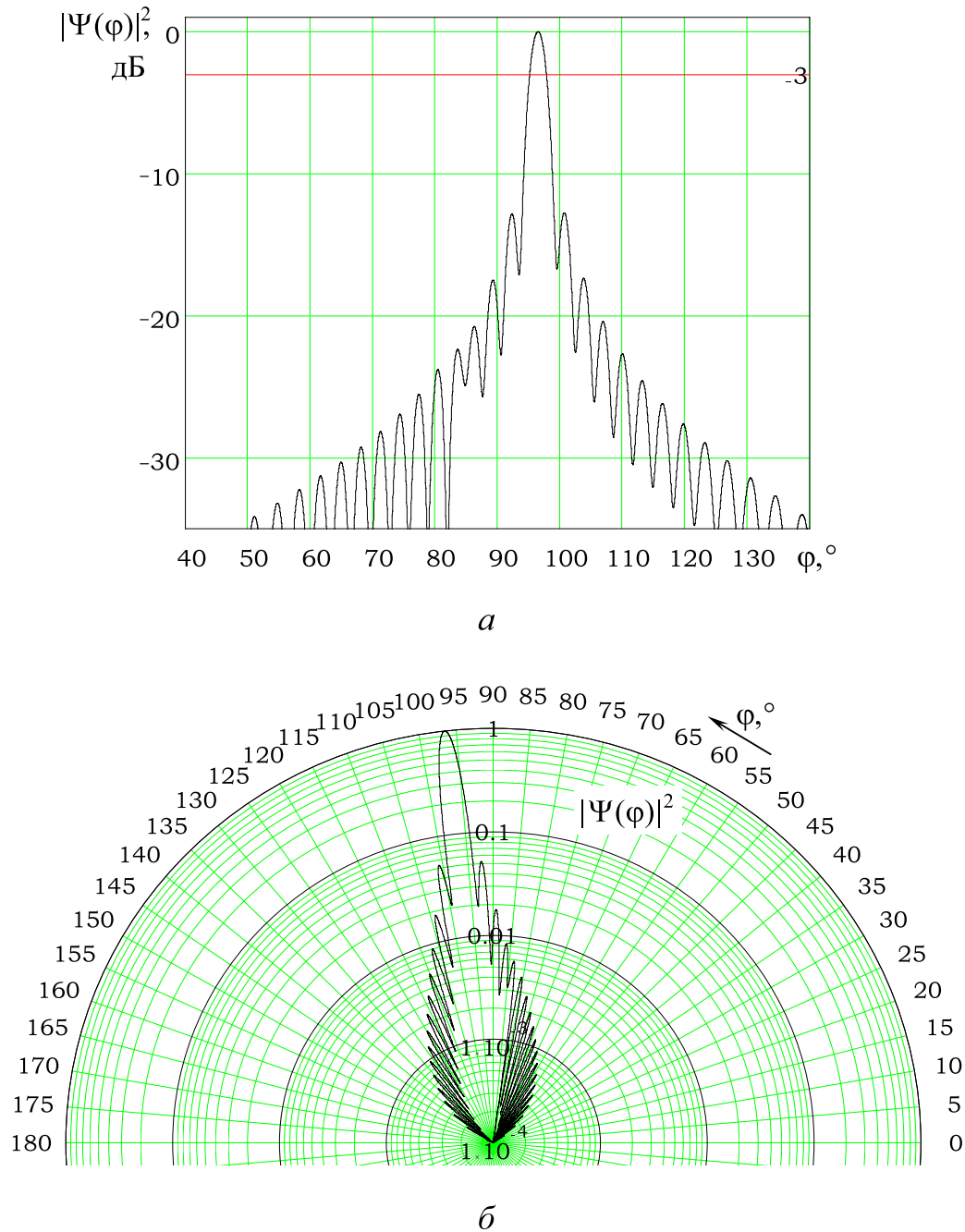


Рис. 3. ДН антенны с ненулевым зазором

дБ – 2.7 градуса, максимальный уровень боковых лепестков ДН – “минус” 12.8 дБ, коэффициент стоячей волны – 1.19, КПД антенны – 82.1%, КИП раскрыва – 94.4%, полная эффективность антенны – 77.5%.

Таким образом, в результате исследований характеристик излучения диэлектрической антенны вытекающей волны установлено оптимальное значение шага решетки, обеспечивающее относительно малый уровень максимальных боковых лепестков ДН. Так, для реализации уровня бокового излучения "минус" 17.5 дБ шаг решетки следует взять равным

$\ell \approx 0.437\lambda$ , однако, при этом полная эффективность антенны не превышает 48.8%. Установлено, что при использовании в качестве материала диэлектрического волновода поликора наличие зазора между волноводом и решеткой не приводит к улучшению энергетических характеристик, а поэтому нежелательно. Рекомендуемое значение зазора – нулевое, что весьма предпочтительно с технологической точки зрения, а обеспечивать оптимальное амплитудное распределение по длине раскрыва следует за счет изменения ширины щелей (проводников в виде лент) или шага решетки [10].

### Список литературы

1. Сборник докладов по тематике “Электродинамика, распространение радиоволн, антенны. Техника СВЧ” [Электронный ресурс]: международная научно-техническая конференция “Радиолокация, навигация, связь”: за период 2002 г. - 2013 г. Воронеж, 2014.
2. Шестопапов, В. П. Физические основы миллиметровой и субмиллиметровой техники. Т. 1. Открытые структуры / В. П. Шестопапов. - Киев: Наукова думка, 1985. - 216 с.
3. Угло-частотная фильтрация линейно поляризованного излучения при приеме СВЧ сигнала / А. И. Климов, А. В. Останков, Ю. Г. Пастернак, В. И. Юдин // Радиотехника. - 1998. - №6. - С. 70-72.
4. Евдокимов, А. П. Антенны дифракционного излучения / А. П. Евдокимов // Физические основы приборостроения. - 2013. - Т. 2. - №1. - С. 108-124.
5. 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.
6. Плоские дифракционные СВЧ-антенны с фиксированной ориентацией линейной поляризации / А. И. Климов, К. Б. Меркулов, А. В. Останков и др. // Приборы и техника эксперимента. - 1999. - №6. - С. 136.
7. Калиничев, В. И. Дифракция поверхностных волн на решетке металлических стержней и анализ диэлектрической антенны вытекающей волны / В. И. Калиничев, Ю. В. Куранов // Радиотехника и электроника. - 1991. - Т. 36. - №10. - С. 1902-1909.
8. Чередниченко, В. Ф. Расчет оптимального шага дифракционной решетки в составе излучающего раскрыва антенны вытекающей волны миллиметрового диапазона / В. Ф. Чередниченко // Современные научные исследования и инновации. - Июль 2014. - №7 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/07/36583> (дата обращения: 04.11.2014).
9. Останков, А. В. Электродинамические модели резонансных гребенчатых структур для анализа и синтеза высокоэффективных дифракционных антенн: дисс. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук / А. В. Останков. - Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГТУ, 2011. - 415 с.
10. Останков, А. В. Оптимизация направленных свойств линейных неэквидистантных антенных решеток / А. В. Останков, И. А. Кирпичева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2013. - Т. 9. - №4. - С. 8-11.

## БАЗОВЫЕ АЛГОРИТМЫ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

**Ананко С. В.,**

Морской государственный университет  
имени адмирала Г.И. Невельского (г. Владивосток)  
схетауа@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлено поэтапное описание разработанных, запрограммированных и протестированных алгоритмов движения мобильного робота Pololu 3pi по заданной траектории и по лабиринту.

**Ключевые слова:** мобильный робот, сенсор, калибровка, направление, поворот.

## THE BASIC ALGORITHMS OF MOBILE ROBOT MOVEMENTS

**Ananko S. V.,**

Maritime State University named after G.I. Nevelskoi (Vladivostok)

**Abstract.** A description of programmed and tested algorithms to the desired path and through a maze for the mobile robot Pololu 3pi motions are presents in this paper.

**Keywords:** mobile robot, sensor, calibration, direction, turn.

В работах [1, 2] описывается модель нечеткой системы определения направления поворота мобильного робота при его движении по черной линии, изображенной на белой поверхности. Такая нечеткая система состоит из пяти входных лингвистических переменных по три терма в каждой, при этом каждая лингвистическая переменная соответствовала информации от пяти сенсоров мобильного робота. Для тестирования нечеткой системы использован мобильный робот Pololu 3pi [3] размером примерно 9,5 см в диаметре и весом примерно 83 г., способный развивать скорость до 100 см/сек. Основой мобильного робота является программируемый AVR микроконтроллер ATmega328, работающий на частоте 20 МГц и использующий 32 Кб флеш-памяти. Разработчиками предоставлен обширный набор программных библиотек [4] для работы с интегрированным оборудованием, например, позволяющих выводить символы на жидкокристаллический дисплей с использованием различных эффектов (мерцание, движение и др.), проигрывать отдельные звуки и простые мелодии разной громкости, зажигать/гасить LED-индикаторы и т.д.

Настоящая работа посвящена описанию реализованных автором базовых алгоритмов движения мобильного робота Pololu 3pi, призванных стать основой для перехода к нечетким системам управления – движения по заданной траектории и по лабиринту.

Алгоритм движения мобильного робота Pololu 3pi по заданной траектории содержит следующие этапы.

**Этап 1.** После включения мобильного робота Pololu 3pi происходит загрузка необходимого инструментария из библиотеки 3pi.h, поставляемой в комплекте с основным программным обеспечением, т.е. производится загрузка функций для работы с сенсорами, жидкокристаллическим дисплеем и микродвигателями.

**Этап 2.** Происходит калибровка пяти сенсоров: мобильный робот Pololu 3pi поворачивается влево-вправо, давая возможность сенсорам увидеть заданную траекторию.

**Этап 3.** После калибровки ожидается нажатие пользователем кнопки В, которая запустит основной цикл движения. До этого момента на жидкокристаллическом дисплее отображается служебная информация (например, текущий заряд батареи).

**Этап 4.** Как только цикл запустился, происходит определение положения робота Pololu 3pi относительно заданной траектории. Функция `read_line()` считывает сигналы с сенсоров и возвращает значение от 0 до 4000. Например, если заданная траектория видна только крайнему левому сенсору (первый по счету слева направо), функция вернет 0, если первому (третий по счету) и левому (второму), то значение будет колебаться от 1000 до 2000 в зависимости от качества сигнала, принимаемого сенсором, если крайнему правому (пятому по счету), то от 3000 до 4000.

**Этап 5.** Записанное значение этапа 4 сравнивается следующим образом. Если получено значение, меньшее 1000, то заданную траекторию «видят» только левые сенсоры (первый и второй) и робот поворачивает влево. Иначе, если значение более 1000, но меньше 3000, заданная траектория видна передним сенсорам и робот движется прямо. Иначе робот поворачивается вправо (т.к. возвращаемое значение больше 3000 свидетельствует о том, что заданная траектория «видна» правым сенсорам).

**Этап 6.** Этапы 4 и 5 повторяются требуемое число раз.

Алгоритм движения мобильного робота Pololu 3pi по лабиринту (рисунок 1.) содержит следующие этапы:

**Этап 1.** После включения мобильного робота Pololu 3pi происходит загрузка необходимого инструментария как на этапе 1 алгоритма движения мобильного робота Pololu 3pi по заданной траектории.

**Этап 2.** Производится калибровка сенсоров, аналогичная этапу 2 алгоритма движения мобильного робота Pololu 3pi по заданной траектории.

**Этап 3.** После калибровки и нажатия пользователем кнопки В запускается основной цикл движения.

**Этап 4.** Происходит определение положения мобильного робота Pololu 3pi относительно заданной траектории, соответствующие значения с сенсоров записываются.

**Этап 5.** Записанные значения сенсоров сравниваются, при этом если передние сенсоры ничего «не видят», т.е. робот приехал в тупик, или, если левый или правый сенсоры «видят» заданную

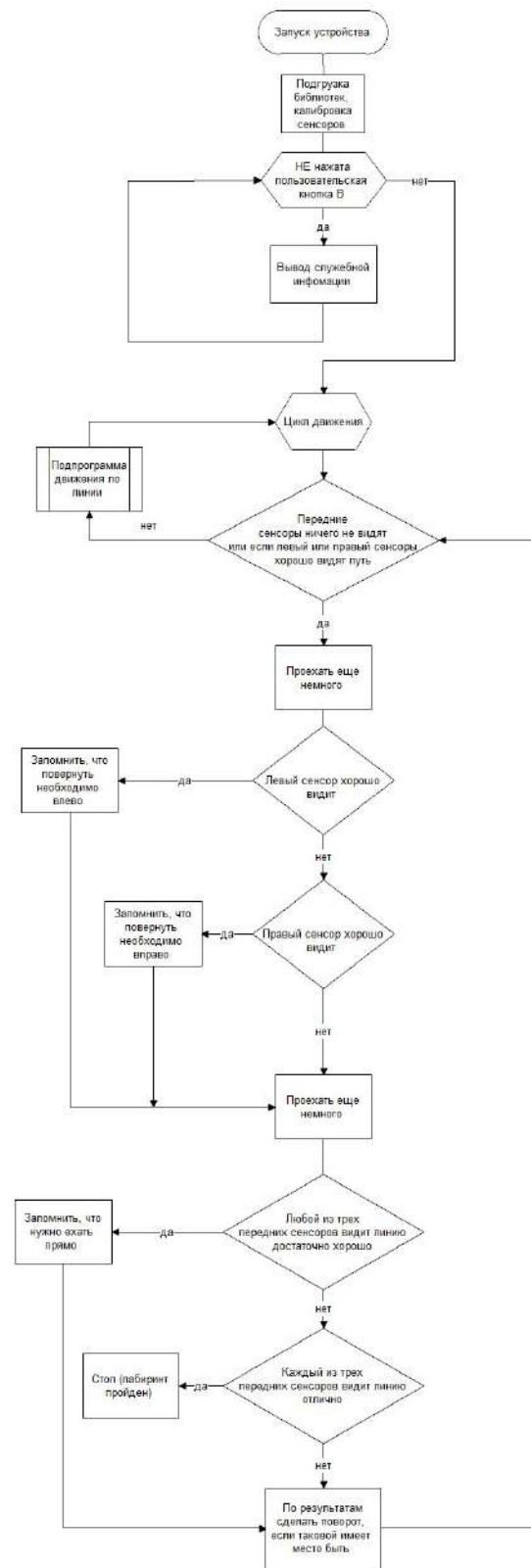


Рис. 1. Блок-схема алгоритма движения робота Pololu 3pi по лабиринту

траекторию, то робот Pololu 3pi находится перед поворотом, следовательно, необходимо принять решение относительно направления поворота. В противном случае, робот Pololu 3pi продолжает двигаться дальше.

Заметим, что в случае, если сенсоры робота Pololu 3pi свидетельствуют о том, что робот подъезжает к повороту, то необходимо снизить скорость, иначе, если робот движется на большой скорости, то резкая остановка может его опрокинуть.

**Этап 6.** Определяется, насколько хорошо сенсорам видна заданная траектория. Если заданную траекторию «видит» левый (правый) сенсор, то это записывается в переменную direction, т.е. что роботу необходимо повернуть влево (вправо). В случае необходимости, мобильный робот Pololu 3pi производит поворот по направлению, зафиксированному в переменной direction.

**Этап 7.** Определяется видимость заданной траектории передними сенсорами: если хотя бы одному из сенсоров «видно» достаточно хорошо (значение от 200 и выше), то в переменную direction записывается, что робот должен двигаться прямо. Если все три передних сенсора «видят» заданную траекторию отлично (от каждого сенсора возвращается значение от 600 и выше единиц), то это означает, что робот достиг финиша.

**Этап 8.** Этапы 5-7 повторяются требуемое число раз.

Оба алгоритма реализованы программно, проведено их тестирование на мобильном роботе Pololu 3pi, показавшее работоспособность представленных алгоритмов. Дальнейшие работы будут посвящены внедрению в платформу мобильного робота ультразвуковых датчиков, что позволит ему двигаться по любой подходящей поверхности, а также разработке нечетких систем определения и обхода произвольных препятствий.

### Список литературы

1. Седов В.А., Седова Н.А. Интеллектуальная система управления движением робота, движущегося по линии // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. (ITRT-2013): сб. ст. III международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – с. 276-281.
2. Седов В.А., Седова Н.А. Тестирование интеллектуальной системы управления роботом // Информационные технологии XXI века: материалы международной научной конференции, Хабаровск, 20-24 мая 2013 – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – с. 461-465.
3. Pololu 3pi Robot [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pololu.com/product/975>
4. Pololu AVR C/C++ Library User's Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pololu.com/docs/0J20>

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДРОБНОЙ ОБОБЩЕННОЙ ЭКСПОНЕНТЫ, ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХИ НАБЛЮДЕНИЯ

**Иванов Д. В.,**

Самарский государственный университет путей сообщения,  
dvi85@list.ru

**Аннотация.** В статье предложен метод идентификации параметров обобщенной дробной экспоненты, являющейся решением линейного дифференциального уравнения.

Результаты моделирования подтвердили высокую эффективность предложенного алгоритма.

**Ключевые слова:** производная дробного порядка, метод наименьших квадратов, помеха наблюдения.

## IDENTIFICATION FRACTIONAL GENERALIZATION EXPONENT, THE PRESENCE OF NOISE OBSERVATIONS

**Ivanov D. V.,**

Samara State University of Transport

**Abstract.** The authors propose a method to identify the parameters of the generalized fractional exponent, which is the solution of a linear differential equation of fractional order.

Simulation results confirm the high efficiency of the proposed algorithm.

**Keywords:** Fractional Derivative, least squares method, the interference observation.

### Введение

**Д**робный математический анализ имеет давнюю историю. Впервые мысль о возможности существования производной нецелого порядка была высказана Лопиталем в письме Лейбницу в 1695. В дальнейшем исследованиями в области дробного математического анализа занимались многие математики, в том числе, Лагранж, Эйлер, Лиувилль, Риман, Адамар, Харди, Соболев. Однако применение аппарата дробного математического анализа для приложений началось только во второй половине XX века. На сегодняшний день существует большое число примеров применения аппарата дробного дифференцирования в физике, теории управления и других инженерных приложениях [1,2,3,4,5].

Еще более обширному применению моделей, описываемых дифференциальными уравнениями дробного порядка, мешает отсутствие простой геометрической и физической интерпретаций, существующей у интегралов и производных целых порядков. Подлюбный [6] отмечал, что проблеме интер-

претации дробных интегралов и производных уже 300 лет и она до сих пор окончательно не решена.

В современной науке популярны, так называемые марковские модели процессов, в которых состояние процесса в будущем зависит только от состояния в текущий момент времени. Данное допущение, существенно упрощает анализ, однако, очевидно, что не все реальные процессы являются марковскими или могут быть к ним сведены.

Наличие в уравнениях дробной производной современными исследователями интерпретируется как отражение особого свойства процесса – памяти или немарковости (*эредитарности*) [1]. Следует отметить, что одной из причин по которым процесс становится эредитарным является наличие переменных неучтенных в модели.

В настоящее время активно развиваются методы идентификации динамических систем с уравнениями и разностями дробного порядка. В статьях рассматривается идентификация непрерывных систем [7,8] при отсутствии помех, в[9-13].

1. Интегралы и производные дробного порядка

Производная дробного порядка вводится через определение дробного интеграла. Известно, что  $n$ -кратный интеграл можно представить в виде:

$$\int_a^t dt \int_a^t dt \dots \int_a^t \phi(t) dt = \frac{1}{(n-1)!} \int_a^t (t-x)^{n-1} \phi(x) dx,$$

заменяя  $(n-1)!$  гамма-функцией

$\Gamma(n) = \int_0^\infty e^{-t} t^{n-1} dt$ , можно придать смысл формуле для  $n$  нецелого порядка. Интегрирование нецелого порядка  $\alpha > 0$  определяется по формуле [10]:

$$I^\alpha \phi(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^t \phi(x) dx (t-x)^{\alpha-1}, \quad (1)$$

где  $I^\alpha$  – оператор дробного интегрирования;

Операцию дробного дифференцирования определяют как операцию обратную дробному интегрированию:

$$D^\alpha \phi(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dt} \int_a^t \phi(x) dx (x-t)^{\alpha-1}, \quad (2)$$

где  $D^\alpha$  – оператор дробного дифференцирования,  $0 < \alpha < 1$ .

Дробную производную (2) принято называть производной Римана-Лиувилля. Следует отметить, что существуют и другие определения дробной производной: производная Капуто, производная Грюнфельда-Летникова, производная Маршо и т.д.

## 2. Дифференциальные уравнения с дробными производными

Экспонента входит в состав значительного числа математических моделей.

Данную модель можно интерпретировать как решение обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка:

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = \gamma \phi(t) \Rightarrow \phi(t) = A \exp(\gamma \cdot t) \quad (3)$$

Обобщение дифференциального уравнения (3) на случай производной дробного порядка будет иметь вид:

$$D^\alpha \phi(t) = \gamma \phi(t), \quad (4)$$

решение уравнения (4) имеет вид [10]:

$$\phi(t) = A \cdot t^{\alpha-1} \cdot E_{\alpha,\alpha}(\gamma t^\alpha), \quad (5)$$

где  $E_{\alpha,\beta}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^k}{\Gamma(\alpha \cdot t + \beta)}$  – двухпараметрическая

функция Миттаг-Леффлера.

Решение уравнения (4) можно записать через обобщенную дробную экспоненту:

$$\text{Exp}(\alpha, \lambda, t) = t^{\alpha-1} \cdot E_{\alpha,\alpha}(\gamma t^\alpha).$$

В преобразованиях Лапласа дробная обобщенная экспонента имеет очень простую форму записи [4,16]:

$$\Phi(s) = L[A \cdot t^{\alpha-1} \cdot E_{\alpha,\alpha}(\gamma t^\alpha)] = \frac{A}{s^\alpha - \gamma}. \quad (6)$$

## 3. Идентификация обобщенной дробной экспоненты

Идентификация параметров экспоненты  $A, \gamma$ . При наличии помех является сложной задачей в силу нелинейности по параметру  $\gamma$ .

В [15] предложен метод на основе Z-преобразования, позволяющий свести задачу оценивания параметров экспоненты к оцениванию параметров авторегрессии.

Представляет интерес обобщить, полученные в [15] для экспоненты результаты на случай идентификации параметров  $A, \gamma$  обобщенной дробной экспоненты.

Пусть имеются зашумленные наблюдения

$$y_i = A \cdot (\Delta \cdot i)^{\alpha-1} \cdot E_{\alpha,\alpha}(\gamma \cdot (\Delta \cdot i)^\alpha) + \xi_i, \quad (7)$$



где  $\Delta$  – интервал дискретизации,  $i = \{0, 1, 2, \dots, N\}$ ,  $\xi_i$  – стационарная в узком смысле последовательность независимых случайных величин с  $E\{\xi_i\} = 0$ ,  $E\{(\xi_i)^2\} = \sigma_\xi^2 > 0$ , и для некоторой постоянной  $\pi_\xi$ :  $|\xi_i| < \pi_\xi$  п.н., где  $E$  – оператор математического ожидания.

Z-преобразования от обобщенной дробной экспоненты не существует, но используя изображение по Лапласу (6), можно определить приближенные параметры авторегрессии. В [17] предложено использовать для аппроксимации дробного интегратора двухпараметрическую дискретную передаточную функцию, называемую T-интегратором:

$$\frac{1}{s} = \frac{\lambda\Delta(\beta + (1-\beta)z^{-1})}{1-z^{-1}}, \quad (8)$$

где  $\lambda, \beta$  – настраиваемые параметры.

Из (8) при  $\lambda = 1, \beta = \{1, 1/2\}$  получаются общеизвестные правила дискретизации непрерывных передаточных функций: правило Эйлера (метод прямоугольников), правило Тастина (билинейное преобразование). Сделаем замену переменной:

$$s^\alpha = \left( \frac{1}{\lambda\Delta} \frac{1-z^{-1}}{\beta + (1-\beta)z^{-1}} \right)^\alpha,$$

Используя разложение в ряд тейлора получим:

$$\begin{aligned} H^\alpha(z^{-1}) &= \left( \frac{1}{\lambda\Delta} \frac{1-z^{-1}}{\beta + (1-\beta)z^{-1}} \right)^\alpha = \\ &= \left( \frac{1}{\lambda\Delta} \right)^\alpha \sum_{k=0}^{\infty} \left( \sum_{j=0}^k \beta^{(\alpha+k-j)} (1-\beta)^{k-j} \binom{j-\alpha-1}{j} \binom{-\alpha}{k-j} \right) z^{-k} = \\ &= \left( \frac{1}{\lambda\Delta} \right)^\alpha (h_0 + h_1 z^{-1} + \dots + h_n z^{-n}) = \left( \frac{1}{\lambda\Delta} \right)^\alpha \sum_{k=0}^{\infty} h_k z^{-k}, \quad (9) \end{aligned}$$

где  $\binom{j-\alpha-1}{j}$  и  $\binom{-\alpha}{k-j}$  – обобщенные биноми-

альные коэффициенты:

$$\binom{j-\alpha-1}{j} = \frac{\Gamma(j-\alpha)}{\Gamma(j+1)\Gamma(-\alpha)},$$

$$\binom{j-\alpha-1}{k-j} = \frac{\Gamma(1-\alpha)}{\Gamma(k-j+1)\Gamma(j-k-\alpha+1)},$$

подставляя (9) в (6) и принимая  $\lambda = 1$ , получим, что дискретная передаточная функция имеет вид:

$$\Phi'(z^{-1}) = \frac{A \cdot \Delta^\alpha / (h_0 - \gamma \cdot \Delta^\alpha)}{1 + \frac{1}{h_0 - \gamma \cdot \Delta^\alpha} \sum_{k=1}^{\infty} h_k z^{-k}}, \quad (10)$$

С учетом свойства смещения Z – преобразования, вернувшись в область оригиналов, представление будет иметь авторегрессию значений тренда:

$$x_i = \frac{1}{\gamma \cdot \Delta^\alpha - h_0} \sum_{k=1}^{\infty} h_k x_{i-k} + \frac{A \cdot \Delta^\alpha}{h_0 - \gamma \cdot \Delta^\alpha} \delta_i, \quad (11)$$

$$y_i = x_i + \xi_i,$$

где  $y_i = 0$  при  $i = 0$  и  $k < 0$ ,  $\delta_i = \begin{cases} 1, & i = 0 \\ 0, & i \neq 0 \end{cases}$  – дискретный аналог дельта - функции.

Данная авторегрессия имеет бесконечное число коэффициентов, однако выборка, по которой определяется  $\lambda$  всегда конечна, кроме того коэффициенты  $h(k)$  быстро убывают поэтому бесконечную сумму в (11) можно заменить конечной:

$$x_i = \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k x_{i-k} + \frac{A \cdot \Delta^\alpha}{h_0 - \gamma \cdot \Delta^\alpha} \delta_i, \quad (12)$$

$$y_i = x_i + \xi_i,$$

где  $\tilde{h}_k = h_k / (\gamma \cdot \Delta^\alpha - h_0)$ ,  $k = \overline{1, n}$ .

Так как при наличии помехи наблюдения метод наименьших квадратов (МНК) дает несостоятельные оценки параметров, воспользуемся обобщением МНК – полным методом наименьших квадратов [18]. Найдем для  $i \geq 2$  обобщенную ошибку:

$$\varepsilon_i = y_i - \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k y_{i-k} = \xi_i - \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k \xi_{i-k},$$

$$\hat{A} = \arg \min_A \sum_{i=1}^N \left( y_i - A \cdot (\Delta \cdot i)^{\alpha-1} \cdot E_{\alpha, \alpha} \left( \hat{\gamma} \cdot (\Delta \cdot i)^\alpha \right) \right)^2, \quad (14)$$

тогда дисперсия обобщенной ошибки:

$$\begin{aligned} E \{ \varepsilon_i^2 \} &= E \left( y_i - \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k y_{i-k} \right)^2 = \\ &= \sigma_\xi^2 \left( 1 + \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k^2 \right) = \sigma_\xi^2 \left( \omega(\tilde{h}_1, \dots, \tilde{h}_n) \right). \end{aligned}$$

определим оценку  $\hat{h}_1, \dots, \hat{h}_n$  неизвестных параметров  $\tilde{h}_1, \dots, \tilde{h}_n$  из условия минимума суммы взвешенных квадратов обобщенных ошибок  $\{ \varepsilon_i^2 \}$  с весом  $\omega(\tilde{h}_1, \dots, \tilde{h}_n)$ , т.е.

$$\begin{pmatrix} \hat{h}_1 \\ \vdots \\ \hat{h}_n \end{pmatrix} = \arg \min_{\tilde{h}_1, \dots, \tilde{h}_n} \sum_{i=1}^N \frac{\left( y_i - \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k y_{i-k} \right)^2}{1 + \sum_{k=1}^n \tilde{h}_k^2}. \quad (13)$$

Оценку параметра  $\hat{\gamma}$  определит соотношение:

$$\hat{\gamma} = \frac{h_1 + \tilde{h}_1 h_0}{\tilde{h}_1 \Delta^\alpha}.$$

Параметр  $A$  входят в модель (5) линейно и может быть оценен с помощью МНК

#### 4. Результаты моделирования

Предложенный подход был реализован для в Matlab. Рассмотрим в качестве примера рассмотрим идентификацию функции:

$$y_i = 5 \cdot (0.1 \cdot i)^{0.35-1} \cdot E_{0.35, 0.35} \left( -0.9 \cdot (0.1 \cdot i)^{0.35} \right) + \xi_i, \quad (15)$$

число наблюдений равно  $N = 20$ . В качестве показателей качества модели использовались коэффициент детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{z}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - E[y_i])^2},$$

и MAPE-ошибка прогноза на 2 шага вперед

$$M = \frac{1}{2} \sum_{i=N+1}^{N+2} \left| \frac{z_i - \hat{z}_i}{z_i} \right| \cdot 100\%,$$

кроме того проводилась идентификация, имеющих наблюдений экспоненциальным трендом (3). На рисунке 1 представлены: истинная модель (15), модель с оцененными параметрами и аппроксимация экспонентой.

В таблице 1 приведены результаты моделирования:

Таблица 1

$\gamma$	$\sigma_\xi^2 / \sigma_\xi^2$	$R^2$ для обобщенной экспоненты	$R^2$ для экспоненты	$M$ , % для обобщенной экспоненты	$M$ , % для экспоненты
-0,9	0	0.9996	0.8836	5.15	99.73
	0.1	0.9207	0.8120	8.76	99.91
	0.2	0.8086	0.6507	11.51	99.91
	0.3	0.7943	0.7524	25.77	99.98

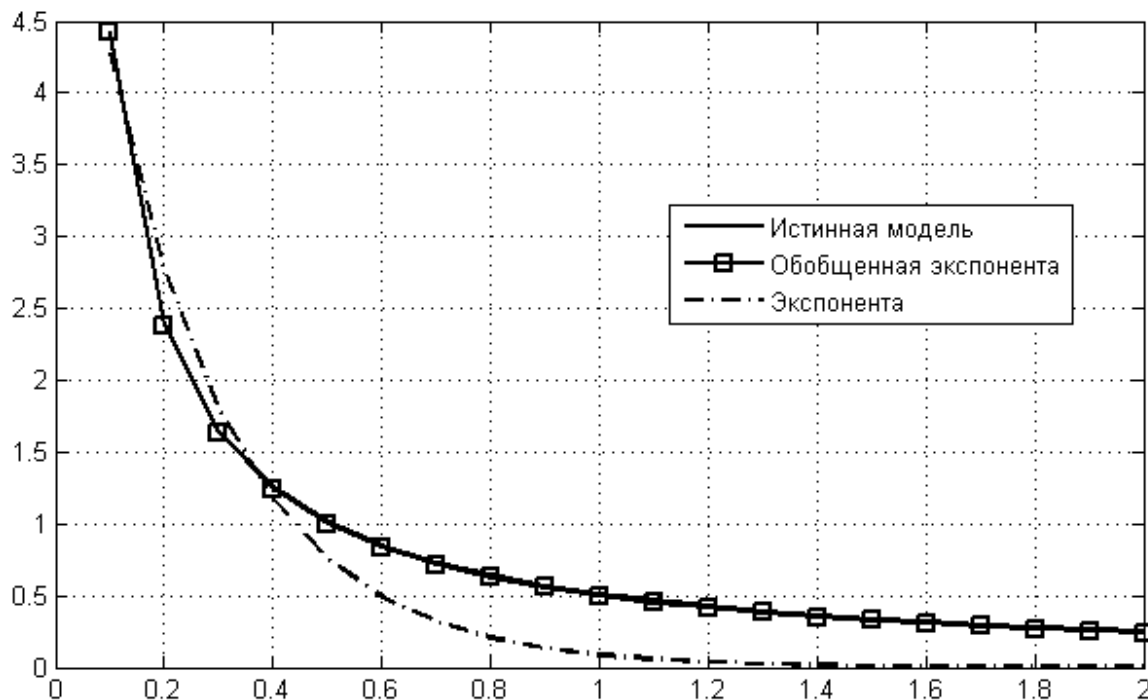


Рис. 1. График истинной модели и ее аппроксимаций.

### Заключение

В работе предложен алгоритм идентификации обобщенной дробной экспоненты, являющейся решением простейшего дифференциального урав-

нения дробного порядка. Предложенный в статье подход может быть обобщен на случай идентификации решения более сложных уравнений дробного порядка.

### Список литературы

1. Учайкин В.В. Метод дробных производных – Ульяновск: Издательство «Артишок», 2008. – 512с.
2. Нахушев А.М. Дробное исчисление и его применение. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 272с.
3. В.В.Васильев, Симак Л.А. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем. Научное издание — Киев, НАН Украины, 2008. — 256 с.
4. Das S. Functional Fractional Calculus for System Identification and Controls. Springer, 2008, 250p.
5. Advances in Fractional Calculus Theoretical Developments and Applications in Physics and Engineering /Sabatier, J., Agrawal, O. P., Tenreiro Machado, J. A. (Eds.). Springer, 2007, 552 p.
6. Podlubny I. Geometric and physical interpretation fractional integration and fractional differentiation // Fract. Calc. Appl. Anal. 5, 2002, pp. 367-382.
7. Бойков И.В., Кривулин Н.П. Параметрическая идентификация систем, математические модели которых описываются дифференциальными уравнениями с производными дробных порядков// Метрология. 2013. №9. С. 3-16.

8. Бойков И.В., Кривулин Н.П. Параметрическая идентификация эрдитарных систем с распределенными параметрами // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2013. №2 (26). С. 120-129.
9. Иванов Д.В. Идентификация линейных динамических систем нецелого порядка с помехой в выходном сигнале // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. №5-2. С. 2534-2536.
10. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация многомерных по входу линейных динамических систем дробного порядка с помехой в выходном сигнале // Вестник Самарского института управления, №4 (27) С.144-151.
11. Иванов Д.В. О состоятельности оценок параметров ARX-систем дробного порядка с помехой в выходном сигнале // Стохастическая оптимизация в информатике. – Том 1, №2, 2013. – С.21-32.
12. Иванов Д.В. Численный алгоритм оценивания параметров линейных динамических систем дробного порядка с помехой в выходном сигнале. // Эвристические алгоритмы и распределенные вычисления. 2014. Т. 1. №1. С. 53-63.
13. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. - №2(27), 2014. С.43-50.
14. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987. – 688 с.
15. Семенычев В.К. Идентификация экономической динамики на основе моделей авторегрессии. – Самара: АНО «Изд-во СНЦ РАН», - 2004. – 243 с.
16. Авсиевич А. В. Решение одного вида однородного дифференциального уравнения дробного порядка на основе преобразования Лапласа // Вестник СамГАПС: Науч. -техн. журнал. - 2006. - N 5(9). - с. 46-53.
17. R.S. Barbosa R.S., J.A.T. Machado J.A.T., M.F. Silva M.F. Time domain design of fractional differintegrators using least-squares // Signal Processing, 2006, pp.2567-2581.
18. Жданов А.И., Кацюба О.А. Идентификация методом наименьших квадратов уравнений авторегрессии с аддитивными ошибками измерений. // Автоматика и телемеханика - 1982. - №2 – с.29-32.

## МЕТАМОРФОЗЫ ВИЗАНТИЙСКОЙ ПАРАДИГМЫ: ВИЗАНТИЙСКИЙ СТИЛЬ В АРХИТЕКТУРЕ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ КОНЦА XIX - ПЕРВОЙ ТРЕТИ XX ВЕКА

**Кишкинова Е. М.,**

Кандидат искусствоведения, профессор,  
кафедра «Архитектурной реставрации, реконструкции и истории архитектуры»,  
Институт градостроительства и архитектуры  
Ростовского государственного строительного университета,  
KEM0022@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу изменений в характере адаптации византийского наследия в западноевропейской архитектуре на протяжении конца XIX - первой трети XX века. На примере как широко известных, так и сравнительно мало исследованных памятников сделана попытка воссоздать целостную картину «византийского стиля» в архитектуре Англии, Франции, Бельгии и Голландии этого периода. Показана историческая динамика изменений методов и приемов освоения византийского наследия в отношении планировочных, конструктивных решений, композиций, фасадного декора и убранства интерьеров. Византийский рассмотрен не только как один из «неостилей» архитектуры историзма, но и как целостное интерстилевое явление, образно-символическая сторона которого на протяжении времени сохраняет определенную константность, в то время как сторона формально-композиционная демонстрирует гибкую вариативность, подчиняясь принципам и приемам формообразования тех стилей и направлений, в рамках которых в тот или иной период происходит обращение к византийскому наследию.

**Ключевые слова.** Византийский стиль, западноевропейская архитектура, историзм, модерн, функционализм, традиционализм, арт деко.

## METAMORPHOSIS BYZANTINE PARADIGM: BYZANTINE STYLE IN ARCHITECTURE WESTERN EUROPE LATE XIX – EARLY XX CENTURY

**Kishkinova E.,**

Ph.D., Professor,  
Department of «Architectural restoration Reconstruction and the history of architecture»,  
Institute of Urban Development and Architecture of the Rostov State University of Civil Engineering,

**Abstract.** This article analyzes the changes in the nature of the adaptation of the Byzantine heritage in Western architecture during the late XIX - early XX century. On an example of how well-known and relatively little studied monuments attempt to recreate a complete picture of the “Byzantine style” in architecture in England, France, Belgium and the Netherlands this period. Showing the historical dynamics of changes in methods and techniques for the development of the Byzantine heritage in relation to planning, design solutions, compositions, facade decoration and interior decoration. Byzantine considered not only as one of the “neostyle” historicist architecture, but also as an integral interstyle phenomenon figurative and symbolic side of which over time retains a certain constancy, while the side of formal compositional variability demonstrates a flexible, subject to the principles and techniques of shaping those styles, in which at any given time is referenced to the Byzantine heritage.

**Keywords:** Byzantine style, Western European architecture, historicism, modernism, functionalism, traditionalism, art deco.

**В**изантийский стиль – один из «сквозных» «неостилей», существование которых хронологически не исчерпывается периодом эклектики и модерна, а влияние затрагивает не только формальную, но и – в большой степени - содержательную сторону архитектуры, отражая довольно

широкий спектр культурно-идеологических запросов. Разумеется, длительностью бытования и востребованностью византийский стиль обязан неисчерпаемому потенциалу собственно византийского наследия - столь же значимой для европейской цивилизации культурной парадигмы, как и Античность.

Продолжительность истории византизма, как «малого стиля», в свою очередь, служит обогащению его формального языка, ибо на поздних этапах (включая период постмодернизма) в процесс архитектурной практики в качестве источников вдохновения и узнаваемых образцов вовлекаются не только средневековые прототипы, но и наработки XIX - начала XX столетий. В данном контексте представляет интерес анализ исторической динамики изменений в характере адаптации византийского наследия в западноевропейской архитектуре на протяжении конца XIX - первой трети XX века.

Памятники византийского стиля достаточно глубоко исследованы на материале XIX – начала XX веков, главным образом на территории России и других православных стран [1,2,3,4,5,6,8], однако византийскому стилю в западноевропейской архитектуре уделено значительно меньшее внимание отечественных исследователей [3,7]. Что касается зарубежных публикаций, посвященных этой проблеме, в первую очередь следует назвать монографию Дж.Бэллена «Новое открытие Византии» и статью этого же автора «Византия и модернизм» [9,10], и исследования, посвященные творчеству Х.Хансена – датского архитектора, наряду со своим братом Т.Хансеном способствовавшего становлению византийского стиля в западноевропейской архитектуре [11,12].

Византийское наследие, сыгравшее важную роль в формировании средневековой культуры Западной Европы, предопределившее достижения каролингского и оттоновского периодов, оказавшее существенное воздействие на романское, готическое, а затем и проторенессансное искусство, в период Просвещения было подвергнуто остракизму, как и Средневековье в целом. Начало «реабилитации» византийской архитектуры и искусства в западноевропейском искусствоведении – заслуга романтиков. Доказывая ценность культуры собственного прошлого, возрождая интерес к готике и романике, исследователи закономерно обратили внимание и на византийскую составляющую европейского Средневековья. Хронологически «византийское возрождение» несколько запаздывает по сравнению с «готическим возрождением», истоки

его в архитектурной практике приходится на 1830-е годы. Огромную роль в процессе переосмысления художественного значения византийского наследия и его популяризации сыграли литературные произведения – «Константинополь» Т. Готье (1852) и особенно трехтомник «Камни Венеции» Дж.Рескина (1851-1853), в последнем отдельная глава посвящена византийскому периоду истории Венеции, о котором автор говорит с нескрываемым восхищением.

Обращение к византийской архитектуре при проектировании храмов было связано с характерным для романтизма, обосновавшего ценность каждого отрезка исторического времени и вклада каждого народа в мировую культуру, процессом расширения круга источников, вовлекаемых в сферу практических интересов зодчих. Наряду со стилями западного Средневековья, архитектурой Дальнего Востока и исламского мира, традициями народного зодчества архитекторов периодов романтизма привлекают византийские памятники – прежде всего своей монументальностью, сложностью внутреннего пространства, полнотой раскрытия религиозной идеи архитектурной формой, даже некоторой экзотичностью. При этом предпочтение отдается стилям ранним, не достигшим еще своего взлета, и, следовательно, дающим особый простор для творческих интерпретаций. Кроме того, в религиозной философии наблюдается интерес к раннему этапу христианства, а византийская архитектура справедливо воспринимается как его материальное выражение.

Прежде чем перейти к рассмотрению особенностей византийского стиля конца 1890-х-1930-х годов, представляется целесообразным кратко охарактеризовать памятники предшествующего периода.

К числу наиболее ранних построек в византийском стиле на территории Западной Европы следует отнести ряд церквей Мюнхена, построенных по заказу Людвиг I Баварского, ревностного католика и искреннего почитателя византийского наследия: дворцовую церковь Всех Святых (1826-1837, Л. фон Кленце) и храм монастыря св. Бонифация (1835-1850, Г.Ф. Цибланд). Сходные процессы имели место и в протестантской Пруссии под эгидой

Фридриха Вильгельма IV, на основе собственноручного эскиза которого Ф.Л. Персиус разработал проект Церкви Христа Спасителя в Потсдаме (1841-1844). Фриденскирхе (Церковь Мира, 1845-1848) в Потсдаме также была построена Л. Персиусом по инициативе и при непосредственном участии короля. В итальянском Триесте в 1861-1869 гг. по заказу местной сербской общины был возведен храм св. Спиридона (К. Мачиакини). На этом этапе преобладали базилики без куполов, элементы византийской архитектуры использовались наряду с заимствованиями из раннехристианского зодчества, фасады получали сдержанный декор, а в интерьерах преобладали подражания мозаикам Равенны.

Во второй половине XIX в. византийское наследие по-прежнему привлекало внимание архитекторов. Во-первых, этому способствовало стремление к дальнейшему расширению круга источников идей для практического проектирования. Во-вторых, архитектурная теория середины XIX в. во главу угла ставила идею рационализма, а византийское зодчество, с точки зрения архитекторов того времени, признавалось сугубо целесообразным, рациональным, нашедшим адекватную конструктивную и образную форму для христианского храма. Между этапами романтизма и историзма (в узком смысле этого термина) не всегда можно провести четкую границу, так как многие архитекторы, начав творческий путь как романтики, со временем переходили в русло эклектики, а постройки, запроектированные и начатые строительством в период романтизма, завершались с изменениями гораздо позднее. В этот период происходит смена прототипов: раннехристианские памятники уже почти не используются как источник архитектурных форм, а византийское наследие интерпретируется через призму романики, готики и Ренессанса. Почти обязательным элементом становятся купола. Планировочные решения усложняются, преобладают купольные базилики, используются планы свободного креста и тетраконхи, значительно увеличивается количество декоративных элементов. Таковы во Франции марсельские соборы Нотр-Дам де ла Гард (1853 – 1864, освящен в 1893 году; А.-

Ж. Эсперандье и А.Ревуаль) и Нувель-Мажор (1845-1893, Л. Водуайе, А.-Ж. Эсперандье), парижский Сакре-Кер (1876-1919, П.Абади), в Англии - церковь св. Варнавы в Оксфорде (1869-1872, А. Бломфильд), в Австрии – построенные по проектам Т. Фон Ханзена венские церкви Троицы (1856-1858) и Христа в Матцлендорфе (1858-1860), в Испании - мавзолей герцогов де Севильяно в Гвадалахаре (1887-1916, Р.В. Боско), и др. На этом этапе византийский стиль активно использовался при проектировании не только храмовых, но и светских построек. Так, интерьер в византийском стиле включает замок Людвиг II Баварского Нойшванштайн (1869-1886, Э. Ридель и Г. фон Дольман). Византийский стиль проявился также в архитектуре промышленных сооружений. Это объяснялось, прежде всего, возможностями строительного материала – кирпича, долговечного, сравнительно дешевого и не требующего штукатурки. Варьируя кирпичную кладку, можно было легко добиваться эффекта византийской «полосатости», передавать элементы романского стиля или Ренессанса. Именно эти направления и становятся господствующими в промышленной архитектуре эклектики. Примерами такого решения могут служить газгольдеры в Вене (1896-1899, Шимминг) и многочисленные памятники «бристольского византизма»: здание зернохранилища (1869, А.Понтон и У.Венн Гоф), вагоностроительного завода (1862, Э.Годвин), здания складов Гарденера (1865, У.Джингель), складов Робинсона (1874, этот же автор) и складов древесины (1865-1867, Дж.Фостер и 1865, У.Джингель). В конце XIX в. византийские элементы используются и при проектировании выставочных зданий, пример - парижский дворец Трокадеро (1878, Г.Давиу).

Переходя к анализу особенностей византийского стиля исследуемого периода, следует отметить, что в период модерна византийское наследие продолжало оставаться востребованным в архитектурной практике. Теперь оно привлекало внимание зодчих прежде всего единством конструкции, функции и художественного образа, а также синтезом искусств, то есть всем тем, к чему на новом уровне стремился и стиль модерн.

Наиболее значительной постройкой, выполненной в византийском стиле в Западной Европе, несомненно, является Вестминстерский собор Крови Христа в Лондоне, возведенный в 1895-1903 гг. и освященный в 1910. Автор проекта храма - Джон Френсис Бентли (1839-1902), один из сторонников так называемого «Византийского Возрождения» в Англии - совершил поездку в Италию с целью изучения памятников Равенны (в первую очередь Сан Витале) и Венеции (Сан Марко). Архитектор собирался посетить и Стамбул, однако эпидемия холеры помешала осуществлению этого плана; тем не менее, София Константинопольская – один из важнейших источников вдохновения при проектировании храма. Интересно, что проект Г.Клаттона, выполненный в духе неоготики, был отклонен. Выбор не готического, а византийского стиля для крупнейшего в протестантской Англии католического собора должен был подчеркнуть родство католицизма с истоками христианской религии. Главный католический храм Англии и Уэльса занимает более пяти тысяч кв. метров, внутренняя высота главного купола – более 33 м, высота колокольни – 86,6 м. Купола выполнены из бетона, стены и мощные контрфорсы – из красного кирпича, светлые прослойки – из порландского камня. Храм представляет собой пятинефную базилику с широким центральным нефом, узкими внутренними, перекрытыми крестовыми сводами, и более широкими наружными нефами, включающими капеллы. Одна из них, на северо-западе, расположена под колокольной. Главный неф перекрыт четырьмя куполами без барабанов, диаметром 18,3 м, разделенными подпружными арками. Средокрестье не выражено во внешний объем, но выделено во внутреннем пространстве конхами. Апсиду окружает деамбулаторий и пять капелл, капеллы, перекрытые куполами, находятся и в западной части здания. Две лестничные башни западного фасада воспринимаются как контрфорсы. Доминантой в силуэте служит призматическая колокольня, напоминающая итальянские campanili. Купола контрастируют с ней своей статичной уравновешенностью. Динамика западно-восточного развития интерьера гасится гармоничным покоем их

сводов. На западном фасаде привлекают внимание термальное окно, арочная лоджия и, в первую очередь, тимпан портала. Здесь размещена мозаика «Христос во славе», выполненная А.Беллом по замыслу Бентли. Портал перспективный, его обрамляют мраморные колонны из мрамора, добытого именно из тех каменоломен, которые в VI веке поставляли материал для храма константинопольской Софии. Нартекс храма, представленный ячейками, перекрытыми крестовыми сводами, полукупола, окружающие низкий центральный купол, западный фасад с контрфорсами также перекликаются с Софией Константинопольской. Однако смелость интерпретации узнаваемых форм, обилие контрастов, намеренная усложненность объемов, динамика взлета колокольни придают образу храма новизну и заостренную выразительность.

Почти одновременно с Вестминстерским собором в Лондоне была построена протестантская церковь Христа на Брикстон-роуд (1898-1902). Автор ее проекта – Артур Беренсфорд Пит (1861-1934). Храм представляет собой крестообразное в плане здание с широким нефом и трансептом, на пересечении которых размещен полусферический купол, приподнятый на восьмигранном барабане, прорезанном «термальными» окнами.

Рукава трансепта завершают щипцы и дополняют граненые выступы. Апсиду окружает деамбулаторий. Интерьер храма скромный, в соответствии с требованиями протестантизма. Главный фасад, украшенный арочной лоджией с колоннами, имеющими византийские по рисунку капители, фланкируют две квадратные в плане невысокие башни под сомкнутыми сводами. В центре же фасада возвышается восьмигранная башня колокольни, доминирующая в силуэте здания. Западный фасад дополняет характерная византийская «полосатость», достигнутая сочетанием кирпича разных цветов и обогащенная мрамором колонн. Боковые фасады сочетают кирпичную кладку и оштукатуренные участки. Контраст этой отделки, лаконизм фасадного декора, как и разнообразные оконные проемы – арочные, сдвоенные арочные, небольшие прямоугольные,





*Рисунок 1. А.Пит. Церковь Христа на Брикстон-роуд в Лондоне. 1898-1902.*

широкие термальные – позволяют отнести данную церковь, как и Вестминстерский собор, к периоду модерна.

На территории Франции крупнейшим памятником византизма периода модерна можно назвать церковь св. Клотильды в Реймсе, построенную в 1896-1906 гг. по проекту Альфонса Госсе (1835-1914). В данном случае обращение к византийскому наследию продиктовано событием, в честь которого воздвигнут

храм. Церковь задумана как памятник 1400-летию принятия христианства королем франков Хлодвигом под влиянием его супруги Клотильды, впоследствии канонизированной. Композиция храма решена в виде укороченной трехнефной купольной базилики. Восточная часть здания представляет собой триконх, к которому примыкает апсида, дополненная деамбулаторием. Купол с выраженными ребрами приподнят на барабан, завершенный аркатурой.



*Рисунок 2. А.Госсе. Церковь св. Клотильды в Реймсе. 1835-1914*

Характерно, что бетонный купол, внешне достаточно высокий, в интерьере решен пониженным, близким Софии Константинопольской. Западный фасад фланкируют две невысокие башни, над тремя простыми арочными порталами размещен витраж с изображением креста на фоне круга, напоминающего окно-розу. Башни, как и купол, завершены миниатюрными фонариками. Фасады здания, полуциркульные выступы и барабан прорезаны многочисленными узкими арочными окнами, заполненными витражами. Столь же узкие простенки между ними усиливают впечатление готической «колючести» храма, вполне органично увязанной с его византийской композицией. Убедительность сопоставления восточной и западной традиций вызывает в памяти памятник другого времени и другой страны – Чесменскую церковь в Петербурге работы Ю.Фельтена. Обращение к национальному архитектурному стилю – готике – объясняется, в частности, историко-культурным контекстом Реймса, города, в котором находится один из крупнейших французских готических соборов. Отличительной особенностью рассматриваемой церкви является сдержанность ее фасадного декора. Скульптура здесь отсутствует. Простенки оштукатурены, почти неприметная имитация швов квадров между окнами и хаотичной каменной кладки в цокольной части не нарушают лаконизма фасадов. Столь же просты по рисунку геометризованные линии витража главного фасада портала, стилистически связанные не только с модерном, но и предвосхищающие ар-деко.

При проектировании греческой церкви св. Стефана (Сент Этьен) в Париже Жозеф Огюст Эмиль Водреме (1829-1814), неоднократно строивший храмы, используя мотивы готики, романики и Ренессанса, в данном случае, вероятно, не без влияния заказчиков, отдал предпочтение приемам византийской архитектуры без примеси элементов западного Средневековья. Церковь построена в 1895 году. Это находящийся в плотной уличной застройке крестовокупольный храм, характерный для греческой традиции. Рукава креста значительно повышены относительно угловых компартиментов. Широкий

пологий купол размещен на невысоком барабане, завершенном аркатурой. На главном фасаде ядром композиции служит рукав креста, выявленный шипцом, украшенным аркадой, и акцентированный во втором ярусе тщательно прорисованным трифорием, объединенным аркой, люнет которой покрыт рельефным орнаментом по мраморной плите. Цветовое решение фасада, прорезанного арочными окнами, – охристый песчаник и почти белый облицовочный кирпич – напоминают о колорите мрамора, излюбленного строительного материала греков. В интерьере присутствуют хоры, отделенные от подкупольного квадрата аркадой. В конхе апсиды представлено поясное изображение Пантократора, напоминающее византийскую мозаику собора в Чефалу на Сицилии, XII в. Контраст лишенной декора стены и орнаментальной вставки, применение облицовочного кирпича в этом памятнике характерны для модерна.

В близком ключе свободной интерпретации византийских мотивов решена и греческая церковь Успения Богородицы в Марселе, построенная в 1897-1898 гг. по проекту Годензи Аллара (1841-1904), архитектора, интересовавшегося византийским и мавританским зодчеством и исследовавшим памятники Стамбула. Главный фасад этого базиликального здания, тоже светлый, уподобленный мрамору, полосатый благодаря цветной – сероватой и охристой – штукатурке, завершен пологим фронтоном, фланкированным двумя восьмигранными башнями-звонницами над западными ячейками боковых нефов. В тимпане фронтона врезана аркада из пяти проемов, разделенных колонками и объединенных шипцом, причем мраморное поле под ним богато орнаментировано. Арочные окна заполнены витражами. В интерьере главного нефа привлекает внимание световой фонарь, напоминающий античный гипефр.

В рассматриваемый период, в отличие от предыдущего, византийские мотивы в западноевропейской архитектуре почти не использовались для светских зданий. Вероятно, в этом проявлялось влияние рационализма стиля модерн: византийское наследие ассоциировалось с высоким духовным подъемом и сакральным пространством. Едва ли не единственным

исключением, подтверждающим правило, может служить проект Дома Бетховена для голландского города Блюмендаль, разработанный Хендриком Петрюсом Берлаге (1856-1934), работавшим, как известно, в рамках национально-романтического модерна и рационализма. Восхищение творчеством Л. ван Бетховена в начале XX в. было столь велико, что возникла мысль построить концертный зал исключительно для исполнения произведений этого композитора, ибо ни один из существующих залов не мог обеспечить ни должной акустики, ни должной гармонии архитектурных форм и музыки. Архитектура здания должна была стать монументальной, чистой по форме и сдержанной по декору. Внутреннее пространство было призвано не подавлять слушателя, но возвышать его, подобно средневековым храмам. Дом Бетховена должен был разместиться среди песчаных дюн загородной местности Кеннемердюн, спокойный ландшафт которой создавал бы необходимое настроение. Опубликованный Берлаге в 1908 г. проект вызвал критику из-за неудачного размещения лестниц. Вместе с тем нельзя не отметить удачный образный ход архитектора. Дом Бетховена был задуман как крестообразное здание типа базилики с трансептом, с широкими центральными и очень узкими боковыми нефами. Над средокрестьем должна была возвышаться квадратная

в плане башня, увенчанная пологим куполом. Здание, строгое и торжественное, уподобленное византийскому храму, призвано было символизировать единение архитектуры, природы и музыки в духе идеального синтеза, к которому стремился стиль модерн.

В первой трети XX века, в период становления современной архитектуры, формирования функционализма и интернационального стиля, национально-романтическое направление в западноевропейской архитектуре не входит в число господствующих, сфера его использования сужается. Тем не менее, в национально-романтическом ключе работают многие архитекторы, в том числе такие выдающиеся мастера, как П. Берлаге, и византийское наследие в рамках национального романтизма продолжает привлекать внимание архитекторов. Среди памятников, в которых обнаруживаются византийские элементы, можно выделить традиционные и новаторские.

К новаторским постройкам следует отнести парижские церкви св. Доминика (1913-1921, Жорж Годибер) и св. Духа (1926 -1935, Поль Турнон). Обе они выполнены из железобетона.

Церковь св. Доминика в 14 округе Парижа - трехнефная купольная базилика с трансептом, рукава креста, перекрытые цилиндрическими сводами, на фасадах обозначены пологими закомарами.



Рисунок. 3. Ж. Годибер. Церковь св. Доминика в Париже. 1913-1921.

Облицовка, сочетающая штукатурку и крупные блоки натурального камня, придает внешнему облику храма подчеркнутую декоративную выразительность, камни образуют шашечный орнамент, характерный для ар деко. Скульптурное изображение св. Доминика на южном тимпане принадлежит Андре Бурру и выполнено позже, в 1946 году. Купол диаметром 22 м поднят на 50-метровую высоту, его низкий барабан прорезан окнами, напоминающими о Софии Константинопольской. В интерьере купол с трех сторон окружают хоры, его барабан дополнен аркатурой, а паруса трактованы как тромпы, заполненные перспективными арочками. Мозаика в конхе апсиды контрастирует с гладкой штукатуркой большей части интерьера, акцентируя внимание на алтаре.



Рис. 4. Церковь св. Доминика в Париже. Интерьер.

Еще более инновационной выглядит церковь св. Духа в 12 округе Парижа. Ее автор, Поль Турнон, своей архитектурной практикой наглядно доказывал возможность возведения культовых зданий из железобетона. Церковь св. Духа представляет собой ку-

польную базилику, объемно-пространственная композиция которой целиком подчинена существующей градостроительной ситуации: башня западного фасада храма затиснута между двумя жилыми домами. Ее центральная часть в виде обнаженного металлического каркаса намекает и на готику, и на барокко (Сант Иво алла Сапиенца в Риме, работы Борромини), а ступенчатый силуэт и зубчатые декоративные детали прямо указывают на ар деко. Внешние стены храма, облицованные кирпичом, прорезаны частыми арочными и круглыми окнами, в простенках которых помещены ребра-контрфорсы, живо напоминающие об архитектуре готики. Завершаются эти контрфорсы скульптурами святых, выполненными в стилистике ар деко и создающими своеобразный «лес» вертикалей, усложняющий силуэт храма.

Пологий купол диаметром 22 м на низком барабане приподнят, благодаря кубическому подиуму, на высоту 33 метров. Центральный купол окружают четыре полукупола, дополненных, в свою очередь, тремя малыми полукуполами, таки образом, П. Турнон прямо и однозначно указывает на Софию Константинопольскую как источник своего вдохновения. Интерьер храма поражает: византийская пространственная модель переведена в нем на язык железобетона, нештукатуренного, сохраняющего неровности опалубки.

Немногочисленные фрески, контрастирующие с его аскетической поверхностью, выполнены в стилистике экспрессионизма Жоржем Девальером и мастерами «Ателье сакрального искусства».

Широкое применение византийское наследие находит в первой трети XX века в храмовой архитектуре Голландии, выдержанной в духе традиционализма. Яркий пример византизирующего традиционализма – церковь св. Иоанна в Ваалвийке, построенная в 1922-1927 гг. по проекту Хендрика Виллема Валка (1896-1973). По замыслу архитектора, она должна как бы объединить Софию Константинопольскую и Сан Витале в Равенне. Ядром композиции является поднятый на 40-мет-



*Рисунок 5. П. Турнон. Церковь св. Духа в Париже. 1926 -1935.*



*Рисунок 6. Церковь св. Духа в Париже. Интерьер.*

ровую высоту яйцевидный купол, плавно переходящий в прорезанной аркадой окон барабан, покоящийся на восьми опорах. Рукава креста перекрыты сводами параболических очертаний. Размеры храма – 53х47 метров. С севера, юга и востока к рукавам креста примыкают приделы и лестничные башни, перекрытые крупными, средними и малыми куполами, причем последние имеют сильно вытянутые формы. С запада храм дополняют баптистерий, лестничные башни и колокольня. Шестигранная башня

колокольни достигает 67 м. высоты, венчает ее также вытянутый купол.

Ленточные вертикальные окна колокольни контрастируют с маньеристическим порталом, перенесенным сюда из разрушенной церкви 1630 года. Общее число куполов – девятнадцать. Округлые формы доминируют в объемной композиции, придавая образу храму особую обтекаемость и органичность. Вытянутые купола гармонируют с вертикалью ко-



*Рисунок 7. Х. Валк. Церковь св. Иоанна в Ваалвийке. 1922-1927.*

локольни, смягчая ее контраст с основным объемом здания. Главный вход включает три перспективных портала. Перед входом размещены скульптуры святых на невысоких подиумах. При строительстве были использованы металлические каркасы, бетон, кирпич, глазурованный кирпич, туф. В интерьере с обнаженной кирпичной кладкой, дополненной полосами зеленой керамики и рельефами, главную роль играют параболические арки, наиболее крупные из которых вздымаются под центральным куполом. Переходы между арками, барабанами и куполами лишены резкости, таким образом, обтекаемые формы господствуют и в интерьере. Несмотря на вытянутую, а не полусферическую, форму куполов, византийские истоки образного строя данного храма очевидны. Стиль здания можно определить как со-

четание византизма (в рамках традиционализма) и экспрессионизма.

Особенно часто к византийскому наследию при проектировании храмов обращались представители голландского традиционализма Ян Стейт (1868-1934) и Йос Кейперс (1861-1949). Я.Стейт совершил паломничество в Святую Землю, посетил Палестину и Константинополь, побывал в Италии. Впечатления от этой поездки воплотились в церкви, возведенной в 1913-1915 гг. в так называемом Восточном парке-музее г. Неймегена. Этот парк был задуман как образ Святой Земли, родины трех авраамических религий, созданный для тех, кто не может ее посетить. Храм представляет собой купольную базилику с короткими рукавами креста. Западный фасад включает заглубленный тимпан с мозаичной композицией, фланкированный двумя призматическими башнями с множеством проемов – круглых окон, арочных



*Рисунок 8. Я. Стейт. Церковь в Восточном парке-музее Неймегена. 1913-1915.*

бифоров и трифоров – и три прямоугольных портала. Благодаря своей высоте колокольни напоминают минареты.

Бетонная оболочка полусферического купола имеет толщину всего 10 см. Белые оштукатуренные фасады, нехарактерные для византийского стиля, придают зданию особую оригинальность. Сдержанность, почти аскетизм фасадов контрастируют с богатством отделки интерьера. В скуфье купола и конхе апсиды размещены мозаики, в подкупольном пространстве над восемью колоннами, поддерживающими барабан – фрески с сюжетами из жизни апостолов. В куполе изображен Святой дух в виде голубя на фоне синего звездного неба, в окружении геометрических орнаментов, стилизованных в духе ар деко, в апсиде на золотом фоне – медальон с крестом и ангелы среди пальм, напоминающие мозаики Равенны.

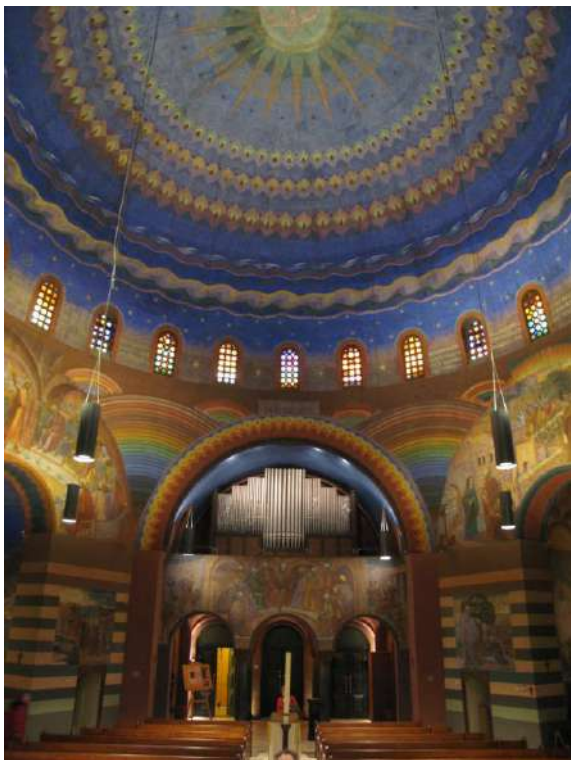


Рисунок 9. Церковь в Восточном парке-музее Неймегена. Интерьер. 1970.

Стиль здания – романо-византийский в сочетании с влиянием функционализма.

Построенная в 1917 г. Церковь св. Екатерины в Гертогенбосе также имеет оштукатуренный фасад и выполнена в сходной стилистике. Это здание-ротонда, дополненное входным ризалитом, завершенным фронтоном и ограниченными башнями, и капеллами. В силуэте господствует конический купол с фонарем. Объемная композиция позволяет провести параллель между этим зданием и раннехристианскими баптистериями. В алтарную часть включен фрагмент, оставшийся от находившейся на этом месте церкви XVI века.

Интерес к центральному церковному зданию характерен для всего творчества Я.Стейта. Церковь Архингелов в г. Лиссе (1930-1931) представляет собой сочетание базиликальной композиции с трансептом, капеллами и обходом-деамбулаторием вокруг алтаря и доминирующего над средокрестьем конического купола на восьмигранном барабане. Кирпичная кладка без штукатурки характерна для голландского традиционализма. Аркада барабана, арочные окна апсиды и рукавов креста усиливают «византийский» характер церкви, напоминающей храм монастыря Калат Семан (V в.) в Сирии близ Алеппо.

Й. Кейперс, часто проектировавший в сотрудничестве с Я. Стейтом, стремился, как и он, дополнить неоготику неороманскими и неовизантийскими мотивами, иногда выполненными в духе экспрессионизма. Собор св. Бавона в Харлеме (1895-1933) отражает переход от эклектики к модерну, экспрессионизму и ар деко. Здание возводилось в три этапа: в 1895-1908 гг. были построены хор и часовни, выдержанные в духе неоготики, с контрфорсами и аркутанами, основную часть, с элементами романского и византийского наследия, выполнили в 1902-1906 гг., а башни и порталы – в 1927-1930. Храм представляет собой трехнефную базилику с планом в виде латинского креста, капеллами вокруг апсиды, двухбашенным западным фасадом и яйцевидным куполом на средокрестье. Северный портал подковообразного очертания отражает влияние модерна; его форму связывают также с мавританской и индийской архитектурой. Собранные в композиции по пять повышающихся к центру проемов, арочные окна близки

как романской, так и византийской традиции. Купол формой напоминает парижский Сакре Кер, а его латунная кровля со спиралевидным орнаментом, как и фасады башен с зубчатыми коронами и зигзагообразными завершениями вертикальных проемов - экспрессионизм и ар деко. Здание выполнено из кирпича с добавлением натурального камня и глазурованной керамики.

Церковь св. Иакова в Гертогенбосе (1906-1907) Кейперс проектировал в соавторстве со Стейтом. Стил здания отражает влияние традиционализма, итальянской романской и византийской архитектуры, а также позднего модерна, близкого ар деко. В силуэте доминируют конический купол на барабане, окружном аркатурой, и высокая призматическая башня, близкая итальянским кампанилам. Конический купол напоминает тот, что возвышается над средокрестием собора в Падуе XIII в. Башня завершена в 1927-1928 гг. План здания тяготеет к квадрату, церковь является крестовокупольной с выраженным пространственным крестом, рукава которого на фасадах выявлены шипцами. Западный фасад прорезан порталом со стрельчатым архивольтом, украшенным рельефами, и дополнен окном-розой. Гладь кирпичных стен контрастирует с белокаменными скульптурами и рельефами главного фасада, дополненного характерным для ар деко шахматным орнаментом, и прорезается разнообразными по форме окнами - круглыми, арочными, бифорами, трифорами, а также близкими термальным, но заключенными в арки стрельчатых очертаний.

В облике церкви Мадонны Розария, построенной в Амстердаме (1908-1911) по проекту этих же авторов, преобладают неороманские черты в рамках традиционализма. Это базилика с двухбашенным западным фасадом и квадратной в плане башней под пирамидальным завершением на средокрестье. К византийским чертам в данном случае могут быть отнесены только арочные проемы фасадных башен.

Проект церкви Мадонны в Буссуме (1921) выполнен Й.Кейперсом в соавторстве с сыном, Питером Кейперсом (1891-1982). Это крестообразное в плане здание с доминирующим мощным тя-

желовесным куполом на граненом барабане, прорезанном трифорами и расположенном на средокрестье. В щипец западного фасада вкомпоновано пятичастное арочное окно. К оригинальным чертам здания можно отнести складчатую апсиду, зубчатые формы оконных проемов, характерные для экспрессионизма, лаконичность кирпичных фасадов с редкими небольшими окнами. Преобладание черт экспрессионизма в этом здании относят к влиянию Кейперса-младшего. Традиционализм в данном случае также представлен романскими и византийскими элементами.

Й.Кейперс является также автором проекта церкви Св.Сердца Иисуса в Леувардене (1923), сочетающей мотивы ар-деко, готики и романики с доминирующими византийскими заимствованиями. Крестообразная в плане, с рукавами креста, завершенными шипцами, под которыми помещены окна-«розы», эта церковь увенчана низким железобетонным крытым медью куполом на восьмигранном барабане, живо напоминающем Софию Константинопольскую.

Еще более наглядно константинопольский прообраз прочитывается в облике церкви св.Сердца Иисуса в Маастрихте (основное строительство - 1921; баптистерий и хор - 1929, портал - 1953), возведенной по проекту Альфонса Бустена (1893-1951) и Йоса Ритцена. К ее восьмигранному объему крестообразно примыкают четыре ризалита-параллелепипеда, центральная часть завершена низким барабаном с пологом куполом. Крытый зеленой медью железобетонный купол с двойной оболочкой поддерживают восемь арок, опирающихся на ребра, скрытые в стенах. Снаружи здание облицовано известняком, в интерьере - мрамором. Портал вкомпонован между двумя ризалитами, две башни, которые должны были его фланкировать, не были осуществлены. Аскетически-суровые внешние объемы прорезаны вертикальными прямоугольными окнами. В стилистике фасадов и интерьера следует отметить гармоничное сочетание приемов византизма и ар деко.

Во всех рассмотренных храмах, относящихся к традиционализму, противопоставлявшему себя функционализму, влияние последнего, тем не менее,



ощущается в применении железобетона, геометризме форм и минимализме декора.

В архитектуре Бельгии самым значительным памятником, включающим элементы византийского стиля, является базилика св.Сердца Иисуса (Сакре Кер) в Брюсселе (1905-1970). Она построена по проекту Альберта ван Хеффеля (1877-1935) при участии инженера Поля Рима и скульптора Гарри Элстрома. Монументальное здание длиной 141 и шириной 107 м представляет собой трехнефную базилику с куполом повышенного профиля, дополненным фонарем, на средокрестье, и двухбашенным западным фасадом. Верхние части башен, поднимающиеся на 65-метровую высоту, имеют ступенчатую форму, увенчиваются куполами в стилистике ар деко и напоминают башню брюссельского дворца Стокле (1906-1911, Й.Хофман). Барабан купола, простенки которого дополнены контрфорсами, приподнят на квадратный пьедестал с башнеобразными объемами по углам.

Эти объемы, как и башни западного фасада, обработаны вертикальными тягами-ребрами, придающими им готический характер. Диаметр купола 33 м, а высота – 93 метра. Его силуэт вызывает в памяти образ купола здания венского Сецессиона (1898-1899, Й.Ольбрих). Три рукава креста завершаются апсида-

ми, а четвертый, западный – арочной полуротондой главного входа. Над этой ротондой в арку вписано семичастное арочное окно. Обилие апсид связано с наличием здесь десяти капелл. Вместимость здания – до 20 000 человек. Модель храма получила Гран При на парижской выставке 1925 года, впоследствии давшей название направлению ар деко. Геометризм объемов позволяет легко читать структуру здания. Материал, из которого возведен собор – железобетон, для облицовки использованы кирпич и терракота. Разные коэффициенты сжатия материалов повлекли трещины здания и затруднили его строительство. Длительность строительного периода обусловила «выпадение» здания из собственного временного контекста. Вполне уместное в первой четверти XX века, к моменту своего завершения оно представлялось анахронизмом. Стиль здания сочетает в себе элементы романского, готического и византийского наследия, влияние ар нуво и ар деко.

Анализируя рассмотренные выше памятники византийского стиля с точки зрения методов и приемов адаптации наследия, следует отметить, что сам комплекс адаптируемых элементов эволюционировал на протяжении конца XIX – середины XX вв. Так, в период модерна господствующими типами композиций оставались купольные базилики и тетраконхи, встре-



*Рисунок 10. А.ван Хеффель, П. Риман, Г. Элстром. Базилика Сакре Кер в Брюсселе. 1905-1970.*

чаются и крестово-купольные храмы, а бескупольная базилика – лишь как единичное исключение; купола понижаются, в качестве образцов преобладают памятники ранневизантийской архитектуры. В декоре применяется устоявшийся в эклектике набор элементов, при резком количественном сокращении и стилизации орнаментов в духе модерна. В 1920-х-1930-х гг. господствуют купольные базилики и центрические здания. Под влиянием функционализма формы и декор предельно упрощаются. Купола либо сохраняют полусферические очертания, либо приобретают вытянутые силуэты. Из арсенала декоративных элементов почти исчезает полосатая кладка. Широко используются железобетонные конструкции, гладкие оштукатуренные фасады.

Что касается методов освоения византийского наследия, целесообразно анализировать их дифференцированно в отношении планировочных, конструктивных решений, композиций, фасадного декора и убранства интерьеров. Приведенные примеры показывают, что в сфере убранства интерьеров преобладало цитирование, как правило, равенских образцов, лишь в двух парижских церквях это правило нарушено живописью, предельно современной по своему образному языку. Вместе с тем смелое противопоставление живописи неоштукатуренным поверхностям, фрагментарность ее размещения придавали интерьерам подчеркнуто новаторский облик. В планировочных решениях господствовал метод коллажа (например, сочетание византийских по плану купольных базилик и романскими деамбулаториями и венками капелл). В конструктивных решениях труднее было ограничиваться цитированием, здесь главная роль принадлежала аллюзии и коллажу: так, сохраняющие узнаваемую образную связь с Византией, купола в период модерна и в 1920-е-1930-е годы изготавливаются из железобетона. Объемно-пространственные композиции и де-

тали фасадов – та область, в которой византийские элементы должны были быть наиболее узнаваемыми. В период модерна в этой сфере использовались коллаж, стилизация и аллюзия, при этом стилизация и аллюзия выходят на первый план, становясь основой формообразования, прямого цитирования почти не остается, византийские декоративные детали и орнаменты подвергаются переосмыслению в духе ар нуво. Впрочем, использование для колонн Вестминстерского собора мрамора из тех же каменоломен, что снабжали материалом строительство Софии Константинопольской – тоже своеобразное цитирование, только весьма опосредованное. Позднее сохраняют доминирующие позиции стилизация и аллюзия, причем под воздействием ар деко и функционализма деформация становится еще более смелой, чем в модерне, а аллюзия – сложночитаемой. Коллаж сохраняет свою роль (например, в сочетании византийских композиций и оштукатуренных фасадов, трифоров и ленточных окон), а цитирование используется крайне редко (подлинный маньеристический портал, вкомпонованный в колокольню церкви, выдержанной в духе традиционализма). При этом наличие купола и центрально-купольной композиции, независимо от их конкретной формы, само по себе трактуются как некий символ принадлежности византийской традиции.

Подводя итог, следует отметить, что византийский стиль можно рассматривать как продолжающее по сей день свое развитие целостное «интерстилевое» явление, образно-символическая сторона которого на протяжении времени сохраняет определенную константность, в то время как сторона формально-композиционная демонстрирует гибкую вариативность, подчиняясь принципам и приемам формообразования тех стилей и направлений, в рамках которых в тот или иной период происходит обращение к византийскому наследию.

### Список литературы

1. Горюнов В.С., Бакусова Е.Г. “Византийское возрождение” в Петербурге // 100 лет петербургскому модерну: Материалы научной конференции. Санкт-Петербург, 30 сентября-2 октября 1999 г. - СПб., 2000. - С. 98-106.
2. Иконников А.В. Историзм в архитектуре. – М., «Стройиздат», 1997.
3. Кислых Т.А. Византийский стиль в архитектуре стран Европы конца XIX - начала XX века // Проблемы стилевой эволюции и типологии архитектуры». - СПб., ИЖСА им.И.Е.Репина, 2013. - С. 71-79.
4. Кишкинова Е.М. “Византийское возрождение” в архитектуре России. Середина XIX – начало XX века. – СПб., «Искусство-СПБ», 2006.
5. Кишкинова Е.М. Византийский стиль и болгарское национальное возрождение // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Научный журнал. №117. - СПб., 2009. - С. 257-264.
6. Савельев Ю.Р. “Византийский стиль” в архитектуре России. Середина XIX – начало XX века. – СПб., «Проект-2003», 2005.
7. Савельев Ю.Р. Неовизантийский стиль в зарубежной архитектуре. Этапы эволюции». – Режим доступа: <http://www.niitag.ru/info/doc/?163>.
8. Пунин А.Л. Византизирующее направление в русской архитектуре XIX века // VI республиканская научная конференция по проблемам культуры и искусства Армении. Тезисы докладов. - Ереван, 1987. – С. 193 – 195.
9. Bullen J.B. Byzantium Rediscovered. – London, “Phaidon”, 2003.
10. Bullen J.B. Byzantium and Modernism // «Burlington Magazine», 1999. – P. 139-151.
11. Haugsted I. Arkitekten Christian Hansen - at vende tilbage til Fædrelandet med mange gode Erfaringer. - Copenhagen, “Bogværket”, 2009.
12. Papanicolaou-Christensen A. Christian Hansen. Breve og tegninger fra Grækenland. - Copenhagen, “Gyldendal”, 1994.

## НЕОБАРОККО В ТВОРЧЕСТВЕ А.Н. ПОМЕРАНЦЕВА

**Попова А. А.,**

Аспирант, ассистент,

кафедра «Архитектурной реставрации, реконструкции и истории архитектуры»,

Институт градостроительства и архитектуры Ростовского государственного строительного университета

Anna\_smurygina86@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается творческая деятельность академика архитектуры А.Н. Померанцева. Подробно раскрывается необарокко в творчестве Померанцева, как один из неостилей периода эклектики. Выявляется особенность творческого метода архитектора на примерах общественных построек в городах Санкт-Петербург и Ростов-на-Дону. Проанализированно, что одной из особенностей творческого метода автора является измельченная пластика фасадов, наряду с основными элементами неоренессанса, использование элементов неоренессанса и классицизма.

Также замечено, в отношении ростовской архитектуры, в качестве прототипа, Померанцев использует архитектуру маньеризма, которая характерна для архитектуры Северной и центральной Европы XVI-XVII вв. «Неоманьеризм» в рамках эклектики применяется, прежде всего для зданий ратуш, рынков, торговых домов.

**Ключевые слова:** необарокко, эклектика, А.Н. Померанцев, неоманьеризм, архитектура Ростова-на-Дону, архитектура Санкт-Петербурга.

## NEOBAROKKO IN THE WORKS A.N. POMERANTSEVA

**Popova A.,**

Graduate student, assistant,

Department of «Architectural restoration Reconstruction and the history of architecture»,

Institute of Urban Development and Architecture

Rostov State University of Civil Engineering

**Abstract.** This article focuses on the creative activity of the academician of architecture AN Pomerantseva. Fully described in the work of neo-baroque Pomerantseva as one of neostyle period of eclecticism. Detected feature creative method architect for examples of public buildings in the cities of St. Petersburg and Rostov-on-Don. Estimate that one of the features of the website is a creative method of shredded plastic facades, along with the basic elements of the neo-Renaissance style, the use of elements of Renaissance and Classicism.

It is also observed in the ratio of Rostov architecture, as a prototype, uses Pomerantsev Mannerist architecture, which is typical of the architecture of Northern and Central Europe XVI-XVII centuries. "Neomanerizm" within eclecticism is primarily used for the town hall, markets, shopping malls.

**Keywords:** neo-baroque, eclecticism, AN Oranges, neomanerizm architecture in Rostov-on-Don, the architecture of St. Petersburg.

**Н**еобарокко – один из неостилей периода эклектики, сложившийся в европейском искусстве XIX в. В сравнении с другими неостильями необарокко проявился менее определенно и часто соединялся с элементами неорококо и неоренессанса. Значительное распространение стиль необарокко получил в архитектуре Петербурга [1,2], что объясняется историко-культурным контекстом этого города. К необарокко в своем творчестве обращались такие архитекторы, как А.Ф.Щедрин, В.П.Стасов, И.А.Монигетти, И.Д.Корсини, А.И.Штакеншнейдер, Г.Э.Боссе, Л.Л.Бонштедт, Л.Н.Бенуа.

В стилистике необарокко выполнен и ряд работ академика архитектуры Александра Никаноровича Померанцева (1849-1918), в творчестве которого основное место занимали поиски национального стиля. Постройки же, созданные им в духе необарокко, до сих пор не подвергались подробному комплексному исследованию. В данной статье сделана попытка уточнить их стилистические характеристики и выявить прототипы, а также определить те общие черты, которые присущи творческому методу архитектора в целом, независимо от избранной им в каждом конкретном случае исторической стилистики.

Учитывая, что в России необарокко наиболее широко представлено в Петербурге, целесообразно начать обзор работ А.Н. Померанцева в этом неостиле именно с петербургской постройки.

Особняк Спиридонова на Фурштатской улице датируется 1895-1897 годами.



Он был построен по заказу действительного статского советника Н.В. Спиридонова. Главный фасад приподнятого на цоколь двухэтажного особняка раскрепован по центру ризалитом на пять осей, включающим парадный вход, арочный проем которого фланкирован скульптурами атлантов, поддерживающих кронштейны балкона второго этажа. В центральную часть этого ризалита в уровне второго этажа вкомпонована лоджия с тремя арочными окнами и коринфскими трехчетвертными колоннами между ними. Архивольты окон декорированы вазами с цветами и фигурками пути. Эти детали, напоминающие убранство венецианского палаццо Пезаро (1652-1710, Б.Лонгена), как и разорванные лучковые сандрики второго этажа в крыльях фасада, украшенные женскими масками и рельефными раковинами и опирающиеся на трехчетвертные ионические колонны, следует отнести к необарокко. В этой же стилистике выдержано оформление миниатюрного разорванного лучкового фронтона с люкарной, дополненной

львиной маской, врезанного в аттик центрального ризалита. Карниз этого ризалита поддерживают модульоны, фриз украшен зубчиками, розетками и картушами, разделенными пластично проработанными кронштейнами. Окна по сторонам лоджии завершены треугольными сандриками. Атик боковых кры-

льев дополняют люкарны, фриз украшен розетками. Этажи разделены карнизом и фризом с «волной». В крыльях первого этажа размещены «окна Браманте». Цоколь, первый этаж в пределах центрального ризалита и углы здания обработаны французским рустом. Несмотря на наличие отдельных элементов неоренессанса («окна Браманте»), классицизма (служебный корпус с фронтоном и нишей, украшенной декоративным вазоном) и неогрека (наличники с треугольными сандриками и «волна»), стилевой доминантой в оформлении фасада в данном случае можно признать необарокко. Ограда и ворота также выдержаны в необарочной стилистике. Судя по изображению здания, приведенному в «Архитектурной энциклопедии» Г.В. Барановского, проектом предполагалось причудливое завершение фронтона в виде скульптур путти, поддреживающих картуш, а на месте «окон Браманте» должны были располагаться «флорентийские» [3]. Планировочное решение второго этажа представлено замкнутой кольцевой анфи-

ладой, состоящей из парадного Танцевального зала и нескольких гостиных. Анфилада располагается вокруг объема главной лестницы. Благодаря двум узловым переходам, примыкающим к углам лестничного объема, весь особняк просматривается насквозь. Отделку интерьеров осуществляли В. Ф. Свиньин и М. И. Китнер. Китнер проектировал также остекленный по металлическому каркасу зимний сад между домом и служебным флигелем. В настоящее время в здании размещается дворец «Малютка». Реставрации особняка проводились в 1965, 1983-1984 и 2004-2005 годах.

Практически одновременно с постройкой особняка Спиридонова в Петербурге А.Н.Померанцев работал над проектом здания Городской думы Ростова-на-Дону. Его первый проект, о котором речь пойдет ниже, относится к 1894 году, а второй, осуществленный, - к 1896 (строительство велось в 1897-1899 гг.).

роль и решающее влияние на архитектурно-художественный масштаб центральной улицы. Вторым проектом было предусмотрено четырехэтажное здание с одним внутренним двором, сохранившее габариты первого варианта по ширине, но ставшее короче. Месторасположение его осталось неизменным.

Прямоугольное в плане кирпичное четырехэтажное с подвалом здание с многоскатной крышей и обильным лепным и штукатурным декором включает внутренний двор, первоначально перекрытый световым фонарем. Центральная часть главного фасада отмечена слегка повышенным ризалитом, фланкированным раскреповками с эркерами. Наряду с угловыми куполами, силуэт здания обогащают фронтоны-финименты, расположенные над раскреповками с эркерами. Скругленные углы также фланкируют небольшие раскреповки. Композиции боковых фасадов несимметричны из-за расположения оконных



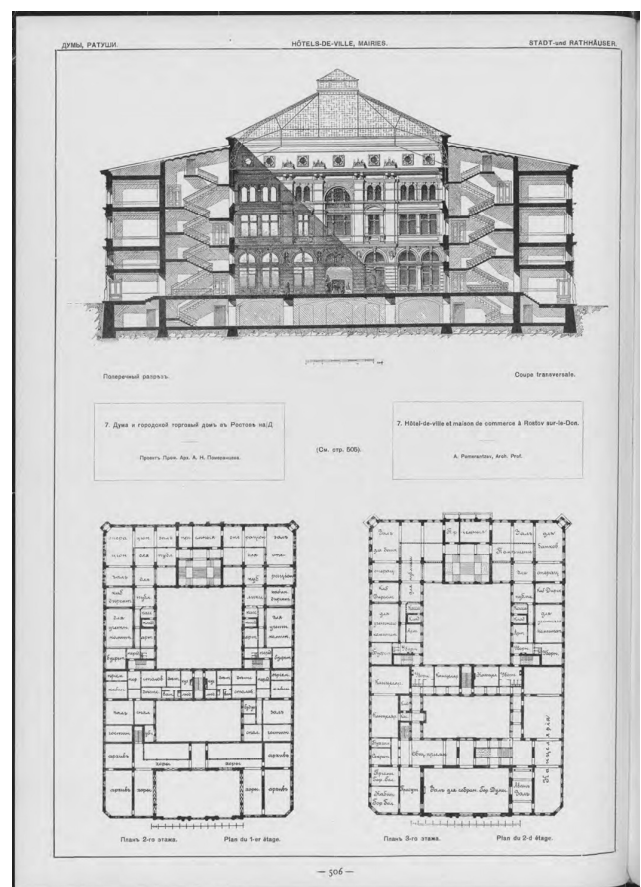
Здание Думы расположено в историческом центре Ростова и занимает, выходя на красные линии улиц, квартал, ограниченный с юга ул. Большая Садовая, с севера Думским проездом, с востока – пр. Семашко (быв. Николаевским), с запада - Городским садом. Крупные габариты памятника и выразительные силуэты закрепляющих скругленные углы куполов предопределили его важную градостроительную

роль, но северный и южный отличаются строгой симметрией. Первый этаж, отделенный от второго антаблементом, имеет сдержанное декоративное убранство. Прямоугольные «витринные» окна разделены рустованными пилястрами. Оконные проемы второго этажа представлены чередующимися прямоугольными лежачими с дугообразным завершением и узкими арочными. В угловых частях, выходящих на

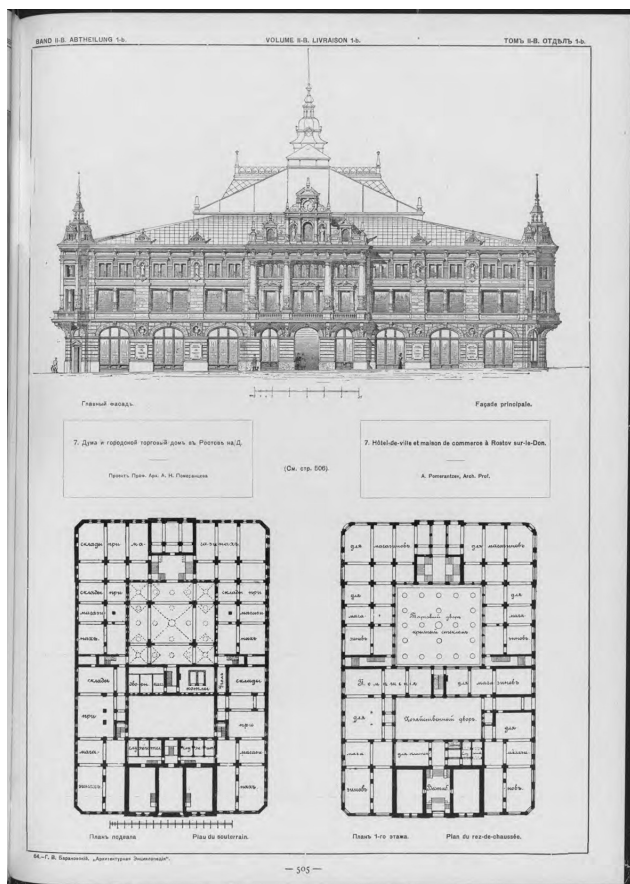
Большую Садовую, центральное окно фланкировано гермами-кариатидами, поддерживающими замковый камень. Эти скульптуры, как и фигуры богинь Славы, возлежащих на разорванном лучковом сандрике в уровне четвертого этажа, несмотря на многократные повреждения декора здания и последующие реставрации, сохранили свой первоначальный облик, отличающийся жизненным полнокровием и создающий выразительный пластический акцент в ответственных угловых частях фасадов. Декоративное изобилие нарастает в третьем и четвертом этажах, оформленных как наиболее парадные. Наличники окон сливаются по вертикали в единое декоративное пятно на фоне французской рустовки стен. Центральная часть главного (южного) фасада выделена тремя крупными прямоугольными окнами в уровне третьего этажа и римскими полукруглыми в уровне четвертого. Скульптура в этой части фасада выполнена в ходе реставрации 1995-1998, скульптор А.А.Скнарин [4]. Венчающий антаблемент включает гладкий фриз и массивный раскрепованный карниз, над которым тянется парапет с глухой аркадой и люкарнами, дополненными декоративными вазами. Раскреповки, включающие эркеры, над парапетом завершены сложной формы высокими фронтонами-финиментами.

Стилистически здание выдержано в духе необарокко с отдельными элементами неоренессанса. К последним можно отнести планировку-каре, восходящую к палаццо, но характерную и для более поздних ратуш, скульптуры в нишах и на скатах фронтонов. Вместе с тем преобладающая роль принадлежит все же барокко со свойственной ему театрализованной пышностью, парадной приподнятостью образа, насыщенностью пластическими элементами, декоративной и свободной трактовкой ордерных форм, сочетанием разнообразных сандриков, часто разорванных или врезанных один в другой, ушастыми наличниками, овальными окнами, картушами, объединением наличников этажей по вертикали и т.д. Эклектика, архитектура «умного выбора», предполагала выбор исторического стиля в зависимости от назначения здания. Неудивительно, что для Думы, призванной зримо выражать богатство и процветание Ростова, предпочтение было отдано имен-

но барокко. Отдельные элементы адресуют к барокко в немецком (саксонском) варианте, с характерной для него декоративной избыточностью и обилием скульптур. В частности, короны над куполами вызывают ассоциацию с «павильоном под короной» в ансамбле дрезденского Цвингера (1711-1722, Д. Пеппельман). Как уже отмечалось в литературе, посвященной зданию Думы, его декор обнаруживает близость с построенным в конце XIX в. архитекторами Вильгельмом Кремером (Wilhelm Cremer, 1845-1919) и Рихардом Вольфенштейном (Richard Wolffenstein, 1846-1919) торговым и жилым домом в Берлине на углу Кайзер-Вильгельм-штрассе и Бургштрассе (Kaiser-Wilhelm-Strasse, Burgstrasse) [5]. Следует отметить и признаки характерного для конца XIX столетия влияния модерна – хотя бы в обилии большеразмерных окон, в упругости дуг, ограничивающих их. В отличие от рассмотренных выше памятников, здание доходного дома С. Генч-Оглуева и И. Шапошикова (1880-1883 гг.)



и первый проект Городской думы для Ростова-на-Дону (1894 г.)



имеют иные прототипы, относящиеся к архитектуре маньеризма, следовательно, этот памятник можно причислить к «неоманьеризму», используя аналогию с уже устоявшимися наименованиями неостилей.

Собственно маньеризм (итал. Manierismo — “вычурность, манерничанье”) — течение в западноевропейском искусстве XVI – начала XVII веков, т.е. периода, занимающего промежуточное положение между Возрождением и барокко. Возникнув в Италии, маньеризм получил особенно широкое распространение в странах северной и центральной Европы. Идеалы Ренессанса воспринимались здесь зачастую через призму собственного готического наследия. «Крайне своеобразным было распространение маньеризма на севере Европы в XVI-XVII вв. В этот период искусство итальянского Возрождения воздействовало на художников «по ту сторону Альп» уже в маньеристской редакции» [6]. Одни из наиболее известных памятников североевропейского маньеризма – построенные по проекту Л. Де Кея ратуша в Лейдене (1595-1597) и Мясной рынок в Харлеме (1600). Маньеристическая архитектура Северной и Центральной Европы оказала заметное влияние на русское зодчество XVII века, способствуя формированию «узорочья» и «московского барокко» [7,8,9,10].





Маньеризм, с его изобильной, измельченной, изошренной, эффектной фасадной декорацией, не мог оставить равнодушными архитекторов эклектики со свойственной ей «боязнью пустоты». В ряду самых разнообразных исторических стилей, элементы которых были вовлечены в архитектурную практику этого периода, естественно, обрел свое место и маньеризм. Среди многочисленных европейских примеров этого «неоманьеризма» в рамках эклектики – прежде всего здания ратуш, рынков, торговых домов. Именно такого назначения здания особенно пышно украшались маньеристами рубежа XVI – XVII вв., а эклектики XIX века, в соответствии с принципом «разумного выбора», следовали их образцам. Таковы здание ратуши в Гамбурге (М.Халлер, 1894-1896), здание портового управления в Остенде (А. де Вульф), конкурсный проект здания хлопковой биржи в Бремене (Г.Шедтлер), конкурсный проект здания Американского страхового общества в Нью-Йорке (Дж. Р.Томас), торговый дом в Кельне (Шрейттер и Шрейбер) [11], особняк в Антверпене (Дж.Уиндер), дом в Хейдельберге (Ф.Бауэр) [3].

Доходный дом С.Генч-Оглуева и И.Шапошникова, расположенный на ул.Большая Садовая и построенный по проекту А.Н. Померанцева в 1883г., обнаруживает безусловное родство как с подлинными памятниками маньеризма, так и с их позднейшими интерпретациями.

Здание, планировочной конфигурацией напоминающее букву «П», занимает важный в градостроительном отношении участок на пересечении ул. Б.Садовой с пр. Семашко и ул.Шаумяна (быв. Дмитриевской), охватывая целый квартал вдоль пр. Семашко. Выделявшийся в момент постройки в панораме улицы своим размахом и высотой (три этажа), дом Генч-Оглуева и Шапошникова отмечен также заметным вертикальным акцентом на срезанном углу, по сей день являющимся одним из значимых визуальных ориентиров перспективы главной улицы. Это изящный шатер своеобразной «вогнутой» формы, завершающий призматическую башню, основанием которой служит угловой эркер. К угловой части примыкают два слабо раскрепованных ризалита,

увенчанных высокими причудливыми фронтонами-финиментами, обогащающими силуэт здания и поддерживающими вертикаль угловой башни. Концевые ризалиты и центральная часть фасада со стороны пр. Семашко также завершены финиментами, меньшими по высоте. Мансардная крыша прорезана многочисленными люкарнами. Функциональное назначение этажей наглядно выражено на фасадах градацией размеров оконных проемов: на первом (с укрупненными окнами-витринами) размещались магазины, выше, соответственно, конторы и квартиры. Фасады заполнены сложным измельченным декором, включающим бриллиантовую рустовку, гирлянды плодов, свисающих между рустами, картуши, кронштейны с маскаронами, гермовидные пилястры, муфтированные полуколонки и полуколонки с орнаментированными стволами, т.е. элементы, характерные для северо-европейского маньеризма. Портал фланкируют ионические колонны, рустованный архивольт арочного проема дополнен разорванным фронтоном, в который вкомпонован картуш, украшенный гирляндами и маскаронами. Декор напоминает памятники типа гильдейских домов Антверпена XVI в. Угловой шатер над башнеобразным эркером восходит к традиционным башням ратуш (к примеру, в Гааге, 1564 г.). Выявленные прототипы и аналоги дают основание утверждать, что дом Генч-Оглуева и Шапошникова запроектирован А.Н.Померанцевым в духе западно-европейского маньеризма.

Выполняя первый (отклоненный из-за недостаточной высоты) вариант проекта здания Думы, А.Н.Померанцев постарался стилистически увязать его с уже построенным доходным домом С.Генч-Оглуева и И.Шапошникова, расположенным на противоположном углу перекрестка Б.Садовой и Николаевского проспекта. Обращение к теме образу ратуши диктовалось самим назначением Думы. Действительно, А.Н.Померанцев запроектировал трехэтажное здание с прямоугольным планом, включающим два внутренних двора – торговый и хозяйственный [11]. Такая планировка характерна для ратуш (пример – Амстердамская, 1648-1655, Я.ван Кампен). Торговый двор должен был быть

застеклен. Стилистика фасадов, близкая голландской архитектуре XVII в., также ориентирована на ратуши и напоминает Маастрихтскую (1659-1684, П.Пост). Углы закрепляли эркеры с небольшими куполами и шпилями, перекликавшиеся с угловым эркером дома Генч-Оглуева и Шапошникова. Центр главного фасада акцентировала раскреповка с портиком на широко расставленных колоннах в уровне 2-3 этажей. Порттик поддерживался кронштейнами и увенчивался двухъярусным аттиком, в меньшем масштабе варьировавшим тему портика и увенчанным разорванным фронтоном, под которым предполагалось поместить часы. В простенках третьего этажа в полуциркульных нишах размещались аллегорические фигуры. Остекленный шатер торгового двора завершала прихотливая башенка со шпилем. Противоположный фасад имел высокую крышу с решетчатым гребнем. В первом этаже предполагалось разместить магазины, в соответствии с этим на фасад выходили большеразмерные окна-витрины с дугообразным завершением. На втором этаже, предназначенном для залов и кабинетов, каждой такой витрине соответствовали уже сдвоенные окна, а на третьем – пары сдвоенных окон. Такой ритм проемов также был согласован с фасадным решением дома С.Генч-Оглуева и И.Шапошникова. Таким образом, Померанцев предполагал связать два здания в целостный ансамбль, образным камертоном которого

должна была стать «ратушная» тема, а стилевой доминантой - неоманьеризм.

### Выводы

Обращаясь к стилистике необарокко в его итальянском или немецком вариантах, А.Н. Померанцев, с одной стороны, следовал в русле общеевропейских трактовок этого неостиля, допуская дополнение барочных мотивов ренессансными, с другой – оставался верным собственному пристрастию к декоративному изобилию и элементам архитектуры итальянского Возрождения. Последние занимали прочное место в арсенале творческих приемов Померанцева со времени его зарубежной поездки. Наряду с необарокко, в творческом наследии архитектора можно выделить и постройки, запроектированные и осуществленные в духе неоманьеризма. Именно этот термин представляется наиболее точно выражающим стилистическую принадлежность дома Генч-Оглуева и Шапошникова и первого варианта здания ростовской Думы. Прихотливая, а порой и измельченная декорация в этом случае также отвечала авторскому «почерку» зодчего. Характерно, что столь часто применявшийся А.Н.Померанцевым в постройках, выдержанных в национальном стиле, усложненный декор в духе русской традиции середины – конца XVII века генетически восходит все к тому же североевропейскому маньеризму.

### Список литературы

1. Бурдяло А.В. Необарокко в архитектуре Петербурга. СПб.: Искусство — СПб., 2002.
2. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины XIX в. Л.: Лениздат, 1990.
3. Барановский Г.В. Архитектурная энциклопедия XIX века. Т. 4. Жилища и службы. — СПб.: Редакция журнала «Строитель», 1904.
4. Пищулина В.В. Творчество академика архитектуры А.Н.Померанцева в Области Войска Донского / Сборник «Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2012 году». - М., 2013. - С. 279-285.
5. Кишкинова Е.М. Некоторые стилистические особенности архитектуры Ростова-на-Дону конца XIX - начала XX вв./ Материалы Междунар. научно-практ. конф. «Развитие региональных архитектурно-художественных школ в контексте историко-культурных традиций», дек. 2005. - Казань, 2005. – С. 46-49.
6. Власов В.Г. Стили в искусстве. - Режим доступа: <http://www.booksite.ru/localtxt/vla/sov/10.htm>

7. Седов В.В. Маньеризм первых Романовых. – Режим доступа: [http://www.projectclassica.ru/school/04\\_2002/school2002\\_04\\_01b.htm](http://www.projectclassica.ru/school/04_2002/school2002_04_01b.htm)
8. Седов В.В. Стиль Великого посольства.- Режим доступа: <http://archi.ru/lib/publication.html?id=1850569718&fl=5&sl=1>
9. Чекмарев А.В. Архитектура Московского государства XVII века.- Режим доступа: <http://arch-heritage.livejournal.com/1099797.html>
10. Бусева-Давыдова И.Л. Декор русской архитектуры XVII века и проблема стиля/ Архитектурное наследство. Вып. 38. Проблемы стиля и метода в русской архитектуре / Российская Академия архитектуры и строительных наук. НИИ теории архитектуры и градостроительства; Под ред. Н.Ф. Гуляницкого - М.: Стройиздат, 1995.- С. 38-49.
11. Барановский Г.В. Ук. соч. Т. 2, ч. 1. Общественные здания. — СПб.: Редакция журнала «Строитель», 1908.

## ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ БИТУМИНОЗНОЙ НЕФТИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РОССИИ

**Саушкина К. С.,**

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова  
madam.ksu1992@gmail.com

**Аннотация.** В условиях истощения традиционных энергетических ресурсов, тяжелые нефти и газовые гидраты приобретают все большее значение в мировой экономике. Особое значение они имеют и в России, где месторождения легкой нефти выработаны более чем наполовину. В статье рассматриваются перспективы освоения запасов тяжелой нефти в России с ориентацией на зарубежный опыт.

**Ключевые слова:** мировые запасы нефти, углеводородное сырье, битуминозная нефть, нетрадиционные нефтяные ресурсы, технологии добычи тяжелой нефти.

## THE DEVELOPMENT OF BITUMINOUS OIL RESERVES: INTERNATIONAL PRACTICES AND PROSPECTS FOR RUSSIA

**Saushkina K.,**

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

**Abstract.** In conditions of traditional energy resource exhaustion, heavy oil is getting the increasing value in the world economy. A special value it has in Russia, where easy of approach oil reserves are drawn-out more than half. The prospects of bituminous oil development in Russia with using of international practices are considered in the article.

**Keywords:** world oil reserves, raw hydrocarbons, bituminous oil, nonconventional oil resources, technologies of heavy oil production.

### Истощение мировых запасов нефти

**Б**ез преувеличения можно сказать, что вся современная цивилизация построена на нефти – от энергетики и транспорта до изготовления одежды, мебели и высоких технологий, требующих больших энергозатрат.

На сегодняшний день, разведанные запасы составляют чуть больше 1 триллиона баррелей, которых, при сохранении сегодняшней интенсивности потребления, хватит на 35 лет.[1]

В настоящее время потребление нефти таково, что никакой альтернативный ей источник энергии не может заменить собой потребности в нефти. При этом запасы традиционной легкодоступной нефти неуклонно снижаются. Новых открытий крупных место-

рождений нефти не было с 70-х годов прошлого века, несмотря на все старания нефтяных компаний.[2]

Чтобы удовлетворить непрерывно растущие потребности общества в энергии, нефтедобывающая отрасль все больше переключает свое внимание на дорогостоящие нетрадиционные и труднодоступные источники углеводородов.[2] Тяжелые нефти и газовые гидраты в условиях истощения традиционных энергетических ресурсов приобретают все большее значение в мировой экономике. [3] Их добыча все еще представляет трудности, но она уже стала рентабельной. Она тем более выгодна, что доступные запасы этих углеводородов огромны (не менее 600 миллиардов баррелей), к тому же они находятся в регионах, расположенных далеко от Ближнего Востока.[4]

Особое значение они имеют и в России, где месторождения легкой нефти выработаны более чем наполовину, и одновременно - действующие и потенциальные переработчики в большинстве случаев не имеют прямого доступа к ресурсам.

В связи с растущим потреблением нефти и нефтепродуктов, стремлением экспортировать высокие сорта нефти, постепенным истощением ранее разведанных нефтяных месторождений, сверхвязкие тяжелые нефти становятся востребованными в экономике РФ. Такие нефти активно применяются в строительстве (дороги, здания), а после очистки их можно использовать в химической промышленности - для производства клеев и пластиков различного назначения.[3]

### **Битуминозная нефть и ее добыча**

Разработка месторождений битуминозной нефти — реальная альтернатива добыче обычной нефти, учитывая сокращение ее запасов. Более того, если доказанные мировые запасы последней составили на конец 2007 года около 1,24 трлн баррелей (данные ежегодного обзора British Petroleum), то только в битуминозных песках крупнейшего в мире месторождения Альберта (Канада) содержится 1,6 трлн баррелей. Однако крайняя сложность и дороговизна добычи пока не позволяют удовлетворить мировые потребности в нефти.[5]

Нефтяные пески успешно разрабатывают в Канаде с 60-х годов прошлого века. Сегодня примерно половина нефти добываемой в этой стране приходится на нефтяные пески. Под нефтяным песком, на самом деле, подразумевается смесь песка, воды, глины, тяжелой нефти и природного битума. Выделяют три нефтяных региона в Канаде со значительными запасами тяжелой нефти и природного битума. Это Athabasca, о котором многие наверняка слышали, Peace River и Cold Lake. Все они находятся в провинции Альберта.

Для добычи нефти из нефтяных песков применяют два принципиально различных метода:

1) Открытым карьерным способом и 2) Непосредственно из пласта.

Карьерный способ добычи подходит для неглубоких залежей (глубиной до 75 м) и залежей, выходящих на поверхность. Примечательно, что в Канаде все залежи подходящие для карьерного способа добычи, расположены в районе Athabasca.

Карьерный способ добычи подразумевает, что нефтяной песок, попросту говоря, грузится на самосвалы и перевозится на установку переработки, где его промывают горячей водой и таким образом отделяют нефть от всего прочего материала. Требуется добыть примерно 2 тонны нефтяного песка, чтобы получить 1 баррель нефти. Зато коэффициент нефтеотдачи при этом способе добычи очень высок и составляет 75%-95%

Для извлечения тяжелой нефти непосредственно из пласта используют, как правило, тепловые способы добычи, такие как парогравитационное воздействие. Существуют также и «холодные» методы добычи, предполагающие закачку в пласт растворителей (например, метод VAPEX или технология N-Solv). Способы добычи тяжелой нефти непосредственно из пласта менее эффективны в плане нефтеотдачи по сравнению с карьерным способом. В то же время эти способы имеют некоторый потенциал к снижению себестоимости получаемой нефти за счет совершенствования технологий ее добычи.

Тяжелая/высоковязкая/битумная нефть привлекает все большее внимание нефтяной промышленности. Именно в тяжелой нефти сосредоточены основные мировые запасы углеводородов. Вслед за Канадой, поставившей на свой баланс запасы тяжелой/битумной нефти, то же самое сделала Венесуэла, имеющая огромные запасы этой нефти в поясе реки Ориноко. Этот «маневр» вывел Венесуэлу на первое место в мире по запасам нефти. Значительные запасы тяжелой нефти есть и в России, а также во многих других нефтедобывающих странах.

Огромные запасы тяжелой нефти и природных битумов требуют разработки инновационных технологий добычи, транспорта и переработки сырья. В настоящее время операционные затраты по добыче тяжелой нефти и природных битумов могут в 3-4 раза превосходить затраты на добычу легкой нефти.

Переработка тяжелой высоковязкой нефти также более энергоемка и, как следствие, во многих случаях низкорентабельна и даже убыточна.[2]

### **Битуминозная нефть в России**

Территория Российской Федерации богата «нетрадиционными» нефтяными месторождениями, различающимися по уровню загрязнений и трудностей при добыче и эксплуатации. Характер разработки этих нефтяных запасов — от выбора месторождений до экологического контроля — неизбежно окажет влияние и на ситуацию в самой России, и на весь мир.[6]

В России различные способы добычи тяжелой нефти испытывались на хорошо известном Ярегском месторождении высоковязкой нефти расположенном в Республике Коми. Продуктивный пласт этого месторождения, залегающий на глубине ~200 м, содержит нефть плотностью 933 кг/м<sup>3</sup> и вязкостью 12000-16000 мПа·с. В настоящее время на месторождении осуществляется термошахтный способ добычи, зарекомендовавший себя как достаточно эффективный и экономически оправданный.

На Ашальчинском месторождении сверхвязкой нефти, расположенном в Татарстане, реализуется проект по опытно-промышленному испытанию технологии парогравитационного воздействия. Эта технология, правда без особого успеха, испытывалась также на Мордово-Кармальском месторождении.

Результаты разработки месторождений тяжелой высоковязкой нефти в России пока не внушают особого оптимизма. Требуется дальнейшее совершенствование технологий и оборудования для повышения эффективности добычи. В то же время потенциал к снижению себестоимости добычи тяжелой нефти есть, и многие компании готовы принимать в ее добыче активное участие.[2]

Основные проблемы нефте- и газодобывающей отрасли России заключаются в экстенсивном способе выработки и добычи углеводородов: из множества месторождений выбираются самые крупные с нефтью, обладающей лучшими свойствами. Месторождения, что залегают на больших глубинах,

а также месторождения тяжелых нефтей - разрабатываются в последнюю очередь.

Серьезной проблемой является также то, что для перекачки как легкой, так и тяжелой нефти используется одна система трубопроводов, что приводит к ухудшению качества всей перекачиваемой нефти.[3]

Операционные затраты по добыче тяжелой нефти и природных битумов в 3-4 раза превосходят затраты на добычу легкой нефти, что связано не только с более высокой плотностью и вязкостью тяжелых нефтей, но и с недостаточной развитостью технологии ее добычи и переработки в нашей стране. Так, технология разделения основана на смешении тяжелой нефти с легкой нефтью или легкими дистиллятами. Только в последние годы на отечественных НПЗ стали использоваться современные технологии переработки тяжелой и сверхтяжелой нефтей. Многие из российских НПЗ имеют в своем составе только процессы неглубокой переработки нефти. В этом случае из нефти выделяют легкие и средние фракции, а мазут используют как котельное топливо. На ряде заводов реализован первый этап углубления переработки нефти - выделение из мазута вакуумных фракций и их каталитический крекинг. Некоторая часть остатка вакуумной ректификации гудрона используется для получения кокса, битумов, остаточных масел. Основная масса гудрона используется для производства электроэнергии и пара. В подобной схеме глубина переработки нефти при этом составляет обычно не более 70-75%, в то время как за рубежом, где широко развиты чрезвычайно дорогостоящие процессы переработки мазутов и гудронов, она достигает 90%.

Разработка месторождений высоковязких нефтей в России актуальна как никогда. Однако для добычи нетрадиционных ресурсов (битумы, тяжелые нефти, газовые гидраты) требуются колоссальные инвестиции и, что еще важнее, новые технологии, к внедрению которых стремится всего несколько компаний. Крайне важно не упустить технологические преимущества, которые даст внедрение опережающих российских разработок. Принятые государством поправки в Налоговый кодекс устанавливают льготы

на добычу полезных ископаемых при освоении месторождений тяжелых и высоковязких нефтей, но по какой-то причине специалисты в области налоговой политики остановились на половине пути. Говорить о достижении рентабельности и даже о самой разработке новых нефтяных проектов - можно будет лишь в случае установления таких льгот по всему технологическому коридору, который проходят «тяжелые нефти», - кроме добывающих компаний льготы должны получить НПЗ, перерабатывающие тяжелые высоковязкие нефти, природные битумы и битуминозные пески.[3]

Россия обладает широким ассортиментом нетрадиционных нефтяных ресурсов, отличающихся по характеристикам и особенностям добычи как друг от друга, так и от обычной сырой нефти, разработка которой была главной задачей отрасли в прошлом столетии. Чтобы воспользоваться этими нефтяны-

ми «ресурсами будущего», компаниям необходимо внедрять новые технологии добычи и переработки. Однако существующая в стране система налогообложения, регулирования иностранных инвестиций, а также институциональное устройство не позволяют адекватно реагировать на меняющуюся обстановку в сфере нефтедобычи. Чтобы воспользоваться имеющимися возможностями разумно и с соблюдением должной безопасности, Москве придется адаптировать эту систему к новым реалиям [6].

Таким образом, в условиях истощения запасов традиционной легкодоступной нефти, необходимо все больше развивать технологии освоения такого источника углеводородного сырья, как битуминозная нефть. Россия обладает огромным потенциалом в этой области, но это требует огромных капиталовложений, к которым не все отечественные нефтедобывающие компании пока готовы.

### Список литературы

1. Образовательный портал. Режим доступа: [http://www.forex.ua/beginner/csc/art\\_5\\_4.shtml](http://www.forex.ua/beginner/csc/art_5_4.shtml)
2. Образовательный портал. Режим доступа: <http://vseonefti.ru/neft/v-poiskah-energii.html>
3. Образовательный портал. Режим доступа: <http://vseonefti.ru/neft/tyazhelye-nefti-Rossii.html>
4. Статья «Оценки запасов нефти в мире». Режим доступа: <http://www.rb.ru/inform/50297.html>
5. Электронная статья «Неизбежная альтернатива». Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/1037772>
6. Электронная статья «Российская нефть: проблемы и перспективы». Режим доступа: <http://carnegieendowment.org/2013/05/28/российская-нефть-проблемы-и-перспективы/gh8p?reloadFlag=1>
7. Глушкова А.С., Файзуллин Р.В. Методика оценки внутристранового объема потребления нефти // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2013. - №10. С.36-40.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ О ВДАВЛИВАНИИ КОНУСА В ПОВЕРХНОСТЬ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЛА И ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В НАПЛЫВЕ

**Третьяков А. А.,**

аспирант, ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия»

tod.06@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается задача о вдавливании жесткого конуса в поверхность упругопластического тела и влияние начальных напряжений на распределение нормальных перемещений в наплыве вокруг отпечатка. Приведены расчетная схема, конечно-элементная модель. Подобран способ задания начальных напряжений. Проведены расчеты для различных остаточных напряжений и получено уравнение, описывающее влияние остаточных напряжений на относительное изменение нормальных перемещений в наплыве. Построены линии уровней вертикальных перемещений вокруг контакта конуса и упругопластического тела. Анализ результатов расчетов показал, что остаточные напряжения оказывают значительное влияние на распределение нормальных перемещений вокруг отпечатка.

**Ключевые слова.** Контактная задача, конический индентор, остаточные напряжения, упругопластическое тело, конечно-элементная модель.

## SIMULATION OF THE PROBLEM OF CONE INDENTATION IN THE SURFACE OF ELASTIC-PLASTIC BODY AND THE EFFECT OF RESIDUAL STRESSES ON THE DISTRIBUTION OF THE NORMAL DISPLACEMENTS IN THE INFLUX

**Tretyakov A.,**

Chelyabinsk State Agroengineering Academy

**Abstract.** This paper considers the problem of pressing hard cone surface elastic-plastic body and the effect of initial stress on the distribution of normal movement in the influx of the imprint. Shows the block diagram, the finite element model. Chosen method of specifying initial stress. Calculations are performed for different residual stresses and derive an equation that describes the effect of residual stresses on the relative change in the normal displacements in the influx. Line levels built around the vertical displacement of the cone and the contact of elastic-plastic body. Analysis of the results of the calculations showed that the residual stresses have a significant impact on the distribution of normal movement around the print.

**Keywords:** Contact problem, conical indenter, residual stress, elastic-plastic body, finite element model.

Основные практические направления исследований в области механики контактного взаимодействия относятся к проблемам трения, износа, разрушения контактирующих элементов, измерения твердости, механических свойств материалов и др. В связи с этим интенсивно выявляются и изучаются закономерности деформирования в различных видах контактных задач.

Неупругое контактное взаимодействие тел является существенно менее исследованной областью механики по сравнению с упругой задачей. Достаточно развиты решения для контакта идеально-упругопластических и идеально-жесткопластических тел [1]. Для упругопластического упрочняющегося материала решение задачи связано со значительными трудностями, связанными, в частности, с отсутствием информации о форме и размерах упругоплас-

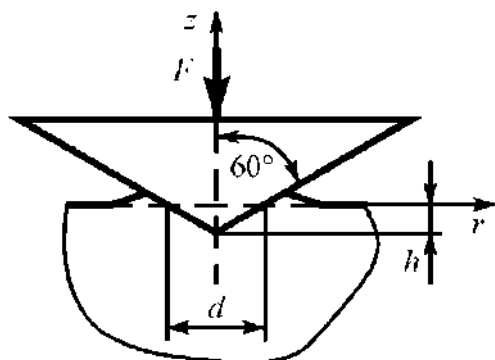


тической границы. Поэтому основные результаты в данной задаче получены численными методами [2]. При этом основное внимание уделяется зарождению пластического течения, контактными напряжениями и усилиям, распределениям напряжений в контактирующих телах, геометрическим параметрам контакта. Количественные данные о деформированном состоянии поверхности в области контакта недостаточны. Это, в первую очередь, относится к геометрическим параметрам напыла, формирующегося вокруг отпечатка. Признавая наличие напыла, его подвергают анализу исключительно с точки зрения влияния на измеряемый диаметр отпечатка.

В связи с этим для описания механизма формирования напыла вокруг отпечатка, для выявления влияния различных факторов на его параметры, для качественного и количественного описания начального напряженного состояния необходимо проведение дополнительных исследований.

В настоящей работе представлены результаты моделирования задачи о вдавливании жесткого конуса в упругопластическое тело с использованием метода конечных элементов. Целью моделирования вдавливания конуса в упруго-пластичное тело является исследование основных геометрических характеристик перемещений и исследование влияния усилия вдавливания индентора и механических свойств материала.

Задача о вдавливании конуса в плоскую поверхность упругопластического тела рассматривается в цилиндрической системе координат (рис. 1).



Характеристики контртела:

- форма поверхности – плоская;
- материал – упругопластический, упрочняющийся;
- модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;
- коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ ;
- диаграмма деформирования материала – билинейная, описываемая пределом текучести  $\sigma_T$ , модулем упругости  $E$  и модулем упрочнения  $E_T$  (МПа).
- предел текучести материала  $\sigma_T = 400$  МПа;
- модуль упрочнения материала  $E_T = 8000$  МПа;

Характеристики индентора:

- тип – конус;
- угол при вершине  $120^\circ$ ;
- материал идеально упругий;
- модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;
- коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ .

Характеристики цикла нагружения модели: в начальный момент времени ( $t_0 = 0$ ) конус контактирует с поверхностью по площадке радиусом  $r_c \rightarrow 0$ , нагрузка  $F = 0$ . В течение промежутка времени ( $t_0, t_1$ ) нагрузка равномерно возрастает до значения  $F_{max}$ . Затем следует выдержка до момента времени  $t_2$  и равномерная разгрузка.

Для данной задачи сила, действующая на индентор  $F = 250$  Н.

Изменяемые параметры:

- предварительные напряжения –  $-0,95\sigma_T; -0,475\sigma_T; +0,475\sigma_T; +0,95\sigma_T$ ;

Рис. 1. Система координат в задаче о вдавливании конуса:  $h$  – глубина отпечатка,  $d$  – диаметр отпечатка

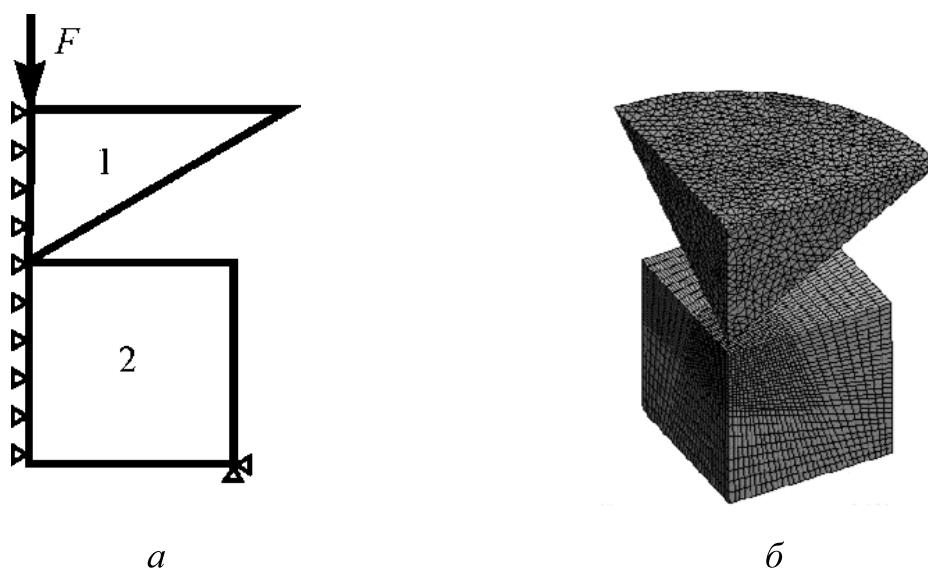


Рис. 2. Расчетная схема (а) и конечно-элементная сетка (б)

Задача смоделирована в трехмерной постановке. Расчетная схема и конечно-элементная разбивка представлены на рис. 2.

В модели использованы элементы нескольких типов: структурные (двумерные 4-х узловые) и контактные. Материал зоны 1 изотропный, упругий. В зоне 2, где происходит упругопластическое течение, материал упругопластический с билинейной диаграммой деформирования.

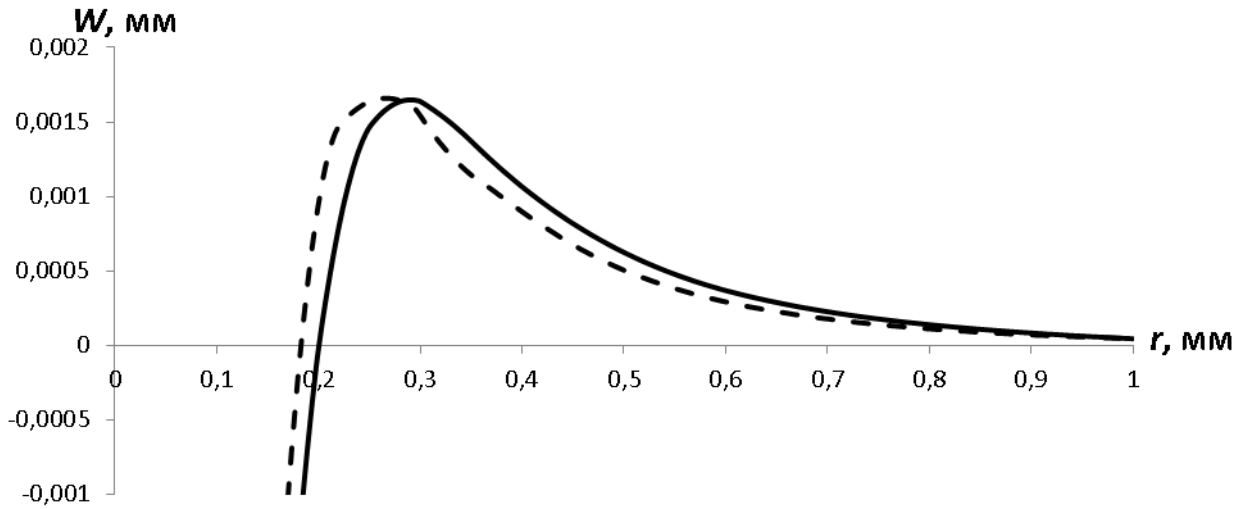
Важным параметром, влияющим на достоверность расчета, подробность получаемых полей напряжений и перемещений, устойчивость численного счета является размер конечного элемента. Для определения необходимой и достаточной густоты разбивки в зоне пластического течения исследовано влияние величины элемента и его формулировки на форму профиля перемещений вокруг отпечатка. Критерием необходимости и достаточности является сходимость формы профиля при измельчении разбивки. Для конструкционных сталей с билинейной диаграммой деформирования доступны две модели пластичности – с изотропным и кинематическим упрочнением. В контактной задаче возможно пластическое течение обратного знака в процессе разгрузки, поэтому использована модель пластичности

с кинематическим упрочнением. Достоинством изотропной модели упрочнения является более высокая скорость счета. Для контактной задачи, в которой возможно пластическое течение обратного знака в процессе разгрузки, необходим учет Баушингера, поэтому рекомендуется использовать модель пластичности с кинематическим упрочнением [2, 3].

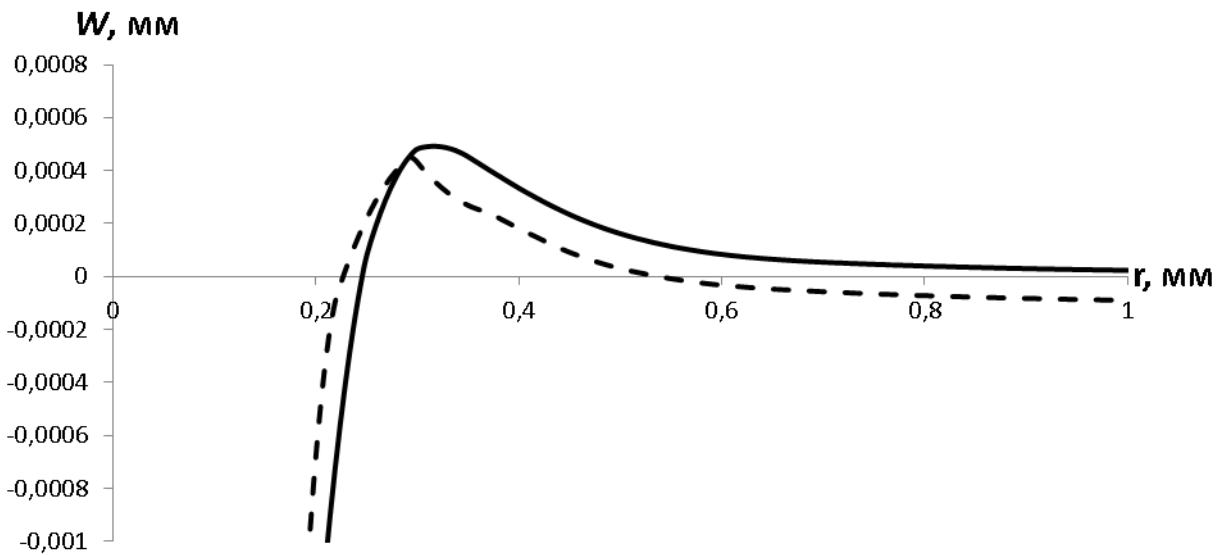
Начальные напряжения можно задавать различными способами, с целью подобрать наиболее подходящий проведена серия расчетов, в которых начальные напряжения задавались при помощи давления и температуры. Результаты некоторых показаны на рисунке 3.

Сравнение полученных данных показывает, что результаты отличаются не значительно в пределах 5-7%, а время расчета при задании начальных напряжений с помощью температуры в три раза превышает время расчета при задании начальных напряжений с помощью давления, что очень существенно. Дальнейшие расчеты проводились с помощью давления.

Остаточные напряжения в детали оказывают существенное влияние на распределение нормальных перемещений в наплыве вокруг отпечатка индентора (рис. 4). Сжимающие остаточные напряжения вызы-



а



б

Рис. 3 – а – Начальные напряжения  $-0,95\sigma_t$ ;  
б – Начальные напряжения  $+0,475\sigma_t$  – давление, --- температура

вают увеличение максимального перемещения  $W_{\max}$  в наплыве, причем с ростом сжимающих напряжений это перемещение возрастает. Расстояние от центра отпечатка до точки с максимальным перемещением  $r_{\max}$  (радиус наплыва) при этом практически не изменяется. Растягивающие остаточные напряжения, наоборот, вызывают уменьшение максимального пе-

ремещения  $W_{\max}$ . С ростом растягивающих остаточных напряжений увеличивается радиус наплыва  $r_{\max}$ , профиль нормальных перемещений приобретает более пологую форму, а при приближении остаточных напряжений к пределу текучести материала перемещения в наплыве становятся отрицательными, радиус  $r_{\max}$  теряет физический смысл.

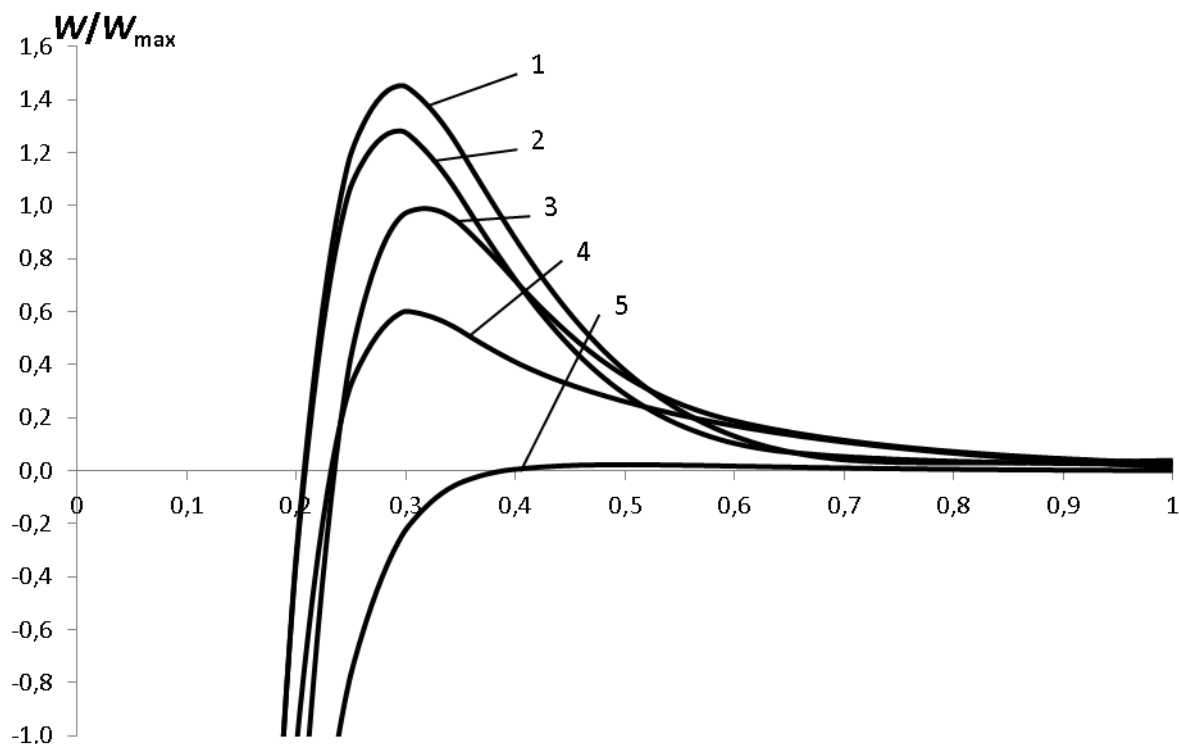


Рис. 4 – Влияние остаточных напряжений в контртеле на распределение нормальных перемещений в наплыве: 1 –  $\sigma_{ост} = -0,95\sigma_T$ ; 2 –  $\sigma_{ост} = -0,475\sigma_T$ ; 3 –  $\sigma_{ост} = 0$ ; 4 –  $\sigma_{ост} = +0,475\sigma_T$ ; 5 –  $\sigma_{ост} = +0,95\sigma_T$

Следует отметить, что при изменении остаточных напряжений от  $-\sigma_T$  до  $+\sigma_T$  материала детали существенно изменяется глубина отпечатка, а диаметр отпечатка изменяется незначительно, в пределах 3...5% от его величины, полученной для ненапряженного материала.

Для количественного описания зависимости перемещения  $W$  от величины остаточных напряжений целесообразно использовать не абсолютное его значение или отношение  $W/W_{max}$ , а относительное изменение  $\Delta W/W_{max} = (W - W_{max})/W_{max}$ , которое показывает связь между изменениями перемещений и остаточными напряжениями в независимом от свойств материала детали виде (рис. 5). Уравнение, описывающее влияние остаточных напряжений на это относительное изменение перемещения имеет вид

$$\frac{\Delta W}{W_{max}} = 1 - e^{\frac{7\sigma_{ост}}{5\sigma_T}} \quad (1)$$

Уравнение (1) показывает, что относительное изменение перемещения в наплыве в точках на фиксированном расстоянии  $r = 1,33 r_{отт}$  от центра отпечатка зависит только от остаточных напряжений. Для данного материала оно учитывает все возможные варианты – изменение диаметра отпечатка (через величину перемещения  $W_{max}$ ), величину и знак остаточных напряжений. Погрешность описания расчетных данных уравнением (1) не превышает по абсолютному значению 9,7%.

Для наглядности влияния остаточных напряжений восстановлена поверхность наплыва (рис. 6)

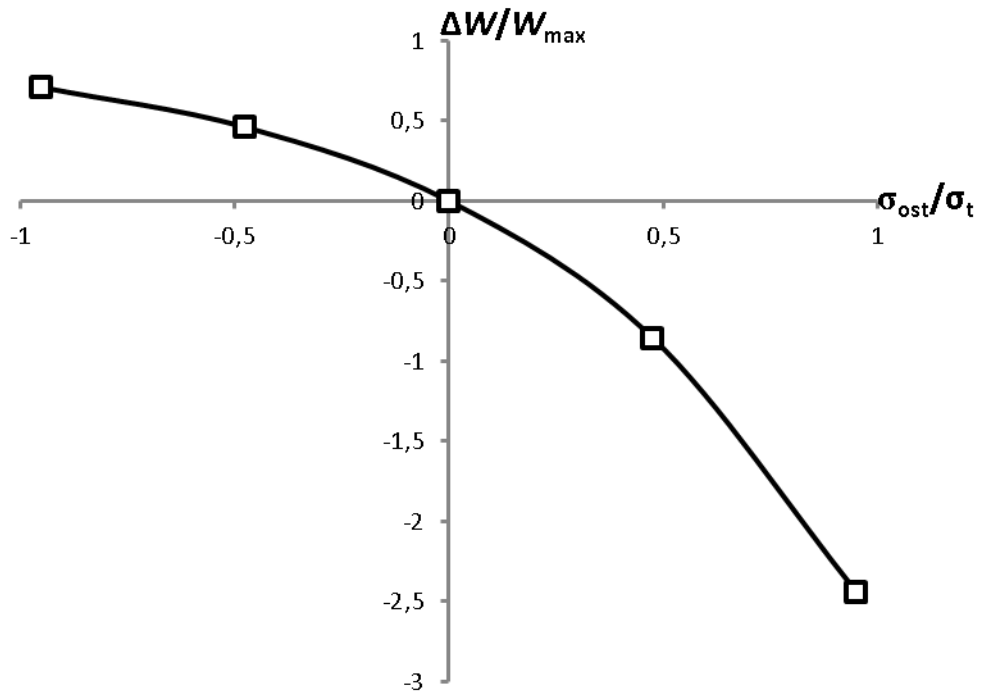
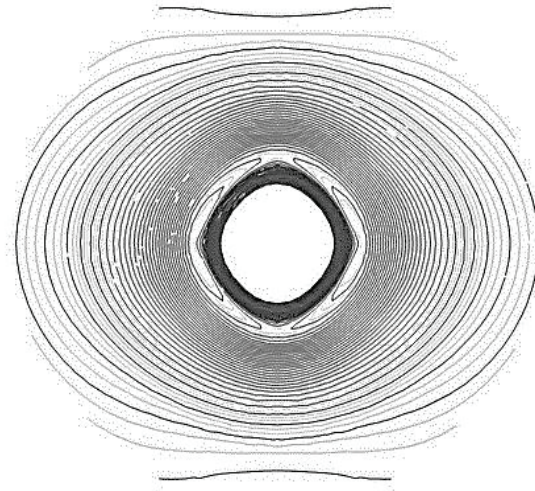


Рис. 5 – Зависимость разности перемещений  $\Delta W$  от остаточных напряжений в детали

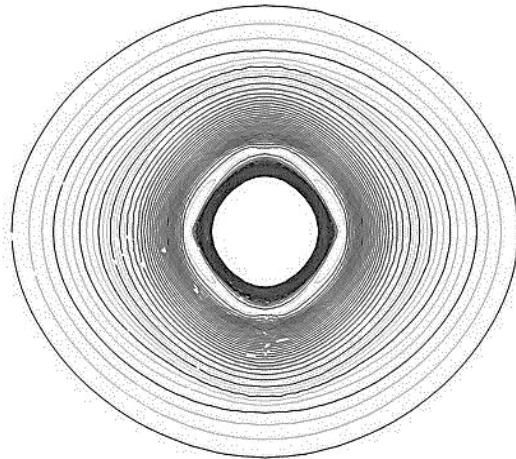


Рис. 6 – Образование «седла» в наплыве отпечатка при действии сжимающих или растягивающих остаточных напряжений

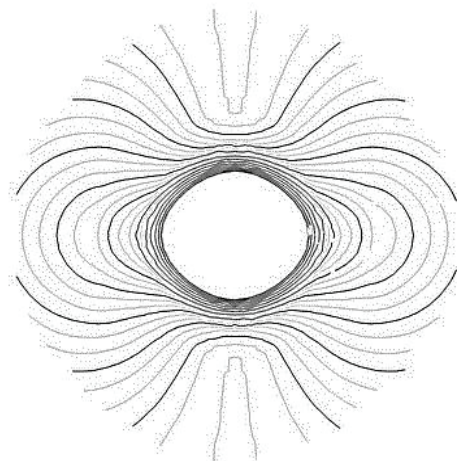
Получены карты уровней для пяти рассмотренных остаточных напряжений (рисунок 7).



$$a - \sigma^{\text{ост}} = -0,95\sigma_T$$



$$b - \sigma^{\text{ост}} = -0,475\sigma_T$$



$$v - \sigma^{\text{ост}} = +0,95\sigma_T$$

Рис. 7. Карты уровней нормальных перемещений вокруг отпечатка для пяти остаточных напряжений.

Анализ результатов расчетов показал, что остаточные напряжения оказывают значительное влияние на распределение нормальных перемещений вокруг отпечатка. С помощью уравнения (1), зная относительные изменения нормальных перемещений и предел текучести материала, можно определить остаточные напряжения.

### Список литературы

1. А.с. 1158855 СССР, МКИ G 01 В 5/30. Способ оценки остаточных напряжений / О.П. Осташ, Б.М. Зайдель, В.Т. Жмур-Клименко // Открытия. Изобретения.– 1985.– №20.
2. Качанов Л.М., Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969. 420 с.
3. Джонсон К., Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 1989. 510 с.
4. Работнов Ю.Н., Механика деформируемого твердого тела: учеб. пособие. М.: Наука, 1988. 712 с.
5. Филин А.П., Прикладная механика твердого деформируемого тела. М.: Наука, 1975. Т. 1. 832 с.
6. Смирнов С.В., Экземплярова Е.О. Учет различных факторов при моделировании внедрения конического индентора в упругопластический материал / Ресурс и диагностика материалов и конструкций: мат-лы IV рос. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2009.
7. Коновалов Д.А., Разработка методики восстановления кривой деформационного упрочнения металлических материалов по диаграммам вдавливания конических инденторов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2007.
8. Игнатъев А.Г., Расчет остаточных перемещений при упругопластическом контактном взаимодействии шарового индентора с плоской поверхностью контртела. Сообщение 1. Разработка конечно-элементной модели и основные закономерности // Современные технологии и бизнес: сб. науч. трудов.– Челябинск: ЧНЦ РАЕН, 2006.– Вып.1.– С. 49-60.
9. Hardy C., Elastoplastic indentation of a half-space by a rigid sphere / С.Hardy, С.N.Baronet, G.V.Tordion // J. Numerical Methods in Engng.– 1971.– №3.– P. 451.
10. Jackson R., A finite element study of the residual stress and deformation in hemispherical contacts / R.Jackson, I.Chusoipin, I.Green // J. of Tribology.– 2005.– v.127, №7.– P. 484-493.
11. Игнатъев, А.Г. Метод измерения остаточных напряжений на основе упругопластического контактного взаимодействия // Вестник ЧГАУ.– 2007.– Вып. 50.– С. 51-59.
12. Игнатъев, А.Г. Расчет остаточных перемещений при упругопластическом контактном взаимодействии шарового индентора с плоской поверхностью контртела. Сообщение 2. Влияние механических свойств материала на диаметр остаточного отпечатка / А.Г.Игнатъев // Современные технологии и бизнес: сб. науч. трудов.– Челябинск: ЧНЦ РАЕН, 2006.– Вып. 1.– С. 61-70.

## ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ МАЛОЛЕСНЫХ РЕГИОНОВ

Семенютина А. В., Свинцов И. П., Таран С. С.,  
Кружилин С. Н., Хужахметова А. Ш.,  
Семенютина В. А., Ульянов Д. В.  
Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации (Волгоград)  
vnialmi@yandex.ru

**Аннотация.** Мероприятия по мобилизации древесных видов для лесомелиорации деградированных земель показали преимущества применения адаптированного поколения растений для формирования долговечных лесомелиоративных комплексов, что способствует обеспечению экологической, социальной и экономической стабильности агро- и урболандшафтов засушливой зоны.

**Ключевые слова:** агролесомелиорация, урбанизация, озеленение, растительность.

## PRINCIPLES OF FORMATION OF BIODIVERSITY FUND PLANTING MATERIAL OF TREE SPECIES TO IMPROVE ENVIRONMENTAL SITUATION SPARSELY REGIONS

Semenjutina A. V.,  
Svincov I. P.,  
Taran S. S.,  
Kruzhilin S. N.,  
Huzhahmetova A. Sh.,  
Semenjutina V. A.,  
Ul'janov D. V.  
All-Russian Research Institute of sylvicultural reclamation (Volgograd)

**Abstract.** Mobilization activities woody species for afforestation of degraded lands have shown the benefits of application generation plants adapted to form durable agroforestry systems, which promotes environmental, social and economic stability of the agricultural and urbolandshaftov arid zone.

**Keywords:** agroforestry, urbanization, trees, vegetation, landscape.

**В**ведение. С целью обеспечения потребности в адаптированном посадочном материале для ландшафтного лесомелиоративного обустройства малолесных регионов России необходимо разработать научно обоснованные принципы создания фонда посадочного материала видового и формового разнообразия хозяйственно ценных деревьев и кустарников.

Объектами для разработки методологии и обоснования возможностей постоянного функционирования питомников с целью обогащения лесомелиоративных комплексов являлись интродукционные

ресурсы древесных растений ВНИАЛМИ и его опытной сети, интродукционные и производственные питомники, семенные участки, маточники и плантации в агро- и урболесных экосистемах аридного пояса России (Алтайский край, Волгоградская, Астраханская, Самарская обл.).

Настоящие научно обоснованные принципы разработаны на основе научных исследований и базируются на многолетнем эколого-экспериментальном мониторинге по интродукции, селекции, семеноведению и питомниководству древесных видов.



Они включают теоретически обоснованные и экспериментально подтвержденные требования к оптимизации дендрофлоры при мобилизации биологического потенциала адаптированных интродукционных ресурсов, повышения биоразнообразия и устойчивости лесомелиоративных комплексов, а также создания комфортных условий для проживания населения. Базируются на позициях: экологичности, хозяйственной пригодности, инновационной привлекательности, непрерывности функционирования и согласуются с Глобальной стратегией сохранения растений, необходимых для ведения сельского хозяйства, Федеральным законом РФ от 10.02.2002 г. “Об охране окружающей среды”, Стратегией развития защитного лесоразведения в РФ на период до 2020 г.

Мероприятия по мобилизации древесных видов для лесомелиорации деградированных земель показали преимущества применения адаптированного поколения растений для формирования долговечных лесомелиоративных комплексов, что способствует обеспечению экологической, социальной и экономической стабильности агро- и урболандшафтов засушливой зоны. Практическая результативность работ подтверждена актами внедрения, с полученным социально-экономическим эффектом.

1. Концепция сохранения и использования биоразнообразия интродукционных ресурсов. Сохранение и использование биоразнообразия интродукционных ресурсов ВНИАЛМИ способствует повышению ресурсного потенциала и формированию оптимальных условий для проживания населения аридных регионов России, обогащению дендрофлоры аридных территорий хозяйственно ценными растениями. Основным методом сохранения генофонда является создание фонда посадочного материала, введение его в культуру искусственных ценозов и формирование из них многофункциональных лесонасаждений – озеленительных, полезащитных, овражно-балочных, пастбищезащитных и др. Научно обоснованные принципы создания фонда посадочного материала видового и формового разнообразия хозяйственно ценных деревьев и кустарников включают (рисунок 1):

- *эколого-биологический принцип* – оптимизацию интродукционных ресурсов и расширение биоразнообразия хозяйственно ценных древесных видов, выделение адаптивного генофонда, научно обоснованное семеноведение, семеноводство и районирование ассортимента для целей питомниководства. Он носит научный, системно-комплексный и региональный характер;
- *ландшафтно-организационный принцип* – сбалансированное взаимодействие растительных ресурсов и природно-антропогенных факторов в целях ослабления процессов деградации и восстановления экосистем через создание структурно-функциональных объектов (маточников, семенной базы, питомников и др.);
- *хозяйственно-экономический принцип* – повышение эффективности и экономичности производства посадочного материала, формирование инновационного продукта с учетом анализа потенциального спроса и госзаказа.

Многофункциональность насаждений в природно-антропогенных образованиях достигается балансом измененных человеком компонентов среды и природных процессов и обеспечивается расширением биологического и генетического разнообразия во времени и пространстве; созданием многоярусной структуры; чередованием комплексов (лесополоса, поле, водоем, луг и т.д.); дифференцированным подбором и введением в культуру экономически важных деревьев и кустарников.

2. Краткая характеристика засушливой зоны России и особенности создания в ней фондов посадочного материала. Ксеротермический режим климата районов Нижнего Поволжья и Западной Сибири определяет аридную направленность формирования растительности и оказывает влияние на создание фондов посадочного материала. По лесомелиоративному районированию, разработанному ВНИАЛМИ:

- в сухостепную зону входят Волго-Донской и Кулундинский районы;
- в полупустынную – Ергенинско-Сарпинский и Волго-Уральский (рисунок 2).

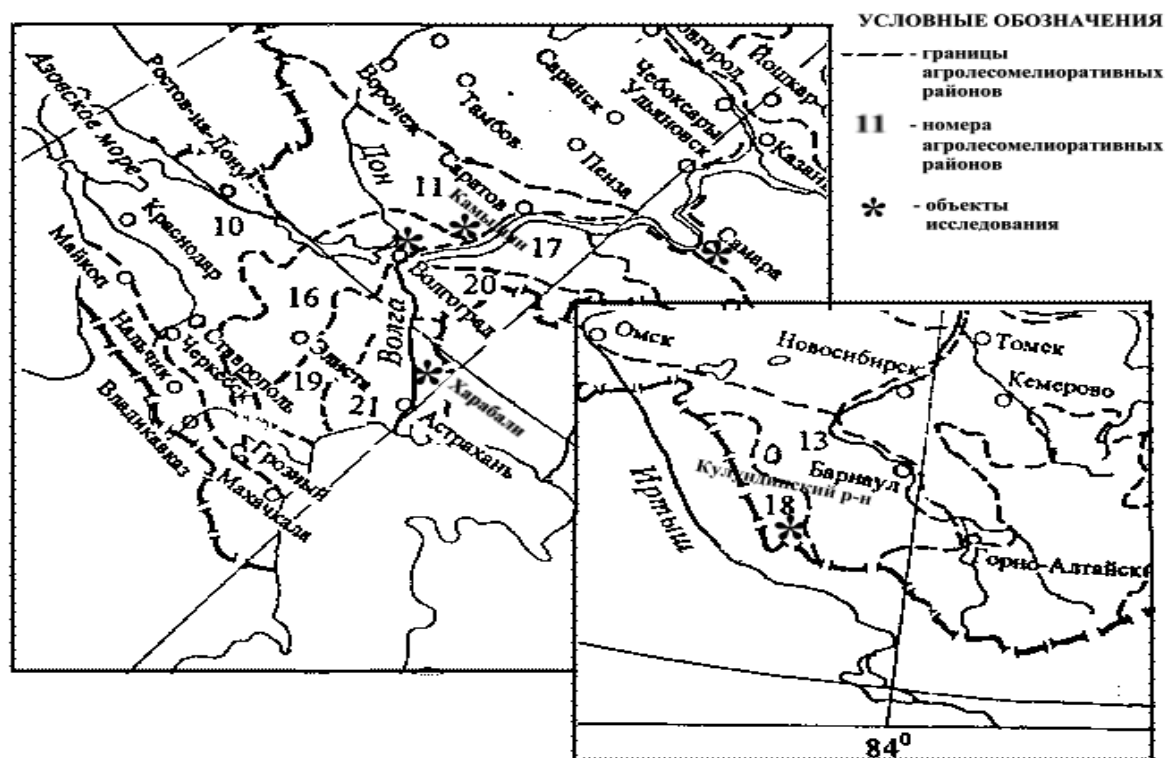


Рисунок 1. Научно обоснованные принципы формирования фонда посадочного материала

Таблица 1

**Абиотические показатели природных районов**

Район	Почвы	Сумма осадков, мм	Сумма эффект. температур, °С	Амплитуда температур, °С	Коэффициент		
					континентальности	климатический индекс биопроductивности	увлажнения
Кулундинский	Темнокаштановые, каштановые в комплексе с солонцами	240-350	2200-2700	-50 +40	218	67	0,33–0,44
Волго-Донской	Темнокаштановые, каштановые	250-350	2750-3600	-35 +40	208	68	0,33–0,44
Ергенинско-Сарпинский	Светлокаштановые в комплексе с солонцами	240-300	2800-3600	-35 +41	215	39	0,11–0,33
Волго-Уральский	Светлокаштановые в комплексе с солонцами, солончаками, темноцветные	130-300	2800-3600	-35 +44	215	39	0,11–0,33



15 - Терско-Кумский сухостепной, 16 - Волго-Донской сухостепной, 17 - Волго-Уральский сухостепной, 18 - Кулундинский, 19 - Ергенинско-Сарпинский полупустынный, 20 - Волго-Уральский полупустынный, 21 - Черноземельско-Прикаспийский полупустынный.

Масштаб 1:10 000 000

Рисунок 2. Лесомелиоративные районы засушливой зоны России

Засушливые зоны этих территорий занимают огромные площади и характеризуются большим разнообразием лесорастительных условий – темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые (таблица 1).

На большой территории, охваченной исследованиями, климатические условия далеко не равноценны, в Поволжье они ухудшаются с северо-запада на юго-восток, в Кулундинской степи с юга на север (таблица 2, рисунок 3).

Как для Поволжья, так и для Кулундинской степи характерными являются: высокая степень континентальности, засушливость, неустойчивость режима увлажнения и большая изменчивость климата.

Влажность воздуха имеет решающее значение для роста молодых древесных растений. Относительная влажность меняется в больших пределах по време-

нам года и в течение дня. Низкие показатели наблюдаются в самые жаркие дни и в полуденное время. Часто повторяющаяся атмосферная засуха заставляет предпринимать специальные меры борьбы с ней (своевременный полив). Неблагоприятные условия влагообеспеченности создают опасность гибели всходов и сеянцев от иссушения, которое вызывает дефицит водного питания и приводит к сильному уплотнению почвы.

Опасным периодом является ювенильная стадия развития растения (от прорастания семян до образования настоящих листьев). Большие колебания температур создают опасность повреждения сеянцев при перезимовке в питомнике, особенно у видов и сортов с низкой морозоустойчивостью, а также от ожогов листьев в период вегетации.

Таблица 2

## Почвенно-климатическая и гидрологическая характеристика района исследований

Дендрарии	Год посадки	Среднегодовое показатели					Тип почв	% гумуса	Глубина грунтовых вод, м
		Температура воздуха, °С	Максимальная, °С	Минимальная, °С	Относительная влажность воздуха, %	Осадки, мм			
<i>Волгоградский</i>	1962	7,6	43	- 35	41	350	Светло-каштановые среднесуглинистые	0,8-1,2	4-5
<i>Камышинский</i>	1931	5,4	41	-39	40	386	Темно-каштановые супесчаные	1,5-2,5	>10
<i>Поволжский</i>	1950	3,7	40	-45	46	395	Обыкновенные среднесуглинистые черноземы	5-6	8-15
<i>Кулундинский</i>	1977	1,9	41	-50	50	270	Каштановые легко-суглинистые	1,4-2,5	5-6

Большой ущерб питомникам наносят сильные ветры в сухую погоду. Возврат холодов и ночные заморозки в ранневесеннее время приводят к повреждению всходов древесных видов. Повторяющиеся безснежные холодные зимы вызывают массовое вымерзание посадочного материала (гледичия, робиния, хеномелес, унаби и др.).

Положительным для создания фонда посадочного материала в засушливом поясе России является большая продолжительность вегетационного периода, высокая освещенность, что позволяет получать стандартный посадочный материал видового и формового разнообразия хозяйственно ценных деревьев и кустарников для лесомелиорации.

Климат аридных регионов России 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.

Факторы среды влияют на плодоношение и семеношение интродуцированных древесных растений, препятствуют проведению мероприятий по созданию фонда посадочного материала и экологически устойчивых защитных и озеленительных насаждений в засушливом регионе России.

3. Объекты для обоснования формирования фонда посадочного материала в малолесных регионах. Формирование фонда посадочного материала в малолесных регионах с целью мобилизации адаптированного биологического потенциала хозяйственно ценных видов для лесомелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны должно решаться в комплексе биоэкологических, природоохранных и тех-

нологических задач, направленных на сохранение, восстановление, непрерывное использование компонентов разнообразия дендрофлоры, повышение ресурсного потенциала и формирование оптимальных условий для проживания населения.

Объектами по решению теоретических и практических вопросов семеноведения древесных интродуцентов в малолесных регионах являются созданные во ВНИАЛМИ интродукционные ресурсы биоразнообразия деревьев и кустарников для рационализации природопользования, борьбы с засухой и опустыниванием, которые включают 660 таксонов древесных растений разного возраста и географического происхождения.

Родовые комплексы семейства *Rosaceae* один из важных для лесомелиоративных целей по многофункциональному использованию древесных растений. Их виды являются хорошими медоносными (*Cotoneaster, Rosa, Spiraea*) и лекарственными растениями (*Crataegus, Aronia, Sorbus* и др.), могут применяться в полезном лесоразведении и других ЗЛН (*Amelanchier, Amygdalus, Crataegus, Rosa* и др.). Они способствуют повышению экологической емкости гнездования птиц, улучшению условий для роста древесных видов и концентрации полезной биоты, стабильно цветут и плодоносят в различных географических пунктах Поволжья (рисунок 5).

Возобновление самосевом создает опасность появления адвентивных видов, способных нарушать природную среду (таблица 3).

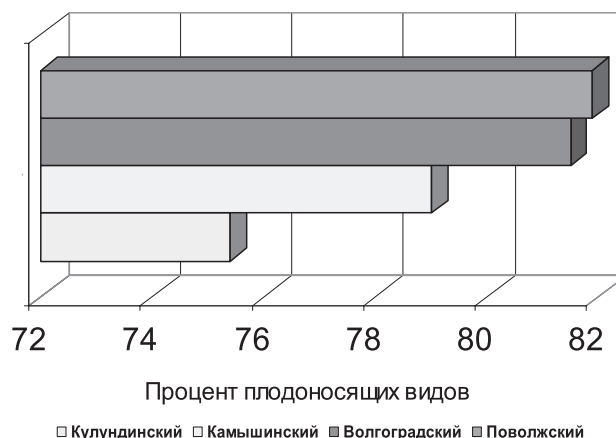


Рисунок 5 – Соотношение коллекционных фондов по плодоношению

Для преодоления принципиальных разногласий по этой проблеме следует: дифференцировать обогащение дендрофлоры с учетом лимитирующих факторов роста и развития растений и эколого-экономического эффекта; в различных экологических условиях осуществлять специальные эксперименты на модельных объектах; обобщать и анализировать поступающую информацию.

При выборе того или иного вида необходимо определять адаптационные возможности и перспективность растений по следующим признакам: засухо-, соле-, морозоустойчивости; репродуктивной способности в культуре; всхожести семян; продуктивности, кормовой ценности и питательности фитомассы и другим хозяйственно ценным свойствам (таблица 4).

Таблица 3

### Оценка интродукционных ресурсов по способности к возобновлению

Способность к возобновлению	Количество видов (%)			
	ГНУ ВНИАЛМИ	ГНУ Поволжская АГЛОС	ГНУ Нижневолжская станция по селекции древесных пород	ГНУ Западно-Сибирская АГЛОС
Искусственно семенами	132 (55,4)	94 (55,3)	45 (42,9)	25 (32,5)
Искусственно вегетативно	25 (10,5)	17 (10,0)	16 (15,2)	16 (20,7)
Вегетативно естественно	30 (12,6)	19 (11,2)	17 (16,2)	18 (23,4)
Самосев	51 (21,5)	40 (23,5)	27 (25,7)	18 (23,4)

Таблица 4

**Адаптация *Zizyphus jujuba* по зимостойкости**

Сорт (возраст, лет)	Экстремально низкие температуры	Степень адаптации по зимостойкости*
Та-ян-цзао (3)	-37°C	0,24-0,34
– “ – “ – (10)		0,77-0,80
Финик (3)		0,21-0,37
– “ – “ – (10)		0,75-0,83
Сочинский (3)		0,26-0,40
– “ – “ – (10)		0,80-0,86
* Растение не повреждается зимними условиями		1,0
Повреждаются эпизодически однолетние побеги до 50 %		0,8
Полностью отмирают побеги текущего года и частично повреждаются более старые ветви		0,6
Обмерзают 2-3-летние побеги и скелетные ветви		0,4
Полностью погибают надземная часть растений (или выше уровня снежного покрова)		0,2

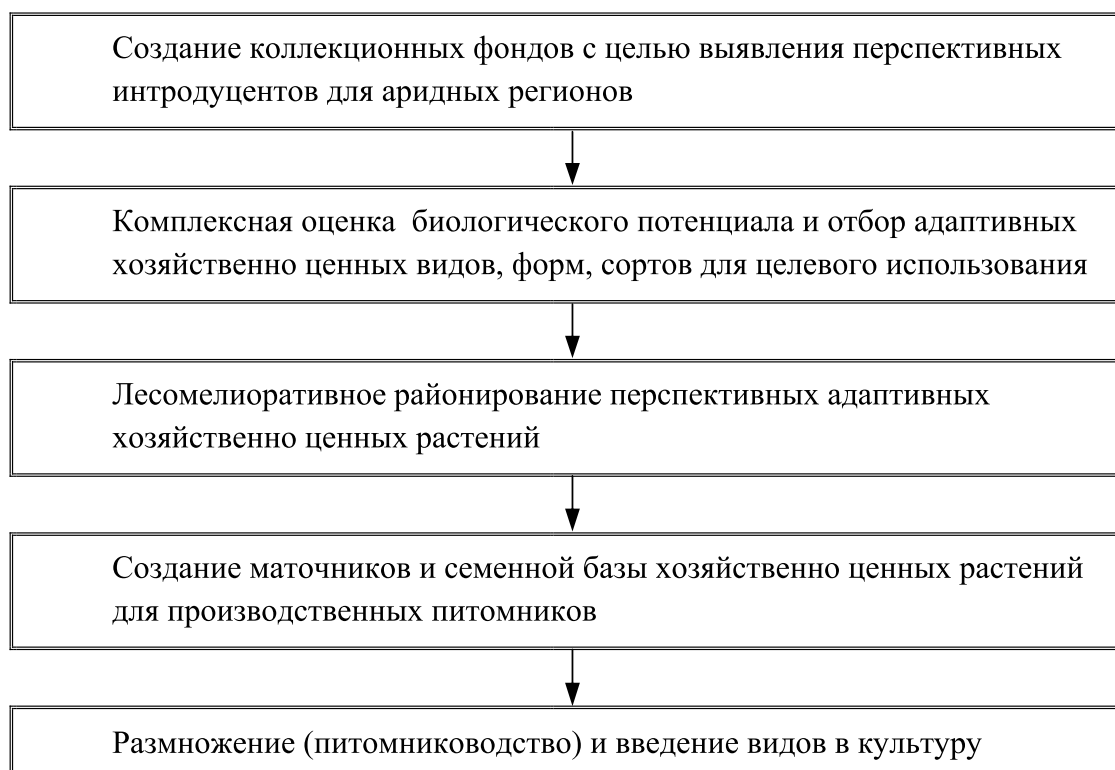


Рисунок 6 – Мероприятия по мобилизации биологического потенциала

Разработку мероприятий по мобилизации генофонда растений для формирования устойчивых защитных лесных экосистем проводят с учетом экологической пластичности хозяйственно ценных интродуцентов и возможности их размножения и введения в культуру (рисунок 6).

Для защитных и озеленительных насаждений сбор исходного материала следует проводить в Ирано-Туранской и Циркумбореальной областях Голарктического флористического царства, где произрастают растения, обладающие толерантностью к ксеротермическим условиям.

В настоящее время генофонды Камышинского, Кулундинского, Поволжского и Волгоградского дендрариев подвергаются все возрастающему антропогенному прессу. Кроме того, свыше половины

деревьев и кустарников в коллекциях представлены экземплярами с предельным возрастом существования в зоне сухих степей. Постоянная убыль образцов из коллекций дендрариев требует непрерывного поддержания численности видов на стабильном уровне. Поэтому необходимо систематически производить дополнения и посадку деревьев и кустарников.

В связи с этим актуальна задача сохранения биоразнообразия генофонда древесных растений за счет введения их в различные типы насаждений: в поле- и сдюзозащитные, придорожные полосы, овражно-балочные насаждения, насаждения на песках. Особенно большую ценность для лесомелиорации представляют виды: *Pinus*, *Larix*, *Yuniperus*, *Acer*, *Quercus*, *Betula*, *Ulmus*, *Populus*, *Ribes*, *Amelanchier*, *Rosa*, *Cotoneaster*, *Caragana* (рисунок 7).

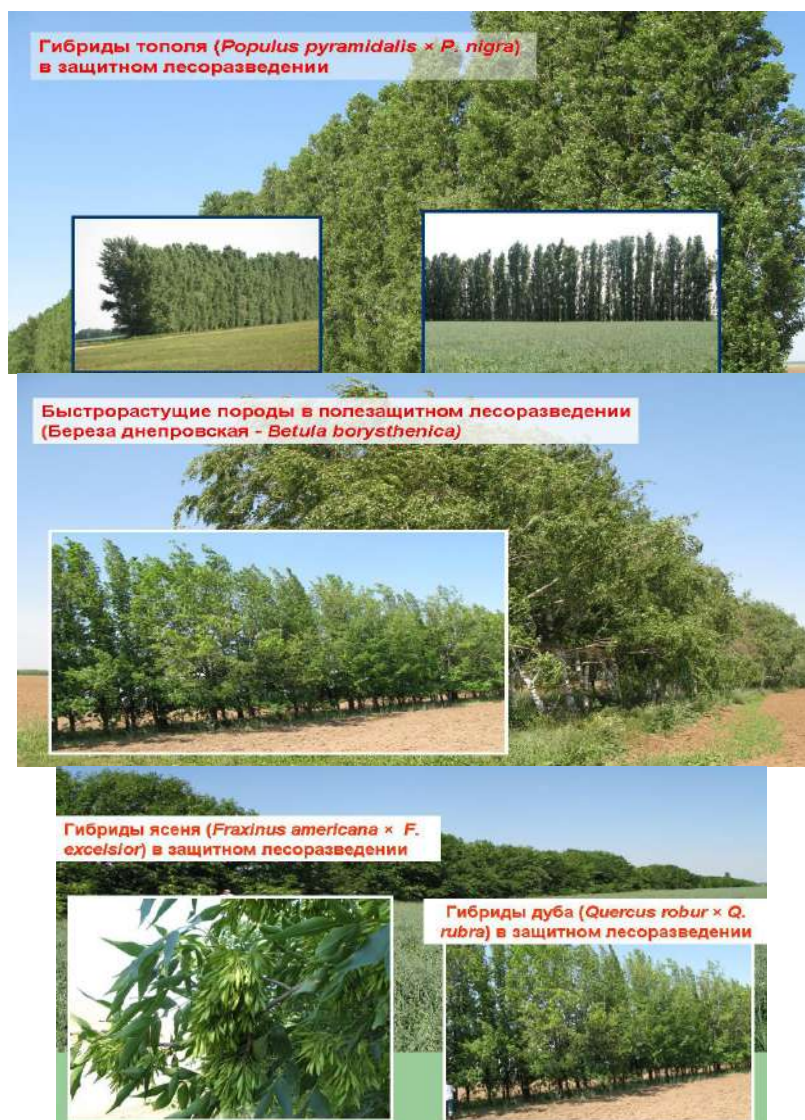


Рисунок 7 – Применение гибридов *Populus*, *Betula*, *Fraxinus* в полезащитном лесоразведении (Николаевский район Волгоградской обл.)

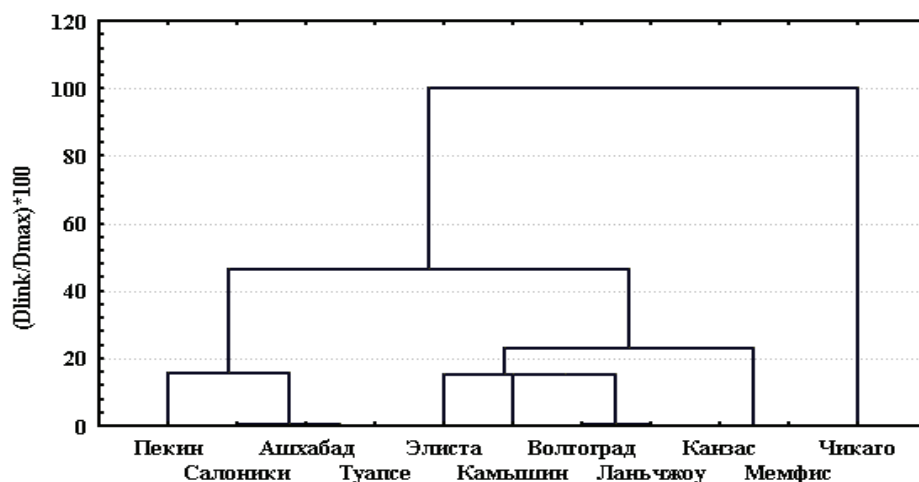


Рисунок 8. Пример построения дендрограммы сходства климатических характеристик на основе евклидовых расстояний

Выявление перспективных видов для мобилизации биологического потенциала хозяйственно ценных растений с целью формирования семян высокого качества проводится по методике кластерного анализа. На основании расчёта Евклидовых расстояний определяется сходство климатических характеристик. Чем больше сходство климата (по гидротермическому коэффициенту, сумме осадков и эффективных температур за вегетационный период, амплитуде температур, среднегодовой температуре воздуха и др.), тем успешнее происходит адаптация растений и стабильнее ритмы развития (рисунок 8).

Роль семенного размножения в процессе акклиматизации выявляется по определению этапа акклиматизации, на котором находится особь или группа особей или популяции древесных интродуцентов. Этапы акклиматизации характеризуют степень развития растений и получение семенной репродукции, обеспечивающей смену поколений.

Большая вероятность отрицательного воздействия на семенную продуктивность растений лимитирующих внешних факторов для древесных растений, у которых соцветия и цветки закладываются во время вегетационного периода, предшествующего году цветения, от формирования генеративных органов до цветения и созревания плодов проходит самый продолжительный период времени. У представителей этой

группы (*Larix dahurica*, *Betula papyrifera*, *Forsythia ovata* и др.) наиболее часто отмечается снижение или отсутствие урожая плодов и семян в неблагоприятные по метеорологическим условиям годы.

Деревья и кустарники, образующие генеративные органы в год цветения, естественно, значительно меньше подвержены влиянию неблагоприятных факторов внешней среды и дают более стабильные урожаи плодов (*Rosa glauca*, *R. rugosa*, *Spiraea bumalda*, *Symphoricarpos albus* и др.).

В качестве обобщающего показателя семенной продуктивности при сравнении данных по географическим пунктам используется генеративный индекс. Выделены 159 (46,5 %) древесных видов из коллекций ВНИАЛМИ с генеративным индексом 0,65-0,79 и широким экологическим ареалом произрастания (полиморфные родовые комплексы семейств *Rosaceae*, *Oleaceae*, *Fabaceae*, *Caprifoliaceae*). Они перспективны для лесомелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны (рисунок 9).

Снижение семенной продуктивности у одних и тех же видов в различных географических условиях может происходить:

- из-за вымерзания репродуктивных почек, бутонов и цветов;
- массового опадения цветков и завязей под влиянием дождей в период цветения;



- массового опадения завязей под влиянием засухи в период формирования завязавшихся плодов;
- отсутствие устойчивого плодоношения у видов с позднезрелыми плодами из-за осенних заморозков;
- отсутствие устойчивого плодоношения у видов с присущим им периодичностью цветения, независящее от погодных условий.

Выделены толерантные к экологическим условиям среды интродукционные популяции (*Acer – negundo, tataricum, ginnala, semenovii, Robinia pseudoacacia, Fraxinus lanceolata; Ulmus - laevis, parvifolia*, кустарники родовых комплексов *Lonicera*,

*Crataegus, Cotoneaster, Amelanchier, Padus, Spiraea, Rosa, Cerasus, Cornus* и др.) с ежегодным обильным цветением, плодоношением и семенами хорошего качества, дающие устойчивое потомство (рисунок 10).

Для формирования устойчивых лесомелиоративных комплексов и улучшения биоресурсов деградированных ландшафтов рекомендованы кустарники (*Rosa, Amelanchier, Crataegus, Chaenomeles*). У них наряду с высоким уровнем адаптации к засушливым условиям по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы (1,54-1,78) отмечено интенсивное плодоношение, высокие показатели завязываемости плодов (77-90%), развитие крупных плодов и семян, хорошая доброкачественность семян.

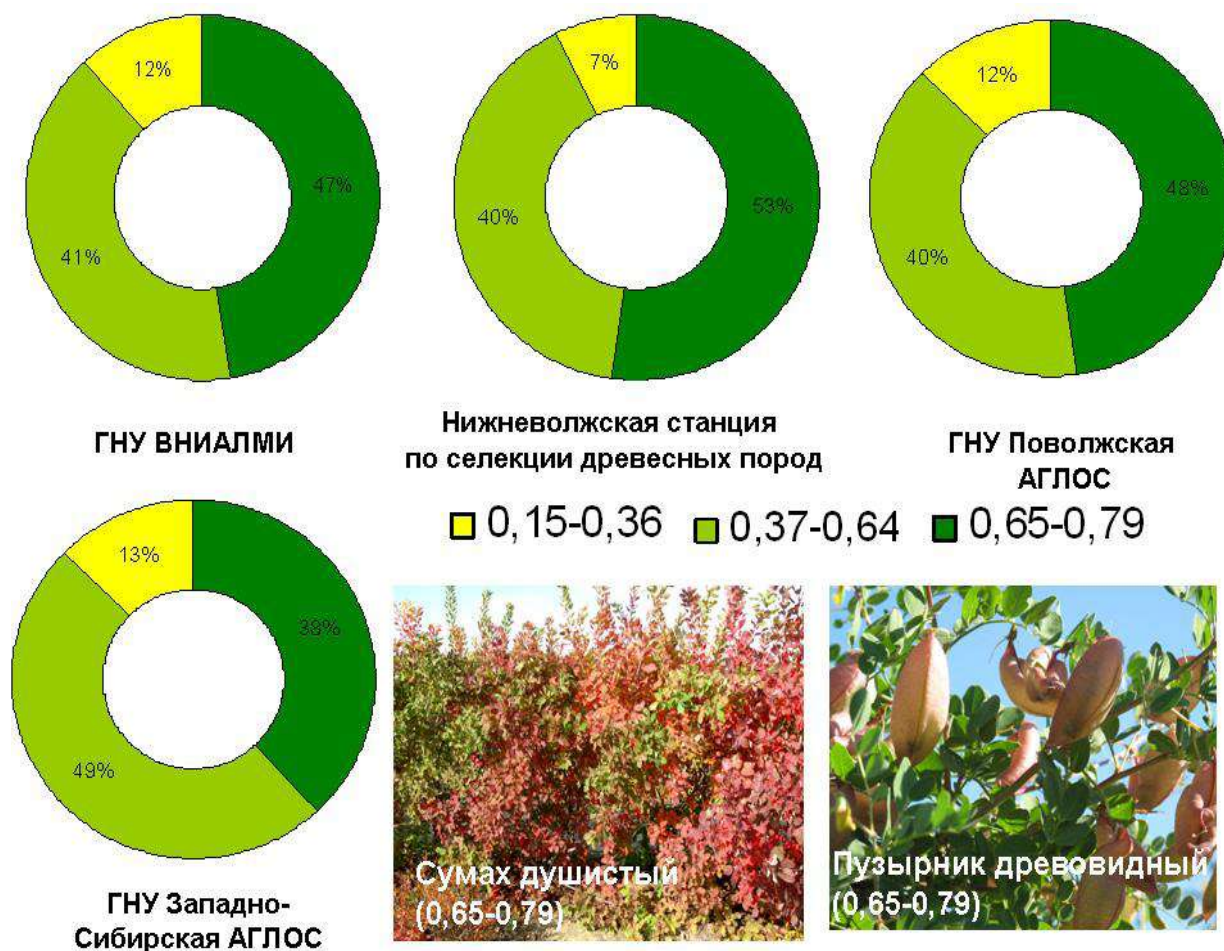


Рисунок 9 – Оценка интродукционных ресурсов по генеративному индексу



*Рисунок 10 – Плодоношение Rosa, Crataegus, Cotoneaster, Amelanchier (светло-каштановые почвы, ФГУП «Волгоградское»)*

Одним из приемов оздоровления и повышения продуктивности лесомелиоративных комплексов является расширение биоразнообразия кустарников многоцелевого назначения: энтомофильных, медоносных, плодово-ягодных, лекарственных и др. На основе изучения адаптационных возможностей и хозяйственно-ценных достоинств коллекционного ма-

териала ВНИАЛМИ для Ергенинско-Сарпинского и Волго-Уральского районов рекомендуются наиболее засухоустойчивые виды (боярышники, спиреи, шиповники, форастьеры, и др.), которые способствуют формированию разнообразной полезной фауны, увеличивая суммарную биологическую продуктивность (таблица 6).

Таблица 6

**Эколого-хозяйственная перспектива применения древесных видов**

Виды	Назначение*					
	1	2	3	4	5	6
<i>Amelanchier spicata</i>	Q	Q	Q(Q)	Q	Q(Q)	Q
<i>Crataegus korolkowii</i>	Q		Q(Q)	Q	Q(Q)	Q
<i>Cerasus tomentosa</i>			Q(Q)		Q(Q)	Q
<i>Colutea orientalis</i>	Q	Q			Q(Q)	Q
<i>Cotoneaster lucidus</i>	Q		Q		Q(Q)	Q
<i>Cotinus coggygria</i>	Q				Q(Q)	Q
<i>Chaenomeles maulei</i>	Q		Q(Q)	Q	Q	Q
<i>Spiraea vanhouttei</i>	Q				Q(Q)	Q
<i>Mahonia repens</i>	Q		Q(Q)	Q	Q(Q)	Q
<i>Ribes aureum</i>	Q		Q(Q)	Q	Q(Q)	Q
<i>Rosa tomentosa</i>	Q		Q(Q)	Q	Q(Q)	Q

\*1 – почвозащитное Q, 2 – почвоулучшающее Q, 3 – плодово-ягодное - Q, пищевое – (Q), 4 – лекарственное Q, 5 – энтомофильное - Q, медоносное – (Q), 6 – декоративное – Q

Для Кулундинского и Волго-Донского сухостепных районов перспективны растения из семейств бобовых, розоцветных (караганы, рябины, рябинники, ирга и др.), которые имеют многоцелевое назначение, являются хорошим связующим звеном между абиотической средой и животными (таблица 7).

Таблица 7

**Ассортимент древесных видов для питомниководства**

Название лесомелиоративных районов	Количество рекомендуемых видов
<i>Волго-Донской</i>	140
<i>Кулундинский сухостепной</i>	86
<i>Ергенино-Сарпинский</i>	192

4. Практические аспекты формирования фонда посадочного материала малораспространенных древесных видов и сортов. Для мобилизации перспективных видов и сортов *Corylus* и *Zizyphus* применим семенной и вегетативный способы размножения. Для крупноплодных сортов *Zizyphus* рекомендуется прививка и окулировка в летний период. В качестве подвоев используют корнесобственные семенные растения. Для воспроизводства крупноплодных сортов *Zizyphus* (Та-Ян-Цзао, Южанин) была проведена прививка методом окулировки (рисунок 11). Техника окулировки общепринятая для плодовых культур.

Для обеспечения сортовой чистоты посадочного материала фундука рекомендуется вегетативный способ размножения горизонтальными и вертикальными отводками. При семенном размножении фундука идет расщепление в сторону диких форм.

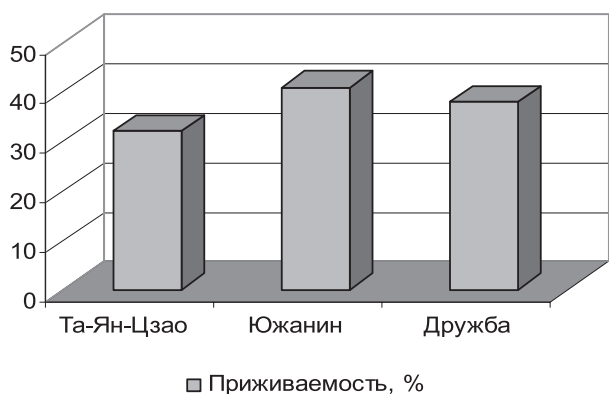
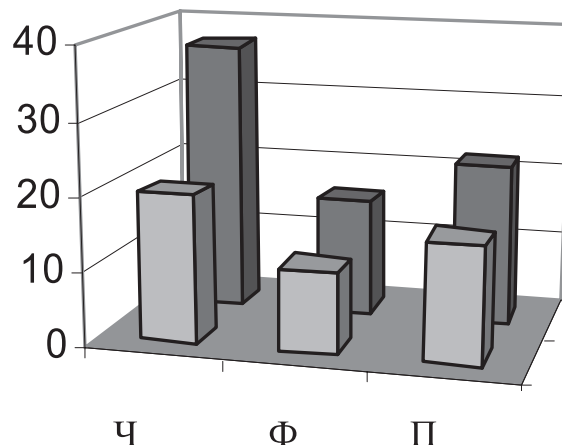


Рисунок 11 – Результаты вегетативного размножения сортов унаби окулировкой

Заниматься промышленным питомниководством материалом семенного происхождения целесообразно только для защитных и озеленительных насаждений (рисунок 12).



Столбец на переднем фоне – Количество стволиков, шт., на заднем – Длина порослевого побега, см. Сорта: Ч – Черкесский-2, Ф - Футкурами, П - Президент

Рисунок 13 – Порослеобразовательная способность сортов фундука



Рисунок 12 – Выращивание сеянцев *Corylus avellana*

Для получения горизонтальных отводков фундука используют побеги маточных кустов, которые в период начала сокодвижения пригибают и прищипывают ко дну канавки (глубина 10 см). Полученный посадочный материал (15-20 шт./куст) достигает за сезон 26,3-34,5 см (рисунок 13).

Для обеспечения 1 га питомника высококачественным посадочным материалом необходимо иметь на маточной плантации до 1000 кустов. Вспашку почвы проводят на глубину 25-30 см с последующим 2-кратным дискованием. Одновременно с вспашкой вносят органические (40-60 т/га хорошо перепревшего навоза) и минеральные (150-200 кг в туках РК)

удобрения. Оптимальные сроки посадки 10-20 октября. При осенней посадке выше процент приживаемости саженцев, эффективнее используются тепловые и водные ресурсы. В целях максимально возможной механизации по уходу за маточником, растения размещают рядами с площадью питания 2 × 0,5 м, на 1 га – 10 тыс. штук исходного материала.

К эксплуатации маточника фундука приступают с третьего года роста растений (рисунок 14). В этот период растения достаточно развиты, имеют хорошую корневую систему, способную образовывать корневую поросль в большом количестве, используемую для получения саженцев.



Рисунок 14 – Маточные кусты фундука (возраст 3 года)

Растения, достигшие 3-летнего возраста, перед вегетацией срезают до основания почвы, вызывая интенсивную порослеобразовательную способность. Ее используют в качестве исходного материала для получения саженцев (рисунок 15).

Первое окучивание, а их за вегетацию проводят трижды, начинают с момента отрастания порос-

ли в зеленой стадии, достигшей 25-30 см высоты. Окучивание проводят на высоте 15-20 см (июнь), второе на такую же высоту в июле и в августе. Общая высота слоя почвы к этому периоду достигает 40-50 см. В этом слое и происходит формирование корней на каждой поросли. Лучше всего укоренение происходит при поливе при каждом окучивании из расчета по 10 литров на каждое маточное растение. Схема эксплуатации маточника фундука представлена на рисунке 16.

При производстве посадочного материала на орошение и применение средств защиты, удобрений приходится 50 % от общих затрат. Применение ручного труда при проведении таких операций как предпосадочная подготовка саженцев, рыхление, окучивание, обрезка и сортировка растений увеличивают трудоемкость процесса выращивания. Анализ структуры прямых затрат на проведение технологических операций показал, что на заработную плату с начислениями приходится 25,1 % (рисунок 17).

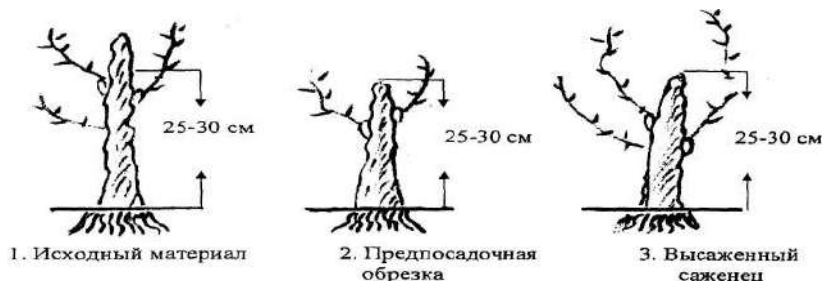


Рисунок 15 – Схема посадки растений фундука

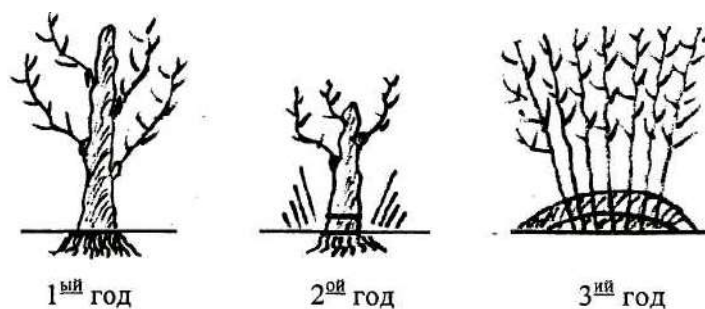
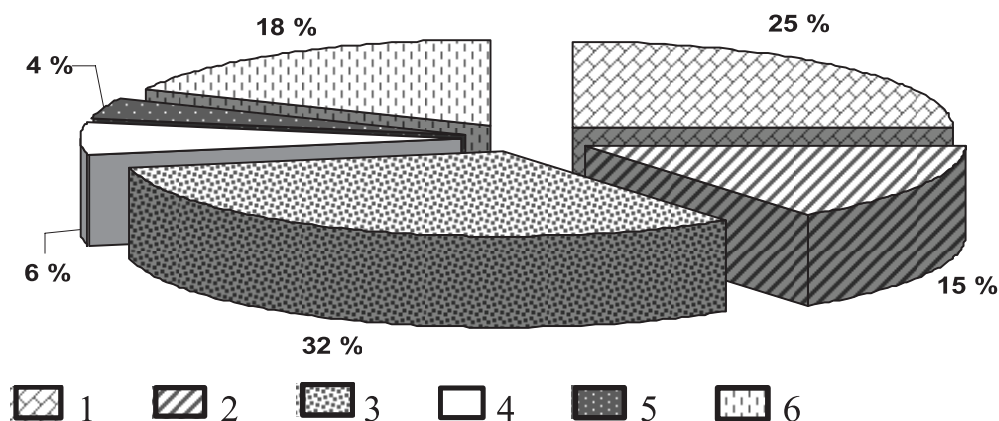


Рисунок 16 – Схема эксплуатации маточника фундука



1 – заработная плата с начислениями; 2 – горюче-смазочные материалы; 3 – удобрения, пестициды; 4 – амортизация и текущий ремонт основных средств; 5 – работа автотранспорта; 6 – затраты на воду.

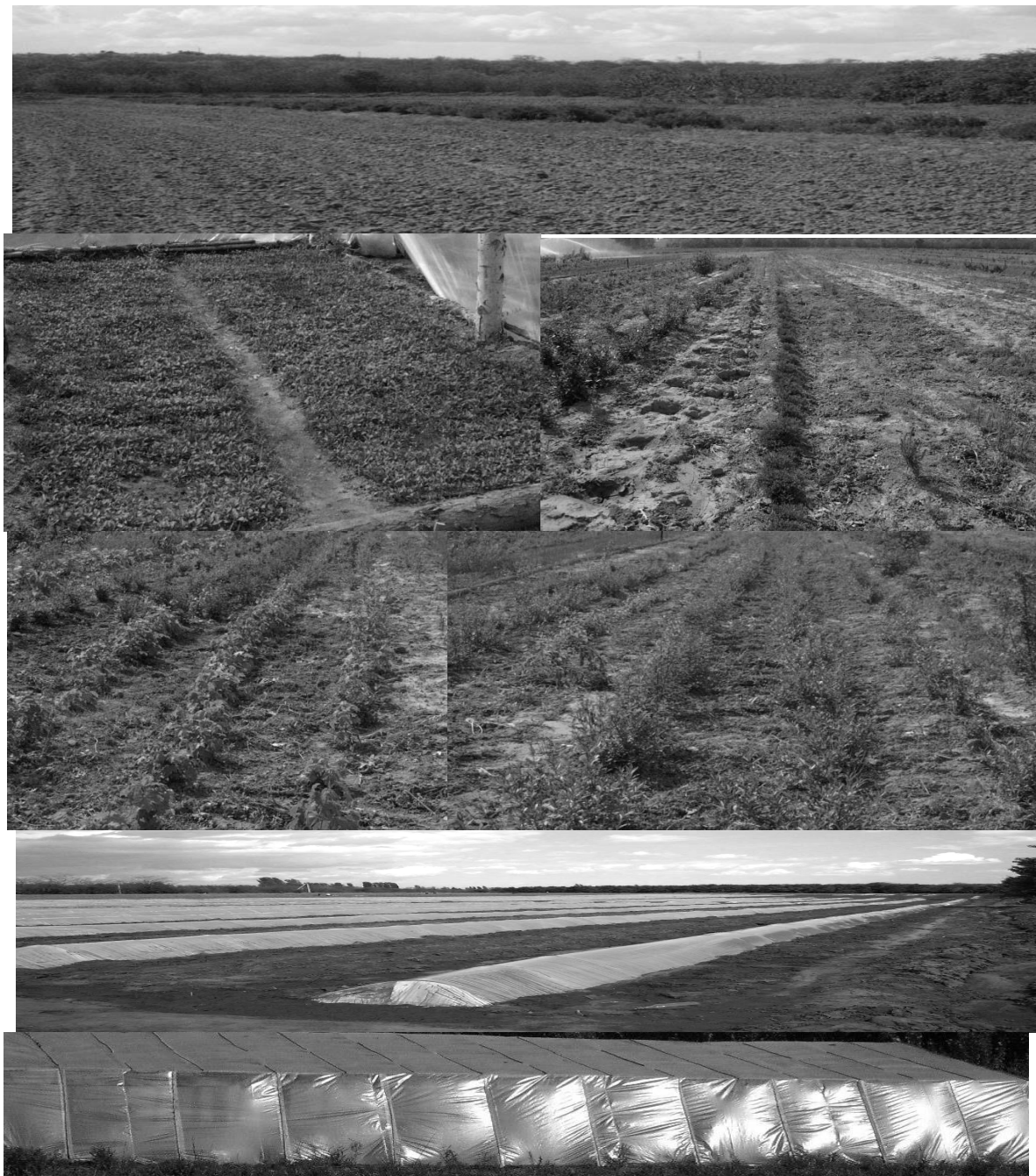
Рисунок 17 – Структура прямых материально-денежных затрат при выращивании посадочного материала

Капитальные вложения на создание маточного питомника составляют 343315,08 руб./га. Разный выход посадочного материала при одинаковой технологии возделывания, влияет не только на себестоимость единицы продукции, но и на экономическую эффективность выращивания саженцев.

Создание маточных насаждений экономически выгоднее из наиболее адаптированного и пластичного сорта Черкесский-2. Рентабельность производства саженцев этого сорта превышает на 54,3 % чем этот показатель у Футкурами. Плановая прибыль от реализации саженцев в сухой степи составляет 258930-323100 руб. Производственные питомники ВНИАЛМИ (ФГУП «Волгоградское» и Нижневолжская станция по селекции древесных пород) являются базой производства посадочного материала хозяйственно ценных растений для агролесомелиорации, защитного лесоразведения и озеленения населенных пунктов засушливого региона. В своей производственной деятельности питомники ВНИАЛМИ специализируются на выращивании адаптированного ассортимента более 100 видов древесных интродуцентов

С 2003 г. в связи с практической реализацией концепции по обогащению дендрофлоры аридных территорий на производственном питомнике ФГУП «Волгоградское», который имеет посевное отделение, школу саженцев деревьев и кустарников, маточное дендрологическое отделение, хозяйственный отдел, создаются фонды посадочного материала адаптированных деревьев и кустарников многоцелевого назначения (рисунок 19).

Важным моментом при выращивании посадочного материала является установление нижней границы расхода воды и оптимальной влажности почвы, при которых в достаточной мере удовлетворяются биологические потребности выращиваемых растений. Получение стандартного посадочного материала семян и саженцев в аридной зоне осложняется варьирующими условиями орошения лесомелиоративных питомников и потребностью выращивания экологически разнообразного ассортимента древесных видов. Внедрение в производство передовой оросительной техники и ресурсосберегающих технологий (полимеров и мульчирующих материалов) обеспечивают снижение расходов на полив при выращивании посадочного материала (рисунок 20, таблица 8).



*Рисунок 18 – Отдел семенного и вегетативного размножения  
производственного питомника ФГУП «Волгоградское» ВНИАЛМИ РАСХН*



Школка кустарников



Рисунок 19 – Производственный питомник ФГУП «Волгоградское»

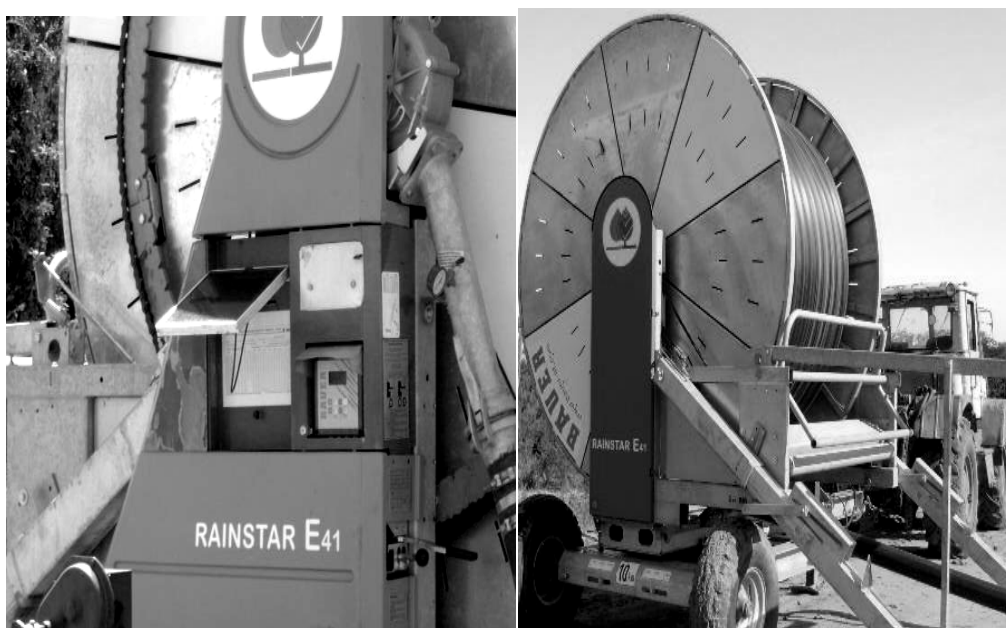
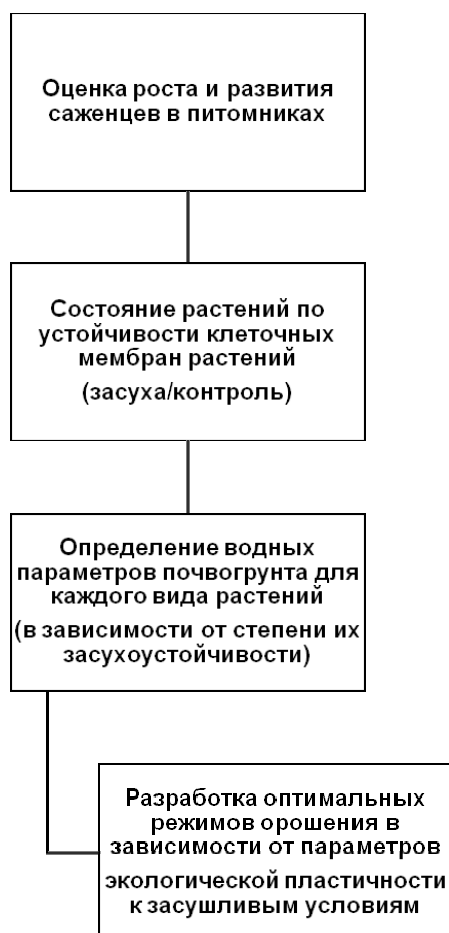


Рисунок 20 –  
Bauer Rainstar E41



**Влияние режима орошения на развитие саженцев**

Виды растений	Оросительная норма, (м <sup>3</sup> /га)	Высота надземной части, см	Количество скелетных ветвей, шт.	Длина корней, см
Бирючина <i>обыкновенная</i>	1800	48,5±2,5	2(3)	< 25
	2200	67,3±1,7	4(5)	> 25
	2400	70,2±2,3	4(5)	> 25
Кизильник <i>блестящий</i>	1800	68,5±3,0	4(5)	> 25
	2200	69,9±3,1	4(5)	25
	2400	75,4±3,9	4(5)	< 25
Роза <i>Беггера</i>	1800	69,1±3,1	4(5)	> 26
	2200	72,3±3,8	4(5)	26
	2400	75,7±3,9	4(5)	< 26
Снежногодник <i>белый</i>	1800	49,4±2,3	2(3)	< 25
	2200	64,6±1,8	4(5)	> 25
	2400	69,3±3,0	4(5)	> 25
Камписис <i>укореняющийся</i>	1800	25,1±1,9	1	< 25
	2200	44,7±2,2	1	< 25
	2400	93,4±4,1	2-3	> 25



На основе применения для полива BAUER RAINSTAR E 41 разработаны индивидуальные возможности обеспеченности водой различных видов кустарников, отличающихся степенью засухоустойчивости и эколого-биологическими особенностями. По параметрам экологической пластичности растений в период засухи разработана схема управления режимом орошения посадочного материала в аридной зоне (рисунок 21).

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

Рисунок 21 – Схема управления режимом орошения при выращивании посадочного материала в аридной зоне

### Список литературы

1. Агролесомелиорация / под ред. А. Л. Иванова и К. Н. Кулика. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – С. 93-102.
2. Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы IV междунар. науч. конф. / Ботсад Ботанического ин-та им. В. Л. Комарова РАН. – Санкт-Петербург, 2009. – 680 с.
3. Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы: материалы междунар. конф., посвященной 70-летию ботсада – ин-та МарГТУ. – Йошкар-Ола: Мар. гос. техн. ун-т, 2009. – 464 с.
4. Конвенция о биологическом разнообразии // Управление окружающей средой: информ. бюл. № 3. – М.: РЭФИА, 1996. – С. 94-123.
5. Кулик К. Н., Свинцов И. П., Семенютина А. В. Эколого- экспериментальная интродукция хозяйственно-ценных растений для агролесомелиорации // Доклады РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 19-24.
6. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны / А. В. Семенютина и [др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 57 с.
7. Повышение биоразнообразия кустарников в рекреационно-озеленительных насаждениях засушливого пояса России (науч.-метод. рек.) / К.Н. Кулик и [др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 64 с.
8. Семенютина А. В. Стратегия сохранения и непрерывного использования дендрологических ресурсов в Нижнем Поволжье // Hortus Botanicus. – 2001. – № 1. – С. 110-111.
9. Семенютина А. В. Ассортимент деревьев и кустарников для мелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны: науч.-метод. рек. – М., 2002. – 59 с.
10. Семенютина А. В. Экоэффективные технологии оптимизации деградированных ландшафтов лесными мелиорациями // Инновационные технологии XXI века для рационального природопользования, экологии и устойчивого развития: материалы форума. – М. – 2004. – С. 323-325.
11. Семенютина А. В. Стратегия обогащения деградированных агроландшафтов // Актуальные инновационные разработки по оптимизации агроландшафтов в условиях рыночных отношений: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – М., 2004. – С. 298-303.
12. Семенютина А. В. Интродукция деревьев и кустарников для обогащения лесомелиоративных комплексов // Вестник РАСХН. – 2008. – № 3. – С. 27-29.
13. Сохранение биологического разнообразия России (правовая и нормативно-методическая документация). – М.: Окаэкос, 1999. – 469 с.
14. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – 34 с.
15. Научно-методические указания по оптимизации дендрофлоры лесомелиоративных комплексов / А.В. Семенютина и [др.]. – Волгоград: ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии, 2012. – 56 с.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И ФОРМИРОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ QUERCUS ROBUR В УСЛОВИЯХ СТЕПИ

Кружилин С. Н.,

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова  
vnialmi@yandex.ru

**Аннотация.** На примере Донского учебно-опытного лесничества (Ростовская область) изучен рост культур дуба (*Quercus robur*), созданных по различным типам смешения. Выявлены закономерности роста, формирования насаждений, разработаны варианты, отличающиеся устойчивостью, долговечностью и производительностью в условиях Нижнего Дона.

**Ключевые слова:** агролесомелиорация, урбанизация, озеленение, растительность.

## REGULARITIES OF GROWTH AND FORMATION OF PLANTINGS OF QUERCUS ROBUR IN THE CONDITIONS OF THE STEPPE

Kruzhilin S. N.,

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of A. K. Kortunov name

**Abstract.** On the example of the Don educational and skilled forest area (Rostov region) growth of the cultures of an oak (*Quercus robur*) created on various types of mixture is studied. Regularities of growth, formation of plantings are revealed, the options differing in stability, durability and productivity in the conditions of Nizhny Novgorod of Don are developed.

**Keywords:** agrosomelioration, urbanization, gardening, vegetation.

Исследования проводились в Донском учебно-опытном лесничестве Ростовской области. В процессе работы заложено 47 пробных площадей (ПП). Проведен анализ роста дуба в разных типах смешения (древесном, древесно-теневом, древесно-кустарниковом, комбинированном) в условиях Д<sub>1</sub> и Д<sub>2</sub> Нижнего Дона. Установлено, что в Д<sub>1</sub> интенсивный рост у дуба отмечается в период с 6 до 20 лет. Средние периодические приросты по  $N=74...60$  см/год, в последующие годы  $\Delta h_{\text{ср.период}}$  снижаются до 56...20 см/год. В Д<sub>2</sub> высокие  $\Delta h$  у дуба отмечены с 6 до 35 лет с некоторым спадом в отдельные годы ( $\Delta h=90...70...44$  см/год).

Дуб черешчатый является главной лесообразующей породой на Нижнем Дону. В условиях степной зоны – зоны недостаточного увлажнения знания лесоводственно-таксационных показателей в разные возрастные периоды позволяют выращивать долговечные насаждения дуба черешчатого. Использование результатов исследований в лесо-

культурной практике будет способствовать улучшению состояния насаждений и повышению их продуктивности.

Установлено, что в условиях Д<sub>1</sub> в первые годы жизни дуб отстает в росте от клена остролистного и липы мелколистной. При ширине междурядий 1,5 м липа и клен создают верхушечное затенение, из-за которого дуб выпадает из насаждения. В дубово-кленовых культурах (ширина междурядий – 3,0 м) период с 11 до 20 лет является наиболее критическим для дуба, т.к.  $H_{\text{ср}}$  клена выше на 1,4 м. К возрасту 25 лет  $H$  дуба и клена выравниваются (дуб –  $13,5 \pm 0,10$ ; клен –  $13,5 \pm 0,10$ ).

В дубово-черноореховых культурах (размещение посадочных мест – 3 x 2 м) дуб до 30 лет отставал в росте от ореха черного (рисунок 1), который опережал в росте дуб, но не создавал угрозы его затенения. В последующие годы дуб превосходил по средней высоте орех черный, к 47 годам его средняя высота была больше, чем у ореха на 1,8 м.

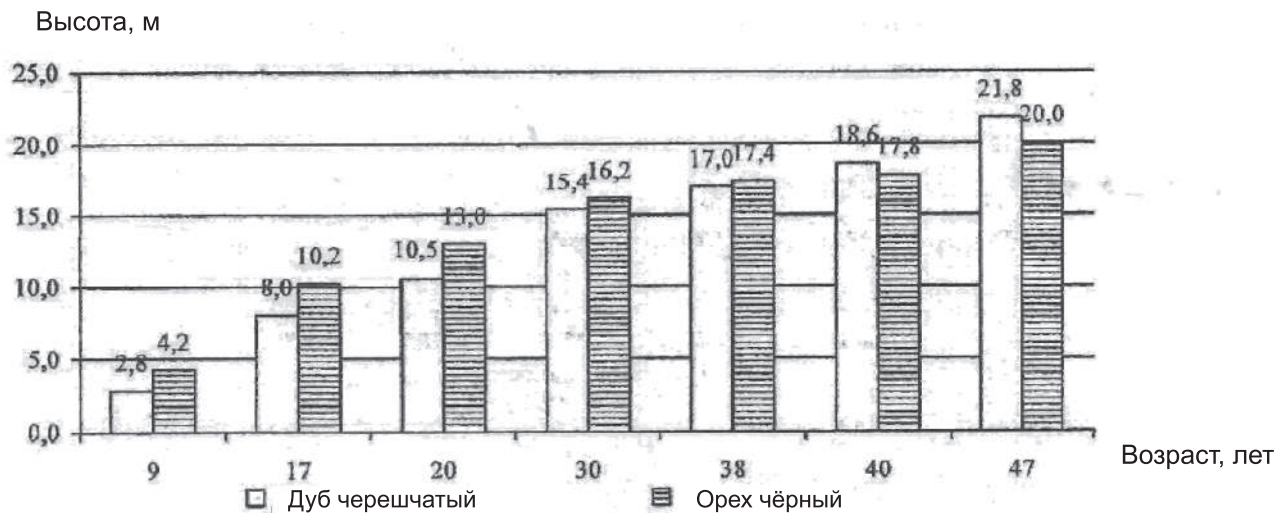


Рисунок 1 – Динамика Нср *Quercus robur* и *Juglans nigra*

В дубово-сосновых культурах дуб рос лучше сосны крымской. В составе насаждения на долю дуба приходилось 40%, а на долю сосны – 60%.

Создание культур дуба по древесному типу смешения с вышеназванными породами, на наш взгляд, нецелесообразно. Ясень ланцетный, орех черный и сосна крымская являются антагонистами дуба черешчатого, смешение чистыми рядами усиливает антагонизм, что не способствует формированию устойчивых насаждений.

Лучшим кустарником при выращивании культур дуба черешчатого является свидина кроваво-красная (таблица 1).

Дано обоснование оптимальному составу и густоте дубовых культур в разные возрастные периоды для 5 вариантов культур. Так в варианте со схемой -Д-Ко-Д-Ко ( $D_2$ , схема размещения  $3 \times 1$  м) оптимальное количество единиц дуба в составе насаждения ( $y$ ) определяется уравнением  $y = 4,2 + 0,05X$ , где  $X$  – возраст, лет. При этом ошибка уравнения  $(\pm S_y) = \pm 0,080$ , теснота связи возраста с количеством единиц дуба в составе  $(r \pm m_r^2) = 0,945 \pm 0,0358$ .

Обоснованы первоначальные модели искусственных насаждений дуба, выращиваемых по древесно-теневому и комбинированному типам смешения. В  $A=50$  лет продуктивность дубово-кленовых культур, созданных по комбинированному типу смешения, выше, чем по древесно-теневому: в  $D_1$  на 7,2%, в  $D_2$  на 25-32%. На основании таксационных показателей представленных вариантов культур разработаны программы формирования насаждений для возрастного периода 10-50 лет (таблица 2).

На основании комплексного изучения географических, эдафических, фенологических и морфологических форм дуба черешчатого выявлена лучшая экологическая форма, к которой относятся деревья из желудей нагорной дубравы Бутурлиновского лесхоза (Шипов лес), промежуточно-распускающихся с продольно-глубоко-трещиноватой корой:  $h = 19,7 \pm 0,30$ ,  $d = 25,4 \pm 1,8$ , деловых стволов – 93,8%.

Полученные результаты исследований позволяют:

- осуществлять подбор типов смешения с учетом лесорастительных условий;

Таблица 1

**Лесоводственно-таксационные показатели *Quercus robur* в условиях Нижнего Дона (древесно-кустарниковый тип смешения (Д1))**

А, лет	Смешение растений и размещение, м	Состав насаждений, %	Порода	Средние		N, шт./га	M <sub>A3</sub> , м <sup>3</sup> /га	Б, класс
				H±m <sub>h</sub> , м	D±m <sub>d</sub> , см			
35	-Д-Св-Ял-Св-3×1	70Д 30Ял	Дуб	13,3±0,20	14,2±0,27	906	95,9	I
			Ясень	9,8±0,10	10,2±0,17	971	40,7	III
38	-Д-Св-Ял-Св 1,5×1	29Д 71Ял	Дуб	14,1±0,30	17,0±0,47	561	89,1	I
			Ясень	14,4±0,20	16,0±0,31	1555	219,5	I
38	-Д-Св-Ял-Св 1,5×1	54Д 46Ял	Дуб	13,0±0,10	15,5±0,56	697	86,3	II
			Ясень	12,1±0,15	12,1±0,24	1070	74,8	III
21	-Д-Д-Св-Ясл-Кгат-Св 2×0,75	61Д 39Ял	Дуб	9,8±0,10	9,7±0,34	1592	62,7	I <sup>a</sup>
			Ясень	12,4±0,10	11,4±0,18	753	46,4	I <sup>б</sup>
21	-Д-Д-Св-Ясл-Св-2×0,75 (дуб) 1,6 (ясень)	48Д 52Ял	Дуб	10,5±0,15	9,7±0,18	1401	57,9	I <sup>a</sup>
			Ясень	12,7±0,10	14,6±0,30	673	71,3	I <sup>б</sup>
21	-Д-Д-Св-Ясл-Св-2×0,75 (дуб) 1,6 (ясень)	66Д 34Ял	Дуб	10,6±0,20	9,3±0,15	1840	71,1	I <sup>a</sup>
			Ясень	11,3±0,10	10,9±0,20	699	38,9	I <sup>б</sup>
50	-Д-Д-Ск-Ял-Ск-1×1	100Д	Дуб	13,7±0,27	14,5±0,20	1335	150,0	III
50	-Д-Д-Кгат-Ял-Кгат-1×1	78Д 22Ял	Дуб	16,6±0,17	16,7±0,10	931	164,0	II
			Ясень	12,9±0,21	12,3±0,15	609	46,0	III
50	Д-Д-Кгат-Ял-Кгат-1×1	100Д	Дуб	17,6±0,26	17,4±0,21	838	169,0	II

- формировать насаждения после перевода в покрытые лесом земли с учетом первоначальных моделей. Результаты исследований нашли отражение в рекомендациях производству по выращиванию культур дуба черешчатого на Нижнем Дону и могут быть использованы лесохозяйственными предприятиями региона.

Таблица 2

**Программа формирования насаждений для возрастного периода 10-50 лет  
(ТУМ – Д1, породы: дуб черешчатый (Д), клен остролистный (Ко), кустарник –  
дерен кроваво-красный, схема смешения – Д-Д-к-Ко-к-, схема размещения - 2×1 м)**

Основные таксационные показатели (y)		Теснота связи возраста с показателем $r(\eta) \pm Er(m_{\eta}^2)$	Уравнение связи возраста (x) с таксационными показателями (y)	Ошибка уравнения ( $\pm Sy$ )
Количество ед. дуба		0,9914±0,0057	$y = 6,02 \pm 0,04X$	0,01
Густота, шт./га	Д	-0,992±0,053	$y = 1862,19/e^{0,018X}$	4
	Ко	-0,9992±0,0005	$y = 976,33/e^{0,019X}$	0,2
Высота, м	Д	0,9894±0,0071	$y = 0,93X^{0,731}$	0,951
	Ко	0,9791±0,0139	$y = 2,1042X^{0,461}$	0,101
Диаметр, см	Д	0,9924±0,0051	$y = 0,8439X^{0,781}$	0,092
	Ко	0,9783±0,0144	$y = 1,2479X^{0,627}$	0,278
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	Д	0,9971±0,0019	$y = -18,62 + 3,136X$	0,257
	Ко	0,9031±0,0737	$y = -18,16 + 2,61X - 0,032X^2$	3,737

### Список литературы

1. Кулыгин А.А. Смешанные дубовые насаждения в Донской степи / А.А. Кулыгин, И.И. Ревяко, С.Н. Кружилин // Лесное хозяйство. – 2004. – №2 – С. 38-39.
2. Кулыгин А.А. Пути повышения продуктивности степных дубрав / А.А. Кулыгин, И.И. Ревяко, С.Н. Кружилин // Лесное хозяйство. – 2007. – №6 – С. 23-24.

## 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-journal.ru](mailto:redaktor@nauteh-journal.ru) ).