РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

THE RUSSIAN ACADEMY OF NATURAL HISTORY
PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nº 3

SCIENTIFIC REVIEW. TECHNICAL SCIENCES

2016

Учредитель: Издательский дом «Академия Естествознания», 440026, Россия, г. Пенза, ул. Лермонтова, д. 3

Founding: Publishing House «Academy Of Natural History» 440026, Russia, Penza, 3 Lermontova str.

Адрес редакции 440026, Россия, г. Пенза, ул. Лермонтова, д. 3 Тел. +7 (499) 704-1341 Факс +7 (8452) 477-677 e-mail: edition@rae.ru

Edition address 440026, Russia, Penza, 3 Lermontova str. Tel. +7 (499) 704-1341 Fax +7 (8452) 477-677 e-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 10.03.2016 Формат 60х90 1/8

Типография ИД Издательский дом «Академия Естествознания, 440026, Россия, г. Пенза, ул. Лермонтова, д. 3

Signed in print 10.03.2016 Format 60x90 8.1

Typography Publishing House «Academy Of Natural History» 440026, Russia, Penza, 3 Lermontova str.

Tехнический редактор Доронкина E.H. Kорректор Aндреев A.M.

Тираж 1000 экз. Заказ НО 2016/3 Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (М.М. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено Академией Естествознания

From 2014 edition of the journal resumed by Academy of Natural History

Главный редактор: М.Ю. Ледванов Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (Editorial Board)
А.Н. Курзанов (A.N. Kurzanov)
Н.Ю. Стукова (N.Yu. Stukova)
М.Н. Бизенкова (M.N. Bizenkova)
Н.Е. Старчикова (N.E. Starchikova)
Т.В. Шнуровозова (T.V. Shnurovozova)

HAYYHOE ОБОЗРЕНИЕ. TEXHUYECKИЕ HAYKU SCIENTIFIC REVIEW. TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru 2016 г.



В журнале представлены научные обзоры, литературные обзоры диссертаций, статьи проблемного и научно-практического характера по техническим наукам

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews, problem and practical scientific articles, based on technical sciences

СОДЕРЖАНИЕ

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В МЕТОДАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ Вертинская Н.Д.	5
К МАГНИТОДИНАМИКЕ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА И РАСЧЁТА УСТРОЙСТВ ПО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ПРИРОДНЫХ ВОД Вертинский П.А.	26
УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПИРОЛИЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Долгова А.Н., Кузнецова И.В., Шайхутдинов И.З., Аминов Б.А.	46
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И МОДИФИКАЦИИ УГЛЕВОЛОКНА И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ Злобина И.В., Бекренев Н.В.	50
ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ ПЛАСТИНОК Коробко В.И., Коробко А.В., Савин С.Ю., Черняев А.А.	54
ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА КОЛЕСНЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ Махмутов М.М., Кондаурова Н.В.	70
ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ И РАЗРАБОТКА САПР ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА Мушкин О.В., Николаева Н.Д., Труханов В.М.	72
АНАЛИЗ ДОМКРАТОВ И ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ Николаева Н.Д., Мушкин О.В., Труханов В.М.	75
АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ С ВЫСОКОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ Пастушкова Е.В.	78
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОНТЕКСТЕ АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА	
Ригас Т.Е., Шмандий В.М. ОБЗОР РАБОТ В ОБЛАСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК	87
Тувин А.А. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	98
ЛЮБОЙ ПРИРОДЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И ПОНЯТИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ Черняев А.П.	113
НАУЧНЫЙ ОБЗОР: СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ Чугунова О.В.	118
-1угунова О.Б. ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ Щипицын А.Г.	130

CONTENTS

SOLVING PROBLEMS IN THE METHODS OF MODELING AND DESIGN OF DESCRIPTIVE GEOMETRY Vertinskaya N.D.	5
BY MAGNETODYNAMICS JUSTIFICATION METHOD	
AND CALCULATION DEVICES DECONTAMINATION NATURAL WATERS Vertinskii P.A.	26
DISPOSAL OF INDUSTRIAL WASTE USING PYROLYSIS TECHNOLOGY Dolgov A.N., Kuznetsova I.V., Shaikhutdinov I.Z., Aminov B.A.	40
USE AND MODIFICATION CARBON AND COMPOSITE MATERIALS ON ITS BASIS Zlobina I.V., Bekrenev N.V.	50
MILESTONES GEOMETRIC METHOD FOR SOLVING TWO-DIMENSIONAL PROBLEMS OF THE THEORY OF ELASTICITY AND STRUCTURAL MECHANICS PLATES Korobko V.I., Korobko A.V., Savin S.Yu., Chernyaev A.A.	54
TRACTION CHARACTERISTICS OF THE WHEEL MACHINE-TRACTOR UNITS Makhmutov M.M., Kondaurova N.V.	70
RESEARCH METHODS OF AUTOMATED CALCULATION WORM REDUCERS AND DEVELOPMENT CAD OF WORM REDUCER Mushkin O.V., Nikolaeva N.D., Trukhanov V.M.	72
ANALYSIS OF JACKS AND SOFTWARE CALCULATION OF THE MAIN PARAMETERS Nikolaeva N.D., Mushkin O.V., Trukhanov V.M.	75
THE ANALYSIS OF THE VEGETABLE TECHNICAL RAW MATERIALS FROM HIGH ANTIOKSIDANTNOY ACTIVITY GROWING IN THE TERRITORY OF AREA SVERDLOVSKOY Pastushkova E.V.	78
REGIONAL PROBLEMS ECOLOGICAL SAFETY IN THE CONTEXT OF AN ANTHROPOCENTRIC APPROACH	
Rigas T.E., Shmandy V.M. THE REVIEW OF OPERATIONS IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCHES AND DESIGN OF THE METALWEAVER'S EQUIPMENT AND THE ORGANIZATION OF MONITORING OF MANUFACTURE OF WOVEN METAL GAUZES	87
Tuvin A.A. FEATURES OF MODELING OF PROCESSES AND PHENOMENA OF THE TECHNICAL OBJECTS	98
OF ANY NATURE BY MEANS OF FUZZY SETS THEORY AND THE CONCEPT OF LINGUISTIC VARIABLE Chernyaev A.P.	113
SCIENTIFIC REVIEW: ANALYSIS OF TOUCH AND ITS SIGNIFICANCE IN THE EVALUATION OF QUALITY AND FOOD SAFETY Chugunova O.V.	118
OBJECTIVES AND RESULTS INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS Shchipitsyn A.G.	130

УДК 514

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В МЕТОДАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Вертинская Н.Д.

Иркутский государственный технический университет, Иркутск, e-mail: stevia@mail.ru

Решение задач конструирования поверхностей в начертательной геометрии реализуется путем отображения ее, в частном случае, на плоскость, где получаются, в общем случае, многозначные соответствия, что затрудняет исследования свойств поверхности, инцидентных ей линий, особых точек и т. д. Наиболее простейшими моделями являются центральные взаимно однозначные соответствия. Поэтому рассмотрим ряд вопросов, связанных с решением прямой задачи начертательной геометрии: данный оригинал (кривую линию, поверхность) подбором соответствующего аппарата проецирования отобразить в простейшую модель в виде взаимно однозначного соответствия.

Ключевые слова: конструирование поверхностей, взаимно однозначное соответствие, кривая линия, криволинейное проецирование.

SOLVING PROBLEMS IN THE METHODS OF MODELING AND DESIGN OF DESCRIPTIVE GEOMETRY

Vertinskaya N.D.

Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: stevia@mail.ru

Solution design objectives surfaces in descriptive geometry is realized by displaying it in a particular case, on the plane, which are obtained, in general, multi-valued conformity, making it difficult to study the properties of the surface of the incident lines her singular points, and so on. D. The simplest model is the central one-to-one correspondences. Therefore, we consider a number of issues related to the solution of the direct problem of descriptive geometry: the original (curved line, surface) corresponding to the selection of the projection display device in the simplest model in the form of a one-to-one correspondence.

Keywords: design surfaces, one-to-one correspondence, curve, curved projection.

I. Моделирование кривых и поверхностей

В начертательной геометрии моделирование поверхности решается прямой задачей: по данным поверхности и аппарату проецирования получить модель поверхности на плоскости, а решение обратной задачи — конструирование поверхности решается следующим образом: по данным модели и аппарату проецирования сконструировать поверхность. При решении прямой и обратной задач вид и тип модели и поверхности зависит от взаимного расположения аппарата проецирования относительно поверхности или модели.

Так как свойства поверхности во многом определяются свойствами ее линий, поэтому моделирование и конструирование кривых представляет важную компоненту сложных задач моделирования и конструирования поверхностей.

В методе двух изображений, при проецировании двумя пучками прямых, только плоскость и поверхности моноидального типа Σ^n с двумя и более (n-1) — кратными точками, в две из которых помещаются центры проецирования, моделируются на плоскости изображений взаимно однозначными соответствиями. Остальные поверхно-

сти моделируются на плоскости проекций многозначными соответствиями. Многозначные соответствия сложны, значит изучение свойств поверхностей, инцидентных ей линий, особых точек и т.д. затруднено. Поэтому в начертательной геометрии возникает актуальная задача проецирования подбором аппарата отображения получать в качестве модели поверхности или кривых взаимно однозначные соответствия. При конструировании поверхностей на уровне заданных моделей можно прогнозировать их тип и вид, а при конструировании двух поверхностей прогнозировать тип их пересечения, касание определенного порядка гладкости.

I. 1. Анализ методов изображений в начертательной геометрии

Одна из главных задач начертательной геометрии заключается в исследовании взаимосвязи характеристик моделируемого пространства, имеющего ту или иную размерность и структуру, модели, аппарата отображения и носителя моделей.

При геометрическом моделировании в п-мерном пространстве размерность оригинала, характеристики аппарата отображения и изображения связаны с размерностью операционного пространства, в качестве которого обычно принимают расширенное евклидово n-мерное пространство E^n .

Оригиналом в E^n может быть линейное или нелинейной подпространство размерности k, K^k , где $0 \pm k < n-1$.

В качестве основного элемента пространства рассматривают линейные или нелинейные подпространства T^t размерности t, где $0 \le t < n$.

Аппарат отображения может состоять из проецирующих линейных или нелинейных многообразий M^m размерности m, где $0 \le m < n$.

Изображение строится на носители модели, являющимся линейным или нелинейным подпространством Q^q размерности q, где $1 \le q < n$.

Моделью основного элемента оригинала может являться линейное или нелинейное подпространство G^g размерности g, где $0 \le g < n$.

Впредь в качестве операционного пространства будем рассматривать трехмерное пространство E^3 в котором оригиналом может быть поверхность (плоскость), кривая (прямая), точка, то есть k=0,1,2, а основным элементом оригинала может выступать кривая линия (прямая) или точка, то есть t=0,1.

В качестве аппарата проецирования можно использовать многообразия поверхностей (плоскостей), кривых линий (прямых), то есть m=1,2. Носителем моделей может быть трехмерное пространство, поверхность (плоскость), кривая линия (прямая), то есть q=1,2,3.

Основной элемент может моделироваться плоской кривой линией (циклография, одноосевое проецирование), парами, тройками и т. д. точками, значит g = 0,1.

Моделью оригинала в зависимости от аппарата проецирования может быть линейное или нелинейное многообразие точек, линий.

На практике размерность k отображаемого пространства больше размерности носителя модели. Однако есть примеры, когда пространство меньшей размерности отображается на пространство большей размерности [1].

В процессе отображения участвуют:

- оригинал,
- аппарат отображения,
- модель (изображение),
- носитель модели.

В начертательной геометрии трехмерного пространства рассматриваются ориги-

налы, образованные или из множества точек, или из множества прямых. Отсюда возникают два подхода моделирования:

- метод двух изображений,
- метод двух следов.

Метод двух следов применяется при моделировании линейчатых пространств, где основным элементом является прямая. На практике распространение получил метод двух изображений, который применяется при моделировании точечного пространства. В результате применения классических методов двух изображений и двух следов модели получаются линейными.

Построение моделей точечного пространства начинается естественно, с отображения точки. Ее можно изображать либо каким-то одним геометрическим элементом (например, в циклографии точка пространства моделируется кривой линией на плоскости изображений), либо двумя (например, в методе Монжа – парой точек), тремя и т.д. геометрическими элементами. Когда точка моделируется одним геометрическим элементом, модель называется моно моделью, когда двумя - бинарной моделью, тремя – тернарной, четырьмя – кватернарной и т.д. В результате моделирования элементам оригинала сопоставляются элементы модели. В зависимости от сопоставления различают следующие способы моделирования:

- аксиоматический,
- конструктивный,
- аналитический.

Аксиоматический способ моделирования основан на параметрическом исчислении. При аксиоматическом способе моделирования оригинал не связан непосредственно с моделью. Модель, получаемая таким способом, называется независимой.

При конструктивном способе моделирования оригинал и модель связаны проецирующим аппаратом, модели, получаемые таким конструктивным способом, называются зависимыми. В основе всякого конструктивного способа отображения ряда пространственных объектов на плоскость лежит определенная теория преобразования плоскости проекций, позволяющая изучать свойства и расположения пространственных объектов по полученным моделям. Если линейные методы отображения основаны в общем случае на теории проективных преобразований, то нелинейные методы – главным образом на теории нелинейных преобразований, которые называются

кремоновыми многозначными соответствиями [2]. Наличие конструктивной взаимосвязи пространства и его модели позволяет изучать свойства оригиналов по их моделях. Вся совокупность моделей, подлежащих систематизации, может дать цельную картину взаимосвязей между моделями, упорядочить имеющиеся методы изображений и позволят осуществить направленный поиск моделей с наперед заданными свойствами для тех или иных областей приложений.

При аналитическом способе моделирования оригинал и модель связаны аналитической зависимостью. Результаты такого моделирования являются числа, уравнения и пр. Аналитический способ моделирования широко применяется в математическом моделировании.

В начертательной геометрии применяются аксиоматический и конструктивные способы моделирования.

Наряду с линейными моделями существуют нелинейные модели, которые получаются:

- при замене центрального проецирования проецированием конгруэнциями или комплексами кривых (прямых);
- при проецировании поверхностями (плоскостями);
- при замене плоскости проекций поверхностями или кривыми.

I. 2. Систематизация аппаратов отображения и носителей моделей

До середины 18-го века проецирование оригинала выполнялось одной или двумя связками прямых на одну плоскость и редко на сферу и цилиндрическую поверхность (купольная и панорамные перспективы). Развитие науки и техники потребовало исследование проецирования объектов любой размерности и структуры на различные носители, для чего потребовалось использовать в качестве аппарата проецирования геометрические многообразия различных размерностей. Рассмотрим детально эти вопросы для трехмерного пространства и дадим систематизации аппаратов проецирования и носителей моделей.

В качестве аппарата отображения в конструктивном способе проецирования целесообразно использовать проецирующие многообразия, позволяющие через точку пространства проводить лишь один элемент многообразия, или другими словами, произвольная точка пространства выделяет из

данного проецирующего многообразия только один элемент многообразия.

Подсчетом параметров, исходя из требования инцидентности произвольной точке пространства конечного числа проецирующих элементов, можно показать, что в качестве проецирующих многообразий для моделирования трехмерного точечного пространства можно использовать:

- одномерные многообразия (кривые линии, в частном случае, прямые);
- двумерные многообразия (поверхности, в частном случае, плоскости).

Так, например, аппарат отображения, используемый в методе двух следов и двух изображений, состоят из связок прямых, то есть двупараметрического множества прямых пространства, которое позволяет точке пространства выделить из связки прямых только одну прямую.

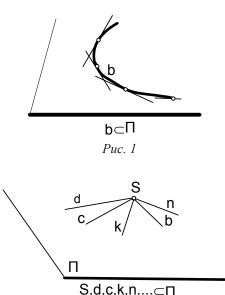
I. 3. Многообразие прямых

В пространстве E^3 прямых ∞^4 . Подмножества этого многообразия суть $\infty^1, \infty^2, \infty^3$, которые соответственно называются:

- однопараметрическими,
- двупараметрическими,
- трехпараметрическими множествами прямых.

Однопараметрические множества прямых образуют:

- семейство касательных прямых к плоской кривой (рис. 1),
- пучок прямых (множество прямых плоскости, инцидентных одной точке) (рис. 2),
 - образующие линейчатой поверхности.



Puc. 2

Двупараметрическим множеством прямых называется конгруэнция прямых и обозначается Кг(n, k).

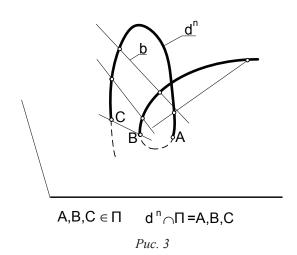
Трехпараметрическим множеством прямых называется комплекс Km(n) прямых.

Для отображения точечного трехмерного пространства необходимы двупараметрические и трехпараметрические одномерные многообразия.

В самом общем случае конгруэнцию прямых образуют общие касательные прямые к двум поверхностям или двойные касательные прямые к одной поверхности. Эти поверхности называются фокальными поверхностями, а точки касания прямых конгруэнции с ними называют фокусами этих прямых.

Если каждый луч системы касается фокальной поверхности дважды; в соответствии с этим различаются две «полости» фокальной поверхности.

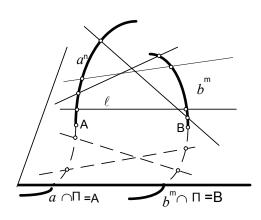
Если фокальные поверхности заменить пространственными кривыми линиями a^n и b^n , то конгруэнция прямых будет состоять из прямых ℓ_i , пересекающих обе фокальные кривые линии, или из бисекант b_i одной пространственной линии d^n (рис. 3).



Известно [3], что существуют различные способы задания конгруэнции прямых. Конгруэнции прямых Кг (n,k) характеризуются порядком n и классом k. Порядок n конгруэнции равен числу прямых конгруэнций, проходящих через произвольную точку пространства. Класс k конгруэнции равен числу прямых конгруэнций, принадлежащих произвольной плоскости пространства.

Из многих способов задания конгруэнций прямых наиболее подходящим приме-

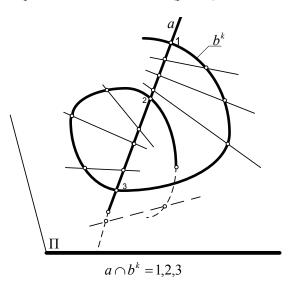
нительно к моделированию поверхностей является способ, в котором конгруэнция прямых определяется как множество прямых, пересекающих данные a^n и b^m кривые линии (рис. 4).



Puc. 4

Если кривые линии a и b алгебраические соответственно порядков n_1 и n_2 , не имеющие общих точек, то они определяют дуальную конгруэнцию Kr(n,n) прямых, у которой порядок и класс равны между собой, то есть $n=n_1\times n_2=k$.

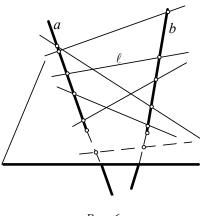
В качестве аппарата проецирования целесообразно использовать конгруэнции прямых первого порядка Kr(1,k), чтобы через точку пространства проходила единственная проецирующая прямая данной конгруэнции. Конгруэнция прямых Kr(1,k), задается фокальной прямой a и пространственной фокальной кривой линией b^k порядка k, имеющей с прямой a (k-1) — фиксированных общих точек (рис. 5).



Puc. 5

Частным случаем конгруэнции прямых Kr(1, k) является конгруэнция прямых первого класса Kr(1, 1), которая может быть гиперболической, эллиптической и параболической. Эти конгруэнции получаются, когда фокальными линиями конгруэнции прямых являются прямыми:

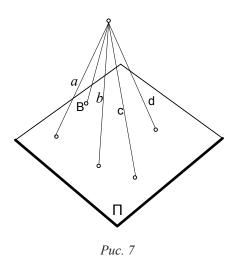
- если прямые фокальные конгруэнции являются скрещивающимися действительными прямыми, то конгруэнция прямых будет гиперболической (рис. 6);

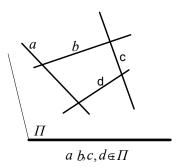


Puc. 6

- если фокальные прямые конгруэнции мнимые прямые эллиптической;
- если фокальные прямые совпадут, то конгруэнция прямых будет параболической. В пределе, когда фокальные прямые пересекутся, конгруэнция Кг(1,1) прямых распадется на связку Кг (1,0) (множество прямых пространства, инцидентных общей точке) прямых (рис. 7) и плоское поле прямых Кг (0,1) (рис.8).

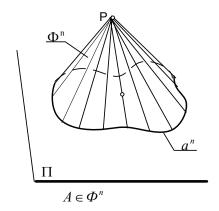
$$K_{\Gamma}(1,1)=K_{\Gamma}(1,0)+K_{\Gamma}(0,1).$$





Puc. 8

Как известно, через произвольную точку P пространства E^3 проходит ∞^1 прямых данного комплекса. Они образуют конус, который называется конусом комплекса с вершиной P. Каждый комплекс характеризуется степенью. Степень комплекса определяется порядком конической поверхности, выделяемой из комплекса произвольной точкой P (рис. 9).



Puc. 9

Из ∞^4 множества прямых пространства можно выделить комплекс прямых многими способами:

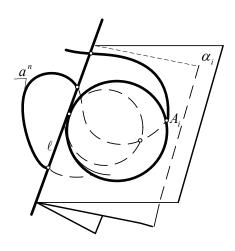
- множество прямых, пересекающих пространственную кривую линию a^n . Частным случаем такого комплекса прямых является комплекс Км (1), когда a^n прямая. Множество прямых такого типа образуют трехпараметрическое множество прямых, так как точек на кривой ∞^1 , а каждая точка выделяет в пространстве связку (∞ 2) прямых. Значит, всего прямых комплекса будет ∞ 3;
- множество прямых, касающихся поверхности;
- множество прямых, соединяющих соответственные точки кремонова преобразования пространства (ассоциированный комплекс преобразования), [4].

І. 3. Многообразие кривых

Многообразия кривых линий трехмерного пространства весьма обширны и не подлежат, по-видимому, строгой систематизации.

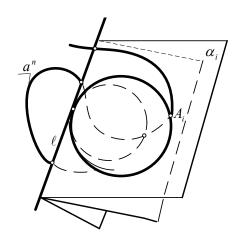
Нас интересуют лишь двумерные многообразия плоских алгебраических кривых линий, которые будут нами использованы в качестве проецирующих линий обобщенного аппарата проецирования, то здесь приведем лишь примеры конгруэнций и комплексов кривых линий:

1. Семейство окружностей, инцидентных пучку (ℓ) плоскостей $\alpha_{\cdot\cdot}$ Инцидентных точке A_{\cdot} и точке A_{\cdot} , получаемой как пересечение пространственной кривой линии a^n порядка n с плоскостью $a_{\cdot\cdot}$ пучка плоскостей (ℓ) . Для кривой линии a^n порядка n ось ℓ пучка плоскостей $\alpha_{\cdot\cdot}$ является (n-1)— секантой. То есть кривая линия a^n порядка n, будет иметь (n-1) пересечений с прямой ℓ и только одно пересечение с плоскостью $\alpha_{\cdot\cdot}$ пучка плоскостей. Такое семейство окружностей двупараметрично: окружностей, проходящих через две фиксированные точки $A_{\cdot\cdot}$ и $P-\infty^1$, а плоскостей в пучке $(\ell\cdot)-\infty^1$, значит $\infty^1\times\infty^1=\infty^2$, (рис. 10).



Puc. 10

2. Семейство коник, принадлежащих пучку (ℓ) плоскостей и пересекающих в двух точках каждую из пространственных кривых линий a^n и b^n порядков n, для которых ось ℓ пучка плоскостей является (n-2) — секантой, таких коник будет — ∞^2 , плоскостей в пучке (ℓ) — ∞^1 , коник, инцидентных 4-ем фиксированным точкам $A,B,C,D-\infty^1$ (рис. 11) и т. д. В плоскости α_i лежит коника \tilde{n}_i .



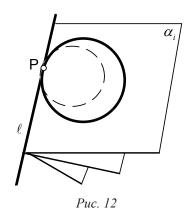
Puc. 11

Как говорилось выше, коник на плоскости ∞^5 , то есть коника определяется на плоскости, например, 5-ю точками, окружности — множество коник плоскости инцидентных двум общим циклическим точкам, поэтому окружностей на плоскости — ∞^3 , то есть окружность на плоскости можно определить, например, 3-мя точками, или центром окружности — ∞^2 и величиной радиуса окружности — ∞^1 и т.д.

В качестве проецирующих линий можно использовать не только кривые линии второго порядка, но и плоские кривые линии высших порядков. Кривых линий 3-го порядка на плоскости ∞^9 , кривых линий 4-го порядка — ∞^{14} , кривых линий п-го порядка на плоскости — $\frac{n(n+3)}{2}$ параметрическое множество. Закрепив в плоскости пучка (ℓ) плоскостей соответственно 8, 13, $\frac{n(n+3)}{2}-1$ — точек, будем получать ∞^1 кривых линий соответственно третьего, четвертого, п-го порядков, то множество этих кривых в пучке плоскостей будет двупараметрическим.

Элементами комплекса линий могут быть также плоские кривые линии. Например, семейство окружностей, принадлежащих пучку (ℓ) плоскостей и проходящих через общую точку $P \in \ell$ (рис.12). Это семейство окружностей трехпараметрическое множество, так как на плоскости окружностей, инцидентных одной точке $P-\infty^2$, плоскостей в пучке (ℓ) $-\infty^1$, и т. д. Аналогично рассуждая, можно показать принципиальную возможность применения в качестве аппарата проецирования пространственных кривых линий. Например, конгруэнций

пространственных кривых линий третьего порядка (нормкривых) можно задать пятью точками. Нормкривая однозначно определяется 6-ю точками (12 параметров). Чтобы получить двупараметрическое множество нормкривых, необходимо закрепить 10 параметров, например, 5 точек на какой-либо поверхности и т.д.



I. 4. Проецирующие плоскости и поверхности

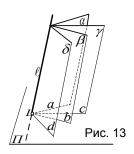
Исчислением параметров можно показать, что множество проецирующих плоскостей и поверхностей при моделировании точечного пространства могут быть одно -, дву- и трехпараметрическими. В первом случае поверхность (плоскость) является проецирующей для всех своих точек, например, известное «осевое проецирование» [5]. Во втором случае каждая проецирующая поверхность является проецирующей для каждых ∞^1 своих точек, например, точек принадлежащих одной образующей. В третьем случае через каждую точку пространства проходит своя проецирующая поверхность, след которой на плоскости проекций будет изображением этой точки. Очевидно, по этой схеме получаются циклографические модели.

Как в случае проецирования многообразиями кривых линий (прямых), здесь возможны многочисленные варианты задания проецирующих поверхностей (плоскостей). Например, однопараметрическое множество (пучок) плоскостей составляют:

- множество плоскостей $\alpha, \gamma, \beta, \delta$, инцидентных фиксированной прямой ℓ , которая называется осью пучка плоскостей. Она пересекает некоторую плоскость Π , не принадлежащую пучку (ℓ) плоскостей, в точке L, а каждая плоскость пучка (ℓ) плоскостей пересекает плоскость Π по пряскостей пересекает плоскость Π по пря-

мой, которые в плоскости Π образуют пучок (L) прямых a,c,b,d (рис. 13);

- множество плоскостей, касающихся, в общем случае, торсовой поверхности.



Puc. 13

Приведем также примеры пучков поверхностей:

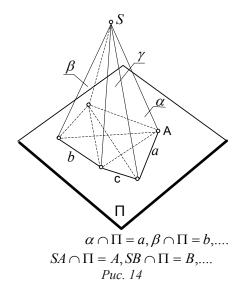
- множество сфер, инцидентных фиксированной окружности;
- множество сфер, пересекающих прямую в двух фиксированных точках и касающихся данной плоскости и т.д.

Указанные множества являются однопараметрическими. Так в первом случае множество плоскостей, инцидентных прямой, имеют один свободный параметр, т.е. их — ∞^1 . Во втором случае сфер в пространстве ∞^4 условие инцидентности фиксированной окружности требует затраты трех параметров, значит, у всех сфер данного пучка остается один свободный параметр. В третьем случае, пересечение множества сфер с прямой в двух фиксированных точках закрепляет два параметра, касание плоскости сферами — один параметр, остается свободным один параметр.

Примерами двупараметрического семейства поверхностей является связка плоскостей (рис. 14), выполненный на основе рис. 7 для демонстрации связи связки (S) прямых и связки (S) плоскостей пространства.

Т. к. пересечение плоскости, например П, не проходящей через точку S, со связкой (S) прямых получаем плоское поле точек, а пересечение ее со связкой (S) плоскостей получаем плоское поле прямых; множество плоскостей, касающихся не развертывающейся поверхности и т. д.

Двупараметрические семейства поверхностей имеют два свободных параметра. Например, множество сфер, проходящих через две фиксированные точки, или семейство сфер, касающихся плоскости и поверхности и т.д.



В качестве примеров трехпараметрических множеств поверхностей можно привести:

- множество сфер, инцидентных фиксированной точке;
- множество сфер, касающихся плоскости и т. д.

Таким образом, все вышеизложенное, связанное с систематизацией проецирующих многообразий, можно представить в виде схемы (рис. 15). Заметим, что способов задания проецирующих множеств, отличающихся своими характеристиками бесконечное множество.

Выбор тех или иных проецирующих множеств зависит от особенностей решаемых теоретических и прикладных задач. Кроме того, следует отметить, что в начертательной геометрии для моделирования применяется только связки линий, а остальные проецирующие многообразия ждут своих применений.

Cucmeматизация носителей моделей

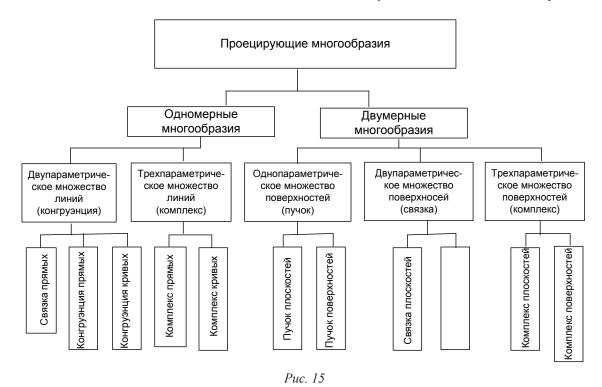
Носителями моделей, как раньше указывалось, в ${\rm E}^3$ могут быть:

- кривая линия (прямая);
- поверхность (плоскость);
- трехмерное пространство.

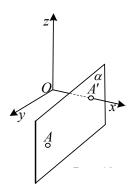
Прямая как носитель модели применяется в аналитической геометрии, где оси координат являются носителями моделей, а проецирующим аппаратом являются плоскости, параллельные соответствующим координатным плоскостям (рис. 16).

Кривая линия как носитель модели применяется в дифференциальной геометрии (криволинейные координаты на поверхности). В начертательной геометрии прямая как носитель модели используется, например, в случае осевого проецирования.

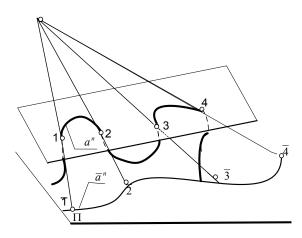
Если за основной элемент пространства (оригинал) принять плоскость, то она в пересечении с фиксированной пространственной кривой линией a^n определяет систему точек. Полученная система точек на кривой



линии a^n определяет положение моделируемой плоскости в пространстве. При проецировании таких систем точек на плоскость П появляется возможность отобразить множество плоскостей пространства на систему точек, принадлежащих некоторой плоской кривой \overline{a}^n (рис.17).



Puc. 16



Puc. 17

Плоскость как носитель модели широко используется в инженерной графике, например, в методе двух следов и двух изображений. Кроме плоскости в качестве носителей моделей применяются поверхности: полусфера, полуцилиндр, конус и другие алгебраические поверхности высших порядков. Интересное практическое применение полуцилиндрических и полусферических носителей моделей нашли при построении оптических изображений (кино, телевидение), в купольной и панорамной перспективе.

Рассмотрим примеры получения различных моделей одного и того же оригинала с различными аппаратами проецирования и на различных носителях моделей. В

качестве оригинала возьмем точку пространства: в качестве аппарата проецирования связку прямых, точку будем проецировать на различные носители моделей и в качестве модели точки будем иметь:

- на плоскости точку;
- на квадрике (поверхности второго порядка) две точки;
 - на торе четыре точки;

аппарат проецирования – связка плоскостей:

- на плоскости прямая;
- на квадрике коника (кривая 2-го порядка);
- на торе плоская кривая линия 4-го порядка;

аппарат проецирования – связка квадрик:

- на плоскости коника;
- на квадрике пространственная кривая линия 4-го порядка;
- на торе пространственная кривая линия 8-го порядка и т.д.

В качестве оригинала возьмем в пространстве прямую, в качестве аппарата проецирования – связку прямых:

- на плоскости пара точек;
- на квадрике четыре точки;
- на торе восемь точек;
- в качестве аппарата проецирования связка плоскостей:
 - на плоскости пара прямых;
 - на квадрике пара коник;
- на торе пара плоских кривых 4-го порядка (потому, что прямая в пространстве определяется двумя точками, а две точки выделяют из связок аппаратов проецирования по два проецирующих элементов);
- в качестве аппарата проецирования связка квадратик:
 - на плоскости пара коник;
- на квадрике пара пространственных кривых 4-го порядка;
- на торе пара пространственных кривых 8-го порядка и т.д.

На приведенных примерах ярко видно влияние взаимного расположения аппарата проецирования и носителя модели на полученную модель. Если аппарат проецирования — связка квадрик, носитель модели — тор, то модель — пара пространственные кривые 8-го порядка которые могут распадаться на: пространственные кривые 6-го порядка и коники, на пространственные кривые 5-го порядка и на пространственные кривые 3-го порядка, на две пространственные

ные кривые 4-го порядка, на четыре коники, которые могут совпадать. Если в качестве аппарата проецирования взять связку квадрик (линейчатых поверхностей) и носителем тоже линейчатую квадрику, то модель оригинала может распасться на несколько прямых и т. д.

Развитие начертательной геометрии тесно связано с научно-техническим прогрессом. До последнего времени изображение любого объекта выполнялось на плоскости, то есть трехмерный объект изображался на двухмерной плоскости. При современном развитии техники носителем моделей может быть и трехмерное пространство. Примером тому служит экран цветного телевизора, голографические и спектрографические изображения.

Применение различных носителей моделей вызвано необходимостью решения многочисленных сложных прикладных и теоретических задач.

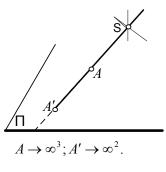
Из приведенного выше анализа аппаратов проецирования и носителей моделей следует существование тесной взаимосвязи их характеристик. При этом различные модели оригиналов получаются всевозможными сочетаниями способов проецирования на различных носителях. Выше изложенная систематизация аппаратов проецирования и носителей моделей позволяет целенаправленно вести поиск необходимых аппаратов проецирования для получения изображений (моделей) пространственных форм, обладающих заданными свойствами.

Особо остро вопрос подбора аппарата проецирования встает при моделировании поверхностей в методе двух изображений, когда в качестве модели требуется получить взаимно однозначное соответствие.

I. 5. Моделирование основных геометрических форм в классических методах двух изображений и двух следов

Начертательная геометрия решает две задачи: прямую и обратную. При решении прямой задачи начертательной геометрии, т. е. моделировании, предметом изучения являются не реальные представители живой природы или объектов неорганического мира, а их условные модели — геометрические фигуры. Большинство геометрических фигур имеют три измерения. Для отображения трехмерных образов на плоскость необходимо иметь способы, позволяющие преобразовывать трехмерную фигуру (ориги-

нал) в однозначно соответствующую ей модель, имеющую два измерения. В связи с этим возникает необходимость в создании науки, перебрасывающей мост между трехмерным пространством Еⁿ и плоскостью чертежа Е². Наведение мостов между Е³ и Е² осуществляется в начертательной геометрии с помощью метода проецирования, составляющего теоретическую основу начертательной геометрии. Как говорилось выше, в начертательной геометрии в качестве аппарата проецирования, в основном, используются связки прямых. Так, например, при моделировании точки на плоскости Р через точку А (оригинал) проходит один луч связки (S) прямых, который отобразит точку А на плоскости Р в точку А (модель) (рис.18).



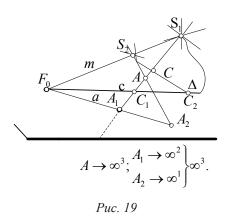
Puc. 18

При этом имеем, что одной точке пространства A ставится в соответствие одна точка A' плоскости P, но обратное утверждение не имеет смысла, так как одной точке A' плоскости P соответствует множество точек проецирующего луча SA' Это несоответствие возникает из-за разности мерностей проецирующих множеств, так как множество точек A пространства $E^3 - \infty^3$, а множество точек A' плоскости $P - \infty^2$. Одна проекция точки на плоскости не только не позволяет определить положение ее оригинала, но и не позволяет судить по одной проекции о форме, размерах пространственных геометрических фигур.

Таким образом, возникает необходимость проецировать точку пространства из двух центров двумя связками прямых (S_1) и (S_2) для получения взаимно однозначного соответствия между оригиналом и моделью (рис.19).

На этом же рис. 19 покажем решение обратной задачи, т. е. по данной модели точки построить ее оригинал. Дана модель точки C - C_1 , C_2 на прямой a пучка (F_0) прямых

и аппарат проецирования — две связки S_2 и S_2 прямых, которые определяют прямую т. Прямые т с определяют плоскость Δ , в которой будем конструировать точку C для этого из пучка S_1 прямых точка C_1 выделит единственную прямую, а точка C_2 из пучка S_2 прямых выделит единственную прямую, которые находясь в плоскости Δ , пересекутся в одной точке C. Так получается оригинал точки по ее модели.

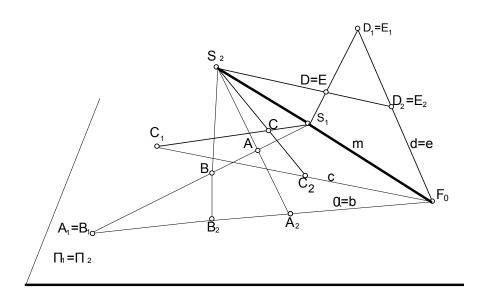


Признак обратимости чертежа (изображения): изображение (чертеж) являются обратимым, если равны мерности оригинала и изображения. Например, в методе двух изображений — основной элемент пространства — точка, моделируется на плоскости изображений парой точек, лежащих на линии связи. Так как точка A пространства из связки (S_1) прямых выделит единственную прямую, которая ее спроецирует на плоскость

 Π в точку A_1 на что будет затрачено ∞^2 . Точка A_1 из пучка (F_0) прямых плоскости Π единственную прямую a. Точка A из связки (S_2) прямых выделит единственную прямую, которая ее спроецирует на плоскость Π в точку A, на прямую a на что будет затрачено ∞^1 . Точек в пространстве $E^{3-}\infty$ 3, точек на плоскости $-\infty$ 2, точек на луче $A_{1}A_{2}-\infty$ 1, значит для определения пары точек на плоскости Р потребуется затратить мерность ∞ ³, тогда мерность модели и оригинала будут равными. При моделировании точечных множеств возникают некоторые особенности, которые позволяют открывать особенности оригиналов по их моделям. Рассмотрим пример. Аппарат проецирования возьмем связки (S_1) и (S_2) прямых, которые определяют в пространстве прямую m, пересекающую плоскость Π в точке F_0 и носитель модели плоскость Π . Точку C пространства проецируем из центров S_1 и S_2 в точки C_1 и C_2 на плоскость Π (рис. 20).

Если в качестве оригинала будет выступать тело, то оно пучком m плоскостей будет расслаиваться на сечения, которые из центров (\mathbf{S}_1) и (\mathbf{S}_2) проецирования будут моделироваться в пучке (F_0) прямых на плоскости Π .

На оригинале точки могут быть: просто точка (как, например, точка C) двойная точка (как, например, точка D=E), конкурирующие точки (как, например, точки A и B).

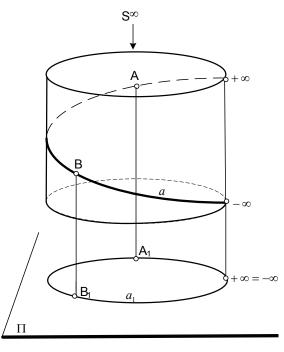


Puc. 20

Проекция точек A и B из центра проецирования S_1 на носитель модели прямую a = b проецируются в конкурирующие точки $A_1 = B_1$, которые образуют двойную точку, а из центра проецирования S_2 проецируются в пару точек A_2, B_2 . Двойная точка D = E моделируется из центров проецирования S_1, S_2 на носителе модели d=e двойными точками $D_1=E_1$ и $D_2=E_2$. Из вышеизложенного видим, что одна проекция точек не определяет их положение на оригинале. Если нам будут даны только проекции $A_1 = B_1$ и $D_1 = E_1$ мы не сможем сделать заключение об оригиналах точек A, B и C, D, они могут быть на оригинале как двойная точка так и как конкурирующими.

Геометрии бывают различные: аффинная геометрия, проективная геометрия, и т. д.

В аффинной геометрии прямая продолжается в разные стороны далеко, далеко, плоскость продолжается в любую сторону то же далеко, далеко. Аффинная плоскость двусторонняя и прямая на аффинной плоскости то же двусторонняя. На аффинной плоскости прямые пересекаются или не пересекаются, если они параллельные. Поэтому на аффинной плоскости не возможно взаимно однозначное соответствие, которое заключается в следующем: прямая на плоскости определяется двумя точками, но точка не определяется двумя прямыми, если они параллельные. Для устранения этого недостатка, договорились [6, 7, 8, 9 и др.], что параллельные прямые пересекаются в несобственной точке, введенной на аффинной плоскости и превратившей аффинную плоскость в проективную плоскость. На проективной плоскости возможно взаимно однозначное соответствие, т. к. прямая определяется двумя точками, а точка определяется в пересечении двух прямых. Введение несобственной точки на прямой оставило непонятным вопрос ее образования. Если рассматривать прямую на аффинной плоскости и ее организовать как числовую ось, т. е. на ней задать начало отсчета, масштаб и положительное направление, то двигаясь по ней вправо числа будут увеличиваться до ∞, при движении влево числа будут уменьшаться до $-\infty$. Когда мы организуем проективную прямую, то прямая становить замкнутой. Если замыкание происходит точками ∞ и $-\infty$ встык, то точки будут две, значит замыкание будет внахлест, т. е. точки ∞ и $-\infty$ образуют двойную точку на модели и точки ∞ и $-\infty$ могут быть только конкурирующими на оригинале. Проективная плоскость с точки зрения начертательной геометрии представляет одну проекцию ее оригинала и поэтому точки ∞ и $-\infty$ на оригинале могут быть только конкурирующими. Оригинал проективной прямой можно представить как виток цилиндрической винтовой линии a [10, 11], (рис. 21) проекция которой на плоскость Π является проективной прямой a_1 .



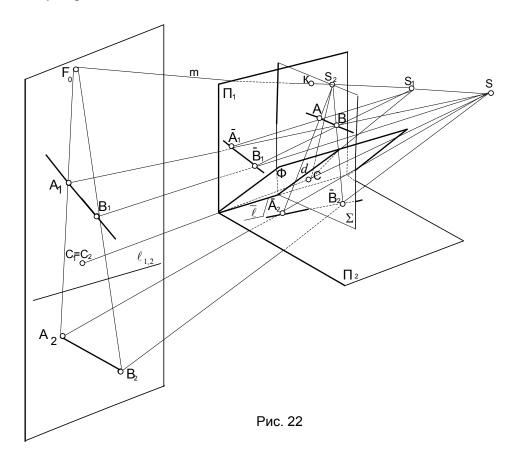
Puc. 21

Все прямые проективной плоскости замыкаются на несобственной прямой, как «собачкой» на замке молнии замыкают проекцию проективную плоскость, делая ее односторонней. Оригинал проективной прямой — двусторонняя, оригинал проективной плоскости виток цилиндрической винтовой поверхности — двусторонняя.

Конкретизируем здесь вышеизложенное на примерах моделирования основных геометрических образов пространства E^3 в методах двух изображения и двух следов. Аппарат метода двух изображений состоит, в общем случае, из плоскости P — основной плоскости проекций, двух вспомогательных плоскостей Π_1 и Π_2 и трех центров проецирования :S — основного, S_1 и S_2 — вспомогательных центров. Центры S, S_1 , S_2 — коллинейны некоторой прямой m, пересекающей плоскость проекций P в исключенной точке F_0 . Произвольная точка A простран-

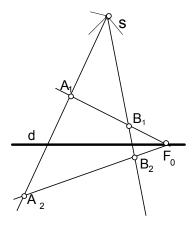
ства изображается на плоскости Р двумя точками A_1 и A_2 коллинейными с точкой F_0 . Сначала точка Å проецируется из вспомогательных центров S_1 , S_2 на вспомогательные плоскости Π_1 , Π_2 соответственно в точки \bar{A}_1 , \bar{A}_2 , которые перепроецируются из основного центра S на плоскость Р во вторичные проекции A_1 и A_2 (рис. 22).

ми проекциями. Такая плоскость F(S, l) называется тождественной. Множество всех плоскостей пространства будут моделироваться на плоскости изображения P гомологиями, имеющими общий центр точку F_0 , но различные оси гомологии. Из проективной геометрии [12] известно, между точками данной плоскости пространства и вспомо-

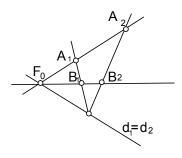


Так как прямая a пространства определяется двумя ее точками А, В, то она на плоскости Р будет изображаться двумя $a_1(A_1, B_1)$, $a_{2}(A_{2}, B_{2})$ прямыми, соединяющими одноименные проекции точек. Плоскости в пространстве определяется тремя неколлинейными точками, например A, B, C (Σ (A, B, C)). Вторичные проекции Σ_1 и Σ_2 полей плоскости находятся в соответствий T_1^1 гомологии, центром которой будет исключенная точка F₀, осью гомологии будет двойная прямая $d_1 = d_2$ полученная как проекция линии пересечения плоскости S с тождественной плоскостью F (Σ ÇF = d). Прямая $\ell = \Pi_1 \cap \Pi_2$ в пространстве определяет пучок плоскостей, среди которых есть плоскость, точки которой изображаются на плоскости изображения P совпавшими $C_1 = C_2$ вторичныгательными плоскостями Π_1 и Π_2 устанавливается перспективно коллинеарное соответствие. На плоскости проекций Р имеем соответственные коллинеарные поля, в этом случае коллинеация называется гомологией, которая задается центром гомологии S (F_0), осью гомологии ℓ (d_1 = d_2) и парой соответственных точек — (A_1 , A_2). Гомологий на плоскости — ∞ 5, так как на гомологии — модели плоскостей пространства на плоскости проекций Р не затрачиваются параметры на задание центра гомологии F_0 , то таких гомологий на плоскости Р будет ∞ 3.

Частным случаем гомологии является элация — она получается на плоскости проекций P, когда m0 и когда F0 ∈ d1=d2 (рис. 23, 24).

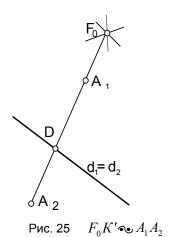


Puc. 23



Puc. 24

Если плоскость Σ пространства пересекает прямую m в точке K, которая образует гармоническую четверку ($F_0KS_1S_2$) = -1, то гомология T_1^{-1} – модель этой плоскости на P будет инволюционной \mathfrak{T}_1 (рис. 25).



Значит связка (K) плоскостей пространства будет моделироваться инволюционными гомологиями, которых на плоскости проекций Р будет — ∞^2 , так как в этом случае не затрачивается параметр на задание соот-

ветственных точек гомологии, а их положение определяется из соотношения:

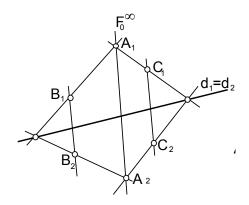
$$(F_0 D A_1 A_2) = -1$$

$$(F_0D) \sim (A_1A_2)$$
, где $D = d_1 = d_2 \cap (A_1A_2)$.

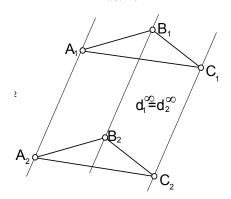
Пучок ($\overline{\ell}$) плоскостей моделируется на плоскости Р гомологиями, имеющими общий центр F_0 и общую ось гомологии исключенную прямую $\ell_1 = \ell_2$, такие гомологии будут гиперболического типа и их на плоскости Р будет ∞ 2 .

Пучок (m) плоскостей моделируется на плоскости P пучком (F) двойных прямых, являющихся одновременно осями гомологий и носителями соответственных точек гомологий, такие гомологии будут гомологиями параболического типа и их на плоскости проекций P будет ∞^1 .

Если центр гомологии на плоскости будет несобственной точкой F_0^{∞} , тогда соответственные точки гомологии будут располагаться на параллельных прямых, такая гомология называется родством (рис. 26). Если центр и ось гомологии будут на плоскости несобственными элементами, то гомология будет перемещение (рис. 27).



Puc. 26



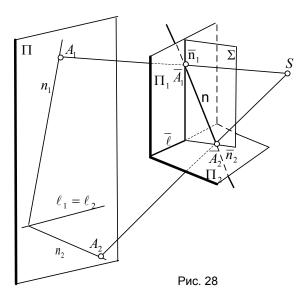
Puc. 27

Резюмируем выше изложенное:

в классическом методе двух изображений взаимно однозначными соответствиями на плоскости проекции моделируются оригиналы пространства:

- точка парой точек;
- прямая парой прямых;
- плоскость гомологией.

В методе двух следов основным элементом является прямая. Аппарат классического метода двух следов состоит из плоскости изображения P, двух вспомогательных плоскостей Π_1 и Π_2 и центра проецирования S (рис. 28). Оригинал прямая n пересекает вспомогательные плоскости Π_1 и Π_2 в точках $\bar{\mathbf{A}}_1$ и $\bar{\mathbf{A}}_2$, которые из центра S проецируется на плоскость изображения P в точки \mathbf{A}_1 и \mathbf{A}_2 , которые на плоскости P располагаются определенным образом относительно исключенной прямой $\ell_1 = \ell_2$.



Плоскость Σ пространства E^3 пересечет вспомогательные плоскости $\overline{\Pi}_1$ и $\overline{\Pi}_2$ по прямым \overline{n}_1 и \overline{n}_2 , которые из центра S проецируются на плоскость P в пару прямых линий n_1 и n_2 , пересекающих исключенную прямую $\ell_1 = \ell_2$. Точка P пространства определяется как центр связки прямых или как центр связки плоскостей, поэтому моделью точки в методе двух следов на плоскости изображений P будет гомология. Значит, в методе двух следов основные элементы пространства E^3 будут моделироваться взаимно однозначными соответствиями:

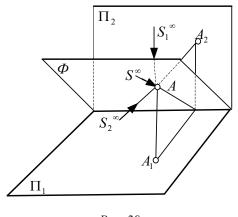
- прямая парой точек;
- плоскость парой прямых;
- точка гомологией.

Частными случаями аппаратов классических методов двух изображений и двух следов являются:

- эпюр Монжа,
- аксонометрия,
- перспектива,
- проекции с векторными отметками,
- проекции с числовыми отметками и. т.д.

Эпюр Монжа (комплексный чертеж) можно получить следующим образом.

Основную плоскость Π совместить с вспомогательной плоскостью Π_2 , а плоскость Π_1 расположить к ней перпендикулярно. За центр проецирования S_1 принимаем бесконечно удаленную точку S_1^{∞} , ортогонально — сопряженную с плоскостью Π_1 , за центр S_2^{∞} ортогонально — сопряженную точку с плоскостью Π_2 . За центр S^{∞} принимается бесконечно удаленная точка ортогонально — сопряженная с биссекторной плоскость двугранного угла плоскостей Π_1 и Π_2 , которая является тождественной плоскостью (рис. 29).



Puc. 29

При таком выборе проецирующего аппарата вторичные проекции A_2 точки A совпадут с ортогональной проекцией \bar{A}_2 на плоскости изображения Π . А вторичная проекция A_1 может быть получена из ортогональной проекции \bar{A}_1 путем совмещения поля Π_1 с полем проекций Π_2 вращением плоскости Π_2 вокруг линии пересечения плоскостей Π_1 и Π_2 . Исключенной точкой чертежа является бесконечно удаленная точка F_0^∞ , через которую проходят линии связи эпюра Монжа. Как видно из вышеизложенного, плоскость на эпюре Монжа будет моделироваться родством.

В дальнейшем, не уменьшая общности рассуждений, будем предполагать, что вспомогательные плоскости проекций Π_1 и Π_2

совмещены с основной плоскостью проекций Р. Основной центр проецирования помещен в точку S^{∞} в направлении, перпендикулярном плоскости Р. В этом случае проекции точки А на вспомогательные плоскости совпадут с ее первичными проекциями на плоскости Р, то есть $\bar{\Lambda}_1 = A_1$, $\bar{\Lambda}_2 = A_2$.

I. 6. Конструирование кривых линий по их моделям

В связи с тем, что свойства поверхностей во многом определяются свойствами их линий, конструирование кривых представляет важную компоненту сложной задачи конструирования поверхностей, удовлетворяющих ряду наперед заданных условий. Существует непосредственная взаимосвязь свойств конструируемой кривой линии, свойств и положения порождающих ее проективных пучков линий. Последнее дает возможность прогнозировать свойства конструируемой кривой до ее непосредственного получения в виде одномерного массива точек.

Как было показано выше, в качестве носителей конструируемой кривой линии берется плоскость пучка $\alpha_i(\ell)$ плоскостей, которая по $\mathbf{i_1} = \mathbf{i_2}$ пересекает плоскость проекций Π , а точка F_0 есть точка пересечения прямой ℓ с плоскостью проекций Π .

Таким образом, конструируемая кривая линия a^{p+q} порядка p+q является рациональной алгебраической кривой линией, имеющей одну (p+q-2) – кратную точку F_0 и p+q-2 двойные точки, которые в зависимости от характеристик проецирующих пучков кривых могут быть собственными и несобственными, узловыми, изолированными и точками возврата.

В инженерной практике применяются кривые высших порядков, имеющих наименьшее число действительных собственных кратных точек или без них. Рассмотрим на примере конструирования кривой линии четвертного порядка, как можно управлять типом ее двойных точек на стадии задания пучков коник, ее порождающих. Не распавшаяся кривая линия четвертого порядка может иметь три двойные или одну трехкратную точку, тогда она становится рациональной кривой линией. Количество и тип двойных точек конструируемой кривой линии определяется количеством и типом совпавших базисных точек проективных пучков кривых линий, порождающих конструируемую кривую линию:

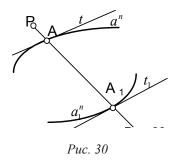
- 1. При конструировании кривой линии a^{p+q} порядка p+q проективными пучками кривых линий c^p , b^q порядка p,q устанавливается взаимно однозначное соответствие между точками конструируемой кривой линией a^{p+q} и прямолинейным носителей $i_1=i_2$ посредством проецирующих пучков кривых линий, что является признаком рациональности конструируемой кривой линии
- 2. Конструируемая по описанной схеме кривая линия a^{p+q} имеет одну (p+q-2) кратную точку F_0 и p+q-2 двойных точек.

При решении ряда инженерных задач, например, при обработке результатов эксперимента, в качестве аппроксимирующей или интерполирующей кривой линии используют моноидальные кривые линии имеющие точку максимальной кратности. Изложенный аппарат позволяет конструировать такие кривые линий. Для этого достаточно на прямолинейном носителе $\mathbf{i}_1 = \mathbf{i}_2$ задать проективитет, у которого одна двойная точка совпадает с точкой F_0 , которая будет вершиной (кратной точкой высшей кратности) для конструируемой кривой линии

Таким образом, в заключение можно заметить, что рассмотренный нами аппарат конструирования кривых линий позволяет конструировать широкий класс рациональных кривых линий, имеющих ряд наперед заданных особенностей. Этот факт позволяет использовать предложенный аппарат для конструирования поверхностей, удовлетворяющих заданным требованиям позиционного характера, связанных с их инцидентностью дискретному каркасу кривых линий.

I. 7. Моделирование пространственных кривых линий

Рассмотрим центральное проецирование пространственных кривых линий на плоскость. Пространственная кривая линия a^n порядка п из точки $P \notin a^n$ проецируется на плоскость Р конусом $\Sigma^n(P, a^n)$ порядка п с вершиной в точке Р и направляющей кривой линией a^n . Эта коническая поверхность $\Sigma^n(P, a^n)$ пересекает плоскость Р по кривой линии a_1^n порядка п, если образующие конуса Σ^n являются его унисекантами. В этом случае касательная t в точке А кривой a^n проецируется в касательную t_1 в точке A_1 кривой линии a_1^n (рис. 30).



Если заставить приближаться точку Р к А по прямой (РА), то проекция a_1^n в точке A_1 будет уплощаться и при Р=А проекция a_{1n-1}^n распадается на прямую t_1 и кривую a_1^n порядка n-1. Здесь прямая t_1^n является следом соприкасающейся плоскости Γ , построенная в точке P=A к кривой a_n^n . В том случае, когда пространственная кривая линия a_1^n имеет k – кратную точку B, проекция кривой линии a_1^n из точки P=B распадается на k прямых и на кривую линию a_1^{n-k} порядка n-k. В этом случае прямые t_k является следами соприкасающихся плоскостей, проходящих k0 в точке k1.

Если каждая образующая конуса Σ^n (P, a^n) пересекает направляющую кривую линию a^n в m точках, то проекция \overline{a}_i^t на плоскости P будет порядка n/m -, потому, что в этом случае конус Σ^n (P, a) распадается на m конусов , имеющих общую вершину P и общие образующие.

Таким образом, при проецировании пространственной кривой линии a^n на плоскость порядок проекции равен порядку оригинала лишь тогда, когда образующие конической поверхности являются ее унисекантами.

Рассмотрим проецирование пространственной кривой линии a^r порядка r посредством конгруэнции Kr(n, k) прямых, заданной фокальными кривыми линиями c^{n_1} и b^{n_2} порядков n_1 и n_2 соответственно, где $n=n_1n_2, k=n_1n_2$. При произвольном расположении кривой линии a^r относительно фокальных кривых линий c^{n_1} и b^{n_2} , аппарата отображения проекцией кривой линии a^r на плоскость П будет кривая линия $a^{r(n+k)}$ порядка $r(n+k) = 2n_1n_2$ линейчатой поверхности $\Phi^{r(n+k)} = (a^r, c^{n_1}, b^{n_2})$ о трех направляющих кривых линий a^r, c^{n_1}, b^{n_2} , так как из теории конгруэнций известно, что порядок поверхности F равен произведению порядка погружаемой кривой линии a^r на сумму порядка п и класса k данной конгруэнции.

Если пространственная кривая линия a^r пересекает фокальную кривую линию, например, кривую линию c^{n_1} в р простых точках C_p , то линейчатая поверхность о трех направляющих распадается на р конусов $\Sigma(C_p,b^{n_2})$ порядка n_2 и на линейчатую поверхность $\overline{\Phi}$ (a^r,c^{n_1},b^{n_2}) порядка $r(n+k)-pn_2=2rn_2n_1-pn_2$.

Если пространственная кривая линия a' пересекает обе фокальные кривые линии, например, c^{n_1} в р простых точках C_p кривую линию b^{n_2} в q простых точках B_q , то линейчатая поверхность о трех направляющих распадается на р конусов $\overline{\Sigma}(C_p, b^{n_2})$ порядка n_2 и на q конусов $\overline{\Sigma}(B_q, c^{n_1})$ порядка n_1 и на линейчатую поверхность $\Phi' = (a^r, c^{n_1}, b^{n_2})$ порядка $r(n+k) - pn_2 - qn_1$.

Если пространственная кривая линия a^r пересекают фокальные кривые линии, например, кривую линию c^{n_1} в i – кратной точке C, а кривую линию b^{n_2} в j – кратной точке B, то линейчатая поверхность о трех направляющих распадается на i конусов $\Sigma(C,b^{n_2})$ порядка n_2 и на j конусов $\Delta(B,c^{n_1})$ порядка n_1 и на линейчатую поверхность $\Omega(a^r,c^{n_1},b^{n_2})$ порядка r (n+k) — in_2 — jn_1 . Наивысшая кратность точек C и B может быть соответственно n_1 — 1 и n_2 — 1 в том случае, если фокальные кривые линии c^{n_1} , b^{n_2} , будут плоскими кривыми линиями моноидального типа с вершинами в точках C и B соответственно.

Таким образом, при проецировании пространственной кривой линии a^r на плоскость при помощи конгруэнций прямых Kr(n, k) в зависимости от положения погружаемой кривой линии a^r относительно фокальных линий c^{n_1} , b^{n_2} можно получить в качестве проекции данной кривой линии a^r кривые линии, порядки которых изменяются в широком пределе. Существование этих пределов позволяет подбирать аппараты отображения пространственной кривой линии a^r на плоскость с целью получения в качестве проекции кривой линии с наперед заданными характеристиками (порядка, числом и кратностью особых точек и т. д.).

I. 8. Моделирование плоских кривых линий

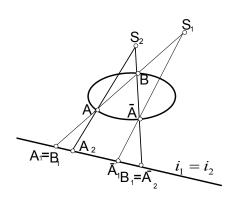
Построение проекций кривых линий, расположенных в проецирующей плоскости, мы рассмотрим в контексте с основной задачей, связанной с изучением свойств поверхностей, несущих в пучке $\ell(\alpha_i)$ пло-

скостей каркас кривых линий a_i^{ν} порядка $\mathbf{v}=2$. Плоскости α_i^{ν} пересекаясь с плоскостью изображения Π , образуют носители $i_{i1}=i_{i2}$, на которых устанавливается соответствия, получаемые при двойном проецировании линий a^{ν} каркаса поверхности определенным аппаратом.

I. 8. 1. Моделирование плоских кривых линий двумя пучками прямых

Рассмотрим случай моделирования кривых линий второго порядка проецированием двумя пучками прямых (S_1) , (S_2) , расположенных в плоскости кривой линии.

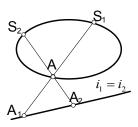
При произвольном расположении центров проецирования S_1 , S_2 относительно модулируемой кривой линии a^2 на носителе $i_1=i_2$ устанавливается $(2\div 2)-$ значное соответствие, так как одной точке \bar{A}_1 , носителя i_1 соответствуют две точки, которые из второго центра S_2 проецируются на носитель i_2 в две точки \bar{A}_2 , B_2 (рис. 31).



Puc. 31

Аналогично одной точке A_2 ряда i_2 соответствует две точки \bar{A}_1 , B_1 ряда i_1 . Чтоб получить взаимно однозначное соответствие при проецировании коники двумя пучками

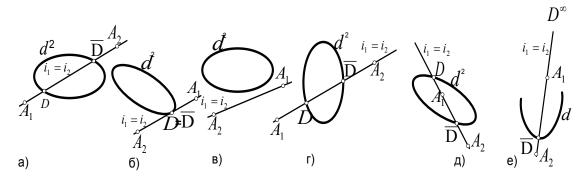
прямых, центры проецирования необходимо поместить на конику. Тогда каждая проецирующая прямая пучка прямых пересечет конику и носитель $i_1 = i_2$ (рис. 32).



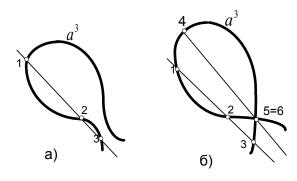
Puc. 32

Таким образом, в этом случае моделью коники a^2 на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$ будет взаимно однозначное (проективное) соответствие. Точки пересечения коники a^2 с носителем $i_1 = i_2$ являются двойными точками проективитета (модели). Проективные соответствия в зависимости от количества и типа двойных точек могут быть гиперболическими (двойные точки различные и действительные) (рис. 33, а), параболическими (действительные точки совпадают) (рис. 33, б), эллиптическими (две различные мнимые точки) (рис. 33, в), не инволюционными (рис.33, г), инволюционными (рис. 33, д). При совпадении одной двойной точки с несобственной точкой носителя $i_1 = i_2$ проективитет вырождается в аффинитет (рис. 33, е).

Далее рассмотрим моделирование плоских кривых линий третьего порядка a^3 , которые могут быть жанра 1 и 0 (жанр (род) алгебраической кривой линии равен разности между наибольшим числом двойных точек кривой и фактическим числом двойных точек) (рис. 34 а, б).



Puc. 33



Puc. 34

На рис. 34,б изображена кривая линия a^3 жанра 0. В зависимости от расположения центров проецирования относительно моделируемой кривой a^3 можно получить следующие виды соотношений на $i_1 = i_2$:

- а) если центры проецирования не инцидентны кривой линии a^3 , то моделью кривой линии на носители $i_1 = i_2$ будет $(3 \div 3)$ значное соответствие;
- б) если один центр проецирования не инцидентен кривой линии a^3 , а другой центр проецирования инцидентен простой точке кривой линии a^3 , то моделью кривой линии a^3 на носители i_1 = i_2 будет (3, 2) значное соответствие;
- в) если центры проецирования инцидентны простым точкам кривой линии a^3 , то на носителе $i_1 = i_2$ будет моделироваться (2, 2) соответствие;
- г) если один центр проецирования инцидентен простой точке кривой линии a^3 , а второй центр проецирования инцидентен двойной точке кривой линии a^3 жанра 0, то на носителе $i_1 = i_2$ будет моделироваться (2,1) значное соответствие.

Таким образом, из вышеизложенного видно, что при использовании двух центральных проецирований кривую линии a^3 порядка 3 невозможно моделировать на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$ взаимно однозначным соответствием. Аналогично можно показать, что в случае проецирования плоских кривых линий порядка n > 2 двойным центральным проецированием на прямолинейный носитель $i_1 = i_2$ невозможно получить взаимно однозначное соответствие.

I. 8. 2. Криволинейное проецирование плоских кривых линий

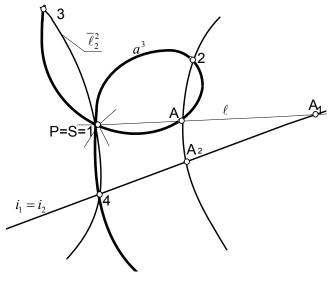
Рассмотрим моделирование плоской кривой линии a^3 порядка 3 жанра 0 проецированием пучком прямых (S) и пучком коник, которые заданны четырьмя базисны-

ми точками 1,2,3,4 на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$. (Коника – кривая линия второго порядка на плоскости определяется пятью параметрами или, например, пятью точками. Если закрепить четыре параметра или четыре точки, то получим пучок коник на плоскости).

Проецирование при помощи кривых линий называется криволинейным проецированием. При произвольном положении базисных точек пучков относительно друг друга, моделируемой кривой линии и прямолинейного носителя $i_1 = i_2$ можно получить в качестве моделей соответствия различной значимости. Если базисные точки пучков прямых и коник не инцидентны кривой a^3 , на прямолинейном носители моделируется (6,6) – значное соответствие. Значность соответствие, получаемого на прямолинейном носителе снизится до (2,2) – значного, если базисные точки пучков проецирующих линий будут инцидентны простым точкам кривой линии a^3 .

Рассмотрим ограничения, которые необходимо наложить на взаимное положение базисных точек пучков проецирующих кривых линии, носителя $\mathbf{i}_1 = \mathbf{i}_2$ и кривой линии a^3 для получения взаимно однозначного соответствия.

- 1. При проецировании пучком коник каждая коника $\overline{\ell}_2^2$ (рис. 35) пучка (1234) коник должна пересекать прямолинейный носитель $\mathbf{i}_1 = \mathbf{i}_2$ в одной свободной точке, $\overline{\ell}_2^2$ например A_2 , что обеспечивается инциденцией прямолинейного носителя одной базисной точки пучка коник, например, точке 4.
- 2. При проецировании пучком (S) прямых, каждая прямая пучка (S) должна пересекать прямолинейный носитель $i_1 = i_2$ в одной свободной точке, например A_1 , и кривую линию a^3 в одной свободной точке, например A, поэтому точку S помещаем в двойную точку P кривой линии a^3 , т.е. S=P.
- 3. Каждая коник $\overline{\ell}_2^2$ пучка (1 2 3 4) коник должна пересекать линию a^3 в одной свободной точке, например A, а кривая линия a^3 с коникой пересекается в 6-ти точках, значит для обеспечения одного свободного их пересечения, необходимо 5 точек их взаимного пересечения зафиксировать, что возможно, если базисные точки 1,2,3,4 пучка (1234) коник будут инцидентны линии a^3 , при чем одна из базисных точек пучка (1 2 3 4), например, 1 будет совпадать с двойной точкой оригинала P, т. e. S=1=P.



Puc. 35

Только в этом случае кривая линия a^3 будет моделироваться на $i_1 = i_2(1 \div 1) - 3$ начным соответствием. Действительно, точка $A \in a^3$ выделяет из пучка (S) прямых единственную прямую, например, ℓ_1 , которая пересекает линию a^3 и носитель $i_1 = i_2$ каждую в одной точке A и A_1 . Точка $A \in a^3$ выделяет из пучка, (1 2 3 4) коник единственную конику, например, ℓ_2^2 , которая пересекает линию a^3 и носитель $i_1 = i_2$ каждую в одной точке A, A_2 . Значит, точка A моделируется на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$ парой соответственных точек $A_1 \sim A_2$.

В общем случае при моделировании алгебраической кривой линии a^v порядка v на прямолинейном носителе $i=i_2$ двумя пучками кривых линий c^k, b^{v-k} порядков k и (v-k) для получения $(1\div 1)$ – значного соответствия необходимо выполнение следующих условий.

- 1. Каждая кривая линия c^k , b^{v-k} данных пучков кривых линий прямолинейный носитель $\mathbf{i}_1 = \mathbf{i}_2$ должны пересекать в одной свободной точке, что можно достичь двумя путями:
- а) Инциденцией определенного количества базисных точек пучков кривых линий прямолинейному носителю $i_1 = i_2$;
- б) Выбора в качестве кривых линий c^k , b^{v-k} пучков кривых линий, кривые линии моноидального типа с общей вершиной, например, точкой F_0 , инцидентной прямолинейному носителю i_1 = i_2 .
- 2. Пучки проецирующих кривых линий c^k, b^{v-k} соответственно порядков k и

(v-k) должны иметь v-2 общих базисных точек

Действительно, чтобы точка $A \in a^v$ моделировалась парой соответственных точек $A_1 \sim A_2$ на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$, проецирующие кривые линии c^k , b^{v-k} порядков k и (v-k) должны пересекаться в одной свободной точке A, остальные точки их пересечения должны быть фиксированными. Кривые линии c^k , b^{v-k} пересекаются в (v-k)k точках, из которых (v-k-1)(k-1) приходятся на вершину F_0 , так как она (v-k-1) - и (k-1) - кратна на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$.

Поэтому проецирующие кривые линии c^k , b^{v-k} кроме точек F_0 и А будут иметь еще (v-k)k(v-k-1)(k-1)-1=v-2 общих точек Q_i .

- 3. Из проективного способа образования кривых следует, что общие базисные точки проективных пучков кривых линий являются двойными для порождаемой кривой, в нашем случае для кривой линии a^{ν} , поэтому кривая линия a^{ν} должна иметь $\nu-2$ двойных точек Q_i . Кроме того, кривая линия a^{ν} пересекает носитель $i_1 = i_2$. в двух двойных точках проективитета, поэтому точка F_0 принадлежит кривой линии a^{ν} и является для нее $(\nu-2)$ кратной точкой
- 4. Каждая кривая линия c^k пучка кривых линий должна пересекаться с моделью лишь в одной свободной точке А. Поэтому пучок кривых линий (c^k) должен иметь н модели кривой линии a^v кроме (k-1)-

кратной базисной точки $\mathbf{F}_{_{0}}$ и v-2 базисных точки $\mathbf{Q}_{_{i}}$ еще

vk - (v-2)(k-1) - 2(v-2) - 1 = 2k - v + 1 базисных точек. А пучок кривых линий b^{v-k} должен иметь еще

$$v(v-k)-(v-2)(v-k)-2(v-2)-1=3-2k$$
 базисных точки.

Из теории известно, что (v-2) – кратная точка кривой линии a^v эквивалентна (v-2)(v-3)/2 двойным точкам. Значит кратные точки кривой линии a^v эквивалентны

$$(v-2)(v-3)/2 + (v-2) = (v-1)(v-2)/2$$

двойным точкам, то есть максимально возможному числу двойных точек. Поэтому оригинал a^{ν} должен быть рациональной алгебраической кривой линией (жанра 0). Значит, справедливо предложение: плоская рациональная алгебраическая кривая линия a^{v} с (v-2) – кратной точкой $F_{0} \in i_{1} = i_{2}$ и (v-2) двойными точками Q_i моделируется на прямолинейном носителе $i_1 = i_2$ взаимно однозначным соответствием. При проецировании двумя пучками моноидальных кривых линий c^k, b^{v-k} , имеющих общую вершину F_0 и общие v-2 базисные точки Q_1 , если первый пучок кривых линий имеет на линией a^{v} дополнительно 2k - v + 1 базисных точки, а второй пучок -3-2k базисных точки.

Таким образом, используя криволинейное проецирование значительно расширяется круг плоских кривых линий, которые могут отображаться на прямолинейный носитель взаимно однозначными соответствиями.

Список литературы

- 1. Вальков К.И. и др. К вопросу моделирования пространства с различной метрикой // Вопросы прикладной математики и геометрического моделирования. Л.: ЛИСИ, 1968. С. 61-66.
- 2. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей. М.: Машиностроение, 1987. С. 188.
- 3. Sturm R. Die Gebilde ersten und zweiten Grandes der Linien geometrie... Belandlung. Teil 1. Leipzig, 1892. P. 366.
- 4. Иванов Г.С. К вопросу моделирования алгебраических поверхностей нормальными кремоновыми инволюциями. В кн.: Научные труды МЛТИ. М., 1973. № 54. С. 120.
- 5. Обухова В.С. Место осевого проецирования в начертательной геометрии: труды Рижской научно-технической конференции. Рига, 1960. С. 92.
- 6. Кантор Г. Учение о множествах. СПб.: Образование, 1914. 189 с.
- 7. Клейн Ф. Неевклидова геометрия. М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. 355 с.
- 8. Андреев К.А. Аналитическая геометрия. М., 1905. 610 с
- 9. Somruerville D.M.Y. An introduction to the geometry of n-dimensions. London, 1929.
- 10. Вертинская Н.Д. О некоторых геометрических аспектах интерпретации однородных координат // Фундаментальные исследования. 2013. № 5. С. 133-137.
- 11. Вертинская Н.Д. Задачи геометрического моделирования технологических процессов: научно-методическое пособие. М., 2015. С. 131.
- 12. Глаголев Н.А. Проективная геометрия. М.: Высшая школа, 1962.-344 с.

УДК 53

К МАГНИТОДИНАМИКЕ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА И РАСЧЁТА УСТРОЙСТВ ПО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ПРИРОДНЫХ ВОД

Вертинский П.А.

Усолье-Сибирское, e-mail: pavel-35@mail.ru

В данной статье автор анализирует ситуацию с загрязнением окружающей природной среды сельскохозяйственными отходами во всём мире, которая становится катастрофической. Это обстоятельство является главным стимулом поиска и широкого практического применения разнообразных путей и способов защиты окружающей среды. В последнее время большой интерес сельскохозяйственные экологи проявляют к электрическим методам, среди которых можно указать многочисленные попытки отечественных и зарубежных специалистов.

Ключевые слова: электрокоагуляция, электрофлотация, электрохимическое окисление, магнитодинамика, поле магнитного натяжения, магнитодинамический электролитный насос.

BY MAGNETODYNAMICS JUSTIFICATION METHOD AND CALCULATION DEVICES DECONTAMINATION NATURAL WATERS Vertinskii P.A.

Usolye-Siberian, e-mail: pavel-35@mail.ru

In this article the author analyzes the situation of environmental pollution by agricultural waste in the world, which is becoming catastrophic. This circumstance is the main stimulus for the search and the practical use of a variety of ways and means to protect the environment. Recently, a lot of interest, agricultural ecologists show to electrical methods, among which can be noted numerous attempts to domestic and foreign experts.

Keywords: electrocoagulation, electroflotation, electrochemical oxidation, magneto, magnetic field tension, magnetodynamic electrolyte pump.

І. Вступление

По существу обозначенной проблемы автору уже неоднократно пришлось отметить сложившуюся ситуацию, например, в работе [1], из которой цитирую: «...Современная ситуация с загрязнением окружающей природной среды сельскохозяйственными отходами во всём мире по общему и давнему признанию является катастрофической. Именно данное обстоятельство является главным стимулом поиска и широкого практического применения разнообразных путей и способов защиты окружающей среды от загрязнения и заражения сельскохозяйственными отходами, которые можно сгруппировать в большие группы:

- 1. Физические (центрифугирование, фильтрация, термообработка, облучение и др.),
- 2. Химические (хлорирование, озонирование, сжигание и др.),
- 3. Биологические. Разумеется, в эти группы входят и многочисленные комплексные методы: физико-химические, биофизические и биохимические» [2].

Вместе с этим, не вдаваясь здесь в детальный анализ каждого из названных и не названных методов, приходится констатировать, что проблемы обеззараживания со временем становятся всё более обострён-

ными. Этот вывод легко понятен не только с позиций эффективности указанных и других методов, часто ограниченных на уровне 50% и менее, но и в связи со сложностью оборудования, из-за дороговизны материалов и устройств, высокой энергоёмкости проведения соответствующих мероприятий, включая транспортные расходы [3]. Особенному замечанию здесь подлежат химические методы, неизбежным результатом которых является химическое, часто токсичное загрязнение окружающей среды, в частности, наиболее эффективный химический способ обеззараживания - сжигание приводит к загрязнению окружающей среды продуктами сгорания. В свете выше сказанного вполне понятен появившийся интерес сельскохозяйственных экологов к электрическим методам, среди которых можно указать многочисленные попытки отечественных и зарубежных специалистов. В работе [2] даётся краткое обобщение перечисленных и других исследований и попыток применения на практике электрических способов обработки сельскохозяйственных отходов, разделяя их на относительно самостоятельные группы:

«1. ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЯ. Электрокоагуляция основана на пропускании через сточные воды постоянного электрического тока с помощью погруженных заряженных электродов. В результате обработки жидкости влажностью не менее 98,5% в электрическом поле коллоидные частицы разноименно заряжаются, притягиваются друг к другу, уплотняются и выпадают в осадок в отстойнике. Электрокоагуляция имеет определенные преимущества перед обработкой сточных вод с использованием химических реагентов, упрощая технологию и эксплуатацию установок, но требует значительных затрат электроэнергии и металла, который в виде гидросмеси собирается в осадке».

«2. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСО-БЫ. Электрофлотация представляет собой способ разделения, в процессе которого легкие частицы поднимаются на поверхность сточной воды, переносимые малыми пузырьками газов. В рамках данного способа при проведении электролиза воды на поверхности электродов (анода и катода) образуются малые пузырьки водорода и кислорода (22-50 мкм в диаметре). Пузырьки поднимаются на поверхность жидкости и при этом выполняют функцию собирателей мелкодисперсных частиц. Для осуществления электролиза требуется мощный источник электрического тока. Процесс ограничен высоким содержанием сухих веществ в жидком навозе. Для того чтобы обеспечить возможность эффективного использования данного способа для удаления растворимого азота, необходимо обеспечить одновременное электрохимическое окисление. Имеются сведения об использовании электрофлотаторов при очистке жидкой фракции навоза. Установлено, что расход электроэнергии на обработку 1 м³ при электрофлотации меньше, чем при электрокоагуляции, особенно после предварительного хлорирования исходной жидкой фракции».

«3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ. Существует множество способов осуществления электрохимического окисления. Хорошо известен и широко распространен способ, в процессе которого для окисления аммиака используют хлор и образующийся на аноде гипохлорит. В соответствии с данным способом расщепление аммония происходит в результате реакции непрямого окисления. Расщепление происходит посредством сильных окислителей, образующихся в жидком растворе в процессе электрохимической реакции. В присутствии хлорида на аноде выделяется газоо-

бразный хлор. Далее за анодной реакцией следует диффузия газообразного хлора в жидком растворе (растворение), а затем протолитическая реакция с образованием гипохлорита и хлорноватистой кислоты в зависимости от уровня рН. Эффективность данного способа зависит от вида добавляемой соли и величины электрического тока. Для эффективного окисления аммиака, как правило, требуется 30 г/литр хлорида. Недостаток состоит в том, что возможно образование промежуточных органических соединений, содержащих хлор».

Таким образом, способы обеззараживания природных вод можно рассматривать частными случаями применения отмеченных выше разнообразных путей и способов защиты окружающей среды от загрязнения и заражения сельскохозяйственными отходами.

II. Магнитодинамическое введение

В виду мизерных тиражей своих публикаций автору уже многократно приходилось цитировать основания МАГНИТОДИНА-МИКИ, поэтому здесь также процитирую краткую суть своих выводов и предложений по существу так называемого ЭЛЕКТРО-МАГНИТНОГО ПАРАДОКСА из работы Вертинский П. А., К МАГНИТОДИНАМИ-КЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ УСТАНО-ВОК ХОЛОДНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА http://econf.rae.ru/article/8803 [3], при этом сохраняя нумерацию формул и рисунков по источнику [3]: «...Разумеется, классическая электродинамика в течение двухвековой своей истории неоднократно пыталась своими методами решить свои проблемы. В попытках выйти из своих противоречий классическая электродинамика вводит надуманный векторный потенциал, подчиняя его произвольным требованиям H = rot A(r) (1) по [3] и div A(r) = 0 (2), которые к желаемым результатам не привели. Релятивистская физика, пытаясь рассматривать магнитное и электрическое поля в четырёхмерном пространстве, в своих дифференциальных преобразованиях применяет к ним так называемый четырёх - вектор, получая результаты:

$$\nabla^2 \bar{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \bar{A}}{\partial t^2} = -\frac{j}{\varepsilon_0 c^2}$$
 (3)

и
$$\nabla^2 \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon_o}$$
 (4),

которые по прежнему означают раздельные магнитное и электрическое поля, так и не выйдя из тупиков и парадоксов классической электродинамики. Другими словами, классическая электродинамика в действительности была основана не на четырёх уравнениях Максвелла:

$$rot E = -\frac{dB}{dt}$$
 (5),

$$rot \dot{H} = \frac{d\dot{D}}{dt} + \dot{j}$$
 (6),

$$div D = \rho$$
 (7), $div B = 0$ (8),

а на трех аксиомах, поэтому могла решать лишь плоские задачи, то есть для нее оказалось невозможным решение задач в трехмерном пространстве ("электромагнитный парадокс", взаимодействие тороидальных обмоток, взаимодействие длинных соленоидов и др.). Магнитодинамика заменила неадекватную аксиому (8) на адекватную и оказалась способной успешно решать трехмерные задачи на основе четырех адекватных аксиом. После замены в фундаментальной системе уравнений классической электродинамики неадэкватного положения, что div B = 0 (8), которое означает отсутствие источников магнитного поля, на соответствующий действительности принцип, что $div T = \mu_o \mu i$ (9) по [3], оказалось возможным не только снять «электромагнитный парадокс», но и решить многие теоретические проблемы электродинамики и практические задачи электротехники. Таким образом, принимая за начало узловых этапов эволюции электродинамики даты фундаментальных открытий и изобретений из её истории, можно графически представить эволюцию электродинамики в полном соответствии с S - образным законом эволюции систем на рис. 1.

При этом невозможно проходить мимо удручающего факта, что суммарный эффект всех тех многих тысяч исследований пока равен нулю, так как на основе этих расчётов и проектов практика строит всё новые и новые, всё более гигантские монстры экспериментальных установок типа «ТОКАМАКОВ», «СТЕЛЛАТОРОВ», «ГИ-БРИДЕРОВ» и т. п., но с подозрительным постоянством всякий раз надежды экспериментаторов не оправдываются, принуждая распорядителей кредитов на многомиллиардные расходы по сооружению этих монстров публиковать в академической прессе (ПОИСК и др.) дежурные «оптимистические» отчёты, уподобляясь тем изобретателям «вечного двигателя», которым просто «не хватило мелочи», чтобы их колесо не останавливалось. Вместе с тем, так как два элемента тока взаимодействуют между собой по прямой линии подобно электрическим зарядам, то их взаимодействие можно характеризовать величиной магнитного натяжения:

$$T = -gradH(x, y, z)$$
 (10).

Другими словами, естественно положить в основу определения силовой характеристики магнитного поля величину и направление магнитной силы между токами согласно закону Ампера:

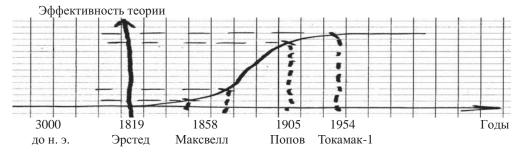
$$f = \mu_o \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \Delta I \tag{11},$$

то есть для поля вокруг тока І, имеем:

$$T_1 = \mu_o \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \Delta I \frac{1}{I_2 \Delta I} = \mu_o \frac{I_1}{2\pi r}$$
 (12)

и для поля тока I_2 :

$$T_2 = \mu_o \frac{I_2}{2\pi r}$$
 (13).



Puc. 1

По существу такого предложения в основаниях электродинамики мне пришлось докладывать на конференции «Сибресурс-2002», поэтому здесь лишь кратко отмечу некоторые выводы этих исследований.

II-1. Поле магнитного натяжения

Так как численное значение этой новой вектор – функции Т оказывается согласно выражениям (12) и (13) равным значению, которое ранее нами присваивалось величине напряженности магнитного поля по закону Био-Савара-Лапласа, то теперь магнитную напряженность Н придется считать в соответствии с определением (10) скалярной величиной. Здесь уместно вспомнить, что по закону Био-Савара-Лапласа мы позволяли себе математический произвол, так как находя вектор H как векторное произведение векторов T и ΔI , должны были в соответствии с математическим определением векторного произведения исходить из их точки пересечения, но допускали «исключение из правила», «позволяя» вектору Hбыть лишь ортогональным плоскости, образованной векторами – сомножителями \bar{r} и ∧1. Раскроем определение (10):

$$\bar{T} = -\left(\frac{dH}{dx}\dot{I} + \frac{dH}{dy}\dot{J} + \frac{dH}{dz}\dot{k}\right)$$
(14)

и для упрощения вычислений направим ток I по прямому проводу вдоль оси Z, тогда

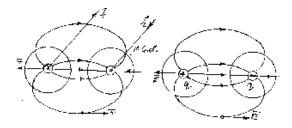
$$\bar{T} = -\left(\frac{dH}{dx}\bar{i} + \frac{dH}{dy}\bar{j}\right) \tag{15}.$$

Для статического поля этой векторфункции (1) самоочевидно соотношение H = Tr (16) по [3], которое полностью аналогично выражению для электростатического поля: U = El (17). Симметричность геометрии магнитостатического и электростатического полей с этих позиций выявляется и в сравнении полей прямого провода с током по выражениям(12) и (13) с полем равномерно заряженной нити, величина которого может быть выражена аналогичной формулой:

$$E = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_o} \frac{1}{r} \tag{18}$$

Ясно, что имея два провода с токами противоположного направления, получим геометрическую картину общего для них магнитного поля натяжением \bar{T} как на рис. 2. Здесь отчетливо видно, что роль магнитного «монополя» в действительности выполняет электрический ток, создающий данное

поле известная геометрическая картина электростатического поля как на рис. 2 представляется теперь мгновенным значением в результате сечения магнитного поля натяжением \bar{T} плоскостью, перпендикулярной токам, при соответствующей замене линий \bar{T} на линии \bar{E} , а линий H на линии φ .



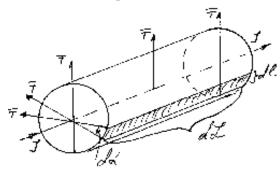
Puc. 2

II-2. Уравнения поля

Разумеется, введение новой векторной функции \bar{T} магнитного поля на основании реального направления магнитных сил вместе с адекватным отображением геометрии поля приводит к соответствующим изменениям вида уравнений Максвелла. Определяя величину потока магнитного натяжения \bar{T} вокруг провода с током через замкнутую поверхность вокруг этого провода, представим элементарный поток:

$$d\bar{N} = T\bar{d}S$$
, (19)

где dS — элемент поверхности около провода с током как на рис. 3.



Puc. 3

Так как $dS = dL dl u dl = r d\alpha$, то вычисления лают:

$$N_T = \int_{o}^{L} dL \int_{o}^{2\pi} v_o \frac{I}{2\pi r} r d\alpha = \mu_o I L \succ 0$$
 (20)

Таким образом, поле магнитного натяжения \bar{T} вокруг провода с током есть поле потенциальное, его силовая характеристика \bar{T} направлена по силам взаимодействия токов, создающих данное поле \bar{T} .

При полной осевой симметрии магнитного натяжения T вокруг тока I по прямому проводу вдоль оси Z очевидно:

$$\frac{dT_x}{dy} = \frac{dT_y}{dx} \tag{21}$$

по [3], откуда сразу следует: $rot\ \bar{T}=0$ (22). По аналогии с определением:

$$div\bar{E} = \frac{dN_E}{dV}$$
 (23),

найдем и

$$div\bar{T} = \frac{d\bar{N}_T}{dV}$$
 (24),

где $N_{\rm T} = \mu_o L$ (20) по [3]. Рассмотрим случай стационарного тока I = Const:

$$div \bar{T} = \frac{d}{dV}(\mu_o IL) =$$

$$= \mu_o I \frac{dL}{dV} = \mu_o \frac{dq}{dt} \frac{dL}{dV} = \mu_o \rho v_e \quad (25),$$

Так как $i = \rho V_e$, то можно записать:

$$div \bar{T} = \mu_o i \tag{26},$$

Сводя полученные результаты по (22) и (26) с известными уравнениями Максвелла для стационарного тока, получим систему:

$$div\,\bar{D} = \rho$$
 или: $div\,\bar{E} = \frac{1}{\varepsilon_o}\rho$ (27)

$$div \, \bar{T} = \mu_o i$$
 $div \, \bar{T} = \mu_o i$ (28)

$$rot \, \bar{E} = 0 \qquad rot \, \bar{E} = 0 \tag{29}$$

$$rot \, \bar{T} = 0 \qquad rot \, \bar{T} = 0 \tag{30}$$

В случае статики, когда заряды неподвижны, уравнение (28) вырождается в уравнение (27), а уравнение (30) вырождается в уравнение (29), сводя таким образом систему уравнений к двум известным уравнениям электростатического поля как частного случая поля электромагнитного, что полностью соответствует действительности.

II-3. Электромагнитные силы

В силу наших определений (11) и (13) запишем:

$$T = \mu_o \frac{I}{2\pi r} = \frac{f}{I\Delta I}$$
 (31),

откуда легко видеть, что нахождение сил взаимодействия токов сводится к их вычислению по заданным токам в проводниках в известных полях магнитного натяжения \bar{T} . Поэтому вопрос о взаимодействии проводников с токами сводится к нахождению их полей магнитного натяжения \bar{T} :

$$\bar{f} = T(\bar{I}\Delta l) \tag{32}.$$

Так, например, силы действия сторон изогнутого провода с током друг на друга можно теперь представить как на рис. 4, из которого с очевидностью вытекает геометрическое соотношение для сил в поле магнитного натяжения \bar{T} :

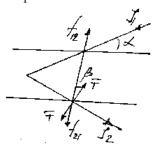
$$f_{12} = T_{12}I_1\Delta l_1\cos\alpha\cos\beta \tag{33}$$

и
$$f_{21} = T_{21}I_2\Delta l_2\cos\beta\cos\alpha$$
 (34)

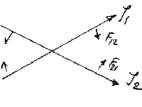
Но так как для данного случая самоочевидными являются тождества: $I_1 \equiv I_2$ и $T_1 \equiv T_2$, то из этого обстоятельства непосредственно следует вывод, что силы (33) и (34) друг друга взаимно компенсируют, так как

$$f_{12} = -f_{21} \tag{35}.$$

Поэтому в действительности на изогнутый провод с током действует лишь распрямляющая сила по (33) и (34), но нет никакой силы тяги для такой системы, что непосредственно снимает «электромагнитный парадокс». Аналогичные соображения относительно скрещенных проводов с токами приводят нас к выводу об их стремлении принять положение в одной плоскости, как это и происходит в действительности, что и показано на рис. 5.



Puc. 4



Puc. 5

II-4. Практические рекомендации на основе магнитодинамики

В качестве иллюстраций возможностей изложенных выводов для оптимизации электромеханических систем здесь кратко отметим из десятков изобретений на их основе несколько наиболее практичных технических решений:

Как выяснилось, объективно-историческая ошибка в направлении силовой характеристики электромагнитного взаимодействия токов, привнесенная опытами Х. Эрстеда и вошедшая в фундаментальную систему уравнений Максвелла значительно затруднила технические решения в электротехнике. Действительно, самоочевидный вывод магнитодинамики об электромагнитной индукции при изменении магнитного натяжения вблизи проводника с изменением тока во времени:

$$T = \frac{I}{2\pi r}$$
 (35) по [3],

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$$
 (36)

в традиционном электродинамическом анализе можно получить лишь путем длительных преобразований по избавлению из выражений самой величины силовой характеристики — магнитной напряженности Н через многоэтапные замены переменных параметров, заранее зная на основании эмпирического закона Фарадея о существовании такой величины — электродвижущей силы электромагнитной индукции.

К сказанному по выражениям для ЭДС электромагнитной индукции (36) можно добавить, что величина ЭДС состоит из двух частей:

ЭДС = ЭДС
$$_1$$
 + ЭДС $_2$ (37),

где ЭДС
$$_1 = -A \frac{1}{r} \frac{dl}{dt}$$
 (38),

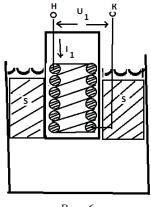
ЭДС₂ =
$$-A \frac{l}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$$
 (39) по [3].

Ясно, что ЭДС $_1$ возникает вследствие изменения тока I со временем, а ЭДС $_2$ возникает в результате взаимодействия вторичного тока I $_2$ с первичным I $_1$ при изменении расстояния между ними. Данное обстоятельство, выраженное в зависимости (39) необходимо отметить здесь особенно. Дело в том, что с позиций классической электро-

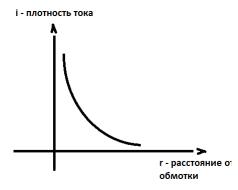
динамики эта функциональная зависимость не является самоочевидной, а нами выше она выявлена уже по заранее эмпирически известному выводу (38). Но зависимость

ЭДС
$$_2 = -A \frac{l}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$$

означает принципиальную возможность создания сверхвысоких напряжений в непосредственной близости от первичных проводников с переменными токами. Так, например, электролиты, проводимость которых на 5-6 порядков меньше проводимости металлических проводников, традиционной электротехникой не рассматриваются в качестве возможных электрических цепей.



Puc. 6



Puc. 7

Вместе с тем, из выражения (39) непосредственно следует, что при погружении первичной обмотки в электролит возможно образовать в нем значительные токи и, следовательно, вызвать заметные электромагнитные (см. патенты РФ№2041779, №2026768 и др.) электромеханические (см. патенты РФ № 1424998, №1574906 и др.) электрохимические (см. патенты РФ№2147555, № 2197550 и др.) эффекты. Отдельное пояснение здесь надо сделать относительно плотности тока, индуцированного обмоткой в электролите, которое иллюстрируется на рис. 6 и рис. 7. На рис. 6 показан разрез погруженной в электролит обмотки с выводами Н и К, подключенных к источнику переменного тока, в результате чего сам электролит вокруг обмотки представляет собой вторичный кольцевой (короткозамкнутый) виток проводника сечением S, в котором индуцируется вторичный ток плотностью і, зависящий от расстояния до первичной обмотки, как это показано на рис. 7. Действительно, из выражения (39) следует, что вблизи обмотки с первичным током плотность вторичного тока может иметь значения, способные эффективно влиять на протекание реакций в растворах или расплавах. Этот вывод и продемонстрирован ниже на изобретениях автора.

III. Проточный магнитодинамический электролизёр автора по патенту № 2147555 РФ на магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе

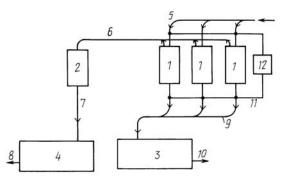


Рис. 10 (Фиг. 1 по [6])

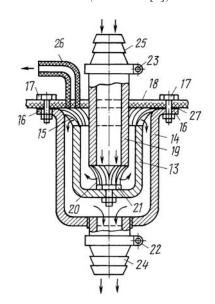


Рис. 11 (Фиг. 2 по [6])

Заявленной технической задачей, на решение которой направлено данное изобретение, является производство гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе при полной механизации и автоматизации технологического процесса получения гидроксида натрия. На рис. 10. показана технологическая схема магнитодинамического аппарата для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе. Магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе [6] включает в себя систему магнитодинамических электролизеров 1, приемник соляной кислоты 2, приемник каустической соды 3, накопитель соляной кислоты 4, трубопроводную магистраль с коллектором подвода рассола поваренной соли 5 к магнитодинамическим электролизерам 1, трубопроводную магистраль 6 с коллектором для сбора и отвода хлора и водорода из магнитодинамических электролизеров 1 в приемник соляной кислоты 2, трубопроводная магистраль 7 для отвода соляной кислоты в накопитель 4 с выводным патрубком 8, трубопроводная магистраль с коллектором 9 для отвода каустической соды из магнитодинамических электролизеров 1 в приемник 3 с выводным патрубком 10, линия электропередачи тока переменного 11 от блока электропитания 12 к магнитодинамическим электролизерам 1. На рис. 11. показан разрез магнитодинамического электролизера вертикальной плоскостью. Магнитодинамический электролизер 1 состоит из металлического тупикового стакана 13, электрически соединенного с металлическим проточным стаканом 14 токоотводящими лепестками 15. Стакан 14 вместе с коаксиально размещенным в нем стаканом 13 укреплены с помощью отбортовки 16 болтовыми креплениями 17 к электроизолирующей крышке 18. Входной трубчатый проводник 19 укреплен коаксиально внутри стакана 13 с помощью токоотводящих лепестков 20, приваренных к болтовому соединению 21 проводника 19 со стаканом 13. Вывод стакана 14 и трубчатый проводник 19 снабжены кольцевыми хомутами с клеммами 22 и 23 для подсоединения линии электропитания электролизера. Вывод стакана 14 и ввод трубчатого проводника 19 снабжены штуцерами 24 и 25 для присоединения гидролиний согласно технологической схеме. В крышке 18 выполнен трубо-

проводный вывод 26 для газообразных хлора и водорода. Герметизация элетролизера обеспечивается прокладкой 27 между отбортовкой 16 стакана 14 и крышкой 18. Количество электролизеров 1 в аппарате по конкретному условию эксплуатации может быть произвольным и определяется заданной производительностью аппарата. Количество тупиковых стаканов 13 и проточных стаканов 14 в каждом электролизере 1 может быть произвольным и определяется по конкретным условиям эксплуатации заданной концентрации каустической соды на выходе из аппарата. Габаритные размеры стаканов 13, 14 и трубчатого проводника 19 и толщина их стенок определяется заданной мощностью аппарата по конкретным условиям эксплуатации и ничем не ограничены.

Устройство магнитодинамического электролизера по описанию обеспечивает электрическое соединение коаксиальных стаканов 13 и 14 и трубчатого проводника 19 между собой согласно по магнитному полю и последовательно по гидропотоку обрабатываемого рассола.

В качестве блока электропитания 12 может быть использована типовая трехфазная трансформаторная подстанция мощностью, согласованной с мощностью аппарата, электролизеры 1 которого должны быть распределены по фазам трехфазной сети равномерно.

Работает магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе следующим образом. После выполнения технологической схемы (см. рис. 1) по описанному с помощью типовой электрокоммутационной аппаратуры (на чертежах не показана) включается электропитание от блока электропитания 12 на магнитодинамические электролизеры 1, через которые с помощью типовой запорно-регулирующей аппаратуры и системы насосов (на чертежах не показаны) создается поток рассола поваренной соли. Согласно современным электрохимическим представлениям соль в растворе диссоциирована на ионы, находясь при отсутствии внешнего воздействия в термодинамическом равновесии. Так как трубчатые проводники стаканов 13, 14 и 19 соединены между собой электрически согласно по магнитному полю, то в цилиндрических зазорах между коаксиальными проводниками 13, 14 и 19 при протекании по ним переменного тока создается мощное

переменное магнитное поле, которое индуцирует в протекающем по цилиндрическим зазорам между проводниками 13, 14 и 19 рассоле переменные токи большой величины. Под воздействием переменных электротоков термодинамическое равновесие в растворе электролита нарушается, так как дополнительно к ионам диссоциированной поваренной соли образуются вследствие электролиза воды ее ионы водорода и гидроксидной группы. В результате взаимодействия под влиянием переменных индукционных токов ионов натрия, хлора, водорода и гидроксидной группы интенсивно протекает процесс восстановления молекул водорода и хлора, которые в виде пузырьков выделяются из рассола, нарушая первоначальный состав электролита, обедняя его ионами хлора и водорода, увеличивая соответственно концентрации ионов натрия и гидроксидной группы, являющихся составными частями каустической соды. Таким образом, суммарную реакцию разложения поваренной соли в магнитодинамическом электролизере 1 между трубчатыми проводниками 13, 14 и 19 под действием переменных индуцированных токов можно записать в виде:

$$2NaCl + 2H_2O = 2NaOH + Cl_2 + H_2.$$

Соотношение концентраций продуктов этой суммарной реакции определяется величиной индукционных токов в электролите рассола, длительностью обработки их в зазорах между трубчатыми проводниками 13, 14 и 19 и первичной концентрацией поваренной соли в рассоле, то есть может быть задано конкретной мощностью электропитания магнитодинамического электролизера 1, его габаритными размерами и заданной производительностью аппарата, что в итоге и является достижением цели изобретения. Продукты реакции по трубопроводным магистралям 6, 7, 9 отводятся к приемникам и накопителям 3 и 4, откуда расходуются по своему назначению. Так как все стадии технологического процесса по описанному от подачи рассола по трубопроводной магистрали с коллектором 5 до вывода продуктов реакции в магнитодинамическом электролизере 1 по трубопроводным магистралям и коллекторы 6, 7, 9 осуществляются и управляются с помощью гидронасосов и запорно-регулирующей аппаратуры, то использование систем типового электрифицированного дистанционного управления и измерения параметров технологического процесса обеспечивает реальную возможность полной механизации и автоматизации производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе.

Эффективность магнитодинамического аппарата для производства гидроксида натрия и электрохимическим способом на переменном токе по описанному определяется габаритными показателями магнитодинамических электролизеров, количеством их в технологической схеме, общей мощностью установки по конкретным условиям эксплуатации...»

Таким образом, проточный магнитодинамический электролизёр по патенту РФ № 2147555 на магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе обеспечивает производство сильного дезинфицирующего раствора из широко распространенного ресурса — соли поваренной. Для работы аппарата требуется блок электропитания и емкости для раствора соли поваренной и готового дезинфицирующего раствора.

VI. Обоснование и расчёт устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса

По существу данного изобретения автор уже неоднократно отмечал его детали и особенности, например, в работе [4] из которой цитирую, сохраняя нумерацию формул и рисунков:

«...II. Обоснование работы магнитодинамического электролитного насоса

Одним из ярких примеров оптимизации привода на основе магнитодинамического представления являются технические решения в области насосостроения и запорно-регулирующей аппаратуры, реализованные в изобретениях автора. Известно, что уже в начале XX века промышленность поставила ряд важных проблем перед насосостроением, к настоящему времени из которых не нашли своего полного разрешения задачи обеспечения коррозионной стойкости и высокой надежности работы насосных установок, так как эти характеристики почти полностью определяются надежностью подшипников приводных механизмов. Поиск разрешения этих технических противоречий в насосостроении продолжается уже в условиях более жестких требований, чем они предъявлялись в начале XX века, так как современное насосное и запорно-регулирующее оборудование работает в агрессивных рабочих средах с напорами и производительностью, о которых не знали инженеры прошлого века.

Повысить надежность работы насосных установок оказалось возможным путем отказа от использования подшипников в насосном оборудовании вообще, что вполне реально для магнитодинамического привода, в котором оказалось принципиально возможным непосредственное преобразование электроэнергии в механическую работу рабочего органа.

II-1. Устройство магнито-динамического электролитного насоса по заявке № 5059437/06/3/

Насос предназначен для перекачивания агрессивных электропроводящих сред и может быть использован в металлургии, энергетике, химической и т.п. областях промышленности. Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является повышение надежности работы и сроков эксплуатации при сохранении высокой производительности в условиях агрессивности перекачиваемых рабочих сред (рис. 1).

Изобретение поясняется чертежами:

На рис. 1-а) показана схема подключения насоса к блоку электропитания и в гидромагистраль.

На рис. 1-б) — соединение половины вида с половиной разреза корпуса насоса.

На рис. 1-в) – вид торца насоса с частичным вырезом по A - A на рис. 1-б).

На рис. 1-г) — диаграмма величины магнитного потока развертки поверхности магнитопровода со временем его изменения вдоль образующей цилиндрической поверхности корпуса насоса.

Насос содержит трубчатый корпус-магнитопровод 1, по концам которого выполнены резьбовые сгоны 2 и 3 для присоединения типовых штуцеров входа и выхода насоса в гидромагистраль, а на внутренней поверхности выполнены кольцевые пазы 4. В пазах 4 размещена трехфазная зигзагообразная обмотка 5, закрытая щитками 6, например, с помощью клинового крепления. Лобовые участки 7 зигзагов обмотки 5 размещены в продольном, общем для всех зигзагов, пазу 8 на внутренней поверхности корпуса 1, от которого выполнены выводы 9 начал и концов каждой фазы A, B, C обмотки 5.

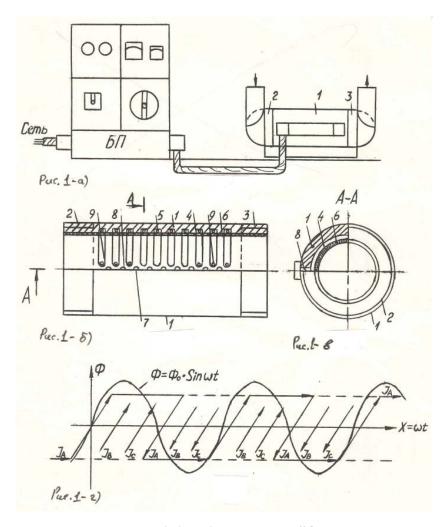


Рис. 1. (Рис. 1 по источнику /3/)

Электропитание насоса осуществляется с помощью типового блока электропитания, содержащего типовые преобразователь частоты и переключатель фаз напряжения при необходимости регулирования производительности и направления гидропотока в магистрали.

П-2. Принцип действия и работы насоса При включении электропитания на трехфазную зигзагообразную обмотку 5 каждая ее фаза создает магнитный поток, величина которого может быть выражена:

$$\Phi_{a} = \Phi_{o} \bullet \sin \omega t \qquad (12-a)$$

$$\Phi_{b} = \Phi_{o} \bullet \sin \left(\omega t + 120^{\circ} - 120^{\circ}\right) =$$

$$= \Phi_{o} \bullet \sin \omega t \qquad (12-B)$$

$$\Phi_{c} = \Phi_{o} \bullet \sin \left(\omega t + 240^{\circ} - 240^{\circ}\right) =$$

$$= \Phi_{o} \bullet \sin \omega t \qquad (12-c)$$

В результате супрерпозиции этих фазных магнитных потоков вблизи внутренней поверхности корпуса насоса образуется общий магнитный поток величиной:

$$\Phi_{o\delta u_i} = 3\Phi_i \sin \omega t \qquad (12)$$

Таким образом, вдоль образующей цилиндрической поверхности внутри корпуса создается бегущая волна магнитного поля, амплитуда которой $3\Phi_{_{0}}$ смещается с течением времени на величину: $\varphi = \omega t$ (13).

В результате в электропроводящей рабочей среде индуцируется асинхронный короткозамкнутый ток, который увлекается за бегущей волной магнитного поля вместе с рабочей средой, что и приводит к образованию гидропотока по каналу насоса в направлении порядка следования фаз напряжения на фазах обмотки 5 насоса.

Так как по каналу насоса предотвращаются помехи гидропотоку, а взаимодействие

магнитного поля с рабочей средой предотвращает деформации корпуса и абразивное трение частиц рабочей среды по внутренней поверхности корпуса, то этими обстоятельствами и обеспечиваются высокая надежность работы насоса и длительные сроки его эксплуатации при низком гидравлическом сопротивлении. При этом осуществляется возможность изменения направления гидропотока путем переключения порядка следования фаз напряжения на фазах обмотки с помощью коммутационной аппаратуры.

Так как электропроводность электролитов различается в широких пределах в зависимости от состава, концентрации, температуры рабочей среды и частоты тока, то необходимым требованием к блоку электропитания насоса является наличие преобразователя частоты, например, тиристорного типа и др.

По заявке № 5059437/06 автором получено решение Роспатента о выдаче патента на изобретение «Магнито-динамический электролитный насос».

III. Расчет параметров конструкции насоса

III-1. Основные положения и исходные данные на проектирование опытно-конструкторской модели насоса

Как это следует из М П К данного изобретения /3/, разработка носит пионерский характер, что предъявляет особые требования к процессам проектирования и конструирования данной опытно-конструкторской модели насоса.

Прежде всего, данное обстоятельство свидетельствует об отсутствии разработанных методик проектирования и конструирования, аналогичных изложенным в многочисленных курсах расчета, проектирования и конструирования электрических машин и аппаратов.

Как это ясно из описания устройства работы насоса, изложенного выше, по существу физических процессов мы имеем дело с трансформатором, первичная обмотка которого выполнена трехфазной, а вторичная обмотка представляет собой рабочую электропроводящую среду, в которой индуцируются короткозамкнутые токи. При отсутствии разработанных методик проектирования и расчетов в нашем распоряжении остается самый общий энергетический принцип, заключающийся в определении по теореме Ланжевена баланса активных и реактивных мощностей, как это описано в литературе, на которую придется ссылаться по ходу расчетов и проектирования. Исходя из общего выражения величины энергии магнитного поля:

$$W_m = \int_V \frac{BH}{2} \cdot dV , \qquad (14)$$

где $B=\mu\mu_0 H$, (15) если $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}\,$ гн/м. В источнике /4/ дана таблица В-1 (см. стр.9) линейных размеров трансформаторов в зависимости от их характеристик, а на основе энергетического подхода в источнике /5/ (см. стр.238 и далее) мощность и основные размеры электромашин связаны между собой выражением (1447) на стр. 667, частными следствиями которого с большой точностью на практике применяются расчетные формулы:

$$S_m = \sqrt{P}$$
 (16) и $60 = S_m \cdot N_1$ (17)

где S_{m} – площадь сечения магнитопровода

P – потребляемая мощность в BT,

 $N_{_{1}}$ – число витков на 1 вольт напряжения обмотки, или, как это широко используется в источнике /6/, представляются в виде графиков для определения габаритных размеров машин по заданным мощностям (см. рис. 6-7 на стр. 164 и др.) в зависимости от используемых материалов. Разумеется, выражение (6-131) для определения сопротивления обмотки по источнику /6/, выражения (6-1) и (6-2) с соответствующими таблицами на стр. 248 источника /7/ для определения индуктивностей и т.п. общеизвестные выражения могут здесь нами применяться без каких-либо ограничений, так как они позволяют получать искомые значения с большой точностью:

$$R = \rho \frac{I_{mp}}{S_{mn}}$$
 (18) $_{\rm H} L = \mu \mu_o \cdot \frac{N^2}{l_k} \cdot S_m$ (19),

где R – активное сопротивление проводни-

 ρ – удельное сопротивление проводникового материала в Ом.мм² / м,

N – число витков обмотки,

I, S – линейные размеры ит сечения соответствующих элементов.

Сводя в общую таблицу наиболее общие расчетные формулы, получим следующий формуляр расчета проектируемой модели насоса:

№ п/п	Наименование расчетных величин	Расчетная Формула	Единица измерения
1	Полная мощность	$S_{\mathfrak{I}} = 3U_{\phi}I_{\phi}$	BA
2	Активная мощность	$P = 3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi$	BT
3	Сила тока фазного	$I_{\phi} = S_{9} / 3U_{\phi}$	A
4	Допустимое сечение провода	$S_{np} = I_{\Phi} / i_{np}$	MM ²
5	Сечение магнитопровода корпуса	$S_m = \sqrt{P}$	CM ²
6	Количество витков обмотки на 1 в	$N_1 = 60 / S_m$	витков
7	Активное сопротивление фазы	$R_{\phi}= horac{I_{np}}{S_{np}}$	Ом
8	Индуктивность фазы обмотки	$L_{\phi} = \mu \mu_o \frac{N^2}{I_{np}} S_m$	Гн
9	Реактивное сопротивление фазы обмотки	$X_{\Phi} = \omega L_{\Phi}$	Ом
10	Полное сопротивление фазы обмотки	$Z_{\phi} = \sqrt{R^2 + X^2}$	Ом
11	Расчетная величина тока фазного	$I_{\phi} = U_{\phi}/Z_{\phi}$	A

Здесь опущены геометрические преобразования с использованием табличных значений, источники которых указаны непосредственно перед конкретным расчетом. Так как все указанные в формуляре расчетные выражения отражают зависимости линейного характера, не содержат сингулярностей и разрывов, то данное обстоятельство позволяет принять за основу проектирование уменьшенной действующей физической модели насоса, которая при необходимости методом геометрического подобия может быть использована для обоснований расчета заданных показателей проектируемого насоса с учетом результатов экспериментальных измерений при работе физической модели насоса.

В соответствии с описанием устройства и работы проектируемого насоса в объем проектных расчетов не включены расчеты блока электропитания, который используется типовым по своему прямому назначению.

Исходные данные на проектирование насоса в соответствии с изложенными соображениями могут быть приняты следующие:

А. Рабочая среда насоса – насыщенный раствор поваренной соли, характеризующийся свойствами:

Концентрация - C = 26% (100% насыщения)

Плотность – $\rho_{\text{**}} = 1,2 \text{ кг/л}$ Температура – T = + 18 °C

- Б. Рабочий режим непрерывный в погружном положении.
- В. Рабочие характеристики насоса в непрерывном режиме:

Производительность – Q = 1 л/сек Напор на выходе – H = 40 м Общий к.п.д. – $\eta = 50\%$ Коэффициент мощности – $\cos \varphi = 0.5$ Напряжение фазное – $U_{\phi} = 220$ В Частота тока – f = 50 Γ ц

Г. Непрерывный режим работы насоса в погружном положении предопределяет его принудительное охлаждение потоком рабочей среды, что исключает из проектных разработок тепловые расчеты и вентиляционные устройства, характерные для электрических машин.

Д. Погружное положение насоса предполагает с учетом его устройства и работы горизонтальное положение канала на станине с вертикальными штуцерами входа и выхода в гидромагистраль.

Е. Условия эксплуатации насоса предъявляют повышенные требования к коррозионной стойкости его металлических частей, что предопределяет необходимость соответствующей коррозионной защиты путем использования коррозионностойких полимеров.

Ж. Устройство и работа проектируемого насоса исключают в процессе его эксплуатации возникновения циркуляций потока и вибраций корпуса, что снижает соответствующие требования к механической прочности корпуса и жесткости его закрепления на станине.

III-2. Расчет параметров и конструктивных элементов модели насоса

1) По рабочим характеристикам п. III-1-B) вычислим механическую мощность насоса:

$$N_{\text{Mex}} = Q \cdot H \cdot \rho_{\mathcal{H}} \cdot q =$$

$$=1\frac{\pi}{c}.40\text{ m}.1,2\frac{\text{KZ}}{\pi}.10\frac{\text{M}}{c^2}=480\text{ sm}$$

2) По заданному общему к.п.д. = 50% определим потребляемую мощность:

$$P = \frac{N_{\text{MEX}}}{0.5} = 960 BT$$

3) Потребляемая мощность позволяет вычислить ток фазный:

$$I_{\phi} = \frac{P}{3U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{960em}{3 \cdot 220e \cdot 0.5} = 3a$$

4) Величина фазного тока позволяет теперь определить сечение медного провода фазной обмотки:

$$S_{np} = \frac{I_{\phi}}{i_{np}} = \frac{3a}{5 \frac{a}{MM^2}} = 0.6 \, \text{MM}^2$$

где $i_{np} = 5 \ a/m m^2$ — средняя предельно допустимая плотность тока по медному проводу. С учетом схемы обмоточного провода круглого сечения на рис.26-1 по источнику /8/ на стр.357 выбираем для обмотки провод марки ПЭВ d=0.8 мм по ГОСТ 7262-78.

5) Сечение магнитопровода по формуле (5) расчета п.III-1 составляет:

$$S_{y} = \sqrt{P} = \sqrt{960} \cong 30 \text{ cm}^2$$

С учетом равнозначности фазных полюсов принимаем для каждого:

$$S_A = S_B = S_C = 10 \text{ cm}^2$$

- 6) Из расчетной формулы (6) формуляра п. III-1 находим число витков обмотки на 1 вольт: $N_1 = 60/30 = 2$ витка на 1 вольт.
- 7) По фазному напряжению $U_{\phi} = 220$ в определяем минимум числа витков каждой фазы обмотки:

$$N_{_{\rm th}}$$
 = 220 в х 2 витка = 440 витков

Для сокращения числа пазов корпуса насоса положим в пазу по 25 жил, тогда общее число пазов фазы обмотки составит:

$$N_{_{\rm th}} = 440/25 = 17,6 \cong 18$$
 пазов

Так как число пазов равно числу полюсов, которое может быть лишь целым числом, то принимаем ближайшее значение 18 пазов, что конструктивно представляет собой 9 пар полюсов на одну фазу обмотки. Тогда общее число пазов трехфазной обмотки составит:

$$N_{00} = 3 N_{\phi} = 3 x 18 = 54$$
 паза

8) С учетом значений по пп 5) и 7) ширину полюса принимаем $h_{_{\Pi}} = 5$ мм.

Тогда из геометрических соображений можно определить кольцевой периметр полюса:

$$l_{non} = S_{non} / h_{non} = 10 \text{ cm}^2 / 0.5 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Это в свою очередь позволяет определить внутренний диаметр канала насоса:

$$d = l_{nov} / \pi = 20 \ cm / 3,14 \cong 6 \ cm$$

Полагая ширину магнитопровода фазы не менее ширины полюса, получим для толщины стенки корпуса: $h_{\text{кор}} = 3 \ h_{\text{пол}} = 15 \ \text{мм}$, что приводит к возможности вычисления внешнего диаметра корпуса насоса:

$$D = d + 2 h_{KOD} + 2 h_{MOD} = 100 MM.$$

10) Так как общее число пазов $N_{_{06}}$ =54 паза, то при выполнении условия формулы изобретения, чтобы $h_{_{{\rm пол}}}=h_{_{{\rm паз}}}$, получаем общую длину магнитопровода

$$l_{\text{KOD}} = 54 (h_{\text{HOII}} + h_{\text{Ha3}}) = 540 \text{ MM}.$$

С учетом торцевых частей корпуса принимаем общую длину насоса:

$$L_{\text{\tiny Hac}} = 540 + 2 \times 30 \text{ MM} = 600 \text{ MM}$$

- 11) Расчетная формула (9) из формуляра по п.III-1 позволяет теперь определить индуктивность одной пары полюсов обмотки, если принять во внимание значения:
- $1_{\rm k} = 3 \; (\; h_{\rm non} + h_{\rm nas} \;) = -$ длина сердечника между полюсами данной пары.

 $N_{\phi} = 25$ — число витков катушки, равное числу жил в пазу

числу жил в пазу. $S_{\text{пол}} = 10 \text{ см}^2 - \text{площадь сечения сердеч-ника катушки данной пары.}$

При этом, учитывая размеры магнитопровода по пп 9) и 10), выберем по источнику /9/ (стр.16, 27 и далее) для корпуса сталь марки ЭЗ10 ГОСТ 21427-78 ленточный прокат размерами 20 мм х 0,5 мм. Тогда:

$$L_{I} = \mu \mu_{o} \frac{N_{\phi}^{2}}{l\kappa} \cdot S_{M} =$$

$$=4\pi \cdot 10^{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(25)^{2}}{3 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^{-3} = 0,025$$
ен

что для всех 9 пар полюсов фазы составит индуктивность фазную

$$L_{d} = L_{1} \times 9 \cong 0.2 \text{ fh}$$

12) Для частоты промышленного тока f = 50гц индуктивность фазы L_{ϕ} =O,2гн определяет величину индуктивного сопротивления фазной обмотки по расчетной формуле (9) формуляра п. III-1:

$$X_{\phi}=\varpi \cdot L_{\phi}=314 \cdot 0,$$
2гн $\cong 63$ ом

13) По результатам вычислений по пп 7) и 8) определим величину активного сопротивления фазы обмотки из медного провода по расчетной формуле:

$$R = \rho \frac{l_{\phi}}{S_{\phi}} = 0,017 \cdot \frac{88_{M}}{0,6_{MM}^{2}} \cong 2,5_{OM}$$

С учетом значения индуктивного сопротивления фазной обмотки по п.12) это позволяет вычислить полное сопротивление фазной обмотки:

$$Z = \sqrt{2,5^2 + 63^2} \cong 63,5$$
 om

Сводя результаты вычислений, получим формуляр расчетных величин проектируемой модели насоса:

Результаты по пп 1)-13) характеризуют лишь первичную цепь, поэтому не позволяют определить коэффициент мощности до экспериментальных измерений по определению проводимости рабочей среды, являющуюся вторичной цепью, и зависящей от часты тока, как это отмечается в литературе /10/ и др.

IV. Особенности конструктивного исполнения модели насоса

IV-1. Общий вид насоса

Общий вид насоса в сборе представлен на рис. 2.

По выполнению требований условий эксплуатации (п. III-1-Е) в качестве коррозионностойкого материала для неметаллических частей и деталей насоса выбираем по источнику /11/, стр.272 фторопласт соответчствующих марок.

IV-2. Корпус насоса

Корпус насоса представлен на рис. 3.

Корпус насоса состоит из двух полуциллиндрических частей с губками, снабженных отверстиями под болтовые соединения. Нижняя полуциллиндрическая часть корпуса выполнена с лапами для крепления на фундаменте с помощью болтов. Внутренняя поверхность полуциллиндрических частей корпуса имеет угловые пазы в торцевых частях для крепления шихтовки магнитопровода, а снаружи торцы корпуса имеют резьбу для присоединения штуцеров насоса. С одной стороны корпуса губки выполнены короче длины цилиндра, а на их месте выполнены окна под колодки коллектора обмотки.

№ п/п	Наименование величн	Обозначение	Численное значение
1	Общая длина корпуса	l _{kop}	600 мм
2	Внешний диаметр корпуса	D	100 мм
3	Внутренний диаметр корпуса	d	60 мм
4	Общее число пазов кольцевых	N _{oб}	54
5	Общее число витков фазы	N_{ϕ}	440
6	Число жил провода в пазу	n _ж	25
7	Ширина полюса и ширина паза	$h_{\text{пол}} = h_{\text{паз}}$	5 мм
8	Глубина паза и высота полюса	$h_{pol} = h_{paz}$	5 mm
9	Толщина стенки корпуса	h _K	15 мм
10	Провод обмоточный марки ПЭВ	d _{np}	0,8 мм
11	Сталь трансформаторная Э310		20 мм х 0,5 мм
12	Число пар полюсов фазы		9

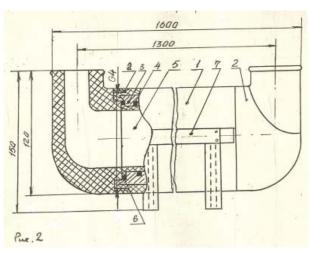


Рис. 2 (Рис. 2. по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материалов	№ рис.
1	Корпус	Ф-50	ТУ-6-05-600-77	Рис.3
2	Штуцер	Ф-50	ТУ-6-05-600-77	Рис.2
3	Магнитопровод	Э310	ГОСТ 21427.4-78	Рис.4 и Рис.5
4	Обмотка	ПЭВ	ГОСТ 7262-78	Рис.6
5	Рабочая камера	Ф-4Д	ТУ-6-05-600-77	Рис.7
6	Прокладка	КЩ	ГОСТ 18698-79	Рис.2
7	Коллектор	Ф-50	ТУ-6-05-600-77	Рис.8

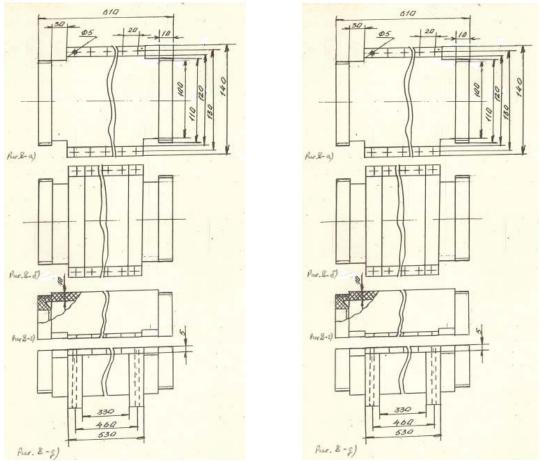


Рис. 3. Корпус насоса (рис. 8 по источнику /3/)

IV-3. Магнитопровод насоса

Магнитопровод насоса представлен на рис. 4 и рис. 5.

Магнитопровод выполнен шихтовкой пластин клиновидного сечения из трансформаторной стали Э310, имеющих угловые выступы по торцам. Продольный паз магнитопровода для лобовых частей обмотки образован промежуточными, торцевыми и выводными пластинами, отличающимися от полюсных отсутствием зубцов полюсов. Снаружи магитопровода на его поверхности вблизи выводных отверстий

обмотки выполнены канавки прямоугольного периметра под фиксатор выводов обмотки.

IV-4. Обмотка насоса

Обмотка насоса представлена на рис. 6.

Обмотка выполнена трехфазной зигзагообразной на цилиндрической внешней поверхности рабочей камеры с помощью упоров на упорной пластине в продольном пазу цилиндрической рабочей камеры. Витки обмотки входят в пазы магнитопровода при обхвате им снаружи и стяжки корпуса болтовыми соединениями в губках корпуса.

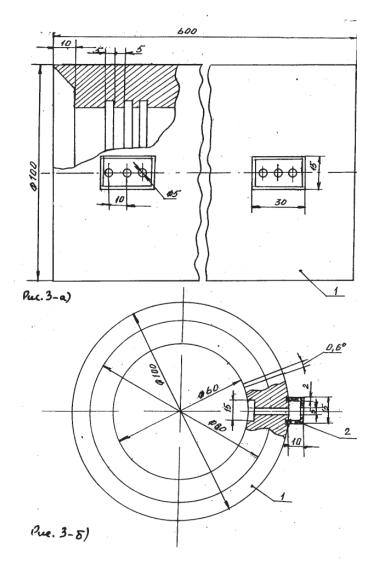


Рис. 4. Магнитопровод индуктора насоса (Рис. 3 по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материалов	Примечание
1	Магнитопровод	Э310	21427.4-78	Шихтовка
2	Фиксатор выводов	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	

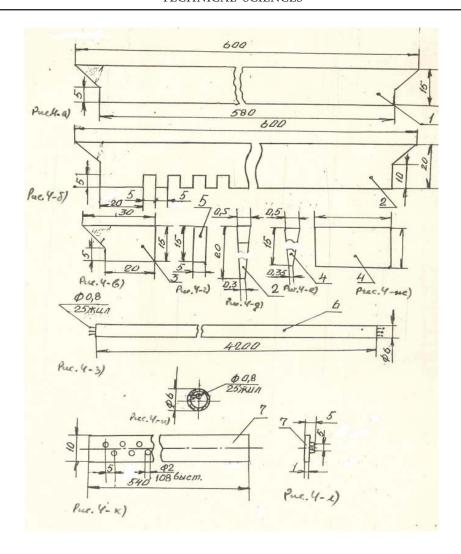


Рис. 5. Комплектующие детали индуктора и обмотки (Рис. 4 по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материалов	Примечание
1	Пластина лобовая	Э310	21427.4-78	18 шт.
2	Пластина полюсная	Э310	21427.4-78	610 шт.
3	Пластина торцевая	Э310	21427.4-78	10 шт.
4	Пластина промежуточная	Э310	21427.4-78	10 шт.
5	Пластина выводная	Э310	21427.4-78	10 шт.
6	Жгут ПЭВ	ПЭВ	7262-78	3 шт.
7	Пластина упорная	Ф-50	ТУ 6-05-60-77	Рис.6

Выводы обмотки через отверстия в магнитопроводе и фиксаторе выводов присоединяются с помощью пайки к клеммам колодки со сторон начала и конца каждой фазы. С помощью многожильного жгута по числу жил в обмотке фазы все витки каждой фазы соединяются между собой последовательно, образуя лишь один конец

и одно начало фазы. Концы всех фаз соединятся между собой и их место соединения обязательно изолируется с помощью трубки ПХВ или изоленты, а начала всех тех фаз через отверстия в колодке выводятся к штепсельному разъему электрокабеля от блока питания (на чертежах не показаны как типовые.)

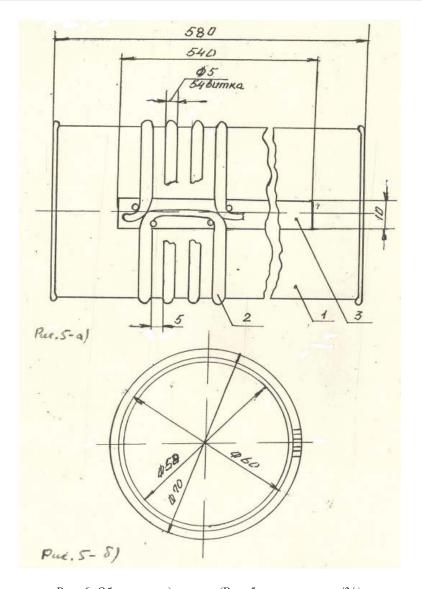


Рис. 6. Обмотка индуктора (Рис. 5 по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ Материалов	Примечание
1	Рабочая камера	Ф-4Д	ТУ 6-05-600-77	Рис. 7
2	Жгут ПЭВ	ПЭВ	7262-78	54 витка
3	Пластина упорная	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	Рис. 5

Соединительные многожильные фазные жгуты уложены вдоль губок корпуса между колоджками и закрыты крышкой, закрепленной к колодкам винтами.

IV-5. Рабочая камера и коллектор обмотки насоса

На рис. 7 и рис. 8 представлены рабочая камера и коллектор обмотки насоса. В сборе коллекторное устройство представляет собой закрытую, защищенную от агрессивной среды систему неподвижных электроизоли-

рованных соединений обмотки индуктора насоса. После отбортовки торцов рабочей камеры и уплотнения резиновыми проклад-ками штуцеров с помощью резьбовых соединений закрепляют индуктор насоса, обеспечивая герметичность насоса.

Присоединение штуцеров в гидромагистраль осуществляется эластичными шлангами с закреплением их хомутами (на чертежах не показаны, как применяемые по своему прямому назначению).

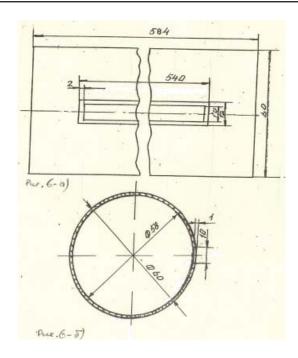


Рис. 7. Рабочая камера насоса (Рис. 6 по источнику /3/)

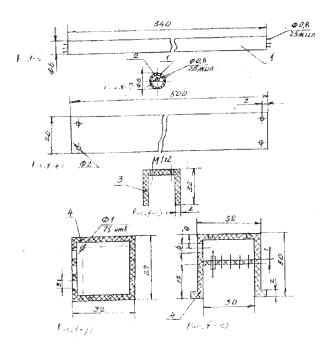


Рис. 8. Коллектор обмотки индуктора (Рис. 7 по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материталов	Примечание
1	Трубка	ПХВ	14332-78	3 шт.
2	Жила	ПЭВ	7262-78	75 шт.
3	Крышка	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	
4	Колодка	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	2 шт.

При включении насоса к блоку электропитания могут быть использованы типовые емкостные компенсаторы реактивной мощности (на чертежах не показаны)».

Литература к разделу IV. Обоснование и расчёт устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса

- 1. Вертинский П.А. Магнитодинамика. Усолье-Сибирское, 1993. 222 с.
- 2. Вертинский П.А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики: сб. мат.V науч.практич. конф. «Сибресурс-2002». Иркутск: ИГЭА, 2002.
- 3. Вертинский П.А. Введение в магнитодинамику. Иркутск: ИрГТУ, 1997. 144 с.
- 4. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. Л.: «Энергия», 1970.
- 5. Шуйский В.П. Расчет электрических машин / пер. с нем. Л.: «Энергия», 1968.
- 6. Копылов И.П. и др. Проектирование электрических машин. М.: «Энергия», 1980.
- 7. Калантаров П.Л. и др. Расчет индуктивностей. Л. «Энергоатомиздат», 1986.
- 8. Белоруссов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: справочник. М.: «Энергия», 1979.
- 9. Никитский В.З. Трансформаторы малой мощности. М.: «Энергия», 1976.
- 10. Графов Б.М. и др. Электрохимические цепи переменного тока. М.: «Наука», 1973.
- 11. Лащинский А.А. и др. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник. Л.: «Машиностроение», 1970.

V. Выводы

- 1. Вывод магнитодинамики о зависимости ЭДС от $(1/r^2)$ представляет собой принципиальную возможность создания сверхвысоких напряжений в непосредственной близости от первичных проводников с переменными токами, позволяя осуществлять подвод электромагнитной энергии в область сплошных сред.
- 2. Проточный магнитодинамический электролизёр по патенту РФ № 2147555 на магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе обеспечивает техническую возможность производства сильного дезинфицирующего раствора из широко распространенного ресурса соли поваренной. Для работы аппарата требуется блок электропитания и емкости для раствора соли поваренной и готового дезинфицирующего раствора.

- 3. Так как в магнитодинамическом электролитном насосе в результате суперпозиции трёхфазного магнитного поля индуцируется асинхронный короткозамкнутый ток, который увлекается за бегущей волной магнитного поля вместе с рабочей средой, то это явление приводит к образованию гидропотока по каналу насоса в направлении порядка следования фаз напряжения на фазных обмотках насоса. Так как по каналу насоса отсутствуют помехи гидропотоку, а взаимодействие магнитного поля с рабочей средой предотвращает деформации корпуса и абразивное трение частиц рабочей среды по внутренней поверхности корпуса, то этими обстоятельствами и обеспечиваются высокая надежность работы насоса и длительные сроки его эксплуатации при низком гидравлическом сопротивлении. При этом осуществляется возможность изменения направления гидропотока путем переключения порядка следования фаз напряжения на фазных обмотках с помощью коммутационной аппаратуры.
- 4. Так как рабочий канал магнитодинамического электролитного насоса не содержит никаких рабочих органов, механических препятствий гидропотоку, то данное обстоятельство позволяет использовать его в качестве водонасосной станции, которая обеспечит обработку воды одновременно с её транспортировкой, осуществляя процессы электрохимического обеззараживания, электрохимического окисления и электрофлотации.

Список литературы

- 1. Вертинский П.А. Перспективы применения магнитодинамического электролитного насоса для дегельментизации сельскохозяйственных отходов. — URL: http://www. econf.rae.ru/article/7279
- 2. Способ обработки, в том числе предварительной, жидкого навоза или отходов производства биогаза, обеспечивающий удаление вредных компонентов, в частности азота, фосфора и молекул пахучих веществ» / ПАТЕНТ RU № 2463259 C02F11/02 (2006. 01) (72) Автор(ы): АЛИТАЛО Анни (FI), АУРА Эркки (FI), СЕППЯЛЯ Ристо (FI) (73) Патентообладатель: ПЕЛЛОН ГРУП ОЙ (FI).
- 3. Вертинский П.А. К магнитодинамике устройства и работы установок холодного термоядерного синтеза. URL: http://econf.rae.ru/article/8803
- 4. Вертинский П.А. Обоснование и расчёт устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса. URL: http://www.econf.rae.ru/article/5071

УДК 62-611

УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПИРОЛИЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Долгова А.Н., Кузнецова И.В., Шайхутдинов И.З., Аминов Б.А.

Казанский государственный энергетический университет, Казань, e-mail: kgeu-oso@mail.ru

В статье рассматривается потенциал вторичных энергоресурсов – древесных и других органически отходов, перерабатываемых в пиролизных печах.

Ключевые слова: пиролиз, эффективность, утилизация отходов, энергосбережение.

DISPOSAL OF INDUSTRIAL WASTE USING PYROLYSIS TECHNOLOGY Dolgov A.N., Kuznetsova I.V., Shaikhutdinov I.Z., Aminov B.A.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, e-mail: kgeu-oso@mail.ru

The article discusses the potential of secondary energy resources – wood and other organic waste processed in pyrolysis furnaces.

Keywords: pyrolysis, efficiency, waste management, energy conservation.

Целью политики РФ в стратегии развития энергетики до 2030 г. является эффективное использование, как природных энергетических ресурсов, так и потенциала энергетического сектора. Одним из актуальных направлений является выявление потенциала энергосбережения при использовании вторичных энергетических ресурсов.

pecypc Вторичный энергетический (ВЭР) понимается как энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся при технологических процессах, в агрегатах и установках, который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использоваться для энергоснабжения с эффектом энергосбережения в других агрегатах (процессах). В данном случае рассматривается использование отходов деревообрабатывающей промышленности (кусковые отходы древесины, стружки, опилки, пиллеты и т.п.) и твердых бытовых отходов (ТБО: пластик, резина, различный мусор и изделий из полимеров) [1,32].

Утилизация накопившихся и вновь образуемых твердых бытовых и промышленных отходов (ТБиПО) — важнейшая составляющая экологической безопасности. Одна из перспективных технологий переработки этих отходов — пиролиз с возможностью получения высококалорийных углеводородов. Он незаменим и при уничтожении опасных отходов (медицинских отходов, химического оружия), энергоэффективен, лишен многих недостатков сжигания, компостирования и складирования, подвергающего опасности настоящие и будущие поколения [2,40].

Под пиролизом понимается процесс термического разложения, происходящий без доступа кислорода. Переработка промышленных отходов в углеводородсодержащий газ проходит в пиролизной печи. Принцип работы таких установок основан на сжигании газа, который выделяется из отходов под воздействием высокой температуры и при минимальном содержании кислорода. На этапе запуска пиролизные котлы работают как обычные до достижения определенного значения температуры и только после прогрева переводятся в необходимый режим при помощи специальных шиберов (задвижек).

Процесс сжигания *древесных отходов* (или при сухой перегонке) под воздействием высокого температурного режима (порядка 200-800°С) и недостаточного количества кислорода, осуществляется разложение древесины на две части: летучую часть (пиролизный газ) и твердый осадок (древесный уголь).

Схема пиролизного котла предполагает (рис. 1), что вверху камеры будет накапливаться пиролизный газ, который с потоком воздуха, создаваемого дымососом, будет направляться на дожигание в другую камеру. Это экзотерический процесс, сопровождающийся выделением тепла, при помощи которого улучшается прогрев, в котле подсущивается топливо, а также осуществляется подогрев воздуха, поступающего в зону горения. Смешение выделившегося при высокой температуре пиролизного газа с кислородом воздуха вызывает процесс горения первого, который в дальнейшем используется для получения тепловой энергии.

Из-за такого принципа работы оборудование и называют газогенераторным или твердотопливным. Твердотопливные аппараты данного типа состоят из топки, разделенной на 2 камеры:

- 1) загрузки,
- 2) сгорания.
- В качестве альтернативы ископаемым топливам все шире стали применяются возобновляемые источники энергии и органического сырья. Компоненты древесины весьма ценное химическое сырье, из которо-

го можно получить не только все продукты нефтехимического синтеза, но и уникальные соединения, например, биологически активные вещества. Перспективной областью использования древесного сырья является производство синтетических топлив.

Для процесса пиролиза используют следующие древесные отходы (рис. 2): дрова, длиной до 450 мм и толщиной до 250 мм; брикеты; опилки и мелкие отходы (их сжигают с дровами в количестве не более 30% от всего объема камеры).

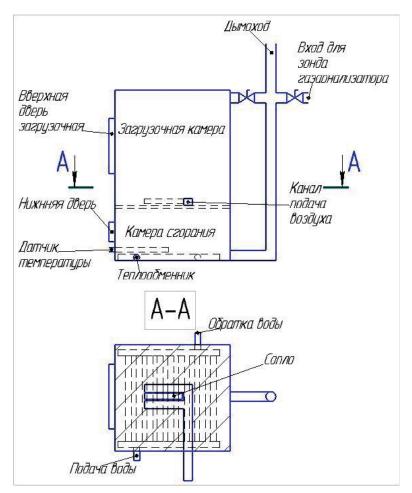


Рис. 1. Схема пиролизного котла



Рис. 2. Виды древесных отходов [3,1]

Пиролиз древесины и другого лигноцеллюлозного сырья в течение многих лет является одним из основных методов производства низкокалорийного топливного газа. Топливный газ может быть непосредственно использован в котельных, разного вида топках, а после охлаждения, очистки и осушки — в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания. Состав получаемых газов зависит от природы применяемого сырья, типа окислителя, температуры процесса и давления.

Наибольшую ценность представляет среднекалорийный газ, особенно синтез-газ (в основном состоящий из СО и $\rm H_2$), который по составу идентичен синтез-газу, вырабатываемому газификацией угля, паровой конверсией природного газа и др. В России имеется опыт создания и опытной эксплуатации установок тепловой мощностью от 100 кВт до 3 МВт, обеспечивающих производство топливного газа в объемах от 70 до 2500 м³/час, что соответствует объемам переработки древесных отходов от 40 до 2200 кг/час [4, 19].

К недостаткам данного процесса можно отнести зависимость от электричества, большие размеры и требовательность к используемой древесине (дрова должны иметь определенную влажность). Для разных моделей допускаются свои значения влажности дров, но только при совершенно сухом топливе данный котел имеет коэффициент полезного действия около 85%.

Проблема обезвреживания, утилизации или ликвидации TEO является актуальной до настоящего времени. На каждого городского жителя в течение года образуется около 500 кг твердых бытовых отходов, из них 52 кг — полимерные.

Многочисленные городские свалки, занимающие десятки и сотни гектаров земли, являются источниками едкого дыма во время сжигания бытового мусора и загрязнения подземных вод из-за просачивания вредных веществ в грунтовые воды. Поэтому в последние годы уделяется очень большое внимание разработке способов утилизации или уничтожения твердых бытовых отходов.

Ориентировочный состав ТБО городов Российской Федерации включают следующие компоненты (% мас.):

- пищевые отходы 33-43;
- бумага и картон 20-30;
- стекло 5-7;

- текстиль 3-5;
- пластмасса 2-5;
- кожа и резина 2-4;
- черный металл 2-3,5;
- дерево -1,5-3;
- камни 1-3;
- кости -0.5-2;
- цветные металлы -0.5-0.8;
- прочие 1-2.

Существует несколько методов термического обезвреживания ТБО. Наиболее распространены: слоевое сжигание в топках мусоросжигательных котлов; пиролиз отходов; сжигание специально подготовленных (обогащенных) отходов (освобожденных от балластных составляющих и имеющих относительно стабильный состав) в топках энергетических котлов или в цементных печах.

С санитарной точки зрения процесс пиролиза обладает лучшими показателями по сравнению со сжиганием, так как количество отходящих газов, подвергаемых очистке, намного меньше, чем при сжигании отходов. Твердый остаток можно использовать в промышленности (сажа, активированный уголь, и др.)

В настоящее время в мире эксплуатируются более сотни систем по пиролизу отходов, отличающихся друг от друга видом исходного сырья (отходов), температурой процесса и конструктивными решениями технологических установок переработки сырья.

Пиролиз ТБО и древесных отходов способствует созданию современных безотходных технологий утилизации мусора и максимально рациональному использованию природных ресурсов.

Количество и химический состав продуктов пиролиза напрямую зависит от состава вещества, используемого для разложения, и температуры разложения.

Однако, переработанного при помощи пиролиза, мусороперерабатывающие заводы могут получить: электрическую энергию; тепловую энергию; печное топливо (аналог мазута); синтез-газ; жидкие топливные продукты (бензин, дизельное топливо).

Характерной особенностью при использовании ТБО является тщательная сортировка мусора на родовые виды. В противном случае получение большого количества полезных веществ, таких, например, как жидкое топливо, весьма затруднительно, а в ряде случаев совсем не представляется возможным. Однако перерабатывая подобный мусор с целью утилизации, можно не только добиться снижения объемов захоронения мусора в нашей стране, но и получить весьма ощутимый экономический эффект, благодаря тому, что в процессе пиролиза будет получено значительное количество тепловой энергии.

Список литературы

1. Николаева Н.А. Определение потенциала энергосбережения вторичных энергоресурсов при проведении

- энергоаудита // Наука, техника и образование. 2014. № 4. С. 32-35.
- 2. Шантарин В.Д., Киселёв М.В. Пиролиз углеродосодержащих отходов с получением топливных горючих газов // Проблемы современной науки и образования. -2014. -№10. -C. 40-43.
- 3. Отличия пиролизных котлов длительного горения. Режим доступа: http://megakotel.ru/otlichiya-piroliznykh-kotlov-dlitelnogo-goreniya.html. (дата обращения: 24.11.2015).
- 4. Свирская С.Н., Трубников И.Л. Химическая переработка твердого топлива и перспективы получения жидких углеводородов из биомассы. Ростов-на-Дону: Издательство ФГБОУ ВПО «Южный федеральный университет», 2008.-35 с.

УДК 67.02

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И МОДИФИКАЦИИ УГЛЕВОЛОКНА И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Злобина И.В., Бекренев Н.В.

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Саратов, e-mail: irinka_7_@mail.ru

В статье описаны особенности строения углеволокна, в том числе в качестве армирующего компонента в композиционных материалах, указаны области их применения, среди которых можно выделить аэрокосмическую отрасль, машиностроение, электротехнику. Так же обоснована необходимость дальнейшей работы в направлении поиска возможностей улучшения структурных, физико-механических, химических свойств углеволокна и материалов на его основе посредством различных видов модифицирующего воздействия, способствующих изменению структуры материала за счет перестроения химических связей, обусловленных достижением высокой степени вибрации частиц, в результате чего некоторые существующие связи будут упрочняться, а другие — могут быть разорваны. Освободившиеся атомы, в соответствии с валентностью будут формировать новые связи и, как следствие, приводить к изменению структуры материала.

Ключевые слова: углеволокно, композиционные материалы, модифицирующее воздействие.

USE AND MODIFICATION CARBON AND COMPOSITE MATERIALS ON ITS BASIS

Zlobina I.V., Bekrenev N.V.

Yuri Gagarin Saratov State Technical University, Saratov, e-mail: irinka 7 @mail.ru

The article describes the features of the structure of carbon fiber, including as a reinforcing component in composite materials, given their applications, among which are the aerospace industry, mechanical engineering, electrical engineering. Also, the necessity of further work towards the search for opportunities to improve the structural, physical, mechanical and chemical properties of carbon fiber materials on its basis by the various kinds of the modifying effects of contributing to a change in the structure of the material at the expense of rebuilding the chemical bonds due to a high degree of vibration of the particles, resulting in which some existing connections will harden, and others – can be broken. Freed atoms, in accordance with the valence will form new relationships and, consequently, lead to a change in the structure of the material.

Keywords: carbon fiber, composite materials, modifying effect.

Современные композиционные материалы представляют собой результат развития материаловедения в направлении создания гетерогенных материалов, основанный на реализации сочетания уникальности свойств компонентов, в том числе и синергетического эффекта, с использованием специальных методов получения и обработки.

Создание современных композиционных материалов является примером определяющего влияния разработки новых технологий.

Уникальные свойства современных углепластиков и углерод-углеродных композитов в значительной мере достигнуты благодаря разработке методов получения высокопрочных и высокомодульных углеродных волокон [1].

В условиях работы конструкционных энергонапряженных материалов, близких к исчерпанию возможностей дальнейшего повышения свойств, применяемых традиционных сплавов, создание композитов является решением проблемы достижения комплекса уникальных свойств, в частно-

сти сочетания высокой прочности и малой плотности, то есть высокой удельной прочности [1].

В зависимости от состава, технологии получения и свойств композиционные материалы на основе углеволокна (УВ) можно разделить на несколько групп.

Уникальные характеристики упругости и прочности композитов определяют их все более широкое применение в качестве конструкционных материалов в различных областях современной техники. Дисперсные композиционные материалы (ДКМ) с равномерно распределенными дисперсными частицами армирующей фазы характеризуются упругими и прочностными свойствами, которые согласно теории дисперсного упрочнения определяются размером частиц, расстоянием между ними, объемной долей частиц, прочностью частиц, совершенством границы раздела частица - матрица, удельной энергией поверхности раздела, энергией дефектов упаковки, образующихся при расщеплении дислокаций и другими факторами [2].

Преимущество композитов с волокнистой структурой упрочнителя (ВКМ) состоит в высокой прочности в заданном направлении ориентации волокон, которая требуется по конструктивным соображениям. Это обеспечивает возможность максимально эффективного использования прочности волокон. При этом недостатком является обычно отсутствие эффекта упрочнения композита в перпендикулярном направлении.

Упругие свойства ВКМ рассчитываются согласно принципу аддитивности при условии неразрывности упругой деформации на границе раздела волокна и матрицы.

Одной из главных сфер применения УВ является авиакосмическая промышленность, в которой требуются материалы с высокой удельной прочностью и жесткостью. Примерно 25% массы искусственных спутников приходится на элементы, изготовленные из углепластиков – решетки солнечных батарей, антенны, системы трубопроводов и конструкции для крепления антенн. Замена алюминия на углепластик позволила снизить массу 1 м² солнечной батареи с 5 до 1,3 кг.

Развитие ракетостроения и освоение космоса стимулировало создание новых материалов, способных кратковременно противостоять высоким температурам [2,3].

Носовые конуса ракет и космические корабли при прохождении плотных слоев атмосферы подвергаются сильному аэродинамическому разогреву. Граничный газовый слой, с которым соприкасается движущаяся ракета или космический корабль имеет температуру порядка 5000 – 6500°C.

Ни один из известных в природе на сегодняшний день материалов не может длительное время противостоять действию столь высоких температур и большим скоростям газовых потоков при прохождении ракет в слоях атмосферы.

Теплозащитные свойства композиционных материалов увеличиваются по мере возрастания плотности пластиков при расположении волокна в пластике параллельно потоку газа и уменьшении содержания смолы в пластике.

К недостаткам УВ и, особенно графитизированных, относится их высокая теплопроводность. Поэтому в состав углепластиков помимо УВ входят и другие жаростойкие волокна с меньшей теплопроводностью, такие как SiC волокно и др.

На первых этапах применения УВ большое внимание уделялось конструированию изделий из углепластиков, в которых используется высокая удельная жесткость, высокие усталостные характеристики и высокий коэффициент затухания механических колебаний этих материалов. По совокупности этих характеристик углепластики превосходят все применяемые материалы [2].

Из углепластиков изготавливают некоторые детали текстильных станков, что позволяет повысить срок их службы с полугода до трех лет при увеличении скорости работы станка на 10%.

Другой областью применения углепластиков являются бумагоделательные и копировальные машины, а также машины для упаковки сигарет.

УВ применяются в качестве армирующего наполнителя в пластиковых втулках и подшипниках, в которых УВ используются для уменьшения ползучести и изнашиваемости материала.

Применение углепластиков в неподвижных конструкциях и деталях оказывается рентабельным, если требуется сочетание высокой жесткости, очень малого коэффициента теплового расширения и высокой коррозионной стойкости.

Углепластики используются для изготовления станин прецизионных станков и деталей приборов: рам для телескопов, кронштейнов, микрометров.

Другими примерами могут служить опоры линий электропередач, опоры для антенн, полые столбы телефонной связи, стрелы башенных кранов.

Применение УВ в химически- и коррозионностойких деталях и конструкциях связано с тем, что они обладают очень высокой стойкостью к действию концентрированных горячих водных растворов кислот и щелочей. Однако все же химическая и коррозионная стойкость композитов определяется связующими. Так, композит на основе УВ и полифениленсульфида применяют для изготовления клапанов коррозионностойких трубопроводов для кислот и щелочей с рабочими температурами от -40 до +150°C, эксплуатируемых под давлением 1,4 МПа. Антикоррозионные свойства емкостей для хранения химикатов улучшаются при покрытии их полимерами с большим содержанием УВ в качестве наполнителей [2,3].

УВ является почти столь же хорошим проводником электрического тока, как и используемый для получения электродов графит. Так, проводник из нескольких углеродных нитей эквивалентен по своим характеристикам многожильному электрическому проводу. В виде ваты или ткани УВ помимо электропроводности имеют еще целый ряд преимуществ: устойчивость к химическим реагентам, большая износостойкость, высокие электрохимические характеристики и независимость проводимости от температуры.

Благодаря высокой электропроводности УВ и, особенно графитизированные, применяются для разнообразных целей: из углеродных тканей изготавливают нагревательные элементы, в частности, для обогреваемой одежды, одеял, грелок, малых по размеру элементов, для обогрева помещений.

УВ применяют для изготовления нагревателей, используемых как при пониженных температурах в космических кораблях, так и в печах, работающих при высоких температурах.

Они используются также как наполнитель конструкционных пластиков для экранирования от электромагнитных помех.

Преимущество УВ состоит в том, что для достижения необходимой электропроводности волокнистого наполнителя требуется в 100 раз меньше, чем мелкодисперсной сажи. Кроме того, пластики с наполнителем из УВ могут служить для снятия электростатического заряда.

УВ применяют также для изготовления электродов. Такие электроды применяются для катодного восстановления металлов из использованных растворов электролитов, для очистки сточных вод в горнорудной промышленности и при производстве гальванопокрытий [2].

Сочетание высокой электропроводности и малой скорости изнашивания УВ используется в щетках электромоторов. Щетки изготавливают как целиком из волокнистого материала, так и в виде армированных металлов (меди или серебра). Для увеличения проводимости УВ наполняют тонкодисперсным металлическим порошком, в этом случае проводимость материала лишь незначительно уступает проводимости чистой меди.

Волокна с развитой удельной поверхностью могут служить активными сорбентами, обладающими очень высокой адсорби-

рующей способностью, которая даже выше, чем у активированного угля. Они используются для поглощения разнообразных веществ, включая радиоактивные. Такие волокна используют в аэрозольных фильтрах для удаления токсичных или загрязняющих воздух веществ. При сжигании фильтров из углеродных материалов после их использования остается небольшое количество золы, что особенно важно при очистке среды от радиоактивных загрязнений, в этом их преимущество перед фильтрами из стеклянного волокна.

Высокая термостойкость позволяет применять УВ для изготовления теплозащитных средств: ткани из УВ представляют собой прекрасные тепловые экраны [2,3].

Перечисленные характеристики УВ и области его применения обуславливают актуальность дальнейших исследований в данном направлении с целью варьирования физико-механических и электрофизических свойств, что осуществимо посредством изменения установленных режимов термообработки или дополнительного модифицирующего воздействия с помощью ультразвука, СВЧ электромагнитного поля и др. С помощью данных методов обработки существует корректировать широкий возможность спектр свойств – в частности, прочностные и электрофизические характеристики, что позволит еще больше расширить возможности применения композиционных материалов.

Высокая вероятность положительного влияния перечисленных методов модификации может быть обусловлена, на наш взгляд, изменением организации химических связей как в самом УВ, так и в связующем или полимере, для которого УВ является армирующим материалом, что произойдет благодаря воздействию волн, вызывающих колебания на высоких частотах. В ходе данного процесса некоторые существующие связи будут упрочняться, а другие - могут быть разорваны. Освободившиеся атомы, в соответствии с валентностью будут формировать новые связи. Соответственно описанные процессы будут оказывать непосредственное влияние на изменение свойств вследствие изменения материала на структурном уровне.

Благодаря реализации описанного эффекта, интенсивность которого зависит от выбранного метода обработки, комбинированного воздействия различных методов, подобранных параметров, использования

химических реагентов или различных рабочих сред, возможно добиться значительного увеличения численных характеристик структурных, физико-механических, химических свойств материалов.

В связи с выше изложенным, проведение научных изысканий по указанной тематике представляется целесообразным и актуальным.

Список литературы

- 1. Шульга А.В. Композиты. Ч. 1. Основы материаловедения композиционных материалов. М.: НИЯУ МИФИ, $2013.-96~\mathrm{c}.$
- 2. Каданцева А.И. Углеродные волокна: учеб. пособие / А.И. Каданцева, В.А. Тверской. М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2008.-55 с.
- 3. Структура, свойства и технология получения углеродных волокон: сб. науч. ст. / авт.-сост., пер. С.А. Подкопаев. Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2006. 217 с.

УДК 624.04

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ ПЛАСТИНОК

Коробко В.И., Коробко А.В., Савин С.Ю., Черняев А.А.

Приокский государственный университет, Орел, e-mail:vikor10@mail.ru

Изложены основные этапы разработки и развития геометрических метолов определения интегральных физических характеристик в двумерных задачах теории упругости и строительной механики пластинок за последние 30 лет: изопериметрического метода (ИЗПМ), метода интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ), метода интерполяции по отношению внутреннего к внешнему конформных радиусов (МИОКР). В основу этих инженерных методов положены изопериметрические свойства интегральных геометрических характеристик - коэффициента формы области и отношения её конформных радиусов, а также закономерности изменения этих характеристик при моделировании формы исследуемой области. В обзоре кратко изложены основные свойства указанных геометрических характеристик, составляющих геометрическую основу разрабатываемых методов. Исследованиями авторского коллектива доказано, что рассматриваемые в обзоре интегральные физические характеристики обладают изопериметрическими свойствами, аналогичными геометрическим характеристикам. Поэтому удалось свести решение сложных физических задач к решению элементарной геометрической задачи – исследованию поведения интегральной геометрической характеристики при моделировании формы области. Сущность ИЗПМ заключается в построении одно- или двусторонних неравенств, которые ограничивают с двух сторон искомую физическую характеристику. Для успешного применения этого метода были построены граничные кривые в координатных осях «физическая характеристика – интегральный геометрический параметр». С большей точностью могут быть определены рассматриваемые физические параметры с помощью МИКФ. В отличие от ИЗПМ этот метод позволяет получать аналитические зависимости, связывающие физические характеристики с геометрическими. Этот метод развит достаточно глубоко, охватывает большое число решаемых задач. В последние годы этот метод получил развитие для расчета ортотропных пластинок и решения задач определения жесткости пластинок на упругом основании. Сделаны также существенные шаги для применения этого метода к решению задач устойчивости пологих оболочек. При использовании МИОКР точность получаемых результатов возросла, поскольку область возможных решений, представленная в координатных осях «физическая характеристика - интегральный геометрический параметр» стала вдвое уже, чем при использовании коэффициента формы. В представленном обзоре показано как последовательно шаг за шагом и целенаправленно развивались рассматриваемые геометрические методы для решения двумерных задач теории упругости и строительной механики.

Ключевые слова: двумерные задачи теории упругости и строительной механики, поперечный изгиб, свободные колебания, устойчивость пластинок, чисто кручение призматических стержней, интегральные геометрические характеристики формы области, геометрические методы.

MILESTONES GEOMETRIC METHOD FOR SOLVING TWO-DIMENSIONAL PROBLEMS OF THE THEORY OF ELASTICITY AND STRUCTURAL MECHANICS PLATES

Korobko V.I., Korobko A.V., Savin S.Yu., Chernyaev A.A.

Prioksky State University, Orel, e-mail: vikor10@mail.ru

The basic stages of design and development of geometric methods for determining the integral of the physical characteristics in two-dimensional problems of elasticity theory and structural mechanics of plates over the last 30 years: isoperimetric method (SPM), the method of interpolation by shape factor (MICF), the interpolation method against the inner to the outer conformal radii (MICR). The basis of these engineering methods is based on isoperimetric properties of the integral of geometric characteristics – the shape factor of the region and its relations of conformal radii, and patterns of change of these characteristics when modeling the shape of the study area. The review summarizes basic properties of these geometric characteristics, the components of the geometric basis of the developed methods. The research authors proved that the reviewed integrated physical characteristics have isoperimetric properties similar geometric characteristics. Therefore, we were able to reduce the solution of complex physical problems to the solution of elementary geometrical problem – the study of behavior of integral geometric characteristics when modeling the shape of the region. The essence ISPM is to build one - or two-sided inequalities, which limit two sides of the desired physical characteristic. For the successful application of this method were built boundary curves in the coordinate axes of the "physical characteristic integral – geometric setting". More accurately can be determined the physical parameters using MICF. Unlike ISPM this method allows to obtain analytical expressions linking physical characteristics with geometric. This method is developed quite deeply, and covers a large number of tasks. In recent years this method has been developed for the calculation of orthotropic plates and solving the problems of determining the stiffness of the plates on elastic Foundation. Also made significant steps to applying this method to the solution of problems of stability of shallow shells. When using MICR the accuracy of the results increased, because the scope of possible solutions, represented in coordinate axes "physical characteristic integral – geometric setting" has become twice narrower than when using the shape factor. In the present review it is shown how step by step and consistently developed under consideration of geometric methods for solving twodimensional problems of elasticity theory and structural mechanics.

Keywords: bending, free vibration, stability of plates, pure torsion of prismatic rods, integral geometric characteristics of the shape of the area, geometric methods

Введение

Пластинки, как элементы несущих и ограждающих конструкций, широко распространены в строительстве и специальном машиностроении (судо- и авиастроении). Одной из важнейших задач при расчете пластинок является оценка их жесткости. Точные методы определения прогибов пластинок известны лишь для некоторых форм пластинок при простых видах граничных условий и нагрузки [1, 104]. Как правило, это прямоугольные и круглые пластинки при однородных граничных условиях. На практике часто встречаются пластинки сложной формы и сложными граничными условиями.

Такие задачи решаются с привлечением различных приближенных методов, чаще всего численных, реализуемых в современных программных комплексах: SCAD, ANSYS и др. Однако эти методы обладают известным существенным недостатком, заключающемся в выполнении однократного расчета и отсутствии возможности качественной и количественной оценки полученного результата среди всего множества форм пластинок с выпуклым контуром и идентичными граничными условиями.

Этого недостатка лишены геометрические методы строительной механики, основанные на физико-геометрической аналогии интегральных физико-механических характеристик (Φ MX) пластинок и интегральной геометрической характеристикой – коэффициентом формы K_f односвязной области с выпуклым контуром (термин «коэффициент формы» введен в строительную механику В.И. Коробко).

Такие методы широко используются при решении двумерных задач математической физике [103], когда для оценки интегральной ФМХ заданной области строятся одно- или двусторонние изопериметрические неравенства, основанные на изопериметрических свойствах коэффициента формы.

К решению некоторых двумерных задач строительной механики пластинок изопериметрический метод (ИЗПМ) впервые применил В.И. Коробко. В 1975 году он использовал его при решении задачи о несущей способности пластинок, находящихся в предельном состоянии [50]. Именно с этой статьи началось активное развитие изопериметрического метода. Благодаря исследованиям В.И. Коробко и работам его много-

численных учеников этот метод получил существенное развитие по многим направлениям.

В настоящее время из него выделились два новых инженерных метода, позволяющих определять интегральные ФМХ уже не с помощью неравенств, а с помощью аналитических зависимостей, которые строятся для определенного подмножества областей. В этих аналитических зависимостях геометрическими аргументами являются коэффициент формы и отношение внутреннего к внешнему конформных радиусов і/г . Поэтому первый из указанных методов назвали методом интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ), а второй – методом интерполяции по отношению конформных радиусов (МИОКР).

К числу задач, которые могут быть исследованы этими методами, относятся поперечный изгиб, свободные колебания и устойчивость упругих пластинок, а также чистое кручение упругого стержня. При этом находятся: величина максимального прогиба пластинок \mathbf{w}_0 , основная частота колебаний их в ненагруженном состоянии \mathbf{w}_0 , критическое усилие при равномерном всестороннем сжатии пластинок \mathbf{q}_0 , геометрическая жесткость сечения \mathbf{G} .

В настоящей обзорной статье показаны основные этапы работ по разработке, развитию и совершенствованию указанных геометрических методов за последние 30 лет.

1. Коэффициент формы односвязной области с выпуклым контуром

Коэффициент формы односвязной области с выпуклым контуром определяется с помощью контурного интеграла

$$K_{fa} = \oint_{I} \frac{ds}{h},$$
 (1)

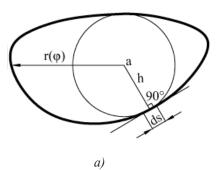
где ds – элементарный участок контура некоторой двумерной области,

h — перпендикуляр, опущенный из произвольной точки «а», называемой полюсом, на участок контура ds (рис. 1).

Из выражения (1) для областей с криволинейным контуром (рис. 1,а) получим:

$$K_{fa} = \oint_{L} \frac{ds}{h} = \int_{0}^{2\pi} \left(1 + \frac{r'^{2}}{r^{2}}\right) d\phi$$
 , (2)

где $r = r(\phi)$ – полярное уравнение контура области с полюсом в точке «а», а для областей с полигональным контуром (рис. 1,б):



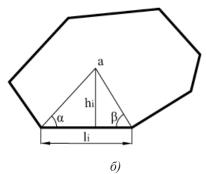


Рис. 1. К определению коэффициента формы а) область с криволинейным контуром; б) область с полигональным контуром

$$K_{fa} = \sum_{i=I}^{n} \frac{l_i}{h_i} = \sum_{i=I}^{n} (ctg\alpha_i + ctg\beta_i) = \frac{2A}{R^2}, (3)$$

где n — количество сторон многоугольника; A — площадь области;

R — максимальный радиус вписанной окружности; остальные обозначения указаны на рисунке.

Как показано в многочисленных работах по рассматриваемой проблеме, эта характеристика является геометрическим аналогом интегральных физических характеристик в двумерных задачах строительной механики, теории упругости и пластичности и широко используется при решении двумерных задач математической физики [103] и теории упругости [18]. В связи с этим многие сложные двумерные задачи теории упругости сводятся к решению элементарной геометрической задачи — анализу изменения свойств коэффициента формы при различных геометрических преобразованиях заданной области.

В любой выпуклой области (рисунок 1) существует единственная точка «а», для которой значение коэффициента формы минимально [103]: min $K_{\rm fa} = K_{\rm f}$. Именно эти значения коэффициента формы используются далее в рассматриваемом методе. В работах [18, 83] приведены формулы для определения $K_{\rm f}$ выпуклых областей различного очертания и подробные исследования его изопериметрических свойств.

Коэффициент формы обладает целым рядом «замечательных» изопериметрических свойств и закономерностей, которые и составили теоретическую основу геометрических методов.

Укажем наиболее значимые из них.

1. K_f дает количественную оценку формы геометрических фигур с выпуклым кон-

туром и может служить критерием для оценки их «правильности» (симметричности): чем меньше K_{f} тем более «правильнее» фигура.

- 2. Из всего множества выпуклых фигур наименьшее значение $K_f = 2p$ имеет круг; из всех четырёхугольников наименьшее значение $K_f = 8$ имеет квадрат; из всех треугольников наименьшее значение $K_f = 10,392$ имеет равносторонний треугольник.
- 3. Всё множество коэффициентов формы для фигур с выпуклым контуром, представленное в виде функции параметра R/r, ограничено сверху значениями K_f для многоугольников, все стороны которых касаются вписанной окружности (в том числе правильных n-угольников и равнобедренных треугольников), а снизу значениями K_f для эллипсов 3десь r минимум радиусов кругов, описанных вокруг области.
- 4. Всё множество коэффициентов формы четырёхугольных выпуклых фигур, представленные в координатах $K_f R/\rho$, ограничены сверху значениями K_f для треугольников и многоугольников, все стороны которых касаются вписанной окружности, а снизу значениями K_f для прямоугольников.
- 5. Всё множество значений K_f для параллелограммов равной высоты, представленное в координатных осях K_f —R/r, ограничено сверху значениями K_f для ромбов, снизу—для прямоугольников: всё множество значений K_f для трапеций, представленное в координатах K_f — R/ρ , ограничено сверху значениями коэффициентов формы для треугольников и многоугольников, все стороны которых касаются вписанной окружности, снизу—для прямоугольников.

Все указанные выше свойства коэффициента формы представлены графически на рисунке 2.

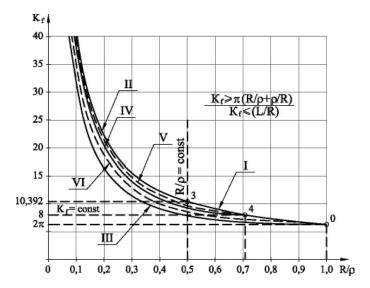


Рис. 2. Графическое представление свойств коэффициента формы

I- правильные многоугольники; II- равнобедренные треугольники; III- эллипсы; IV- прямоугольники; V- ромбы; VI- аффинно-правильные шестиугольники; r- минимальный радиус описанной окружности

В математической физике известна другая интегральная физическая характеристика формы односвязной области с выпуклым контуром — отношение конформных радиусов — внутреннего к внешнему $\dot{\mathbf{r}}/\bar{\mathbf{r}}$. Это отношение было впервые использовано в качестве обобщенного геометрического аргумента в работах В.И. Коробко и А.Н. Хусточкина для решения задач устойчивости пластинок [72, 73, 74, 76, 79].

Формулы для нахождения внутреннего \ddot{r} и внешнего \ddot{r} конформных радиусов для целого ряда односвязных областей с выпуклым контуром известны из теории конформных отображений [2, 3, 103]:

для круга радиуса а

$$\dot{\mathbf{r}} = \mathbf{a}, \qquad \overline{\mathbf{r}} = \mathbf{a}; \tag{3}$$

– для правильных п-угольников

$$\dot{r} = \frac{\tilde{A}\left(1 - \frac{1}{n}\right)}{2^{1 - \frac{2}{n}}\tilde{A}\left(\frac{1}{2}\right)\tilde{A}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n}\right)}L^{\frac{2}{3}}$$

$$\overline{r} = \frac{\widetilde{A}\!\!\left(1\!+\!\frac{1}{n}\right)}{2^{1\!+\!\frac{2}{n}}\,\widetilde{A}\!\!\left(\frac{1}{2}\right)\!\!\widetilde{A}\!\!\left(\frac{1}{2}\!+\!\frac{1}{n}\right)}L\;,$$

где п – число сторон;

L – периметр;

 $\Gamma(x)$ – Гамма-функция;

– для произвольных треугольников с углами $\pi\alpha$, $\pi\beta$, $\pi\gamma$

$$\dot{\mathbf{r}} = 4\pi \cdot \mathbf{f}(\alpha)\mathbf{f}(\beta)\mathbf{f}(\gamma) \cdot \rho, \ \overline{\mathbf{r}} = \mathbf{A}/\pi\dot{\mathbf{r}}, \ (5)$$

где
$$f(x) = \frac{1}{\tilde{A}(x)} \left\{ \frac{x^x}{(1-x)^{l-x}} \right\}^{1/2}$$
;

r – радиус описанного круга;– для ромбов с углом πα

$$\dot{\mathbf{r}} = \frac{\pi^{1/2}}{\tilde{\mathbf{A}} \left(\frac{\alpha}{2}\right) \tilde{\mathbf{A}} \left(\frac{1-\alpha}{2}\right)} \mathbf{L},$$

$$\overline{r} = \frac{\pi^{1/2}}{8\tilde{A}\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)\tilde{A}\left(\frac{1 + \alpha}{2}\right)}L,$$
 (6)

где α – угол ромба;

- для эллипсов с полуосями a и b ($a \ge b$)

$$\dot{r} = \bar{r} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} k^{n(n+1)} \right\}^{-1} \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \tilde{n}^{n^2} \right\}^{-1},$$

$$\bar{r} = \frac{a+b}{2}, \tag{7}$$

(4) где $\tilde{\mathbf{n}} = (\mathbf{a} - \mathbf{b})^2 / (\mathbf{a} + \mathbf{b})^2$; — для прямоугольников со сторонами a и b ($a \ge b$)

$$\dot{\mathbf{r}} = \frac{2}{\pi} \mathbf{b} \left(1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \tilde{\mathbf{n}}^{n^2} \right)^{-2},$$

$$\begin{cases} \frac{a}{\bar{r}} = \pi \cos^2 \alpha \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\left((2k-1)!! \right)^2}{2^{2k} (k+1)! k!} \cos^{2k} \alpha; \\ \frac{b}{\bar{r}} = \pi \sin^2 \alpha \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\left((2k-1)!! \right)^2}{2^{2k} (k+1)! k!} \sin^{2k} \alpha, \end{cases}$$
(8)

где $\tilde{\mathbf{n}} = \mathbf{e}^{-\pi \mathbf{a}/\mathbf{b}}$;

 α – аргумент комплексных чисел – точек окружности, образами которых при конформном отображении служат вершины прямоугольника, при этом, центр прямоугольника совпадает с началом координат, а стороны параллельны координатным осям; принято (-1)!! = 1.

Сопоставление изопериметрических свойств коэффициента формы и отношения конформных радиусов [86, 92, 93, 94, 114] показало их полную идентичность. В связи с этим методики применения МИКФ и МИОКР оказались практически одинаковыми.

3. Изопериметрический метод (ИЗПМ)

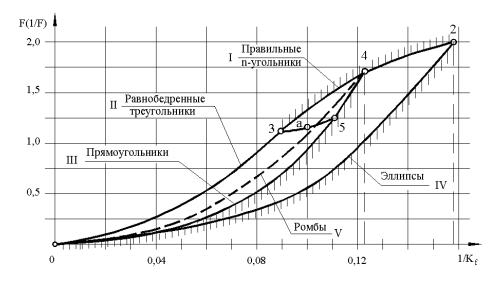
Теоретические основы изопериметрического метода для решения задач строительной механики пластинок разработаны профессором В.И. Коробко и представлены в его публикациях [50, ..., 72]. В основу этого метода положены:

- свойство о двусторонней ограниченности коэффициента формы для всего множества областей с выпуклым контуром (рис. 2);
- свойства геометрической операции симметризации Штейнера при преобразовании таких областей.

При исследовании интегро-дифференциальных соотношений двумерных задач теории упругости и строительной механики удалось выделить из них в явном виде коэффициент формы области [54, 55, 57, 64]. А поскольку интегральные физические характеристики (F) в рассматриваемых задачах функционально зависят от свойств коэффициента формы, то графическое представление зависимости $F(K_f)$ убедительно показало, что все множество значений F обладают точно такими же изопериметрическими свойствами, что и коэффициент формы.

По аналогии с рисунком 2 на рисунке 3 построены зависимости $F(1/K_f)$, где граничные кривые соответствуют тем же кривым, что и на рисунке 2. Аргумент $1/K_f$ принят для удобства графического представления рассматриваемых графиков.

Из рисунка 3 вытекает сущность изопериметрического метода. Путем использования, например, точных и приближенных численных методов необходимо построить граничные кривые, указанные на рисунке 3. Для получения двусторонних изопериметрических неравенств для оценки интегральной величины F заданной области (пластинки, мембраны, сечения) определяется коэффициент формы, строится вертикаль, соответствующая этому К_г, точки пересечения этой вертикали с граничными кривыми дают границы изменения искомой величины F.



 $Puc. 3. \ \Gamma$ раницы изменения интегральных физических характеристик F

Другой способ реализации изопериметрического метода заключается в следующем. Пусть, например, задана трапецеидальная шарнирно опертая по контуру пластинка, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой. Путем симметризации этой пластинки или с использованием аффиных преобразований преобразуем ее в треугольную и прямоугольную пластики (т. 3 и т. 5 на рисунке 3). Значения максимального прогиба для этих пластинок дают двусторонние границы искомого решения для заданной трапецеидальной пластинки.

Первыми работами по развитию ИЗПМ были публикации [50, 51, 59]. Обобщающие результаты этих работ приведены в монографии [60]. Функциональная связь F и K_г в задачах технической теории пластинок была установлена в работах [52, 54, 55]. В статье [53] ИЗПМ использовался для решения задач поперечного изгиба пластинок, в статье [56] – задач устойчивости пластинок, а в статье [58] – задач свободных колебаний пластинок. В статьях [61, 62, 63, 65] была подробно исследована геометрическая сторона задачи: геометрические преобразования, графическое представление границ, графоаналитический способ определения интегральных ФМХ. В статье [66] ИЗПМ был применен к решению задачи чистого кручения призматического бруса.

В статьях [67, 68] рассматривались вопросы сравнимости F и $K_{\rm f}$ в задачах строительной механики, описываемых уравнениями эллиптического типа второго и четвертого порядка, а в статьях [71, 75] исследовалась возможность использования ИЗПМ в задачах расчета пластинок на упругом основании.

В монографиях [77, 80] подытожены результаты исследований по развитию и применению ИЗПМ к решению двумерных задач строительной механики и теории упругости. В статье [78] отмечены недостатки ИЗПМ, изложены перспективы его развития. Среди одного из указанных направлений предлагается разработать метод расчета, который бы позволял получать аналитические решения, связывающие функционально интегральные ФМХ с коэффициентом формы области. Эту статью можно считать отправной точкой, от которой началась разработка и развитие нового инженерного метода решения двумерных задач строительной механики, который в дальнейшем получил название метод интерполяции по коэффициенту формы.

4. Метод интерполяции по коэффициенту формы

На начальном этапе разработки и развития метода интерполяции по коэффициенту форм использовался прием непрерывного геометрического преобразования заданной области, при котором получаются такие области, решения для которых известны, причем искомое решение находится между решениями для этих двух областей. При этом все промежуточные фигуры объединены каким-либо одним геометрическим параметром: отношение сторон, угол при вершине треугольника, угол между сторонами ромба, угол для секториальных областей и т.п. Используя этот параметр как аргумент в некоторой функции, приводящей к удовлетворению «граничным» решениям, получают приближенную аналитическую мость, объединяющую все решения для полученного подмножества областей при выбранном геометрическом преобразовании. Для нахождения интегральной ФМХ для заданной области необходимо в полученную аналитическую зависимость подставить аргумент, соответствующий заданной области (рисунок 3, точка а на кривой 3-5). Именно так были получены решения в статьях [4, ..., 12] при исследовании задач чистого кручения секториальных и параллелограммных сечений, а также в задачах поперечного изгиба параллелграммных и трапецеидальных пластинок. В статье [12] предлагаемый метод поучил свое название как метода интерполяции по коэффициенту формы, поскольку в ней было предложено для любых областей с выпуклым контуром при подборе аналитических зависимостей для определенного подмножества областей, объединенных одним геометрическим преобразованием, использовать коэффициент формы. В статье [13] был реализован такой подход для параллелограммных пластинок, а в статьях [15, 17] были изложены общие принципы решения задач строительной механики с помощью МИКФ.

В связи с тем, что коэффициент формы стал использоваться как основной геометрический аргумент в МИКФ, возникла потребность в более тщательном изучении его изопериметрических свойств и закономерностей. Этим вопросам были посвящены статьи [14, 16, 21, 24, 29], а также обобщающие работы [18, 83].

Помимо используемого приема геометрических преобразований с помощью сим-

метризации Штейнера при практической реализации МИКФ к решению многих задач начали широко применяться аффинные преобразования [20].

В статье [19] был показан путь дальнейшего развития МИКФ в задачах поперечного изгиба пластинок для построения полей перемещений и внутренних усилий. Это направление исследований пока остается без внимания современных ученых.

Для облегчения нахождения граничных решений было предложено построить функциональные зависимости $F(K_f)$, решив все рассматриваемые задачи для множества областей, образующих границы, с помощью численных методов с использованием МКЭ. Эта достаточно большая и трудоемкая работа была выполнена силам молодых исследователей, причем для четырехугольных и треугольных пластинок были рассмотрены все возможные комбинации граничных условий, включая шарнирное опирание и жесткую заделку по сторонам. Наличие граничных кривых позволяет разработать программные комплексы для решения рассматриваемых задач с графическим представлением результатов [28, 44, 45, 48]. Эти работы в настоящее время ведутся творческим коллективом Приокского государственного университета.

Все последующие работы связаны с разработкой и применением МИКФ к решению различных двумерных задач строительной механики. В работе [22] рассмотрена физическая аналогия в задачах кручения призматических брусьев и колебаний мембран. При этом было установлено, что по частоте колебаний мембран можно определить геометрическую жесткость кручения бруса и, наоборот, по жесткости кручения определить основную частоту колебаний мембран (формы сечения и мембран подобны). В статье [23] была исследована изопериметрическая проблема при кручении тонкостенных труб. При этом были построены граничные кривые, позволяющие использовать методику МИКФ к решению и этой задачи. В статье [25] рассмотрена задача колебаний мембран в виде кругового сектора. Кроме того, МИКФ получил развитие при решении задачах предельного равновесия пластинок [44, 45, 48, 82].

В статьях [69, 70] изложены результаты исследований взаимосвязи максимального прогиба балок и пластинок с их основной частотой колебаний в ненагруженном со-

стоянии. Оказалось, что все множество значений величины максимального прогиба пластинок с произвольными граничными условиями, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, функционально связаны с их основной частотой колебаний. График функции $w_0 - \omega^2$ представляется единой кривой, которая объединяет все множество пластинок с выпуклым контуром и любыми комбинациями граничных условий. Эта закономерность носит фундаментальный характер в технической теории пластинок, поскольку позволяет по основной частоте колебаний находить максимальный прогиб пластинок и, наоборот, по максимальному прогибу - определять основную частоту колебаний. Эта закономерность имеет важное значение в области диагностики состояния и контроля качества строительных конструкций в виде пластинок.

Следует особо отметить работы, посвященные развитию и применению МИКФ к решению задач теории устойчивости пологих упругих оболочек [24, 27, 30, 31, 32]. Это перспективное направление, за исключением указанных работ, совершенно не проработано. Развивать его можно для решения задач поперечного изгиба и свободных колебаний оболочек.

Для составления программных расчетных комплексов с использованием коэффициента формы и методики МИКФ необходимо, как уже упоминалось, построение граничных кривых для пластинок не только с однородными, но и комбинированными граничными условиями. Поэтому эти задачи исследовались в многочисленных работах авторского коллектива Приокского государственного университета, развивающих рассматриваемое научное направление, В работах [33, ..., 36, 81] строятся граничные кривые для задач колебаний пластинок, в статьях [37, ..., 39, 81] – для задач поперечного изгиба пластинок.

В статьях [89, 90, 102] МИКФ получил развитие для решения задач поперечного изгиба треугольных и четырехугольных пластинок на упругом винклеровском основании и двухпараметрическом основании П.Л. Пастернака. При исследовании этой задачи возникла необходимость построения граничных аналитических зависимостей для вспомогательных величин, которые, как оказалось, тоже зависят только от коэффициента формы. В указанных публикациях проведены тщательные исследования по ра-

циональному выбору геометрических преобразований заданных областей и функций, аппроксимирующих граничные кривые.

5. Применение МИКФ к расчету ортотропных пластинок

Возможность применения метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету упругих ортотропных пластинок впервые упоминается в монографии В.И. Коробко [80]. В данной работе решение задачи об отыскании значения максимального прогиба упругой ортотропной пластинки в виде эллипса, жестко защемленного по контуру, приводится к изопериметрическому виду.

В статье [85] рассматриваются задачи о поперечном изгибе под действием равномерно распределенной нагрузки и о свободных колебаниях в ненагруженном состоянии треугольных пластинок из фанеры трех сортов (ФСФ из древесины березы, ФСФ из древесины лиственницы и бакелизированной фанеры марки ФБС), для решения которых используется аппарат метода интерполяции по коэффициенту формы. В первом приближении фанера рассматривается как ортотропный материал, при этом его упругие характеристики равномерно «размазаны» по толщине пластинок. В работе построены функциональные и графические зависимости для максимальных прогибов и частот собственных колебаний пластинок в виде равнобедренных треугольников из указанных материалов для случаев шарнирного опирания и жесткого защемления по контуру.

В работе [43] подходы, предложенные для треугольных пластинок, получили свое развитие к расчету по деформациям и к определению частот собственных колебаний прямоугольных пластинок из фанеры марок ФСФ и ФБС при однородных граничных условиях (шарнирное опирание или жесткое защемление вдоль всего контура). Полученные в работах [43, 85] функциональные зависимости могут быть использованы как для непосредственного расчета пластинок в виде прямоугольников и равнобедренных треугольников, так и в качестве опорных решений при расчете пластинок другой формы, например, трапецеидальных.

В статье [87] были построены функциональные зависимости для значений максимальных прогибов упругих ортотропных пластинок в виде правильных многоугольников для случаев однородных граничных условий (шарнирное опирание или жесткое защемление вдоль всего контура), а в статье [88] – для прямоугольных пластинок. В этих работах впервые было предложено при интерполяции между опорными решениями в качестве дополнительных аргументов (помимо коэффициента формы) использовать соотношения изгибных цилиндрических жесткостей пластинок (D_x/H , D_y/H). Такой подход позволил распространить возможности метода интерполяции по коэффициенту формы на более общий случай ортотропии:

$$D_x/H \in [0,2...5]; D_y/H \in [0,2...5].$$

Варьируя соотношениями цилиндрических жесткостей, были получены функциональные зависимости (граничные поверхности) для максимальных прогибов прямоугольных упругих ортотропных пластинок, находящихся под действием равномерно распределенной нагрузки, для случаев однородных и комбинированных (сочетание шарнирного опирания и жесткого защемления вдоль контура) граничных условий [91]. Приведенные в работе [91] выражения для граничных поверхностей максимальных прогибов заданы в виде полиномов третьей степени относительно двух переменных соотношений цилиндрических жесткостей вдоль двух координатных осей. При этом неизвестные коэффициенты полиномов а...ј зависят от коэффициента формы области и граничных условий на контуре и могут быть записаны в виде однотипных функций $\psi(K_s)$. В работе приведены вычисленые значения коэффициентов А ... Н функций $\psi(K_c)$ для всех возможных комбинаций жесткого защемления и шарнирного опирания по сторонам треугольных и четырехугольных пластинок.

Распространяя результаты, полученные в статье [85] для случая поперечного изгиба ортотропных пластинок в виде равнобедренных треугольников, на более общий случай ортотропии

$$(D_v/H \in [0,2 \dots 5]; D_v/H \in [0,2 \dots 5]),$$

в работе [95] были построены граничные поверхности максимальных прогибов таких пластинок. Выражения для этих поверхностей представляют собой произведение двух безразмерных функций $f(D/H; D_y/H)$ и $g(K_f)$ на размерный множитель $q^*A^2/(H^*K_f^2)$. При этом все множество пластинок в виде равнобедренных треугольников было разде-

лено на два подмножества в зависимости от угла α при основании:

$$\alpha \in [20^{\circ}, 60^{\circ})$$
 и $\alpha \in [60^{\circ}, 75^{\circ}]$.

В работе приведены значения коэффициентов функций $f(D_x/H; D_y/H)$ и $g(K_f)$ для всех возможных комбинаций шарнирного опирания и жесткого защемления по сторонам пластинок.

По аналогии с [91] в работе [97] построены функциональные зависимости для максимальных прогибов упругих ортотропных пластинок в виде ромбов, одна из осей ортотропии которых направлена вдоль стороны пластинки. Приведены значения коэффициентов A ... H функций $\psi(K_c)$ для всех возможных комбинаций жесткого защемления и шарнирного опирания по сторонам ромба. В работе также приводится пример решения тестовой задачи о поперечном изгибе ортотропной пластинки в виде параллелограмма, иллюстрирующий методику применения метода интерполяции по коэффициенту формы. В качестве опорных решений использовались значения, полученные по функциональным зависимостям для ромбов из данной работы и для прямоугольников из работы [91]. Результаты расчета верифицированы с помощью программно-вычислительного комплекса SCAD Office, реализующего метод конечных элементов (МКЭ).

В статье [98] выполнено построение граничных поверхностей максимальных прогибов для пластинок в виде ромбов, оси ортотропии которых проходят через вершины пластинки. При этом был использован подход, ранее нашедший отражение в работах [91, 97]. Полученные приближенные функциональные зависимости были верифицированы с помощью программно-вычислительного комплекса SCAD Office.

По результатам исследований [43, 85, 43, 87, 91, 95, 97] был разработан авторский программный комплекс, реализующий метод интерполяции по коэффициенту формы к расчету из условия жесткости упругих ортотропных пластинок ряда классов форм, имеющих наибольшее практическое значение (прямоугольники, треугольники, трапеции, параллелограммы и др.). Общий алгоритм и возможности вычислительного комплекса описаны в статье [98, 99].

Обобщением накопленных результатов исследований в области применения метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету упругих ортотропных пластинок из

условия жесткости можно считать работу [105], в которой подробно излагается методика решения задач с помощью МИКФ и приводятся тестовые примеры.

Дальнейшее развитие метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету упругих ортотропных пластинок по деформациям связано с поиском наиболее оптимальных вариантов геометрического моделирования формы области пластинки и аппроксимирующих функций, используемых при интерполяции между опорными решениями. В этой связи следует отметить работу [107], в которой рассматривается расчет пластинок в виде параллелограммов. Для наиболее простого непрерывного геометрического преобразования, позволяющего получить параллелограмм из прямоугольника и ромба путем аффинного сдвига относительно одной из сторон, был предложен новый тип аппроксимирующей функции, учитывающей соотношение изгибных цилиндрических жесткостей вдоль сторон пластинки и условия опирания на контуре. В работе приведен тестовый пример с использованием известных ранее и новой аппроксимирующих функций, демонстрирующий более высокую точность результатов, полученных с использованием последней.

Учитывая подобие дифференциальных уравнений, описывающих поперечный изгиб и свободные колебания ортотропных пластинок, в статье [100] предлагается использовать аппарат метода интерполяции по коэффициенту формы для определения основной частоты собственных колебаний прямоугольных ортотропных пластинок. В работе выражения для граничных поверхностей основных частот собственных колебаний предлагается задавать в виде полиномов третьей степени относительно двух переменных - соотношений цилиндрических жесткостей вдоль двух координатных осей. Неизвестные коэффициенты полиномов а...ј при этом являются функциями от коэффициента формы $\psi(K_{\mathfrak{f}})$ и зависят от граничных условий на контуре области. В статье приводятся значения коэффициентов А...Н функций $\psi(K_s)$ для всех возможных комбинаций жесткого защемления и шарнирного опирания по сторонам пластинок. Полученные функциональные зависимости могут быть использованы для непосредственного расчета прямоугольных пластинок, а также в качестве граничных поверхностей при выборе опорных решений.

Подход, изложенный в [100], был распространен на треугольные ортотропные пластинки [101]. В статье приводятся функциональные зависимости для основных частот собственных колебаний ортотропных пластинок в виде равнобедренных и прямоугольных треугольников. В первом случае одна из осей ортотропии направлена вдоль основания, во втором - вдоль катета треугольника. Так же как и в [100] выражения для граничных поверхностей основных частот собственных колебаний предлагается искать в виде полиномов третьей степени относительно двух переменных - соотношений цилиндрических жесткостей вдоль двух координатных осей. При этом неизвестные коэффициенты этих выражений также зависят от коэффициента формы и граничных условий. В работе приведено решение задачи о свободных колебаниях ортотропной пластинки в виде произвольного треугольника с использованием методики МИКФ.

В статье [106] изложена и проиллюстрирована тестовым примером методика применения метода интерполяции по коэффициенту формы к решению задачи о свободных колебаниях упругих ортотропных пластинок, обобщены результаты исследований, полученные в предыдущих работах, в частности, [100, 101]. Результаты вычислений, выполненных с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы, верифицированы с использованием программного комплекса SCAD Office.

6. Метод интерполяции по отношению конформных радиусов (МИОКР)

Весьма перспективным при развитии геометрических методов является использование взамен коэффициента формы отношение конформных радиусов $\dot{\mathbf{r}}/\bar{\mathbf{r}}$. Это отношение . используются при решении многих прикладных задач математической физики, гидро- и аэродинамики, магнитодинамики и др. [103]. В строительной механике впервые конформные радиусы в качестве обобщенного геометрического аргумента использовали В.И. Коробко и А.Н. Хусточкин для решения задач устойчивости пластинок [79] для получения односторонних оценок критического усилия пластинок при потере их устойчивости.

Исследования показали, что использование конформных радиусов отдельно как геометрических параметров области позволяет получать приемлемые результаты лишь

для пластинок по форме, близких к правильной, прямоугольной и эллиптической. При этом необходимо учитывать масштаб и размеры пластинок, что значительно увеличивает трудоемкость расчета. Для преодоления этого недостатка в работе [79] и в последующих статьях [40, 108] была продолжена идея использования отношения конформных радиусов в качестве обобщенного геометрического аргумента при решении задачи устойчивости пластинок различных форм с выпуклым односвязным контуром.

В работе [76] было получено неравенство вида:

$$q_0 \le \pi K \frac{\overline{r}}{\dot{r}} \frac{D}{A \cdot (1 + \sum c_k^2 \beta_k)},$$
 (9)

где q_0 – критическая сила при потере устойчивости:

К – числовой коэффициент, обращающий выражение (9) в равенство для круглых пластинок:

- при шарнирном опирании К = 5,783,
- при жестком защемлении K = 14,790);

D – цилиндрическая жесткость пластинки;

А – площадь пластинки;

 c_k — коэффициенты разложения отображающей функции в степенной ряд;

 β_k — отношение интегралов, вычисляемых через квадраты бесселевых функций.

Это неравенство дает асимптотически точные значения. Удерживая в разложении отображающей функции лишь первый член ряда, получается менее строгое выражение, которое позволяет получать приемлемые результаты лишь для пластинок по форме, близкой к правильной:

$$q_0 \le \pi K \frac{\bar{r}}{\dot{r}} \frac{D}{A}. \tag{10}$$

В работах [40, 79, 108] был получен ряд новых результатов:

1. Оказалось, что для пластинок с однородными граничными условиями (либо шарнирное опирание по контуру, либо жесткое защемление) для множества пластинок в виде произвольных многоугольников, все стороны которых касаются вписанной окружности (включая все треугольники, правильные многоугольники и ромбы), критическая сила, соответствующая потере устойчивости пластинок, описывается одной аналитической зависимостью. Ни одна другая геометрическая характеристика не позволяет объединить значения критического усилия для такого большого подмно-

жества форм пластинок одной аналитической зависимостью. Например пластинки из одного и того же материала в виде равнобедренного прямоугольного треугольника и ромба с углом 45.3° (для них отношение $\dot{r}/\bar{r}=0.7034$) равной площади имеют одинаковое значение критического усилия:

 ${\bf q}_0 = 24,674 \odot {\rm D/A} - {\rm при}$ шарнирном опирании;

 $q_0 = 70,074 \odot D/A$ – при жестком защемлении.

- 2. На основе представления дифференциального уравнения устойчивости пластинок через комплексные переменные была установлена физико-математическая аналогия (в виде неравенства) критического усилия при потере устойчивости при равномерном всестороннем сжатии пластинок с отношением конформных радиусов. Эта позволило, не решая дифференциального уравнения устойчивости пластинок, а рассматривая лишь элементарную геометрическую задачу, связанную с анализом изменения отношения конформных радиусов, оценивать и качественную, и количественную стороны изменения критического усилия.
- 3. Область возможных значений критического усилия, как и в случае использования коэффициента формы, оказалась ограниченной с двух сторон: верхнюю границу дают решения для правильных многоугольных, треугольных и ромбических пластинок, а нижнюю решения для эллиптических пластинок. Что позволяет исследовать рассматриваемую используя методику ИЗПМ или МИКФ.
- 4. Область возможных значений критического усилия, представленная в координатных осях $q \dot{\mathbf{r}}/\bar{\mathbf{r}}$, оказалась значительно (в 1,5 ...2 раза) уже, чем при использовании коэффициента формы. Это позволяет получать оценки критического усилия во столько же раз с меньшей погрешностью, поскольку интервал, на котором осуществляется интерполяция, существенно сузился. В публикациях [92, 93, 94, 108. ..., 117] приводятся многочисленные тестовые расчеты, подтверждающие этот вывод.
- 5. Установлена графически функциональная взаимосвязь отношения конформных радиусов с коэффициентом формы. На ее основе и теорем о коэффициенте формы сформулированы изопериметрические свойства и закономерности при различных геометрических преобразованиях отношения конформных радиусов для всего множества

областей с выпуклым контуром. Эти свойства и закономерности представляют собой геометрическую основу метода интерполяции по отношению конформных радиусов.

С помощью МИОКР можно решать не только задачи устойчивости пластинок, но и задачи поперечного изгиба и колебаний пластинок. Это следует из математической аналогии дифференциальных уравнений эллиптического типа четвертого порядка, описывающих рассматриваемые задачи [18]:

$$\begin{cases} D\Delta^2\Delta^2 w - q = 0, \\ D\Delta^2\Delta^2 w - \beta^2 w = 0, \\ D\Delta^2\Delta^2 w - q_{_0}\Delta^2 w = 0, \end{cases}$$
(11)

где w(x,y) — функция прогибов пластинки в рассматриваемых задачах;

 β^2 — собственное значение дифференциального уравнения колебаний пластинок;

 Δ^2 – оператор Лапласа;

 $\Delta^2\Delta^2$ – бигармонический оператор.

В работах [96, 115] математически доказано, что отношение конформных радиусов является геометрическим аналогом максимального прогиба, основной частоты колебаний и критического усилия:

$$\begin{cases} w_0 \le k_w (\dot{r}/\overline{r}) \cdot qA^2/D, \\ \omega_0 \le k_\omega (\dot{r}/\overline{r})^{-1} \cdot \sqrt{D/m}/A, \\ q_0 \le k_q (\dot{r}/\overline{r})^{-1} \cdot D/A, \end{cases}$$
(12)

где k_w , k_w , k_q – константы, зависящие от вида граничных условий и обращающиеся в равенство выражения (12).

Из выражений (12) следует, что при заданных исходных данных пластинок и их граничных условий отношение конформных радиусов является единственным геометрическим аргументом, однозначно определяющим верхнюю оценку рассматриваемых интегральных ФМХ. Другими словами, отношение конформных радиусов является геометрическим аналогом этих ФМХ. Это означает, что, не решая дифференциальных уравнений (11), а рассматривая лишь элементарную геометрическую задачу, связанную с анализом изменения этого отношения при изменении геометрических параметров и формы пластинок, можно оценивать и качественную, и количественную стороны изменения рассматриваемых ФМХ.

В работе [41] рассматривалась задача определения основной частоты свободных колебаний пластинок с однородными граничными условиями. Для случаев шарнирного опирания пластинок по всему контуру и жесткого защемления построены граничные кривые в координатах «основная частота колебаний – отношение конформных радиусов». Эти кривые образуют область значений w в 2...2,5 раза уже, чем аналогичная область при использовании коэффициента формы. В последующих статьях [42, 84] на приведенных примерах показано, что использование отношения \dot{r}/\bar{r} так же позволило получать решения для пластинок сложной формы с меньшей погрешностью, чем при использовании коэффициента формы. Такой же результат получен в задаче определения жесткости пластинок с однородными граничными условиями [47, 113].

В работах [94, 109, 110, 111, 116] построены аналитические и графические граничные зависимости, которые позволяют использовать методику МИКФ для решения задач поперечного изгиба пластинок с большей точностью. Задача по определению максимального прогиба пластинок различных форм с различными граничными условиями методом интерполяции по отношению конформных радиусов подробно рассмотрена в диссертации [114] и реализована в программном комплексе для ЭВМ [118].

К числу недостатков МИОКР можно отнести высокую сложность определения отношения $\dot{\mathbf{r}}/\bar{\mathbf{r}}$ для произвольных областей, поскольку общих формул для этого не существует. В работе [2] приводится прием нахождения этого отношения приближенными методами, один из таких приемов нахождения $\dot{\mathbf{r}}/\bar{\mathbf{r}}$ с помощью коэффициента формы приводится в статье [40].

Поскольку отношение конформных радиусов, как и коэффициент формы, позволяет моделировать геометрическую форму плоских областей, то другим направлением их применения является решение задач, связанных с определением рациональной геометрической формы пластинки, оболочки, или поперечного сечения стержня и ее оптимизация из условий прочности, жесткости и устойчивости при статических и динамических воздействиях. Первые исследования в этом направлении с использованием конформных радиусов выполнены в статье [112]. В ней рассматривается задача вариантного проектирования несущих панелей с

опиранрием по контуру в виде лонжеронов и стрингеров, когда задано ограничение на величину максимального прогиба элементов заполнения такой панели в виде упругих пластинок. Путем геометрического моделирования формы области пластинок с помощью конформных радиусов и использованием геометрических методов строительной механики подбираются варианты заполнения несущей панели пластинками различных форм обладающих равной жесткостью.

Это направление исследований представляется перспективным [49], поскольку решение оптимизационных задач и задач, связанных с определением рациональной силовой схемы инженерных конструкций на начальных стадиях проектирования без привлечения сложных численных методов, является важной прикладной задачей.

Заключение

- 1. В представленном кратком обзоре:
- приведен анализ научных публикаций за последние 30 лет по проблеме разработка, развитие и совершенствование инженерных методов решения двумерных задач теории упругости и строительной механики пластинок, в основу которых положены изопериметрические свойства интегральных геометрических характеристик односвязных областей с выпуклым контуром;
- сопоставлены возможности каждого из рассмотренных геометрических методов, обсуждены недостатки и положительные стороны каждого из них, показаны некоторые перспективные направления развития этих методов.
- 2. Рассматриваемые в обзоре интегральные геометрические характеристики (коэффициент формы области и отношение внутреннего к внешнему конформных радиусов), на основе изопериметрических свойств которых разрабатываются и развиваются геометрические методы решения двумерных задач теории упругости и строительной механики, являются количественной мерой симметрии любых односвязных областей с выпуклым контуром даже, если они не имеют осей симметрии. Следует отметить, что количественная оценка симметрии плоских областей, впервые в мировой науке предложена в работах авторского коллектива этого обзора.
- 3. Все рассмотренные в обзоре публикации относятся к проблеме решения задач,

описываемых дифференциальными уравнениями эллиптического типа второго и четвертого порядков. Эти результаты носят междисциплинарный характер, многие из них могут найти самое широкое применение в математической физике для решения двумерных задач, описываемых дифференциальными уравнениями гиперболического и параболического типов, поскольку левые части этих уравнений аналогичны уравнениям эллиптического типа.

Список литературы

- 1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. М.: Изд-во «Высшая школа», 1990. 400 с
- 2. Власов В.И., Пальцев А.Б. Аналитико-численный метод конформного отображения сложных областей // Доклады Академии наук. -2009. Т. 429. №1. С. 12-14.
- 3. Казанцев В.П., Золотов О.А., Долгополов М.В. Электростатика на плоскости. Нормировка потенциала. Емкости уединенного проводника и линии относительно точки. Конформные радиусы // Вестник Красноярского госуниверситета. Серия физ.-мат. науки. -2005. -M1. -C. 32-38.
- 4. Колесник И.А., Коробко А.В. К вопросу о геометрической жесткости кручения секториальных призматических брусьев // Тематический сборник «Математическое и электронное моделирование в машиностроении». Киев: Инткибернетики АН УССР, 1989. С. 77-84.
- 5. Колесник И.А., Коробко А.В. О границах изменения физико-механических характеристик в задачах теории упругости, связанных с параллелограммом // Тематический сборник «Моделирование и оптимизация сложных механических систем». Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1990. С. 27-33.
- 6. Колесник И.А., Коробко А.В. Кручение упругих призматических брусьев с сечением в виде параллелограмма // Проблемы машиностроения. Харьков, 1991. С. 34-39.
- 7. Колесник И.А., Коробко А.В. Оценка основных параметров в задачах строительной механики и теории упругости, связанных с треугольной областью // Тематический сборник «Алгоритмизация решения задач прочности и оптимального проектирования конструкций». Киев: Ин-т кибернетики АН Украины. 1991. С. 39-46.
- 8. Колесник И.А., Коробко А.В. Определение физикомеханических характеристик параллелограммных пластинок мембран, сечений // Сопротивление материалов теория сооружений. Киев, 1992. № 60. С. 39-44.
- 9. Колесник И.А., Коробко А.В. Определение основной частоты колебаний параллелограммных пластинок методом физико-геометрической аналогии // Сопротивление материалов теория сооружений. Киев, 1992. № 61. С. 65-69.
- 10. Колесник И.А., Коробко А.В. Определение характерных параметров напряженно-деформированного состояния параллелограммных пластинок (мембран, сечений) с помощью аффинных преобразований // Тематический сборник «Аэромеханика и теория упругости». Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1992. Вып. 43. С. 65-69.
- 11. Колесник И.А., Коробко А.В. Метод физико-геометрической аналогии в строительной механике машин // Тематический сборник «Математическое моделирование задач прочности и оптимального проектирования конструкций». Киев: Ин-т кибернетики АН Украины, 1993. С. 55-60.
- 12. Колесник И.А., Коробко А.В., Бояркин В.В. Применение метода интерполяции по коэффициенту формы к решению задач строительной механики для трапециевидных областей // Современные проблемы прочности и оптимиза-

- ции тонкостенных конструкций. Днепропетровск: Наука и образование, 1997. С. 44-51.
- 13. Коробко А.В., Хусточкин А.Н. Расчет параллелограммных пластинок изопериметрическим методом // Известия вузов. Авиационная техника. 1992. №1. С. 105-114.
- 14. Коробко А.В., Дробин И.Б. Интегральная характеристика формы в задачах строительной механики // Известия вузов. Строительство. 1994. № 4. С. 100-104.
- 15. Коробко А.В. Решение задач строительной механики методом интерполяции по коэффициенту формы // Известия вузов. Авиационная техника. 1995. N2 3. C. 81-85.
- 16. Коробко А.В. Интегральная характеристика формы в задачах строительной механики // Известия вузов. Строительство. 1995. № 4. С. 114-119.
- 17. Коробко А.В. Расчет параллелограммных пластинок изопериметрическим методом // Известия вузов. Авиационная техника. 1997. N2. С. 103-107.
- 18. Коробко А.В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости. М.: Изд-во АСВ, 1999. 302 с.
- 19. Коробко А.В. Построение полей внутренних усилий в задачах поперечного изгиба пластинок с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы // Известия вузов. Строительство. -2000. № 5. C. 82-88.
- 20. Коробко А.В. Расчет параллелограммных пластинок с использованием аффинных преобразований // Известия вузов. Строительство. 2001. № 11. C. 92-97.
- 21. Коробко А.В. Расчет треугольных пластинок методом интерполяции по коэффициенту формы // Известия вузов. Авиационная техника. 2003. № 2. С. 13-16.
- 22. Коробко А.В., Трусов И.Н., Чикулаев А.В. Взаимосвязь задач кручения упругих призматических брусьев и колебаний мембран // Известия ОрелГТУ. Строительство и транспорт. -2004. № 1-2. -C. 18-21.
- 23. Коробко А.В., Калашников М.О. Кручение тонкостенных труб. Изопериметрическая проблема // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2004. Вып. 13. С. 3-7.
- 24. Коробко А.В., Гефель В.В., Чикулаев А.В. Способ и алгоритм определения коэффициента формы для областей с криволинейными участками контура // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. -2005. -№ 3-4. -C. 55-58.
- 25. Коробко А.В., Калашников М.О., Резников А.Е. Определение основных частот колебаний мембран в виде кругового сектора // Строительная механика и расчет сооружений. -2006. -№ 3. C. 13-17.
- 26. Коробко А.В., Калашников М.О., Семенова Е.В. Расчет пластинок переменного сечения по методу предельного равновесия // Строительная механика и расчет сооружений. -2006. № 4. С. 8-12.
- 27. Коробко А.В., Чикулаев А.В. Расчет устойчивости прямоугольной в плане пологой оболочки методом интерполяции по коэффициенту формы // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. -2006. -N 3-4. C. 35-39.
- 28. Коробко А.В., Калашникова Н.Г., Резников А.Е. Разработка элементов САПР с использованием метода интерполяции по коэффициенту формы // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2006. N2. С. 84-90.
- 29. Коробко А.В., Бояркина О.В. Количественная оценка симметрии плоских геометрических фигур и ее использование в двумерных задачах строительной механики // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. -2007. -№ 2. -C. 75-83.
- 30. Коробко А.В., Чикулаев А.В. Коэффициент формы области с криволинейной поверхностью // Строительная механика и расчет сооружений. -2007. -№ 2 C. 50-53.
- 31. Коробко А.В., Чикулаев А.В. Решение задачи устойчивости сферической оболочки // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. 2007. \cancel{N} 4. C. 44-47.

- 32. Коробко А.В., Чикулаев А.В., Шурупова Ю.В. Использование метода интерполяции по коэффициенту формы для областей с выпуклой поверхностью // Актуальные проблемы динамики и прочности материалов и конструкций: модели, методы, решения: доклады международной научнотехнической конференции (2007, Самара). Орел: ОрелГТУ. 2007. —С. 25-26.
- 33. Коробко А.В., Сенин М.А. Взаимосвязь задач поперечного изгиба и свободных колебаний ромбических шарнирно опертых пластинок // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. -2008. -№ 3. -C. 6-7.
- 34. Коробко А.В., Сенин М.А. Определение высших частот и форм колебаний пластинок с помощью МИКФ // Строительная механика и расчет сооружений. -2009. -№ 6. C. 31-33.
- 35. Коробко А.В., Сенин М.А. Применение МИКФ для определения основной частоты колебаний пластинок сложных форм с комбинированными граничными условиями // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. 2009. № 1. С. 43-46.
- 36. Коробко А.В., Калашникова Н.Г., Сенин М.А. Определение основных частот колебаний параллелограммных пластинок с комбинированными граничными условиями // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 3. С. 24-28.
- 37. Коробко А.В., Коробко В.И., Калашниуова О.В. Поперечный изгиб и упругие колебания треугольных пластинок // Инженерный журнал. -2009. -№ 8.
- 38. Коробко А.В., Малинкин Н.С., Калашникова Н.Г. Расчет трапецевидных пластинок с комбинированными граничными условиями с помощью МИКФ // Строительство и реконструкция. 2009. N26. C. 15-20.
- 39. Коробко А.В., Фетисова М.А., Калашникова Н.Г. Способы решения задач поперечного изгиба трапецевидных пластинок // Строительство и реконструкция. -2010. -№ 1. -C. 36-40.
- 40. Коробко А.В., Черняев А.А. Расчет пластин на устойчивость с использованием отношения конформных радиусов // Строительство и реконструкция. 2010. \mathbb{N} 6. C. 31-38.
- 41. Коробко А.В., Черняев А.А. Определение основной частоты свободных колебаний пластинок с использованием конформных радиусов // Строительство и реконструкция. 2011.-N 1. C. 12-18.
- 42. Коробко А.В., Черняев А.А. Определение основной частоты свободных колебаний пластинок в форме прямоугольных треугольников с комбинированными граничными условиями с использованием конформных радиусов // Строительство и реконструкция. 2011.-N 3. C. 24-30.
- 43. Коробко А.В., Савин С.Ю. Расчет прямоугольных ортотропных пластинок с однородными граничными условиями методом интерполяции по коэффициенту формы // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. № 1. С. 11-15.
- 44. Коробко А.В., Прокуров М.Ю. Геометрическое моделирование задач предельного равновесия пластинок с использованием коэффициента формы // Вестник Брянского ГТУ. -2011.-N2. -C.102-111.
- 45. Коробко А.В., Прокуров М.Ю. Использование коэффициента формы для определения несущей способности прямоугольных пластинок из упругопластического материала // Вестник Брянского ГТУ. 2012. № 1. С. 54-62.
- 46. Коробко А.В., Черняев А.А. Определение отношения конформных радиусов для трапециевидных пластинок с помощью изопериметрического частного // Строительство и реконструкция. 2012. № 1. C. 14-22.
- 47. Коробко А.В., Черняев А.А. Определение максимального прогиба при поперечном изгибе параллелограммных пластинок с использованием отношения конформных радиусов // Известия вузов. Авиационная техника. 2013. N_2 2. С. 19-21.

- 48. Коробко А.В., Прокуров М.Ю. Несущая способность полигональных пластинок с выпуклым контуром из упругопластического материала загруженных сосредоточенной силой // Техника и технологии. 2014. № 1. С. 21-26.
- 49. Коробко А.В., Прокуров М.Ю., Черняев А.А. Развитие технической теории расчета пластинчатых конструкций на основе методов геометрического моделирования их формы // Строительство и реконструкция. 2015. №1. С. 17-21.
- 50. Коробко В.И. Изопериметрический метод оценки несущей способности пластинок // Пространственные конструкции: сб трудов. Красноярск: Красноярский ПИ, 1975. Вып. VII. С. 105-114.
- 51. Коробко В.И. Изопериметрический метод оптимального проектирования пластинок, работающих за пределом упругости // Строительная механика и расчет сооружений. 1977. № 11. С. 18-21.
- 52. Коробко В.И. Изопериметрические неравенства в теории упругих пластинок // Строительная механика и расчет сооружений. 1978. N2 5. C. 35-41.
- 53. Коробко В.И. Использование изопериметрической формы, записи решения задач изгиба пластинок для оценки прогибов и изгибающих моментов // Известия вузов. Строительство и архитектура. $1978.- \ensuremath{\mathbb{N}} \ensuremath{\mathbb{N}} \ensuremath{10}.- \ensuremath{C}.$ 33-43.
- 54. Коробко В.И. Применение изопериметрического метода к решению задач технической теории пластинок // Препринт. Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978. 66 с.
- 55. Коробко В.И. Некоторые геометрические методы решения задач технической теории пластинок // Препринт. Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978. 66 с.
- 56. Коробко В.И. Применение изопериметрического метода к расчету устойчивости упругих пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1979. № 2. С. 58-62.
- 57. Коробко В.И. Применение изопериметрического метода к решению некоторых задач строительной механики пластинок // Строительная механика и расчет сооружений. 1979. N2 4. C. 21-23.
- 58. Коробко В.И. Оценка частот свободных колебаний пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. -1979. -№ 10. C. 33-38.
- 59. Коробко В.И. Использование операции симметризации при расчете пластин // МТТ, АН СССР. 1979. № 6.
- 60. Коробко В.И. Геометрические методы расчета пластинок, находящихся в предельном состоянии. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 1979. 104 с.
- 61. Коробко В.И. Об одном способе симметризации пластинок // Строительная механика и расчет сооружений. -1980. № 2. C. 39-44.
- 62. Коробко В.И. Геометрические преобразования при решении задач строительной механики пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. -1983. -№ 1. C. 36-39.
- 63. Коробко В.И. Графическое представление границ изменения максимального прогиба пластинок // Строительная механика и расчет сооружений. 1983. № 2. С. 62-64.
- 64. Коробко В.И. Основные изопериметрические неравенства в технической теории упругих пластинок // Строительная механика и расчет сооружений. 1985. № 6. C 47-51
- 65. Коробко В.И. Исследование графоаналитическим способом некоторых задач изгиба жестко защемленных пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1986. N
 m e 1. C. 126-130.
- 66. Коробко В.И. Графическое представление границ изменения геометрической жесткости сечений в виде выпуклых фигур // Известия вузов. Машиностроение. -1986. -№ 3. C. 2-7.

- 67. Коробко В.И. О сравнимости физико-механических характеристик в задачах теории пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1987. № 9. С. 32-35.
- 68. Коробко В.И. О сравнимости физических характеристик в задачах строительной механики, описываемых уравнениями эллиптического типа второго порядка // Известия Северо-Кавказского центра высшей школы. Технические науки. 1987.- № 3.- С. 96-100.
- 69. Коробко В.И. Некоторые закономерности колебаний однопролетных балок // Известия вузов. Строительство и архитектура. -1988. -№ 3. C. 41-44.
- 70. Коробко В.И. Об одной замечательной закономерности в теории упругих пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1989. 11. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10.
- 71. Коробко В.И., Ковалев В.В. Изопериметрическая проблема в задачам расчета пластинок на упругом основании // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1991. N 5. С. 31-34.
- 72. Коробко В.И., Хусточкин А.Н. Устойчивость равномерно сжатых по контуру пластинок произвольной формы // Известия вузов. Машиностроение. 1991. N 7-9. C. 29-33.
- 73. Коробко В.И., Хусточкин А.Н. Границы изменения критического усилия треугольных и четырехугольных шарнирно опертых пластинок при продольном изгибе // Известия Северо-Кавказского центра высшей школы. Естественные науки. 1991. № 4. С. 73-78.
- 74. Коробко В.И., Хусточкин А.Н. Взаимосвязь задач продольного я поперечного изгибов полигональных пластинок, шарнирно опертых по контуру // Известия Северо-Кав-казского центра высшей школы. Технические науки. 1991. № 3. С. 36-39.
- 75. Коробко В.И., Ковалев В.В. Качественная оценка предельных нагрузок и прогибов пластинок, лежащих на упругом основании // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1991. N2 5. С. 31-34.
- 76. Коробко В.И., Хусточкин А.Н. К исследованию устойчивости равномерного сжатия упругих пластинок // Известия Северо-Кавказского центра высшей школы. Технические науки. 1992. № 4. С. 47-51.
- 77. Коробко В.И. Изопериметрические неравенства в строительной механике пластинок. М.: Стройиздат, 1993. 200 с
- 78. Коробко В.И. Состояние и перспективы развития изопериметрического метода в строительной механике // Известия вузов. Строительство. 1993. № 11-12. С. 125-135.
- 79. Коробко В.И., Хусточкин А.Н. Изопериметрический метод в задачах устойчивости пластинок. Ростов-на-Дону: Изд-во Северо-Кавказского научного центра высшей школы. 1994. 146 с.
- 80. Коробко В.И. Изопериметрический метод в строительной механике: Теоретические основы изопериметрического метода. М.: Изд-во АСВ, 1997. 390 с.
- 81. Коробко В.И., Мисун С.Н. Расчет прямоугольных пластинок с комбинированными граничными условиями // Известия вузов. Строительство. 2001. № 12.
- 82. Коробко В.И., Киржаев Ю.В. Расчет шестиугольных пластинок методом предельного равновесия // Известия ОрелГТУ. -2004. № 1-2. С. 22-25.
- 83. Коробко В.И., Коробко А.В. Количественная оценка симметрии. М.: Изд-во АСВ, 2008.-126 с.
- 84. Коробко В.И., Черняев А.А. Определение основной частоты свободных колебаний равнобедренных треугольных пластинок с комбинированными граничными условиями с использованием отношения конформных радиусов // Строительство и реконструкция. 2010. 2. 2. 2. 36-42.

- 86. Коробко В.И., Черняев А.А. Расчет пластин на устойчивость с использованием отношения конформных радиусов // Строительство и реконструкция. -2010.- № 6.- C. 31-38.
- 87. Коробко В.И., Савин С.Ю. Изгиб ортотропных пластинок в виде правильных многоугольников, шарнирно опертых по контуру // Строительство и реконструкция. $2011.-N_{\! 2}\ 1.-C.\ 3-11.$
- 88. Коробко В.И., Савин С.Ю. Расчет прямоугольных ортотропных пластинок с однородными граничными условиями методом интерполяции по коэффициенту формы // Строительство и реконструкция. 2011. N $\!$ 2 1. С. 11-15
- 89. Коробко В.И., Актуганов А.А. Определение максимального прогиба прямоугольных пластинок на упругом основании с комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2011. № 4. С. 21-27.
- 90. Коробко В.И., Актуганов. Определение максимального прогиба ромбических пластинок на упругом основании с комбинированными граничными условиями // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. № 5. С. 25-30.
- 91. Коробко В.И., Савин С.Ю. Изгиб прямоугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2011. № 5. С. 33-39.
- 92. Коробко В.И., Черняев А.А. Определение максимального прогиба ромбических пластинок с комбинированными граничными условиями с использованием отношения конформных радиусов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 4. С. 21-25.
- 93. Коробко В.И., Черняев А.А. Решение задач поперечного изгиба пластинок с использованием конформных радиусов // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. N26. С. 16-22.
- 94. Коробко В.И., Черняев А.А. Определение максимального прогиба при поперечном изгибе правильных п-угольных, треугольных и ромбических жестко защемленных пластинок с использованием отношения конформных радиусов // Строительная механика и конструкции. 2011. Т. 2. № 3. С. 53-61.
- 95. Коробко В.И., Савин С.Ю., Бояркина С.В. Изгиб треугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2012. № 1. C. 7-13.
- 96. Коробко В.И., Черняев А.А. Отношение конформных радиусов новый аргумент геометрических методов решения двумерных задач теории упругости // Вестник отделения строительных наук РААСН. 2012. Вып. 16. Т. 2. С. 149-161.
- 97. Коробко В.И., Савин С.Ю. Изгиб ортотропных пластинок в виде параллелограмма с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. N 2. C. 18-22.
- 98. Коробко В.И., Савин С.Ю. Изгиб ортотропных пластинок в виде ромбов с комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2012. №3. С. 25-30
- 99. Коробко А.В., Прокуров М.Ю., Савин С.Ю. Программа определения максимального прогиба упругих ортотропных пластинок на основе метода интерполяции по коэффициенту формы // Строительство и реконструкция. 2012.-N 6. С. 35-41.
- 100. Коробко В.И., Савин С.Ю. Свободные колебания прямоугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2013. N2 1. С. 13-18.
- 101. Коробко В.И., Савин С.Ю. Свободные колебания треугольных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. -2013. -№ 2. -C. 33-40.
- 102. Коробко В.И., Актуганов А.А. Применение метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету пластинок

- на упругом основании // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 1. С. 18-24.
- 103. Полиа, Г., Сёге Г. Изопериметрические неравенства в математической физике. М.: Госматиздат, 1962. 336 с.
- 104. Прочность, устойчивость, колебания: Справочник в трех томах / под общ. ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. Т. 1. М.: Изд-во «Машиностроение, 1968. 832 с.
- 105. Савин С.Ю. Развитие МИКФ к деформационному расчету упругих ортотропных пластинок в задачах поперечного изгиба // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. -2014. № 10 (1). -P. 123-133.
- 106. Савин С.Ю. Решение задачи о свободных колебаниях упругой ортотропной пластинки методом интерполяции по коэффициенту формы // ПГС. 2014. N2. C. 19-22.
- 107. Савин С.Ю., Скотникова М.А. Совершенствование МИКФ для расчета упругих ортотропных пластинок в виде параллелограммов // Строительство и реконструкция. 2015. N 1 (57). С. 48-56.
- 108. Черняев А.А. Расчет на устойчивость правильных п-угольных, треугольных и ромбических шарнирно опертых пластинок с использованием отношения конформных радиусов в качестве геометрического аргумента // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. -2012. -№ 5. -C. 38-42.
- 109. Черняев А.А. Динамический расчет правильных п-угольных, треугольных и ромбических шарнирно опертых пластинок с использованием отношения конформных радиусов в качестве геометрического аргумента // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2012. № 2. С. 63-71.
- 110. Черняев А.А. Динамический расчет круглых, правильных п-угольных, треугольных и ромбических жестко

- защемленных пластинок с использованием отношения конформных радиусов в качестве геометрического аргумента // Вестник Саратовского государственного технического университета. -2012. -№ 2. -C. 24-33.
- 111. Черняев А.А. К вопросу о расчете пластинок средней толщины из условия жесткости // Региональная архитектура и строительство. 2012. N 1. C. 83-89.
- 112. Черняев А.А. Геометрическое моделирование пластинчатых конструкций из условия жесткости // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2012. V. 8. Issue 4. P. 66-77.
- 113. Черняев А.А. К Вопросу о расчете трапециевидных пластинок из условия жесткости // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 1. С. 37-42.
- 114. Черняев А.А. Развитие метода интерполяции по отношению конформных радиусов для решения задач поперечного изгиба пластинок: дис. ... канд. техн. наук. Орел, 2013. 211 с.
- 115. Черняев А.А., Прокуров М.Ю., Шляхов С.В. Физико-механические и геометрические аналоги в двумерных задачах строительной механики и теории упругости // Строительство и реконструкция. 2014. N2. С. 40-46.
- 116. Черняев А.А. Определение максимального прогиба при поперечном изгибе правильных п-угольных, треугольных и ромбических шарнирно опертых пластинок с использованием отношения конформных радиусов // Строительная механика и конструкции. 2015. Т. 1. № 10. С. 33-36.
- 117. Korobko A.V., Chernyaev A.A., Prokurov M.Yu. Algorithm and computer program by calculation of plates from a rigidity condition at a cross bend // Eastern European Scientific Journal. -2013. \cancel{N} 4. P. 55-58.

УДК 631. 3.07

ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА КОЛЕСНЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Махмутов М.М., Кондаурова Н.В.

Российский государственный аграрный заочный университет, Балашиха, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru

В статье, на основании существующих формул определения буксования колесных агрегатов, разработана расчетная модель учитывающая влияние крюковой нагрузки, сил сопротивления движению на буксование машинно-тракторных агрегатов. Если сцепной вес трактора имеет постоянное значение, то коэффициент сцепления колеса с почвой зависит от состояния поверхности качения, агрофона. Для условий пашни он, например, составляет 0,5; для стерни – 0,6 и т.д. Сила тяги на крюке, в отличие от максимальной, зависит от буксования колесного движителя. Потери на буксование до определенного предела возрастают почти по прямой, пропорционально касательной силе тяги. При дальнейшем увеличении касательной силы тяги потеря от буксования начинает возрастать быстрее и протекает по кривой 2-го порядка. Анализ расчетных коэффициентов показывает значительный разброс значений, что вызывает затруднения использования при расчетах. Для этого необходимо знать их значения при каждом взаимодействии тракторного колеса с почвой. Еще одним недостатком данных выражений является то, что они имеют несколько коэффициентов. Следовательно, одни и те же значения буксования можно получить при различных значениях коэффициентов. Задача намного упрощается, если данные зависимости будут иметь один коэффициент. С целью повышения применимости формул расчета буксования тракторов является, на наш взгляд, сокращение количества расчетных коэффициентов до одного. Приведенные выражения также не учитывают силу сопротивления движению, которая также влияет на буксование трактора. Экспериментальными исследованиями определены значения показателя степени для различных агрофонов.

Ключевые слова: крюковая нагрузка, буксование, сцепной вес, максимальная касательная сила тяги, коэффициент сцепления, поверхность качения, агрофон, вспаханное поле, пахота, стерия.

TRACTION CHARACTERISTICS OF THE WHEEL MACHINE-TRACTOR UNITS

Makhmutov M.M., Kondaurova N.V.

Russian State Agrarian Correspondence University, Balashikha, e-mail: mansur.mahmudov@yandex.ru

The article, based on the existing formula for determining the slipping of the wheel units, the calculation model takes into account the influence of the hooks OI the load, the resistance forces to the movement of the skidding machine and tractor units. If a chain with the weight of the tractor has a constant value, the coefficient of adhesion of wheels with the soil depends on the condition of the surface rolling of soil fertility. For arable land for example, it is 0.5; for stubble to 0.6, etc. The thrust force on the hook, unlike the maximum, depends on the slipping wheel mover. Loss slipping up to a certain limit who will melt almost in a straight line, is proportional to the tangential force of traction. With further increase in tangential traction loss from the slipping starts to increase faster and flows along the curve of the 2nd order. An analysis of the estimated coefficients shows a significant dispersion of values, which causes difficulties for the use in the calculations. It is necessary to know their values at every touch point of the tractor wheel with soil. Another disadvantage of these expressions is that they have several factors. Therefore, the same values of slipping can be obtained for different values of the coefficients. The task is much easier if these dependencies will have one coefficient. With the aim of increasing the applicability of the formulae book-harmonization of tractors is, in our opinion, reducing the number of estimated coefficients. Formulas also do not account for the resistance force, which also affects the slippage of the tractor. Experimental studies determined the values of the exponent for different agricultural background.

Keywords: fastening hook load, slipping MTU, coupling weight, maximum traction on a hook, the coefficient of adhesion, the surface of the rolling agro background, agro background, plowed fields, plowing, and the stubble.

В работе [1] приводится следующая зависимость определения коэффициента буксования колесных тракторов:

$$\delta_{K} = 1 - \frac{a_{0} + a_{1} \frac{P_{KP}}{G_{CU}} + a_{2} \left(\frac{P_{KP}}{G_{CU}}\right)^{2}}{e}$$
, (1)

— коэффициент, буксования: $P_{CU} = \frac{1}{2}$

где $\delta_{\scriptscriptstyle K}$ — коэффициент буксования; $P_{\scriptscriptstyle KP}$ — крюковая нагрузка, кН; $\varphi_{\scriptscriptstyle C\!U\!I}$ — коэффициент сцепления колеса с почвой; $G_{\scriptscriptstyle C\!U\!I}$ — сцепной вес трактора, кН; $a_{\scriptscriptstyle 0}$, $a_{\scriptscriptstyle 1}$, $a_{\scriptscriptstyle 2}$, s — экспериментальные коэффициенты, зависящие от мар-

ки трактора, типа ходовой системы, состояния почвы и агрофона.

Если сцепной вес трактора имеет постоянное значение, то коэффициент сцепления колеса с почвой зависит от состояния поверхности качения, агрофона. Для условий пашни он, например, составляет 0,5; для стерни — 0,6 и т.д. Сила тяги на крюке, в отличие от максимальной, зависит от буксования колесного движителя.

В формуле (1) для определения буксования необходимо знать четыре расчетных ко-

эффициентов. В работе [2] отмечается, что потери на буксование до определенного предела возрастают почти по прямой, пропорционально касательной силе тяги. При дальнейшем увеличении касательной силы тяги потеря от буксования начинает возрастать быстрее и протекает по кривой 2-го порядка. Математическое исследование показало, что кривым буксования лучше всего соответствуют параболы высшего порядка, по уравнению:

$$\delta_K = a \frac{P_{KP}}{G_{CII}} + 6 \left(\frac{P_{KP}}{G_{CII}} \right)^c, \tag{2}$$

где a, b, c – экспериментальные коэффициенты, зависящие от марки трактора, типа ходовой системы, состояния почвы и агрофона.

При работе на вспашке стерни средних почв, в зависимости от марки трактора, значения коэффициента, а находится в диапазоне 0,033 - 0,175, значения коэффициента в находится в диапазоне 0,077 – 243, значения коэффициента c находится в диапазоне 2,00 – 7,62.

В работах [3, 4] приводится формула расчета буксования агрегата в зависимости от двух расчетных коэффициентов:

$$\delta_{K} = \left(a \frac{P_{KP}}{G_{CII}} \right) / \left(\varepsilon - \frac{P_{KP}}{G_{CII}} \right). \tag{3}$$

Анализ расчетных коэффициентов показывает значительный разброс значений, что вызывает затруднения использования при расчетах. Для этого необходимо знать их значения при каждом взаимодействии тракторного колеса с почвой. Еще одним недостатком данных выражений является то, что они имеют несколько коэффициентов. Следовательно, одни и те же значения буксования можно получить при различных значениях коэффициентов. Задача намного упрощается, если данные зависимости будут иметь один коэффициент. С целью повышения применимости формул расчета буксования тракторов является, на наш взгляд, сокращение количества расчетных коэффициентов до одного. Приведенные выражения также не учитывают силу сопротивления движению, которая также влияет на буксование трактора.

Анализ существующих зависимостей показывает, что с увеличением касательной силы тяги буксование повышается по параболической зависимости. Для большинства типов почв максимальное значение касательной силы тяги соответствует максимальному значению коэффициента буксования и составляет 1, следовательно [5]:

$$P_{x} = \varphi_{cu} \times G_{cu}, \tag{4}$$

 $P_{_{K\!M\!a\!x}}=\varphi_{_{C\!I\!I}}\times G_{_{C\!I\!I}}, \tag{4}$ где $P_{_{K\!M\!a\!x}}$ — максимальная касательная сила тяги, кН.

Предположим, что максимальная касательная сила тяги определяется при коэффициенте буксования δ_{κ} равном 1. Тогда касательная сила тяги определится:

$$P_{K} = P_{K \text{max}} \times \sqrt[n]{\delta_{K}} = \varphi_{C I I} \times G_{C I I} \times \sqrt[n]{\delta_{K}} , \quad (5)$$

где P_{ν} – касательная сила тяги, кH; n – экспериментальный коэффициент, зависящий от марки трактора, типа ходовой системы, состояния почвы и агрофона.

С другой стороны касательная сила тяги есть сумма крюковой нагрузки и силы сопротивления движению, следовательно:

$$P_{KP} = P_K - P_f = \varphi_{CU} \times G_{CU} \times \sqrt[n]{\delta_K} - P_f, (6)$$

где P_{ϵ} – сила сопротивления движению, кH. Тогда, коэффициент буксования определяется:

$$\delta_K = \left(\frac{P_K}{P_{Kurr}}\right)^n = \left(\frac{P_{KP} + P_f}{\varphi_{CH} \times G_{CH}}\right)^n. \tag{7}$$

Из формулы (7) видно, что зная экспериментальные значения коэффициента «n» можно определить буксование трактора. Из формулы (7) выразим экспериментальный коэффициент «*n*»:

$$n = \log_{\frac{P_{KP} + P_f}{P_{Kwax}}} \delta \tag{8}$$

Экспериментальные исследования, проведенные в РГАЗУ позволили определить следующие экспериментальные значения «n» для свежевспаханного поля – 2,0...2,6; для вспаханного поля - 2,7...3,1; для слежавшейся пахоты – 3,2...3,7; для стерни – 3,8...4,4.

Список литературы

- 1. Махмутов М.М. Исследование условий функционирования колесных агрегатов и повышение их эффективности на сельскохозяйственных работах: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 1995.
- 2. Махмутов М. Повышение тягово-сцепных свойств колёсного трактора // Сельский механизатор. – 2009. – № 2.
- 3. Славкин В.И., Махмутов М.М., Журавлев А.В. Модели, определяющие тягово-сцепные свойства сельскохозяйственных машин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвузовский сборник научных трудов, посвященный 100-летию со дня рождения первого декана факультета механизации сельского хозяйства МГУ им. Н.П. Огарева доцента Д.С. Пилипко (1913-1989 гг.). -Саранск, 2013. - С. 37-40.
- 4. Тепикин А.И., Махмутов М.М. Повышение эффективности работы колесных дождевальных агрегатов Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 2 (12). – С. 166-168.
- 5. Махмутов М.М. Повышение функциональных качеств колесных движителей со съемными зацепами. - Казань: Из-во Казанск. ун-та, 2006. - 160 с.

УДК 629.3.023.27.001.63:004.42

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ И РАЗРАБОТКА САПР ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Мушкин О.В., Николаева Н.Д., Труханов В.М.

Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, e-mail: app@vstu.ru

Рассмотрены особенности и области применения червячных редукторов, выявлены их достоинства и недостатки, приведена классификация существующих редукторов. Создана система автоматизированного проектирования одноступенчатого червячного редуктора. В качестве среды для разработки использовалась среда Delphi 7 фирмы Borland. Основное окно программы содержит поля ввода исходных данных для расчета, поля с возможностью выбора одного из справочных параметров, а также поля, где отображается результат расчета. Реализована проверка условия по тепловому расчету и расчету прочности. При создании программы был выполнен кинематический расчет, расчет геометрических параметров червячной передачи, выполнен расчет по критерию контактной прочности, произведен тепловой расчет редуктора и расчет надежности. Программа предназначена для использования в машиностроении при проектировании и расчет червячных редукторов.

Ключевые слова: червячный редуктор, САПР, надежность, контактная прочность, геометрия червячной передачи.

RESEARCH METHODS OF AUTOMATED CALCULATION WORM REDUCERS AND DEVELOPMENT CAD OF WORM REDUCER

Mushkin O.V., Nikolaeva N.D., Trukhanov V.M.

Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: app@vstu.ru

Describes the characteristics and applications of worm gearboxes, identified their advantages and disadvantages, a classification of existing gearboxes. Created computer-aided design of single-stage worm gearbox. As an environment for development has been used the environment of Delphi 7 by Borland. The main window contains the input fields the initial data for calculation, field selectable one of the reference parameters, and fields that displays the calculation result. The program also checks the conditions for heat calculation and strength calculation. When the program was performed kinematic calculations, calculation of geometrical parameters of the worm gear, the calculation by the criteria contact strength, of the produced heat calculation of gear box and calculation of reliability. The program is intended for use in mechanical engineering in the design and calculation of worm gears.

Keywords: worm reducer, CAD, reliability, contact strength, the geometry of worm gears.

Целью данной работы является исследование существующих автоматизированных способов расчета червячных редукторов, а также создание программы автоматизированного расчета червячного редуктора.

В соответствии с поставленной целью решаются следующие задачи:

- изучение различных видов редукторов, их достоинств и недостатков, области применения;
- обзор червячного редуктора выбранного для расчетов;
- разработка расчета надежности одноступенчатого червячного редуктора;
- разработка кинематического расчета, расчета геометрических параметров, расчета на контактную прочность, теплового расчета;
- разработка программы расчета одноступенчатого червячного редуктора. [2]

Научная новизна работы заключается в том, что импортные программные продукты автоматизированного расчета червячно-

го редуктора достаточно совершенны, но имеют высокую стоимость, сложны в освоении и не располагают отечественной нормативной конструкторской и иной базой. У отечественных программных продуктов цена несколько ниже, но они далеки от лучших зарубежных аналогов и поэтому имеют ограниченную область применения. Поэтому, создаются предпосылки для разработки собственных программных продуктов.

В общем случае редуктор – это агрегат, включающий одну или несколько передач зацеплением, смонтированных в корпусе. Они предназначены для понижения частоты вращения и, соответственно, увеличения вращающего момента.

Червячные передачи — это передачи зацеплением витков червяка и зубьев червячного колеса. Червячные передачи применяют при необходимости передачи движения между перекрещивающимися валами (станки, автомобили и т.д.). [5] Достоинства и недостатки червячных передач

Достоинства:

- возможность получения большого передаточного числа в одной ступени (в редукторе до 80, а в отдельных случаях до 300 и более);
 - плавность и малошумность работы;
 - повышенная кинематическая точность.
 Недостатки:
 - низкий КПД;
- необходимость изготовления зубьев колеса из дорогих антифрикционных материалов;
- повышенные требования к точности сборки, необходимость регулировки взаимного расположения червяка и колеса;
- необходимость специальных мер по интенсификации теплоотвода. [3]

Редукторы и мотор-редукторы классифицируют по нескольким признакам, важнейшими из которых являются:

- тип используемых передач,
- количество ступеней,
- взаимное расположение осей и их положение в пространстве,
 - способ крепления и др.

Тип передачи – важнейший классификационный признак, по которому разделяют редукторы и мотор-редукторы. Имеются следующие типы редукторов:

- зубчатые цилиндрические (прямозубые, косозубые и шевронные);
- зубчатые конические (с прямыми, тангенциальными и круговыми зубьями);
- червячные (цилиндрические и глобоидные);
- планетарные (передачи с подвижными осями каких-либо колес): несмотря на то, что в них используют, как правило, цилиндрические или конические передачи, их выделяют в самостоятельную подгруппу;
- гипоидные и спироидные (сюда относят все другие виды гиперболоидных передач за исключением винтовых и червячных);
- комбинированные (многоступенчатые, ступени, которых состоят из различных типов передач).

По количеству ступеней редукторы и мотор-редукторы делят на одно- и многоступенчатые. В качестве редукторов общего назначения используют одно-, двух- и трехступенчатые, включающие ступени как одного типа передач, так и нескольких типов. Редукторы с большим числом ступеней изготавливают только как специальные.

По взаимному расположению осей редукторы и мотор-редукторы могут быть:

- соосными (например, зубчатые двухступенчатые, планетарные, волновые);
- с параллельными осями (например, зубчатые цилиндрические одно- и многоступенчатые, червячные двухступенчатые);
- с пересекающимися осями (например, конические одноступенчатые);
- с перекрещивающимися осями (например, червячные одно- и двухступенчатые, зубчатые винтовые, гипоидные);

По расположению осей в пространстве:

- с горизонтальными осями;
- с вертикальной осью выходного (тихоходного) вала;
- с вертикальной осью входного (быстроходного) вала;
 - с вертикальными осями;
 - универсальные;

По способу крепления:

- на лапах, выполненных заодно с корпусом;
 - с отъемными лапами;
- с фланцем со стороны выходного и входного вала.

Классифицируют редукторы и по другим признакам, например по назначению (редукторы общего назначения и специальные), областям применения (для работы в умеренном климате, тропическом, в высотных условиях и др.), быстроходности, ресурсу и т.д. [4]

Для расчетов и создания программы автоматизированного расчета был выбран одноступенчатый червячный редуктор, представленный на рисунке 1.



Рис. 1. Одноступенчатый червячный редуктор

		С ЧЕТ ЧЕРВЯЧНОІ Пров.расчет Тепловой расч	
Основные параметры		-	-
- Частота вращения			
Вала червяка	nl	об/мин	
Червячного колеса	n2	об/мин	
Кругящие моменты	*	1/4	
На валу червяка	T1	кН*мм	
На валу колеса	T2	кН*мм	
Передаточное отношение	U		
Технический ресурс	Lh	час	No.
Число витков червяка	z1		
Число зубьев колеса		S	10
Расчетное	z2		

Рис. 2. Основное окно разработанной программы

Была создана САПР червячного редуктора. Она достаточно проста в использовании и не требует особых навыков. В качестве среды для разработки использовалась среда Delphi. Основное окно программы представлено на рисунке 2.

Поля в которых выводятся расчетные данные заблокированы от пользователя и он не может на них воздействовать с помощью мыши или клавиатуры (выделены серым цветом). В белые поля вводятся исходные данные для расчета. Далее приведен листинг расчета одного из параметров редуктора:

n1:=StrToFloat(Edit1.Text); // Считываем данные из окна Edit1;

P1:=StrToFloat(Edit37.Text); // Считываем данные из окна Edit 37;

T1:=P1*30000/3.14/n1; // Формула для расчета крутящего момента T1;

Edit3.Text:=FloatToStrF(T1,ffFixed,8,2); // Записываем результат в окно Edit3. [1]

Список литературы

- 1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т. 2. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980.-559 с.: ил.
- 2. Труханов В.М. Методы обеспечения надежности изделий машиностроения. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
- 3. Труханов В.М. Надежность сложных технических систем типа подвижных установок на этапах производства и эксплуатации. М.: Машиностроение, 2005. 444 с.
- 4. Труханов В.М. Надежность технических систем. М.: Машиностроение, 2008. 592 с.
- 5. Труханов В.М. Справочник по надежности специальных подвижных установок. М.: Машиностроение, 1997. 200 с.: ил.

УДК 629.3.023.27.001.63:004.42

АНАЛИЗ ДОМКРАТОВ И ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Николаева Н.Д., Мушкин О.В., Труханов В.М.

Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, e-mail: app@vstu.ru

Проведен анализ различных видов домкратов, их классификация, особенности, преимущества и недостатки, а также области применения. Для расчетов взят винтовой домкрат грузоподъемностью до пятнадцати тонн, который используется для вывешивания и горизонтирования платформы. Для определения основных параметров винтовой пары используются метод расчета ходовых винтов, метод расчета грузовых винтов и метод расчета проектной надежности механических узлов и металлоконструкций. Произведен расчет ходовых винтов: на прочность, расчет на износостойкость, выполнен расчет грузовых винтов: на совместное сжатие и кручение, на устойчивость и расчет надежности основных частей домкрата. Выполненные расчеты охватывают огромный спектр параметров, которые необходимы при создании и проектированыи наиболее ответственных и дорогостоящих установок. Учтены все усилия и нагрузки на домкраты, выбраны материалы для главных частей (винта и гайки), которые не доставляют больших расходов для их создания и выполняют все ответственные функции. Данные расчеты автоматизированы, спроектированы для удобного пользования инженера.

Ключевые слова: домкрат, вывешивание, горизонтирование, надежность, прочность, износостойкость, устойчивость.

ANALYSIS OF JACKS AND SOFTWARE CALCULATION OF THE MAIN PARAMETERS

Nikolaeva N.D., Mushkin O.V., Trukhanov V.M.

Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: app@vstu.ru

The analysis of various types of jacks, their classification, features, advantages and disadvantages, and application areas. For calculations taken screw Jack with lifting capacity up to 15 tons, used for hanging and leveling of the platform. To determine the main parameters of spiral pairs are used, the method of calculation of lead screw, the method of calculation of freight screws and method of calculation of design reliability of mechanical components and metal structures. The calculation of lead screw: for strength, durability calculation, the calculation of truck screws: in joint compression and torsion, stability and reliability calculation the main parts of the Jack. The calculations cover a huge range of settings that are required when creating and designing the most responsible and expensive installations. Taking into account all the effort and load on the jacks, the selected materials for the main parts (screws and nuts) that do not cause high costs to create them and perform all the important functions. These calculations are automated and designed for ease of use the engineer.

Keywords: jack, suspension, alignment, reliability, durability, wear resistance, stability.

Ещё совсем недавно основными инструментами инженера были калькулятор и чертёжная доска. Расчёты занимали немало рабочего времени. Например, большинство инженерных расчётов проводятся в нескольких приближениях, т.е. один и тот же алгоритм вычислений повторяется несколько раз, но каждый раз с новыми, уточнёнными данными. Инженер вынужден был повторять на калькуляторе вычислительные операции каждого приближения снова и снова.

Задачи работы:

- 1. Изучение типов домкратов и выбор наиболее оптимального для вывешивания платформы до 60 тонн.
- 2. Разработка расчета надежности винтового домкрата.
- 3. Разработка расчета на прочность, износостойкость, устойчивость.
- 4. Разработка программы расчета винтовых домкратов.

Для данной работы был выполнен анализ следующих видов домкратов:

- домкрат винтовой;
- домкрат винтовой ромбовый;
- домкрат реечный;
- домкрат гидравлический;
- домкрат бутылочный;
- домкрат подкатной;
- домкрат пневматический [3].

Методы и средства решения задач.

Для расчетов взят винтовой домкрат грузоподъемностью до 15 тонн (рисунок 1), который используется для вывешивания и горизонтирования платформы. Потому что для вывешивания и горизонтирования платформы весом до 60 тонн используют именно винтовые домкраты, которые легко транспортируются в передвижных механизмах, занимают мало места и не мешают проходимости машин с подобными платформами. При нахождении устройства в загрязненных условиях данный домкрат не

изменит своих параметров и будут выполнять необходимые функции в течение длительного срока.



Рис. 1. Винтовой домкрат

В работе были произведены расчет ходовых винтов, расчет грузовых винтов и расчет проектной надежности механических узлов и металлоконструкций. Важным уровнем расчета винтового домкрата является расчет прочности винта [1].

Угол подъема винтовой линии резьбы:

$$tg\beta = \frac{S}{\pi d_2} = \frac{100}{\pi \cdot 115} = 0,277,$$

где S — ход винтовой линии, мм;

 d_2 – средний диаметр, мм. или $\beta = 16^{\circ}29'$.

Угол трения ρ при коэффициенте трения f = 0,14; $tg\rho = 0,12$ или $\rho = 17^\circ$.

 $\beta < \rho$, следовательно, у домкрата удовлетворяется свойство самоторможения.

КПД передачи:

$$\eta = \frac{tg\beta}{tg(\beta + \rho)} =$$

$$= \frac{0,277}{tg(16^{\circ}29' + 17^{\circ})} \cdot 100\% = 42,17\%$$

Допускаемое напряжение в материале винта, МПа:

$$[\sigma_B] = \frac{\sigma_T}{3 \div 3.5} = \frac{320}{3} = 107,$$

где $\sigma_{\scriptscriptstyle T}$ – предел текучести материала винта, МПа.

Расчетная площадь сечения винта, м²:

$$F = 0.785d_1^2 = 0.785 \cdot 0.1^2 = 0.0095$$
,

где d_1 – внутренний диаметр, м.

Приведенное напряжение винта, МПа:

$$\sigma_{\text{IIp}} = \frac{Q}{F} \sqrt{1 + 1.6 \left(\frac{S}{\eta \cdot d_1}\right)^2} =$$

$$=\frac{150000}{0,0095}\sqrt{1+1,6\cdot\left(\frac{0,1}{0,4217\cdot0,11}\right)^2}=45,87$$

где Q – тяговое усилие, H;

F – расчетная площадь сечения винта, м²;

 $S - {\rm xog}$ винтовой линии, м;

η – КПД передачи;

 d_1 – внутренний диаметр, м.

Допускаемое напряжение на растяжение для стали 35 при термообработке нормализация [σ_p]=180МПа. Винт удовлетворяет условию на прочность:

$$\sigma_{np} \leq [\sigma_{p}].$$

Коэффициент запаса устойчивости винта [5]:

$$n = \frac{\left[\sigma_p\right]}{\sigma_{np}} = \frac{180}{45,87} = 3,92.$$

Для решения задачи по разработке программы расчета винтовых домкратов использовалась среда программирования Delphi. При помощи нее создана программа, выполняющая необходимые для расчета прочности и надежности винтовых домкратов действия. Общий вид и одна из вкладок программы показана на рисунке 2. На данной вкладке имеются условия, которые могут выполнятся или нет, в зависимости от рассчитанных выше параметров. Поэтому появляются зеленые надписи рядом с каждым условием.

На второй вкладке показаны рассчитанные параметры в серых полях и вводимый параметр в белом поле. Для наглядности рассмотрим код программы, реализующей расчет параметра «Приведенное напряжение винта» винтового домкрата.

y1:=StrToFloat(edt1.Text); \\ Записываем в переменную значение из поля

result2:=StrToFloat(edt13.Text);

y:=StrToFloat(edt5.Text);

result5:=StrToFloat(edt11.Text);

x2:=StrToFloat(edt4.Text);

result6:=y1/result2*sqrt(1+1.6*sqr(y/ (result5*x2))); \\ Считаем по формуле

edt14.Text:=FloatToStr(result6); \\ Записываем в поле число из переменной [2]

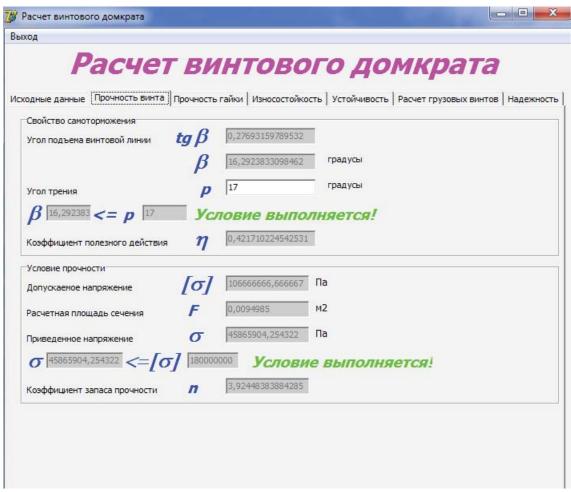


Рис. 2. Вторая вкладка программы «Прочность винта»

Новизной является разработка программы расчета прочности, устойчивости, износостойкости и надежности винтового домкрата, и упрощение работы инженера при проектировании системы вывешивания и горизонтирования платформ различного веса. Для использования необходимы только исходные данные: тяговое усилие, наружный, средний и внутренний диаметры винта, ход винтовой линии, число заходов резьбы, длина гайки, предел текучести, форму резьбы и материалы винта и гайки.

Выполнив данную работу, можно сделать выводы о том, что выполненные расчеты охватывают огромный спектр параметров, которые необходимы при создании и проектировании наиболее ответственных и дорогостоящих установок. Учтены все усилия и нагрузки на домкраты, выбраны материалы для главных частей (винта и гайки), которые не доставляют больших расходов

для их создания и выполняют все ответственные функции [4].

Созданная программа в среде Delphi 7 позволяет упростить задачу будущему инженеру и инженеру с огромным опытом и знаниями. Она не требует специальных навыков в программировании, необходимы только справочные данные и характеристики выбранного домкрата, которые просто вводятся в свободные поля, и нажимается кнопка для расчета.

Список литературы

- 1 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т. 2. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980.-559 с.: ил.
- 2 Труханов В.М. Методы обеспечения надежности изделий машиностроения. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
- 3 Труханов В.М. Надежность сложных технических систем типа подвижных установок на этапах производства и эксплуатации. М.: Машиностроение, 2005. 444 с.
- 4 Труханов В.М. Надежность технических систем. М.: Машиностроение, $2008.-592\ c.$
- 5 Труханов В.М. Справочник по надежности специальных подвижных установок. М.: Машиностроение, 1997. 200 с.: ил.

УДК 615.21/.26

АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ С ВЫСОКОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Пастушкова Е.В.

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

В данном обзоре проанализирован химический состав местного растительного сырья. В качестве объектов исследования были выбраны лекарственные травы, произрастающие Свердловской области. Среди показателей пищевой ценности сырья были выбраны для исследования те компоненты, которые, с нашей точки зрения, наиболее влиятельны в аспекте рассматриваемой концепции лечебно-профилактического питания населения экологически неблагоприятного региона. Анализ литературных данных, позволяет предположить, что все исследуемые виды ЛТС могут быть использованы в производстве пищевых продуктов. За счет обогащения продукции ЛТС, автором предполагается увеличение АОА, а следовательно повышение сопротивляемости организма к неблагоприятным воздействиям. Рассмотрена возможность антиоксидантного синергизма Р-активных полифенолов лекарственного технического растительного сырья. Проведен анализ экологически благоприятных районов Свердловской области для сбора лекарственного растительного сырья. Рассмотрены биохимические механизмы влияния антиоксидантов содержащихся в лекарственном техническом сырье. на организм человека.

Ключевые слова: лекарственное техническое сырье, полифенолы, биопротекторы, антиоксиданты, антиоксидантная активность, экологически неблагоприятные районы.

THE ANALYSIS OF THE VEGETABLE TECHNICAL RAW MATERIALS FROM HIGH ANTIOKSIDANTNOY ACTIVITY GROWING IN THE TERRITORY OF AREA SVERDLOVSKOY

Pastushkova E.V.

Ural State Economic University, Yekaterinburg, e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

In this review the chemical composition of local vegetable raw materials is analysed. As objects of research the medicinal herbs growing Sverdlovsk region were chosen. Among indicators of a nutrition value of raw materials those components which, from our point of view, are most influential in aspect of the considered concept of treatment-and-prophylactic food of the population of ecologically adverse region were chosen for research. The analysis of literary data, allows to assume that all studied types of LTS can be used in production of foodstuff. Due to enrichment of production of LTS, the author supposes increase in AOA, and consequently increase of resilience of an organism to adverse effects. Possibility of an antioxidant sinergizm of R-active polyphenols of medicinal technical vegetable raw materials is considered. The analysis of ecologically favorable regions of Sverdlovsk area for collecting medicinal vegetable raw materials is carried out. Biochemical mechanisms of influence of the antioxidants containing in medicinal technical raw materials on a human body are considered.

Keywords: medicinal technical raw materials, polyphenols, bioprotectors, antioxidants, antioxidant activity, ecologically adverse areas.

Природно-географическая среда и почвенно-климатические условия России являются благоприятными для произрастания и сбора номенклатуры лекарственного технического сырья (далее ЛТС). На территории Российской Федерации (далее РФ), площадь которой составляет 17 млн. км, 45% покрыто лесами, 19% занято пастбищами и 13% сельскохозяйственными угодьями, т.е. на основании приведенных данных можно сказать, что площадь обитания ЛТС занимает 13,1 млн. км². На территории РФ произрастает более 15 тысяч видов растений, из которых только 284 вида, разрешены к применению в медицине и включены в Государственный Реестр лекарственных средств 2006 г. [8, 9].

На сегодняшний день, исследования посвященные изучению внутренних ресур-

сов как на федеральном, так и на региональном уровнях почти полностью прекращены. Из-за давности экспедиционных материалов отсутствуют обоснованные сведения о площадях и запасах дикорастущего ЛТС [12, 13, 17].

Свердловскую область, относящуюся к Уральскому федеральному округу, можно охарактеризовать как область с высоким уровнем развития промышленности, сельского хозяйства, большой плотностью населения, богатыми природными ресурсами, в том числе лекарственными растениями.

Анализ одного из основных заготовительных предприятий ПЗПО «Шалинский» показал, что ассортимент ЛТС составлял около 40 видов, а объем заготовок колебался в пределах от 10 до 850 кг. (бизнес-план ПЗПО «Шалинский», 2007-2009 гг.).

Выявление зарослей дикорастущих лекарственных растений и их рациональное использование в Свердловской области, растительный покров которой подвержен сильному антропогенному воздействию, имеет важное практическое и природоохранное значение [16, 17].

В процессе анализа литературных источников и интернет-ресурсов было классифицировано ЛТС с товароведной точки зрения, основой для которой послужила классификация, действующая в медицине. Предложенная комплексная товароведная классификация ЛТС позволяет упорядочить ассортимент, представленный в литературных источниках [6, 14, 27]. Комплексная товароведная классификация ЛТС представлена ниже на рисунке 1.

В процессе поиска сырья для разработки пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами (в том числе антиоксидантными), был проведен сравнитель-

ный анализ литературных данных химического состава ЛТС

Свердловской области. Данные представлены в таблице 1.

Анализ химического состава ЛТС показал, что все отобранные образцы содержат биологически активные вещества (далее БАВ), а, следовательно, обладают антиоксидантными свойствами. При выборе ЛТС представленного в таблице 2 немаловажную роль сыграла ароматобразующее действие растения, его органолептические свойства.

Основным критерием при выборе сырья служило содержание в ЛТС такого важного антиоксиданта, как Р-активные полифенолы витамин С, аминокислоты, позволяющие активно участвовать во всех важнейших процессах в организме человека [3, 7, 26]:

- полифенолы относится к веществам, которые организм человека не способен вырабатывать сам. Поэтому он представляет для него особую ценность.

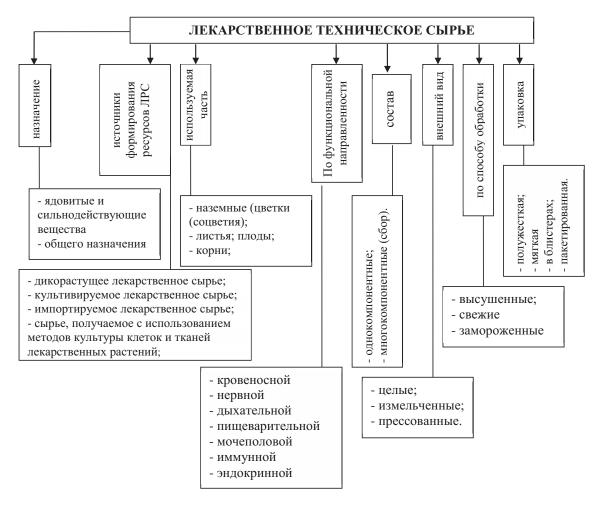


Рис. 1. Комплексная товароведная классификация ЛТС

	Таблица	1
Химический состав ЛТС с антиоксидантными свойствами [11, 17	, 28]	

Название ЛТС	Витамин Е	Витамин В1	Витамин В2	Полифенолы	Витамин В6	β-каротин	Витамин С	Кальций	Фосфор	Калий	Магний	Натрий
Крапива двудомная	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	50	400	37,4	23	27,5	2,8	0,13
Мята перечная	0,15	0,03	0,1	0,21	0,03	40	14	20,3	15	25,2	0,23	
Душица обыкн.	0,05	0,03	0,03	0,041	0,03	28	395	40	50	260	30	0,42
Шалфей лекарс.	0,4	0,01	0,18	0,012	0,021	3,2	20	19,8	16	6,73	1,3	0,28
Тысячелистник	0,32	0,37	0,13	0,034	0,04	1,6	30	16,4	14	4,52	2,1	0,15
Зверобой	0,28	0,23	0,14	0,016	0,1	1,1	70	7,3	25	1,63	2,2	0,73
Чабрец	0,5	0,19	0,29	0,029	0,06	0,5	17	21,3	31	17,5	0,45	0,83
Брусника (лист)	0,01	0,44	0,19	0,011	0,19	0,1	13	4,7	11	2,52	0,72	0,17
Черная смородина (лист)	0,03	0,15	0,1	0,01	0,13	0,1	32	3,8	3,0	2,6	0,61	0,39
Вишня (лист)	0,02	0,10	0,1	0,01	0,03	0,1	21	4,7	4,1	2,55	0,11	0,17
Полынь	0,005	0,04	0,003	0,01	0,019	0	70	1,45	0,6	6,23	1,18	0,27
Эстрагон	0,18	0,56	0,26	0,04	0,04	14	200	1,29	1,4	1,6	3,46	0,87

Регулярное применение витамина Р нормализует состояние стенок капилляров, повышает их прочность и эластичность, снижает артериальное давление, замедляет сердечный ритм, обладает обезболивающим свойством, облегчает и ускоряет течение аллергических реакций, в частности бронхиальной астмы, усиливает действие витамина С. Витамин Р предохраняет клетки организма от губительного воздействия свободных радикалов, замедляет процессы старения, а также повышает сопротивляемость организма к негативным внешним факторам и восстанавливает иммунитет [20, 21].

Согласно Кощееву А.К. и Машковскому М.Д. наиболее яркими представителями ЛТС по содержанию полифенолов являются: крапива двудомная, мята перечная, душица обыкновенная, шалфей лекарственный, тысячелистник обыкновенный, зверобой продырявленный, тимьян обыкновенный (чабрец):

- витамин С помогает при варикозном расширении вен, укрепляет соединительные ткани, разглаживает стенки сосудов, начиная от толстых вен и заканчивая микроскопическими каппилярами, а также повышает иммунитет, ослабляет воздействие различных аллергенов, способствует снижению холестерина в крови [14, 16];

- витамин К содержит ранее неизвестную аминокислоту, синтезируемую в клетках печени из уже давно известной глютаминовой кислоты, играет значительную роль в обмене веществ в костях и в соединительной ткани, а также в здоровой работе почек и усвоении кальция, обеспечивая тем самым взаимодействие с витамином D;
- витамины группы В благотворно влияют на тонус мышц, пищеварительный тракт, кожу, волосах, глазах, ротовой полости и печени, а также на состоянии нервной системы. Витамины группы В оказывают влияние на синтез антител, т. е. поддержание иммунитета, а значит, повышение сопротивляемости организма к воздействию различных неблагоприятных факторов [4, 5, 12, 15];
- витамин PP активно участвует в углеводном и белковом обмене, способствует снижению уровня холестерина в крови, является источником нормальной работы нервной системы и головного мозга, оказывает благоприятное действие на сердечнососудистую систему, улучшает пищеварение, способствует поддержанию кожи в здоровом состоянии, участвует в обеспечении нормального зрения, улучшает кровообращение и снижает повышенное кровяное давление, так как обладает сосудорасширяющим действием [1, 2, 11, 24].

Многие представители растительной флоры, обладая ценными фармакологическими свойствами, не отличаются наличием вкусо-ароматических, а также красящих веществ, что также очень важно для пищевой промышленности.

В медицине, и в пищевой промышленности, широко используются все известные части растений: листья, цветки, стебли, вся трава, кора, почки, корневища, плоды и др. Для удобства исследований, а также технологической переработки ЛТС свои поиски мы сузили до растений, в качестве сырья которых используется надземная часть, а именно трава, листья и цветы.

Таким образом, всем вышеперечисленным требованиям отвечают: крапива двудомная; мята перечная; душица обыкновенная; шалфей лекарственный; тысячелистник обыкновенный; зверобой продырявленный; тимьян обыкновенный (чабрец); лист брусники; лист черной смородины; лист вишни. Количественный состав композиции (5 растений), на наш взгляд, является наиболее оптимальным, с точки зрения прогнозирования будущих свойств продукта, и в то же время, наличия широкого спектра разнообразных БАВ, а также возможности варьирования соотношений компонентов композиции с целью выбора наилучших вкусо-ароматических свойств.

Ниже дадим характеристику выбранного ЛТС.

Крапива двудомная (жгучка) — Urtica dioica L. Семейство крапивные — Urticaceae. Листья крапивы содержат до 269 мг% витамина С, каротин и другие каратиноиды (50 мг/ 100 г), витамины группы В и К, муравьиную, пантотеновую и другие органические кислоты. В листьях крапивы обнаружено до 5% хлорофилла, более 2% дубильных веществ, железо, фитонциды. Крапива повышает свертываемость крови и применяется при лечении малокровии (так как в листьях крапивы содержатся витамины способствующие повышению гемоглобина и эритроцитов), анемии, атеросклерозе, заболеваниях печени [3, 7, 9, 15].

Мята перечная (Mentha piperita L.). Листья мяты перечной – ценное сырье для пищевой промышленности, где в первую очередь важен аромат эфирного масла, содержание которого в листьях достигает до 2,57%. Ментол – основной компонент эфирного масла мяты. Он обусловливает ее антисептические свойства и является главным

действующим веществом растения. В листьях мяты также присутствуют органические кислоты, красящие вещества каротин (до 40 мг/ 100 г) и бетаин, флавоноид гесперидин, обладающий Р-витаминной активностью, микроэлементы — медь, марганец, хром, калий, кальций, натрий, магний, фосфор, железо [17, 19, 20]. Мяту используют для отдушки чая.

Душица обыкновенная (мята лесная) (Origanum vulgare L.). Трава душицы содержит до 1,2% эфирного масла, в состав которого входят фенолы (до 44%) тимол антисептическое вещество и (2-6%) карвакрол, и трициклические сесквитерпены (12,5%), свободные спирты (12-15,4%), геранилацетат (до 5%), флавоноиды: кверцетин и лютеолин, обуславливают желчегонное, мочегонное и отхаркивающее действие, фенолкарбоновые кислоты (коричная, ванилиновая, сиреневая), дубильные и горькие вещества, аскорбиновая кислота (в листьях 565 мг, в стеблях 58 мг), калий, кальций, натрий, магний, фосфор, железо [13, 18, 23]. Препараты душицы обладают успокаивающим действием на центральную нервную систему, усиливают секрецию пищеварительных желез, потогонным, противовоспалительным, антимикробным и болеутоляющим действием [22].

Душица — общеизвестный заменитель чая и не менее популярна среди населения как пряность. Чай из душицы ароматен, красновато-коричневого цвета и приятного вкуса. Кладут траву душицы в квас, соленья и компоты [4, 13, 21, 25].

Шалфей лекарственный (лечебный) – Salvia officinalis L. Семейство губоцветные - Labiatae. В листьях шалфея содержатся флавоноиды, алкалоиды, дубильные и смолистые вещества, органические кислоты (олеаноловая, урсоловая, хлорогеновая и др.), витамины Р и РР, горечи, фитонциды, а также значительное количество эфирного масла, содержащего пинен, ционеол, туйон, борнеол, сальвен и другие терпеновые соединения. Противовоспалительные и антимикробные свойства шалфея лекарственного связаны с содержанием в листьях растения дубильных и флавоноидных соединений, а также с присутствием в надземной части (траве) растения эфирного масла и витаминов Р и РР.

Кроме того, установлено, что листья шалфея повышают секреторную активность желудочно-кишечного тракта вслед-

ствие присутствия в растении горечей [3, 4, 13, 25].

Тысячелистник обыкновенный (лекарственный) — Achillea millefolium L. Семейство сложноцветные — Compositae. В листьях и соцветиях тысячелистника содержится эфирное масло, дубильные вещества, витамины и алколоидоподобное вещество ахиллиен. Трава тысячелистника обладает противовоспалительным и бактерицидным свойствами, в виде отваров применяют при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, гастрите [13, 25, 28].

Зверобой продырявленный (Hypericum perforatum L.). Трава содержит дубильные вещества (до 13%) пирокатехиновой группы, благодаря чему оказывает вяжущее, кровоостанавливающее, противовоспалительное действие; эфирное масло (0,1-1,25%), содержащее цинеол, b-ситостерин; тритерпеновые сапонины, смолистые вещества (17%), антибиотик гиперфорин, в цветках – эфирное масло до 0,47% [16, 26]. Обнаружены красные флюоресцирующие красящие вещества гиперицин - 0,1-0,4% и псевдогиперицин, флавоноиды (гиперозид, рутин, кверцетин, кверцитрин), никотиновая кислота, цериловый спирт, незначительное количество холина, каротин (до 56 мг/100 г), витамины С и РР, следы алколоидов, фитонциды, макроэлементы (мг/ Γ): калий – 16,8, кальций -7,3, магний -2,2, железо -0,11; микроэлементы (мкг/г): марганец – 0,25, медь -0.34, цинк -0.71, кобальт -0.21, молибден -5,6, хром -0,01, алюминий -0,02, селен -5.0, никель -0.18, стронций -0.18, кадмий -7,2, свинец -0,08, бор -40,4, концентрирует молибден, селен, кадмий, может накапливать марганец [16, 20, 21, 22]. Препараты зверобоя обладают обезболивающим, антисептическим, противоглистным, ранозаживляющим, мочегонным и желчегонным действием, возбуждают аппетит, стимулируют секреторную функцию различных желез, способствуют регенерации тканей, действуют успокаивающе на нервную систему [23]. Популярен зверобой и как заварка для чая. Из него получается замечательный напиток: вкусный, душистый, целебный [27, 28].

Чабрец (тимьян ползучий) (Thymus serpyllum L.). В траве чабреца обнаруживается до 2% эфирного масла, в состав которого входят фенолы: тимол (до 30%), карвакрол (до 20%), цимол, терпинеол, борнеол; дубильные и горькие вещества, флавоноиды,

органические кислоты (олеановая, урсуловая, хинная, кофейная, яблочная), минеральные соли, особый пигмент, смола, камедь, витамин С, каротин [27, 28]. Благодаря этим веществам это растение оказывает антибактериальный эффект, легкое обезболивающее действие при артритах, радикулитах, проявляет отхаркивающее, успокаивающее действие.

Лист брусники содержит арбутин (до 9%), гидрохинон, галловую, эллаговую, хинную и винную и урсоловую кислоты, флавоноид, гиперозид и дубильные вещества. Отвары и настои листьев применяют как мочегонное средство, главным образом при почечнокаменной болезни, а так же при ревматизме и подагре [4, 28].

Листья черной смородины содержат 0,25% аскорбиновой кислоты, эфирное масло, витамин Р, вещества фитонцидного действия. Листья черной смородины применяют как витаминное средство при цинге и других гипо- и авитаминозах.

Лист вишни содержит кумарины, физиологическое действие которых проявляется в понижении свертывающих свойств, крови и задержке тромбоза в сосудах.

Данные сравнительного анализа химического состава растительного сырья, позволяют сделать вывод, что лекарственные травы не уступают по содержанию антиоксидантных веществ: Р-активных полифенолов и витамина С, которые, как известно, обладают антиоксидантными свойствами [1, 7, 8, 9].

Поэтому в ходе химического анализа растительного сырья было предложено обогащение ежедневно употребляемых социально-значимых пищевых продуктов ЛТС, в состав которых входят БАВ обладающие антиоксидантными свойствами:

Указанное ЛТС позволяет усилить биологически-активных свойств лечебно-профилактических продуктов, а так же разнообразить потребительские свойства продуктов с традиционным сырьевым составом.

При выборе ЛТС используемого в качестве добавки моделирующей заданные свойства чая мы руководствовались следующими принципами:

- высокие антиоксидантные свойства, в том числе содержание полифенолов;
 - вкусо ароматические свойства;
 - фармакологические свойства;
- органолептическая и функциональная совместимость;
 - доступность сырья;

- технологичность переработки;
- ценовая доступность;
- менталитет российского населения.
- содержащиеся эфирные масла в лекарственном растительном сырье, в последуюшем оказали гармоничный аромат продукту;
- лечебно-профилактический эффект позволяет оказать нормализующее действие на сердечно-сосудистую и иммунную системы, снимает стресс и умственное перенапряжение, повышает настроение и эмоциональный тонус, оказывает профилактическое и лечебное действие при простудных заболеваниях и гриппе, заболеваниях желудочно-кишечного тракта и мочеполовой системы.

ЛТС, вносимое в пищевые продукты, должно соответствовать требованиям безопасности, а, следовательно, сбор сырья должен производиться в экологически благоприятных районах Свердловской области. Анализ наиболее экологически благоприятных районов Свердловской области представлен в таблице 2 ниже.

Анализ таблицы 2 экологического статуса Свердловской области показал, что наиболее экологически благоприятными районами для сбора растительного сырья являются Нежнесергинский, Пышминский, Тавдинский и Шалинский районы.

Таким образом, исследуя экологическое состояние Свердловской области, было выявлено следующее:

- отрицательно влияющие факторы (техногенные), действие которых можно скорректировать за счет внесения лекарственного растительного сырья богатого полифенолами в традиционно потребляемые продукты;
- на заболеваемость населения Уральского региона оказывают так же биологические факторы, а именно качество потребляемой воды и пищевых продуктов;
- наиболее благоприятными районами для сбора лекарственного растительного сырья с последующей переработкой возможен в поселках Нагорный, Первомайский, Каменные Ключи, деревнях Верхотурка и Мостовка, а так же в Нижнесергинском районе.

Экологическая обстановка многих регионов нашей страны и Уральском регионе в том числе, является неблагоприятной для организма человека. В связи с этим возникает необходимость обогащения рациона питания населения специальными веществами, которые можно назвать антиоксидантами.

Таблица 2

Анализ экологически благоприятных районов Свердловской области для сбора лекарственного растительного сырья [4, 14, 16]

Наименование	Экологический статус				
района	благопри- ятный	не благо- приятный			
Алапаевский		*			
Артемовский		*			
Артинский		*			
Ачитский		*			
Байкаловский		*			
Белоярский		*			
Богдановический		*			
Верхнесалдинский		*			
Верхотурский		*			
Гаринский		*			
Ирбитский		*			
Каменский		*			
Камышловский		*			
Красноуфимский		*			
Невьянский		*			
Нижнесергинский	+				
Новолялинский		*			
Пышминский	+				
Режевской		*			
Серовский		*			
Слободо- Туринский		*			
Тавдинский	+				
Талицкий		*			
Тугулымский		*			
Туринский		*			
Шалинский	+				

Далее были проанализированы биохимические механизмы антиосидантов, содержащихся лекарственном техническим сырье, а так же их влияние на организм человека

Изучение влияния антиоксидантов на биохимические механизмы (метаболизм) в организме человека производит революцию не только в медицине, но и в товароведении, которое позволяет при употреблении не только корректировать здоровье человека, но и оказывать профилактическое действие при различных болезнях, включая рак, аутоиммунные, воспалительные, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные воспаления [5].

Антиоксиданты – это соединения, защищающие клетки (а точнее мембраны клеток) от вредных эффектов или реакций, которые могут вызвать избыточное окисление в организме.

Антиоксиданты — это специфическая группа химических веществ различного химического строения, обладающих одним общим свойством — способностью связывать свободные радикалы (активные формы кислорода) и замедлять окислительно-восстановительные процессы. Исследования показали, что антиоксиданты помогают организму снижать уровень повреждения тканей, ускорять процесс выздоровления и противостоять инфекциям. [3, 23]

Антиоксиданты – это вещества, в большинстве своем витамины, которые очищают организм от повреждающих молекул, называемых свободными радикалами. Эти молекулы (свободные радикалы) постоянно образуются в организме человека в результате многочисленных окислительно-восстановительных процессов, направленных на поддержание нормального функционирования всех органов и систем. [26]

Л. Эрнсте (Швеция) считает, что свободные радикалы играют важную роль в усилении разрушения тканей при язвах, вызванных стрессом, артрите, воспалительном процессе в желудочно-кишечном тракте, сердечно-сосудистом кризе. Кроме радиации образованию свободных радикалов способствует неправильное питание. Предотвратить образование свободных радикалов путем объединения свободных электронов в пары может добавление в питание антиоксидантов. [24]

Антиоксиданты действуют как ловушки для свободных радикалов. Отдавая электрон свободному радикалу, антиоксиданты останавливают цепную реакцию. Правильная регуляция этого баланса помогает организму расти, вырабатывать энергию.

В организме существует система антиоксидантной защиты, которая делится на первичную (антиоксиданты-ферменты) и вторичную (антиоксиданты-витамины). Данная система работает в организме с рождения, постепенно слабея с годами. Поэтому возникает необходимость ее подпитки и поддержки [25].

Антиоксиданты-ферменты (первичная антиоксидантная защита) оказывают функцию выведения активных форм кислорода.

Они превращают активные формы кислорода в перекись водорода и в менее агрессивные радикалы, а затем уже их превращают в воду и обычный, полезный кислород. Антиоксиданты-витамины (вторичная антиоксидантная защита) называют подавляют агрессивные радикалы, активируя на себя избыток энергии, при это происходит снижение развития цепной реакции образования новых радикалов. К ним относятся: водорастворимые витамины — витамин С, Р; жирорастворимые витамины — витамин А, Е, К, бета-каротин; серосодержащие аминокислоты (цистеин, метионин); микроэлементы — цинк [27].

Когда же организм подвергается воздействию техногенных факторов, происходит образование слишком большого количества повреждающих молекул, поэтому организму требуется большее количество антиоксидантов.

Вопрос о нормировании употребления антиоксидантов содержащихся в продуктах питания до сих пор является открытым. Существуют две мысли, одна из которых свидетельствует, что употребление продуктов с повышенным уровнем антиоксидантной активности приведет к развитию патологических процессов, не связанных с действием свободных радикалов, а вторая — говорит, что употребление продуктов с пониженным содержанием приведет к полной утрате защитной функции организма [28].

Тем не менее, существуют установленные нормативы, учитывающие мнения обеих сторон. Далее указаны последние данные суточного потребления наиболее распространенных антиоксидантов (таблица 3).

Ниже рассмотрим действие более распространенных антиоксидантов на обменные процессы организма.

Полифенолы (витамин P), наряду с аскорбиновой кислотой обеспечивают нормальную проницаемость капилляров, регенерацию их аморфного склеивающего вещества. Под влиянием соединений, обладающих P-витаминным действием, понижается артериальное давление крови, замедляется ритм сердца, усиливается тканевое дыхание, уменьшается гипоксия, снижается повышенная функция щитовидной железы и др. Биологический эффект витамина тесно связан с аскорбиновой кислотой (способствует усвоению витамина C).

Таблица 3 Нормы суточного потребления наиболее распространенных антиоксидантов

Название антиоксиданта	Суточное потребление мг/сут	Максимально допустимое потребление мг/сут
Аскорбиновая кислота (витамин C)	50,0-110,0	2000
Витамин Р (полифенолы)	100,0-200,0	-
Витамин Е (токоферолы)	8,0-15,0	1000,0
Селен	55,0-70,0	400

Аскорбиновая кислота является мощным антиоксидантом, который нужен для образования коллагена — основного структурного материала организма. Работает как антиоксидант и охраняет другие антиоксиданты (такие как витамин Е и бета-каротин) от разрушения свободными радикалами. Предотвращает образование в желудке канцерогенных веществ из нитратов и нитритов, попадающих туда с водой или с консервированной пищей. Витамин С укрепляет иммунную систему. Иммунные клетки накапливаются в количестве, в сто раз превышающем его содержание в крови [24].

При разрушении витамина Е свободными радикалами витамин С помогает восстановить его и снова запустить на борьбу со свободными радикалами. Также этот витамин помогает усвоению железа, но не способствует усвоению железа из мяса. Витамин С улучшает способность выводить токсичные для организма металлы, такие как медь, свинец, ртуть и др. [15].

Витамин É — жирорастворимый витамин, который является естественным природным антиоксидантом, замедляющим старение человеческой кожи, а также других продуктов в природе.

В качестве антиоксиданта селен защищает нас от сердечных заболеваний, усиливает иммунитет, увеличивает продолжительность жизни. Действуя совместно с другими антиоксидантами — витаминами Е и С, селен помогает улучшить мыслительные способности, снижает депрессию, прогоняет усталость.

Пектиновые вещества содержащиеся в растительном сырье угнетают развитие микробной флоры в ЖКТ, способствуют уско-

ренному выведению из организма радиоактивных веществ, пектин позволяет усилить терапевтический эффект или снизить побочное негативное действие лекарственных препаратов.

Бета-каротин и другие каротины выступают в организме как антиоксиданты, защищающие клеточные структуры от разрушения свободными радикалами. Они поддерживают системы циркуляции в здоровом Возможно, состоянии. предотвращают окисление холестерина и превращение его в склеротические бляшки, которые блокируют кровеносные сосуды и вызывают атеросклероз. Исследования показали, что люди с высоким содержанием бета-каротина в крови реже болеют сердечно-сосудистыми заболеваниями. Эти антиоксиданты поддерживают иммунитет, помогая иммунным клеткам разрушать свободные радикалы. Возможно, они оказывают благотворное влияние на глаза, которые наиболее часто подвергаются воздействию свободных радикалов.

Стоит отметить, что при потреблении разного количества пищевых продуктов, в организм человека могут поступать одинаковое количество антиоксидантов.

Список литературы

- 1. Авцын А.П. Микроэлементозы человека: Этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, А.С. Строчкова. М.: Медицина, 1991. –
- 2. Агаджанян Н.А. Экологическая физиология человека / Н.А. Агаджанян, А.Г. Марачев, Г.А. Бобков. М.: Из-во "Крук", 1999. 415 с.
- 3. Арзамасцев А.П. Оценка показателей антиоксидантной активности препаратов на основе лекарственного растительного сырья / А.П. Арзамасцев, Е.И. Шкарина, Т.В. Максимова и др. // Химико-фармацевтический журнал. − 1999. № 11. С. 17-20.
- 4. Барабой В.А. Растительные фенолы и здоровье человека. М.: Наука, 1984.-160 с.
- 5. Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высшая школа, 1960. 544 с.
- 6. Гаммерман А.Ф. Лекарственные растения (Растения целители.: справ. пособие. 3-е изд., перераб. и доп.) / Гаммерман А.Ф., Кадаев Г.Н., Яценко-Хмелевский А.А. М.: Высш. шк., 1984. 400 с.
- 7. Ганзина Т.П. Пища XXI века. Натуральные биопротекторы и лечебно-профилактические продукты сублимационной сушки / Т.П. Ганзина, Л.П. Дьяконов, В.И. Печерский. М.: МГУП. 2001. 169 с.
- 8. Государственная фармакопея СССР. Часть 1. Общие методы анализа. 11-е изд. Вып. 1. М., 1987. 194 с.
- 9. Государственная фармакопея СССР. Часть 2. Общие методы анализа. 11-е изд. Вып. 1. М., 1987. 194 с.
- 10. Зуев Е.Т Функциональные напитки: их место в концепции здорового питания // Пищевая промышленность. 2004. № 7. C. 90-95.

- 11. Кощеев А.К. Дикорастущие съедобные растения / А.К. Кощеев, А.А. Кощеев. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1994. 351 с.
- 12. Лагерь А. Травник сибирского целителя. М.: Рипол Классик, $2002.-480\ c.$
- 13. Покровский В.И. Медицинская микробиология / гл. редактор В.И. Покровский, О.К. Поздеев. М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА, 1999. 316 с.
- 14. Машковский М.Д. Лекарственные средства. М.: Изд-во «Новая волна», 2010. С. 1216.
- Покровский А.А. Справочник по диетологии / Покровский А.А., Самсонов М.А. – М., 1981. – С. 704.
- 16. Рабинович А.М. Лекарственные растения на приусадебном участке. М.: Росагропромиздат, 1989. С. 207.
- 17. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Л.: Наука, 1987. С. 160-161.
- 18. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации MP 2.3.1. 19150-04. М.: Институт РАМН, 2004. 34 с.
- 19. Тутельян В.А. От концепции государственной политики в области здорового питания населения России к национальной программе здорового питания / В.А. Тутельян, А.В. Шабров, Е.И. Ткаченко // Клиническое питание. -2004. -№ 2. -C. 2-4.

- 20. Тюкавкина Н.А. Природные флавоноиды как пищевые антиоксиданты и биологически активные добавки / Тюкавкина Н.А., Руленко И.А., Колесник Ю.А // Вопросы питания. -1996. -№ 2. -C. 33-38.
- $21.\ \mbox{Уголев}$ А.М. Пищеварение и его приспособительная эволюция. М.: Высшая школа, 1961. $306\ c.$
- 22. Уголев А.М. Пристеночное (контактное) пищеварение. Л.: Из-во АН СССР, 1963. 170 с.
- 23. Уголев А.М. Физиология и патология пристеночного (контактного) пищеварения. М.-Л.: Наука, 1967. 230 с.
- 24. Шатнюк Л.Н. Пищевые микроингредиенты в создании продуктов здорового питания // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2005. № 2. C. 18-22.
- 25. Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т. 3. Пробиотики и функциональное питание. М.: Изд-во «Грант», 2001. 288 с.
- 26. Шкарина Е.И. О влиянии биологически активных веществ на антиоксидантную активность фитопрепаратов. Т. 35 / Е.И. Шкарина, Т.В. Максимова, Е.Л. Лозовская и др. // Химико-фармацевтический журнал. 2001. № 6. С. 40-47.
- 27. Шретер Г.К. Лекарственные растения и растительное сырье, включенные в отечественные фармакопеи. М.: Медицина, 1972. 485 с.
- 28. Яковлева Г.П. Растения для нас: справочное издание / Г.П. Яковлева, К.Ф. Блинова и др. СПб.: Учебная книга, 1996.-653 с.

УДК 255:29.1

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОНТЕКСТЕ АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Ригас Т.Е., Шмандий В.М.

Кременчугский национальный университет им. М.В. Остроградского, Кременчуг, e-mail: ecol4207@mail.ru

Проведен обзор опубликованных результатов исследований в сфере экологической безопасности. На основе системного анализа установлено, что созданы первичные научные основы экологической безопасности; достаточно основательно проработаны теоретические и практические аспекты управления экологической безопасностью при чрезвычайных катастрофических ситуациях; предложены различные концепции, принципы и методы обеспечения безопасности. Вместе с тем выявлены проблемные ситуации: недостаточную изученность влияния экологической опасности в условиях природно-антропогенной и техногенной нагрузки на состояние здоровья населения; понятийно-терминологическую неопределенность; декларативный и обобщенный характер предлагаемых направлений управления экологической безопасностью; не развит научный подход, который учитывал бы широкий спектр составляющих экологической безопасности; не в полной мере изучены особенности пространственной структуризации экологической опасности; использование на практике предлагаемых способов управления ограничено информационной недетерминированностью.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экологическая опасность, управление, региональный уровень, антропоцентрический подход, антропогенные факторы.

REGIONAL PROBLEMS ECOLOGICAL SAFETY IN THE CONTEXT OF AN ANTHROPOCENTRIC APPROACH

Rigas T.E., Shmandy V.M.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchug, e-mail: ecol4207@mail.ru

The purpose of this study was to establish the degree of scrutiny of issues of ecological safety at the regional level in the context of the facts of anthropogenic influence on the living conditions of the population. And solved the following tasks: review of the literature data and systematic analysis of scientific approaches in the studied scientific field; identification of different views on the issues under discussion, and discussion of problematic situations. On the basis of a systematic analysis that established the scientific basis of ecological safety; quite thoroughly worked out the theoretical and practical aspects of ecological safety in emergency situations catastrophic; offered a variety of concepts, principles and methods of safety. At the same time it revealed: lack of study of the impact of ecological danger of in the conditions of natural and anthropogenic anthropogenic impact on the health of the population; conceptual and terminological uncertainty; declaratory and general nature of the proposed areas of ecological safety; or received proper development of an integrated approach that takes into account a wide range of components of ecological safety; it does not fully take into account peculiarities of the spatial structuring of ecological danger; practical use of proposed management models is limited information indeterminacy. The proposals on the main directions for further theoretical, experimental and practical research.

Keywords: ecological safety, ecological danger, governance, regional level, the anthropocentric approach, human factors.

Введение

Общее состояние экологической безопасности является достаточно напряженным. Антропогенное воздействие на окружающую среду, отсутствие надлежащей экологической экспертизы размещения техногенных объектов, дефицит специалистов в области экологической безопасности и другие факторы привели к формированию широкопрофильной опасности в отдельных регионах [34].

Научные основы экологической безопасности заложены в работах С.А. Боголюбова, В.И. Данилова-Данильяна, К.Ф. Фролова, С.И. Дорогунцова, В.А. Бокова [6,13,38,39,40] и других ученых. Углубляются, конкретизируются и детализируются знания в различных научных направлениях

обсуждаемой проблемы (А.М. Трофимчук, М.М. Быченок, И.В. Масленникова, А.Б. Качинский, С.А. Рябинин, Г.И. Рудько, Б.М. Данилишин, Хоружая, А.В Толстоухов [17,22, 30,45,47,48,52,53] и другие). В рамках государства экологическая безопасность рассматривается как одна из составляющих национальной безопасности [49,50].

Цель и задачи

Целью работы является установление степени изученности проблем экологической безопасности регионального уровня в контексте влияния антропогенных фактов на условия жизнедеятельности населения (антропоцентрический подход). Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: обзор литературных данных и системный анализ научных подходов к ис-

следованиям в данном достаточно новом научном направлении; выявление различных взглядов на обсуждаемые вопросы, установление взаимосвязей результатов различных исследователей и закономерностей формирования экологической опасности; выявление проблемных и дискуссионных ситуаций.

Результаты исследования и их обсуждение

Следует отметить, что достаточно полно изучены теоретические и практические аспекты экологической безопасности при катастрофических ситуациях (например, [6,22,47,53]). Вчастности, развивается логико-вероятностная концепция, применяемая для недетерминированной составляющей безопасности, т.е. для совокупности случайных факторов. Она базируется на существовании для всех систем соответствующих функций опасности, которые в конкретном случае обуславливаются состоянием системы. Главным направлением реализации этого подхода является оптимальное распределение ресурсов оперативного реагирования между совокупностью источников потенциальной опасности для эффективного их использования в случае угрозы и возникновения чрезвычайных ситуаций. Логико-вероятностный подход представлен, в основном, в разработках Института кибернетики НАН Украины [44]; он реализован на практике в информационно-аналитической системе чрезвычайных ситуаций [28].

Систематические исследования в сфере формирования экологической опасности и управления безопасностью в условиях постоянно присутствующей техногенной и природно-антропогенной нагрузки (не носящей явно выраженный экстремальный характер и по этой причине не вызывающей обеспокоенность в обществе) начались 10-15 лет назад. Концептуальные основы управления экологической безопасностью заложено в работах Шмандия В.М., Масленникова И.В., Дорогунцова С.И. [13,17,34] и др. Проанализируем результаты предыдущих научных исследований по изучаемой проблеме. Так, в [19] устанавлены уровни структуры безопасности:

- объекты безопасности, их жизненно важные интересы;
 - угрозы упомянутым интересам;
- направления государственной политики по обеспечению экологической безопас-

ности как часть государственной политики по обеспечению устойчивого развития;

- система неотложных мер правового, организационно-управленческого, эколого-экономического, научно-методологического, инженерно-технического, воспитательного и иного характера, направленных на нейтрализацию угроз жизненно важным интересам объектов;
- система обеспечения экологической безопасности;
- комплекс мер противодействия угрозам.
 По нашому мнению, некоторые из приведенных уровней перекрываются и частично дублируют свои функции.

Измалков В.И. [14] в качестве основных принципов обеспечения экологической безопасности рассматривает следующие положения:

- комплекс организационно-технических, социально-экономических и других мероприятий должен быть адекватен антропогенным воздействиям, приводящим к отклонению от допустимых значений параметров, характеризующих экологическую опасность;
- управление экологической безопасностью должно рассматриваться с конкретной привязкой к функционированию объектов, формирующих опасность;
- целесообразность достижения минимально возможных уровней риска антропогенного воздействия на объекты биосферы и происходящие в биосфере негативные изменения, не превышающих научно допустимых их значений;
- универсальность организации управления экологической безопасностью и преемственность организационных форм и методов экологического мониторинга в условиях нормального функционирования источников антропогенного воздействия и в аварийных ситуациях;
- взаимодействие и организационное сопряжение всех государственных, ведомственных и территориальных структур, выполняющих функции управления экологической безопасностью;
- гибкость организационных форм, допускающая сосредоточение усилий на тех или иных проблемах обеспечения экологической безопасности.

Предложенные принципы, по нашему мнению, носят достаточно общий и декларативный характер. При этом рассматриваются только предельно допустимые уровни опасности, но не учитывается диапазон ее

приемлемости. Основное внимание уделено лишь одному виду техногенной опасности.

- В работе [20] изложены направления долгосрочной государственной политики по обеспечению экологической безопасности:
- предотвращение или минимизация последствий чрезвычайных ситуаций при существующих технологиях производства и технологической базе с учетом как риска возникновения таких ситуаций, так и риска их последствий (продолжительность до 10 лет);
- переход на новые технологии, источники сырья и энергии (продолжительность 20-30 лет);
- переход экономики страны на возобновляемые источники энергии и преимущественно на биологическое сырье (продолжительность 30-40 лет).

Проанализируем существующие классификации опасных явлений и процессов, формирующих экологическую опасность. В [45] последняя структурирована на социальную, биосферную и ресурсную составляющие. Техногенные явления и процессы проранжированы в [20] по мере убывания степени опасности в следующей последовательности: радиационная опасность, химическая опасность, взрыво- и пожароопасные объекты, опасность от повреждения гидротехнических сооружений, энергетическая опасность, транспортная опасность, опасность от разрушения металлических железобетонных конструкций, отходы, пищевая опасность. Тем не менее, автор утверждает, что водные ресурсы являются основной составляющей экологической опасности. Мы констатируем неполноту рассматриваемой классификации, что определяется, в частности, неучетом некоторых достаточно значимых факторов вредного физического воздействия. По нашому мнению, следует также учитывать, что специфические условия конкретного региона изменяют приоритетность составляющих опасности.

- В [54] установлен удельный вес (%) факторов, влияющих на снижение уровня экологической безопасности в Украине:
- экономические механизмы безопасности – 32,1;
- государственная система управления экологической безопасностью 27,3;
- промышленная опасность и технологические основы экологической безопасности –23,7;

- нормативно-правовая деятельность в сфере экологической безопасности – 14,2;
- научные основы экологической безопасности – 11,3;
- общественные организации в сфере экологической безопасности – 0.6.

Мы отмечаем некоторую неточность в установлении значений вкладов, поскольку в сумме они превышают 100%. По нашому мнению, также не учтены весьма важные факторы социогенного характера, в частности, недостаточная квалификация инженерно-технических, руководящих, контролирующих работников в сфере экологической безопасности, низкий уровень экологического сознания населения. В тоже время, приведенные данные обосновывают безотлагательную необходимость активизации научных исследований, а также воплощение их результатов в практической деятельности.

Следуют указать на имеющую место неопределенность в понятийно-терминологическом аппарате управления экологической безопасностью. Так, например, в [6] используют понятие «управление экологическими ситуациями» и трактуют его как «систему действий, направленных на достижение определенного уровня качества окружающей среды, который обеспечил бы нормальное функционирование геосистемы, ее средо- и ресурсовоспроизводящие свойства, здоровую среду обитания для человека, успешное функционирование социальной сферы и экономики, обеспечивающих материальные и духовные потребности людей». Несколько неопределенно, по нашему мнению, звучит термин «успешное функционирование».

Авторы [6] предлагают следующие пути управления экологической безопасностью:

- 1) реализация такой хозяйственной деятельности, которая обеспечила бы рациональное природопользование и оптимальный (нормативный) режим функционирования природных систем;
- 2) активное воздействие на природные среды, перевод их из одного состояния в другое.

Отметим недостатки: так, по первому направлению рассматривается достаточно узкий круг мероприятий, в частности, регламентирующих в основном действия в периоды неблагоприятных метеоусловий. Второй путь может давать положительный эффект в ограниченном пространственновременном интервале.

В ряде исследований, в частности [13], развивается системно-динамическая концепция управления техногенно-экологической безопасностью, основанная на решении двуединой задачи:

- исследование ситуаций в системе, обусловливающих техногенно-экологическую опасность и ее характер (анализ);
- возможность реализации такого состояния системы, когда степень безопасности поддерживается на необходимом уровне (синтез).

Такой подход совпадает с нашей точкой зрения (высказанной в работе [36]), которая состоит в том, эффективно управлять можно только на основе всестороннего исследования условий формирования и проявления опасности. В рамках обсуждаемого подхода [13] техногенно-экологическая безопасность рассматривается как составляющая некой интегрированной безопасности, которая включает также социально-экономическую составляющую. Предложена информационно-логическая блок-схема управления безопасностью, состоящая из:

- группы источников опасности, структурированной на три блока: геоэкологическая и техноэкологическая подсистемы, «первая природа». В частности, экологическую опасность авторы разбивают на природно-ландшафтную, социоэкономическую, антропоцентрическую и эстетическую составляющие;
- группы управления безопасностью, где выделено также три блока: социально-экологическая система, блок определения уровня интегрированной безопасности; блок достижения оптимального уровня интегрированной безопасности посредством реализации ресурсно-экономических возможностей эколого-экономической системы.

Отметим недостатки рассматриваемой модели. Только один из шести введеннях для оценки состояния эколого-экономической системы индексов (потенциалов) характеризует техногенно-экологическую безопасность. В предлагаемой модели превалируют экономические методы управления. Практическое применение ее ограничено информационной недетерминированностью при определении значений указанных потенциалов.

Управление экологической безопасностью некоторые исследователи предлагают осуществлять путем минимизации возможного ущерба от загрязнения природной среды и воздействия на здоровье человека. Такой подход представляется нам достаточно эффективным и безусловно может иметь практическое применение, поскольку характеризуется доступностью данных для вычисления значений используемых параметров.

В [7] разработаны математические формализованные модели управления техногенными воздействиями, основанные на социально-экономических подходах. Но при этом основное внимание акцентируется лишь на одном виде техногенной опасности – радиационной; используются сугубо экономические механизмы управления.

Проанализируем методологию управления экологической безопасностью, основанную на представлении об экологическом риске. Так, например, в [62] рассматривается процедура анализа риска техногенных воздействий, включающая оценку риска источников опасности и управление риском. Утверждается, что с помощью технических и организационных мероприятий возможна реализация такой ситуации, когда составляющую экологической опасности, связанную с малой вероятностью нежелательных событий, можно считать практически равной нулю, а воздействию придать пороговый характер, и тогда в количественных оценках риска эта составляющая не учитывается. По нашому мне нию такая практика неправомерна и не дает возможности эффективно управлять экологической безопасностью в реальных условиях. Недостатком рассматриваемой концепции также является то, что она преимущественно ориентирована на анализ источников опасности и не учитываются особенности воздействия на человека и окружающую среду. В иных подходах, например [55,65], выделяется безопасность человека и природы, что накладывает независимые от источника опасности ограничения, и только лишь в этой связи рассматривается безопасность самого источника опасности. Ограниченность практического применения этого подхода связана с недостаточной развитостью методов количественной оценки риска для с широкого спектра факторов опасности. Кроме того, должны существовать базы знаний и данных по механизмам формирования опасности.

Авторы работы [6] базисом управления безопасностью считают прогноз экологических состояний, основанный на определе-

нии экологического риска, который учитывает следующие группы факторов: техногенные, природные, военные, социальноэкономические, политические, терроризм. К замечаниям можно отнести следующее: не приводится структурирование техногенной составляющей опасности; экологический риск рассматривается в отношении только чрезвычайных ситуаций. Социально-экономический риск, по мнению авторов, связан «с возможностью возникновения неблагоприятных экологических ситуаций в случае принятия решений о строительстве тех или иных опасных объектов в связи с социальной и экономической необходимостью». При этом не учитываются другие факторы влияния социально-экономической подсистемы на формирование опасности. В рамках оценки уровня экологической безопасности в [7] используются градации рисков:

- максимально допустимый риск, который не должен превышаться не зависимо от экономического или социального вида деятельности;
- область приемлемости риска, в пределах которой производится поиск оптимальных экономических решений по системам или методам безопасности;
- пренебрежимый риск уровень, ниже которого экономически бессмысленно дальнейшее снижение риска. Он составляет порядка 1% от максимально допустимого риска.

Следует отметить, что некоторые исследователи рассматривают управление экологической безопасностью как инструментарий стимулирования экономической деятельности предприятия. Так, авторы [14] предлагают судить об инвестиционной привлекательности производственного объекта на основе установления степени его безопасности, достигаемой в результате управления экологическим риском. Количественной мерой экологической составляющей инвестиционной привлекательности (меры безопасности) выступает величина отклонения реального значения опасности (риска) предприятия от его преемлемого уровня. По нашому мне нию, неучет взаимного влияния различных объектов в процессах формирования опасности снижает эффективность управления.

Важным компонентом системы управления экологической безопасностью является оценка ее уровня. Этот аспект нашел свое отражение в работах таких ученых как

Адаменко Я.О., Хоружая Т.А., Потопов А.Н., Slovic P., Karperson R.E., Порфирьев Б.Н., Moldanand B., Хлобистов Е.В, Бендюг В.И. [20,29,30,41,43,58,66,67]. Несмотря на существенный вклад указанных ученых в развитиие научных основ экологической безопасности, следует отметить, что авторами не учитывается вся совокупность факторов, нарушающих состояние безопасности, в частности, социогенные факторы. Также недостаточное внимание уделялось отдельным техногенным факторам. Не проводилось прогнозирование неблагоприятных и катастрофических ситуаций различного масштаба, которые могут возникнуть в результате их действия.

Первостепенное значение для анализа экологической опасности имеет информационное обеспечение. В странах СНГ, в т.ч. на Украине, система сбора информации о состоянии природной среды достаточно разношерстна и соответствует сложившейся структуре государственного управления. Эта система структурирована на следующие уровни: в пределах административнотерриториальных единиц, хозяйственноэкономических систем, природных территориальных единиц, отдельных элементов функционирования природной среды, по ведомственному принципу, по регулярной или случайной сети пунктов наблюдения и т.д. По нашему мнению, недостатками такой системы являются следующие аспекты:

- сбор информации осуществляется органами различной ведомственной подчиненности, ориентирующимися на свои цели и задачи, а также на сложившуюся методологию учета, формирование которой происходило достаточно давно и при других условиях, что не соответствует современным задачам;
- регистрация параметров проводится нередко по отдельным точкам и для получения информации по всей территории необходимо осуществлять интерполяцию и экстраполяцию данных.

Для оценки состояния экологической опасности используются различные критерии техногенного воздействия на окружающую среду [1,4,9]:

- биоиндикация и биотестирование, базирующиеся на способности живых организмов концентрировать определенные виды загрязняющих веществ и адекватно реагировать на конкретное техногенное влияние;

- гигиенические нормативы, основой которых являются ПДК, ПДУ и т.п.;
- хозяйственные экологические критерии (ресурсно-хозяйственные нормы и правила безопасной и устойчивой экономической деятельности предприятий):
- нормативы нагрузки на природную среду, которые недостаточно разработаны, особенно для случаев учета устойчивости природной среды к техногенной нагрузке.

Приведенные критерии тесно связаны между собой и представляют определенный комплекс исследования экологической опасности. Следует отметить, что нормы устанавливаются обычно когда возникают экологические проблемы. На наш взгляд, более рационально вводить нормы, когда воздействие только предполагается, что позволит предотвратить непредвиденные последствия. Нормы целесообразно дифференцировать для различных ситуаций: в территориальном и временном отношениях, при наложении действия нескольких факторов и т.п. Желательно также учитывать, что накопление значительного количества малых нагрузок может привести к катастрофическим последствиям.

Оценка уровня экологической опасности на базе гигиенических нормативов имеет недостаток, который состоит, прежде всего, в отсутствии нормативных методов интегральной оценки загрязнения, как отдельных компонентов окружающей среды, так и геосистемы в целом. Следует отметить, что слабо изучены эффекты совместного действия разных факторов; контроль ведется по ограниченному перечню загрязнителей; не в полной мере учитываются специфические вредные вещества.

В случаях, когда невозможно или достаточно сложно установить степень экологической опасности, прибегают к экспертным оценкам [24,25]. Достоинством экспертных систем является возможность их построения на основе «нечетких» данных и знаний.

Известно, что потенциальная экологическая опасность (как вероятностная характеристика) тесно связана с понятием риска. Теоретические исследования в этой области и практическое воплощение их результатов в последнее время активизировались. Так, по данным [8] в химической промышленности США на решения проблем риска выделяется 25-30% от средств, отводимых на научные разработки. В стадии разработки находятся вопросы, связанные с составляю-

щими экологического риска [10,16,25]. Следует отметить, что отсутствует единая методология оценки риска геологических процессов [8]. Например, при определении риска от воздействия землетрясений рассматривают различные виды ущерба для конкретных объектов, а значения суммарного ущерба считают случайными величинами. При этом сейсмический риск выражается вероятностными функциями распределения этих величин. В [3] геологический и геохимический риски рассматривают с позиций геоэкологического нормирования территорий и определяют как «вероятность активизации и проявления природных или техногенных геологических процессов на определенной территории». Автор [2] трактует эколого-геоморфологический риск «степень вероятности совокупного проявления опасных и катастрофических процессов рельефообразования за определенный интервал времени, влекущих за собой экологические последствия».

Достаточно важным является установление функциональных зависимостей экологического риска от соответствующих параметров и оценка его величины. В [6] потенциальный экологический риск выражают функцией следующих параметров: вид землепользования; технологии хозяйствования; опасные техногенные процессы и явления; потенциал устойчивости ландшафтов.

Авторы [51] предлагают определять величину потенциального экологического риска следующим образом:

$$R_{T9} = 1/(1-X)^{\alpha},$$
 (1)

где R_{T9} – величина риска,

X — соответствующая техногенная нагрузка на экосистему (0 \leq X \leq 1);

 α – показатель восприимчивости данного типа экосистем к определенному виду техногенной нагрузки (величина устойчивости системы), $\alpha \ge 1$.

В [42] потенциал экологического риска (E) территории выражают так:

$$E = (T/C) + H,$$
 (2)

где T – потенциал техногенной нагрузки на окружающую среду;

С – потенциал устойчивости природной среды к техногенной нагрузке;

Н – потенциал неблагоприятных природно-антропогенных процессов.

Следует отметить, что С выражается простой алгебраической суммой следую-

щих величин: метеорологического потенциала атмосферы, потенциала устойчивости природных вод и почв, биотического потенциала. Не возникает сомнений в отношении правильности качественного характера зависимости риска от указанных параметров (риск тем больше, чем выше степень техногенной нагрузки и влияние природно-антропогенных процессов на формирование опасности и чем ниже уровень устойчивости среды). Но при этом некоторые параметры, входящие в формулу (2), функционально зависимы от других. Это не дает возможности адекватно оценивать степень экологической опасности.

В рамках антропоцентрических представлений рассматривается риск угрозы здоровью и жизни людей с позиций установления связей между количеством определенного вредного вещества и мерой вызываемых ним негативных воздействий. В [57] введено понятие риска R_{ij} от дозы і токсиканта ј. Эта величина в случае, когда связь между риском и дозой линейна, для беспороговых токсикантов имеет вид:

$$R_{ij} = (F_r \times D)_{ij}, \qquad (3)$$

где F_{r} — фактор риска определенного токси-канта, мг $^{-1}$;

D – доза токсиканта, мг.

Установление его числовых значений требует проведения специальных исследований, охватывающих эксперименты с животными и статистическую обработку наблюдений над людьми.

Мы придерживаемся мнения, совпадающего с позицией авторов [61], что количественно экологический риск R целесообразно оценивать с помощью двухмерной модели:

$$R = P \cdot Z , \qquad (4)$$

где Р – вероятность экологической (техногенной составляющей) опасности;

Z – величина ожидаемого суммарного ущерба от возможных проявлений этой опасности.

Указанный ущерб имеет несколько составляющих — экономическую, социальную, экологическую, моральную и т. п. Все виды ущерба можно привести к единой размерности, например, выражать в монетарном виде.

В рамках антропоцентрического подхода [63] экологический ущерб связывают с количественной оценкой продолжительности человеческой жизни. Используют также

понятие стоимости компенсации ожидаемого вреда здоровью [8]. Автор работы [56] предлагает оценивать и сравнивать риски с помощью величины сокращения ожидаемой продолжительности жизни (loss of life expectancy), которая определяется временным интервалом укорачивания, в среднем, жизни индивидуума, подвергающегося определенному риску. Величины ущербов в разных случаях могут существенно (на несколько порядков) отличаться друг от друга. В такой ситуации достаточно сложно сравнить значения соответствующих рисков. Поэтому удобно использовать магнитуду ущерба - его десятичный логарифм. Двумерная модель риска с учетом магнитуды ущерба первоначально была предложена для расчетов риска аварий на атомных электростанциях, а затем применялась для оценки других видов рисков [61].

Обсуждаются различные подходы классификации риска. В частности, в [59] предложено рассматривать следующие его разновидности: угрожающей опасности (safety risk), здоровью (health risk), состоянию среды обитания (environmental risk), угрожающий общественному благополучию (public welfare / goodwill risk); финансовый риск (financial risk). По нашему мнению, приведенная классификация рисков является достаточно условной, т.к. некоторые их виды часто присутствуют одновременно. При количественных оценках экологического риска, связанного с загрязнителями компонентов окружающей среды, возникают сложности, вызванные тем, что риск, обусловленный данным воздействием, обычно накладывается на уже существующий риск. Механизмы формирования негативных последствий от существующего и дополнительного риска могут быть как весьма близкими, так и существенно различными.

Актуальным является вопрос о восприятии риска человеком и обществом. В [66] установлен принцип асимметрии восприятия риска, который заключается в значительном повышении чувствительности восприятия негативной информации. Прохождение информации о сопряженных с риском событиях по информационным системам и каналам сопровождается изменениями нагрузки этих сообщений на людей. Существует процесс социального усиления (ослабления) риска, представляющий собой взаимодействие первичных сигналов об опасном событии с другими сигналами, ха-

рактерными для психологических, социальных, культурных и других процессов [58]. Это приводит к изменению восприятия сигналов о риске, что вызывает вторичные эффекты, ущерб от которых может превзойти таковой от первичного события.

В развитых странах в последнее время регулирование экологического риска проводится на государственном уровне. Так, в 1995г. Конгресс США принял решение, регламентирующее обязательное использование во всех законодательных актах в сфере здравоохранения оценок соответствующих рисков в сочетании с эффективными мерами по их снижению [60].

Проанализируем концепции уменьшения риска, определяемые основными факторами риска, характером опасных явлений и реакцией населения на этот риск (сущность этих концепций рассмотрена в [12]). Согласно одной из них снижение риска необходимо проводить путем борьбы с самыми опасными явлениями, используя при этом различные технические средства и мероприятия. Другая концепция - снижение риска возможно путем оптимизации социально-экономических условий, что приведет к повышению защищенности населения к проявлениям риска. Обе концепции предусматривают два элемента: оценку риска и управление ним [15,20]. Оценка риска основывается на анализе причин его возникновения и масштабов проявления в конкретной ситуации. Управление риском состоит в разработке, научном обосновании и реализации путей его уменьшения, а также в надежном контроле выполнения управленческих решений. Оба элемента (оценка и управление) базируются на экологическом и технико-экономическом анализе, комплексных научных исследованиях, а также на правовых актах и нормах. Основными элементами оценки риска являются: выявление составляющей экологической опасности; оценка реакции населения; определение масштабов влияния риска, его повторяемости, продолжительности.

Следует отметить, что оценка состояний экологической опасности осуществляется в основном в национальном масштабе с территориальной дифференциацией этих состояний на основе различных подходов. Получило развитие экологическое районирование, одной из разновидностей которого является эколого-экономическое [23], где основной структурной единицей является эколого-эко-

номический район, что по сути своей достаточно расплывчато. В [31] такой регион рассматривается как органичное образование взаимосвязанных элементов системы «природа — хозяйство — население», функционирующих в пространстве и времени в процессе природопользования. Цель такого районирования состоит в нахождении оптимального взаимоотношения между деятельностью человека и природной средой.

С точки зрения антропоцентрического подхода важной задачей управления экологической безопасностью является обеспечение здоровья населения. Авторы [46] определяют это понятие как «такую интегральную характеристику всей совокупности индивидуальных уровней здоровья членов общества, которая характеризуется вероятностью достижения ними наилучшего состояния здоровья и творческой активности на протяжении максимальной продолжительности жизни, а также жизнеспособностью всего общества в условиях социальноэкономического и экологического его развития». Современная медицина, как правило, оперирует негативными показателями (заболеваемость, смертность, наследственность и т.п.) здоровья человека.

Проблемы установления причин, вызывающих заболевания, интересовали многих исследователей. Так, в [27] эти причины по мере убывания приоритетности расставлены в следующем порядке: социально-экономические условия, нездоровый образ жизни, экологические факторы. Авторы [5] утверждают, что примерно 50% заболеваний связано с социально-экономическими условиями и образом жизни, 18-25% вызвано биологическими и генетическими факторами, 10-20% определяется состоянием окружающей среды и природно-климатическими условиями, 10-15% относится к недостаткам в организации здравоохранения. В настоящее время нет возможности достаточно четко с количественными показателями проследить причинно-обусловленную цепочку: техногенное воздействие - заболеваемость - смертность. Роль окружающей среды в возникновении и развитии болезней определяется интенсивностью, продолжительностью воздействия и другими характеристиками ее факторов. В соответствии с этим авторы [11] выделяют:

- индикаторную патологию, характеризующую высокую степень зависимости здоровья от качества окружающей среды (про-

фзаболевания, перинатальная смертность, генетические изменения, аллергозы, токсикозы и т.п.);

- экологически зависимую патологию, характеризующую среднюю зависимость от окружающей среды (общая и детская смертность, осложнения заболеваний сердечнососудистой и дыхательной систем);
- умеренную степень зависимости (патология беременности, заболевания с временной потерей трудоспособности и т. п.).

Нестабильность функционирования источников техногенной нагрузки, применение гербицидов и удобрений в сельском хозяйстве, значительное количество природных и техногенных катастроф не позволяют провести достоверный анализ. К тому же, действия некоторых антропогенных и природных факторов проявляются в изменении состояния здоровья человека с некоторым временным запаздыванием. Тем не менее, имеется значительное количество данных о влиянии проявлений экологической опасности на возникновение и развитие отдельных болезней. Так, например, в [18] выявлена четкая зависимость между уровнем заболеваемости острыми пневмониями, ларинготрахеитами, бронхитами и степенью загрязнения окружающей среды в различных районах промышленных центров. Распространенность бронхиальной астмы у детей в одном из таких городов составляла 9,7 на 1000 человек населения. Однако были выявлены микрорайоны, где этот показатель достигал 24. В них имело место неблагоприятное пространственное расположение промышленных предприятий и транспортных магистралей.

В результате напряженной экологической ситуации в индустриально развитых регионах повысился уровень заболеваний населения, в частности, возросло количество заболеваний с патологией дыхательной системы. В связи с этим актуальным является исследование влияния конкретных проявлений экологической опасности на состояние здоровья населения. Авторами [35] использован общий методологический подход, состоящий в анализе количественных пространственно-временной параметров характеристики выраженности на изучаемых территориях проявлений экологической опасности и состояния здоровья населения. В [21] введена система показателей, учитывающих состояние здоровья населения под влиянием факторов экологической опасности, предложен интегральный показатель здоровья населения. В конкретном индустриально нагруженном регионе с широким спектром составляющих экологической опасности выделены зоны с отличающимися уровнями техногенной нагрузки. Экспериментально определены значения показателей, характеризующих различные аспекты состояния здоровья. Подтверждена взаимосвязь между уровнем экологической опасности и здоровьем населения.

Чрезвычайно важным вопросом является установление структуры экологической опасности. Проф. Шмандий В.М. [33] предложил иерархическую структуру, включающую три основных типа опасности: природную, природно-антропогенную, антропогенную. Каждый тип структурируется на классы. В частности, в составе антропогенного типа автор выделяет три класса: сапиентная, техногенная и социогенная опасности. В свою очередь каждый класс включает отдельные виды и подвиды. В последнее время были осуществлены попытки детализации и конкретизации структуры опасности. В частности, в роботах [32,37,64] расширена иерархическая структура техногенного класса и разработана детальная структура социогенного класса экологической опасности. Тем не менее, структура экологической опасности требует дальнейшего усовершенствования.

Область применения результатов

Выявленные проблемные ситуации, свидетельствующие о недостаточной развитости научной база для управления экологической безопасностью регионального уровня, позволили нам сформулировать основные направления дальнейших теоретических, экспериментальных и практических исследований:

- практическое подтверждение основополагающей закономерности эффективного управления экологической безопасностью, базирующейся на изучении условий возникновения и функционирования опасности, а также анализа ее проявлений;
- выявление ранее не рассматриваемых разновидностей экологической опасности, исследование процессов и источников ее формирования;
- расширение спектра категорий, характеризующих экологическую опасность;
- проведение мониторинга формирования и проявлений экологической опасно-

сти в различных техногенно нагруженных регионах;

- разработка технических решений по осуществлению системы управления экологической безопасностью и средств их реализации.

Заключение

Результаты анализа научных исследований в сфере экологической безопасности позволили констатировать, что созданы научные основы экологической безопасности; достаточно основательно проработаны теоретические и практические аспекты управления экологической безопасностью при чрезвычайных катастрофических ситуациях; предложены различные концепции, принципы и методы обеспечения безопасности, в том числе на основе управления риском.

Вместе с тем, анализ и обобщение литературных данных выявили проблемные ситуации: недостаточную изученность экологической безопасности в условиях постоянно присутствующей природно-антропогенной и техногенной нагрузки; терминологическую неопределенность; достаточно общий и декларативный характер большинства предлагаемых направлений обеспечения экологической безопасности; не получил надлежащего развития комплексный подход, который учитывал бы широкий спектр составляющих экологической безопасности; не в полной мере учитываются особенности пространственной структуризации экологической опасности; практическое использование предлагаемых моделей управления безопасностью ограничено информационной недетерминированностью.

Сформулированы предложения по основным направлениям дальнейших теоретических, экспериментальных и практических исследований.

Список литературы

- 1. Александрова Т.Д. Нормирование антропогенно-техногенных нагрузок на ландшафт. Состояние проблемы. Возможности и огорчения // Известия АН СССР. Сер. географ. 1990. N2 1. С. 46-54.
- 2. Ананьев Г.С. Методология изучения катастрофических процессов рельефообразования и вопросы эколого-геоморфологического риска // Обзор картографирования природных опасностей и стихийных бедствий. М., 1992. С. 54-59.
- 3. Бахирева Л.В., Осипов В.И., Корф Г.Л., Родина Е.Е. Геологический и геохимический риск как критерий геоэкологического нормирования территорий // Тезисы докл. конф. «История взаимодействия общества и природы: факты и концепции». Ч. 1. М.: МГУ, 1990. С. 98-102.
- 4. Безель В.С., Кряжимский Ф.В. и др. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок. 1. Общие подходы // Экология. 1992. № 6. С. 3-11.

- 5. Боев В.М. Влияние экологической ситуации на состояние здоровья детей // Экопатология детского возраста. М.: РАМН, 1995. С. 132-135.
- 6. Боков В.А., Лущик А.В. Основы экологической безопасности: учебное пособие. Симферополь: СОНАТ, 1998. 224 с.
- 7. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. СПб.: Наука, 1997.-247 с.
- 8. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологический риск: учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. 116 с.
- 9. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонтов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.
- 10. Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А. Теория риска и технологии обеспечения безопасности: Подход с позиций нелинейной динамики // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Ч. 1. 1998. Вып. 11. С. 26-41; Ч. 2. 1999. Вып. 1. С. 18-41.
- 11. Гичев Ю.П. Здоровье человека как индикатор экологического риска индустриальных регионов // Вестник Российской АМН. 1995. №8. С. 52-54.
- 12. Григорьев А.А., Кондратьев К.А. Природные и антропогенные экологические катастрофы: проблемы риска // Известия РГО. 1998. Т. 130, Вып. 4. С. 1-9.
- 13. Дорогунцов С.И., Ральчук А.Н. Управление техногенно-екологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития: концепция системно-динамического решения. К.: Наукова думка, 2002. 200 с.
- 14. Измалков В.И. Экологическая безопасность, методология прогнозирования антропогенных загрязнений и основы построения химического мониторинга окружающей среды. – СПб.: Наука, 1994. – 131 с.
- 15. Йойрыш А.И. Концепция риска: его оценка и управление им // Обеспечение безопасности населения и территорий (Организационно-правовые вопросы). 1994. С.19-26.
- 16. Кочуров Б.И. Экологический риск и возникновение острых экологических ситуаций // Известия РАН. Сер. географ. 1992. № 2. С. 112-122.
- 17. Масленникова И.В. Управление экологической безопасностью. СПб.: Изд-во СПб гос. университета, 2001. 130 с
- 18. Мизурницкий Ю.Л. Роль экологических факторов при аллергических заболеваниях у детей // Экопатология детского возраста. М.: РАМН, 1995. С. 87-88.
- 19. Никитин А.Т., Степанов С.А. Экология, охрана природы, экологичексая безопасность: учебное пособие для системы професс. переподг. и повыш. квалификации госслужащих, руковод. и специалистов пром. предприятий и организаций. М.: Изд-во МНЭПу, 2000. 648 с.
- 20. Порфирьев Б.Н. Уязвимость территорий к воздействию опасных природных и техносоциальных процессов и явлений: возможная методика оценки // Проблемы безопасности при ЧС. М.: ВИНИТИ, 1999. № 1. С. 47-491.
- 21. Ригас Т.Е. Интегральный показатель состояния здоровья населения в условиях проявления экологической опасности опасности // Екологічна безпека. Кременчуг, 2014. Вып. 2(18). С. 87-92.
- 22. Рябинин И.А. Концепция логико-вероятностной теории безопасности // Приборы и системы управления. -1993. -№ 10. C. 6-9.
- 23. Слюсаренко В.К. Эколого-экономическое районирование. К.: Наукова думка, 1990. 112 с.
- 24. Тикунов В.С. Исследования по искусственному интеллекту и экспертные системы в географии // Вестник Моск. ун-та. Серия: география. 1989. № 6. С. 3-9.

- 25. Трофимов А.М., Котляков В.М. и др. Основные подходы к решению проблем риска // Известия РГО. 1999. Т. 131, Вып. 4. С. 1-8.
- 26. Трофимов А.М., Панасюк М.В. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1984.– 142 с.
- 27. Фесенко В.Л. Экология и заболеваемость железнодорожников в зоне промышленности Северного Кавказа // Сб. докл. III Всерос. конф. с междунар. участием «Новое в экологии и БЖД». – СПб.: БГТУ, 1998. – С. 291-292.
- 28. Хаджинов В.В., Иванченко П.И. О построении информационно-аналитической системы для решения задач ликвидации и предупреждения чрезвычайных ситуаций // Экономика и мат. методы. 1996. Т. 32, Вып. 3. С. 85-95.
- 29. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // Экология городов и рекреационных зон: матер. междунар. научн.-практ. конф. Одесса, 1998. С. 87-94.
- 30. Хоружая Т.А. Оценка экологической опасности. М.: Книга сервис, 2002. 208 с.
- 31. Шарыгин М.Д., Фоминых С.Б. Морфология и границы эколого-экономических районов // Известия ВГО. 1987. T. 129, Вып. 4. C. 324-330.
- 32. Шмандий В.М., Безденежных Л.А., Харламова Е.В. Использование адсорбентов, полученных из отходов, для улучшения состояния среды обитания человека // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 44-45.
- 33. Шмандий В.М. Научно-методические принципы исследования состояний техногенной безопасности в регионе // Вісник КДПУ. 2002. Вип. 5(16). С. 19-24.
- 34. Шмандий В.М. Управление экологической безопасностью на региональном уровне (теоретические и практические аспекты): дис. ... д-ра тех. наук: 21.06.01. Харьков, 2003. 356 с.
- 35. Шмандий В.М., Ригас Т.Е., Харламова Е.В. Снижение степени влияния на население проявлений экологической опасности в техногенно нагруженном регионе // Екологічна безпека. Кременчуг, 2010. Вып. 1(9). С. 18-22.
- 36. Шмандий В.М., Харламова Е.В., Ригас Т.Е. Фундаментальные аспекты управления экологической безопасностью в техногенно нагруженном регионе // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2014. Т. 10, № 3. С. 53-63.
- 37. Шмандий В.М., Харламова Е.В., Гальчук С.В. Экологическая безопасность в регионе с интенсивным воздействием источников техногенных землетрясений // Гигиена и санитария. -2012. -№ 5. -C. 52-53.
- 38. Экологическая безопасность, устойчивое развитие и природоохранные проблемы / под ред. К.Ф. Фролова. М.: МГФ «Знание», 1999. 704 с.
- 39. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. 744 с.
- 40. Экология: учебное пособие / под общ. ред. С.А. Боголюбова. М.: Знание, 1997. 288 с.
- 41. Адаменко Я.О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науковотеоретичні основи, практична реалізація: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 21.06. / Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ, 2006. 39 с.
- 42. Барановський В.А. Екологічний атлас України. К.: Географіка, 2000.-42 с.
- 43. Бендюг В.І. Система оцінки техногенної безпеки промислових підприємств: методологія та алгоритм розрахунку: автореф. дис. ... канд.. тех. наук: 21.06. / Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». К., 2005. 19 с.

- 44. Биченок М.М. Автоматизація управління захистом регіону в надзвичайних ситуаціях: автореф дис. ... д-ра тех. наук. К., 1988. 33 с.
- 45. Биченок М.М., Трофімчук О.М. Проблеми природнотехногенної безпеки в Україні. К.: УІНСіР, 2002. 179 с.
- 46. Веклич О. Удосконалення економічних інструментів екологічного управління в Україні // Економіка України. 1998. № 9. С. 65-75.
- 47. Данілішин Б.М. Природно-техногенні катастрофи: проблема економічного аналізу та управління. К.: УІНСіР, 2002. 153 с.
- 48. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. К.: НІСД, 2001. 312 с.
- Качинський А.Б., Хміль Т.А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.
- 50. Косовцев В.О., Бінько І.Ф. Національна безпека України: проблеми та шляхи реалізації приоритетних національних інтересів. К.: НІСД, 1996. 61 с.
- 51. Основи соціоеколгії: Навчальний посібник / Г.О. Бачинський, Н. Беренда та інші. К.: Вища школа, 1995. 238 с.
- 52. Толстоухов А.В., Хилько М.І. Екобезпечний ризик: пошуки стратегм. К.: Знання України, 2001. 333 с.
- 53. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів / Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. К.: ЗАТ «НІЧ-ЛАВА», 2002.-624 с.
- 54. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. К.: Гене- 3a, 2001. 216 с.
- 55. Bykov A. Safety criteria of man and environment: their role and importance in risk management // Proc. ESI VIII: systems. Stockholm, 1992. P.111-132 (Europ. Jorn Operational Research; Special issue).
- 56. Cohen B.L. Catalog of Risks Extended and Updated // Health Physics. 1991. Vol. 61. P. 89-96.
- 57. Hallenbeck W.H. Quantitative Risk Asseessment for Environmental and Occupational Health. Boca-Raton, 1993. 212 p.
- 58. Karperson R.E. The Social Amplyfication of Risk: Conceptual Framework // Risk Analysis / R.E. Karperson, O. Renn, P. Slovic. et al. 1988. Vol. 8, N₂ 2. P. 177-187.
- 59. Kolluru R.V. Health Risk Assessment: Principles and Practices // Risk Assessment and Management Handbook. For Environmental, Health, and Safety Professionals. New York, 1996. P. 123-151.
- 60. Kunreuther H., Slovic P. Science, Valus, and Risk // Challenges in Risk Assessment and Management. Thousand Oaks. London, 1996. P. 116-125.
- 61. Ossenbruggen P.J. Fundamental Principles of Systems Analysis and Decision–Making. New York, 1994. 312 p.
- 62. Ricroft R.V., Regens J.L., Dietz T. Incorporating risk assessment and benefit-cost analysis in environmental management // Risk Analysis 1998. Vol. 8, № 3. P. 415-420.
- 63. Rowe W.D. An Anatomy of Risk. Malabar, Florida, 1988. 416 p.
- 64. Shmandiy V., Kharlamova O. Influence of territorial society on substantial diminishing of sociogen factors of ecological threats of handing consumption waste // Екологічна безпека. Кременчуг, 2009. Вып. 5. С. 9-12.
- 65. Smith K.R. Risk transition and global warming // J.Energe Engineering. 1990. Vol. 116, № 3. P. 178-188.
- 66. Slovic P. Perceived Risk, Trust an Democraty // Pisk Analysis. 1993. Vol. 13, № 6. P. 675-682.
- 67. Sustainability indicators. Report of the project on Indicators of Sustainable Development. Edited by B. Moldanand S. Billharz. UNEP. By John Wiley and Sons. New York, 1997. 415 p.

УДК 677.054

ОБЗОР РАБОТ В ОБЛАСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК

Тувин А.А.

Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, e-mail: tuvin@ivgpu.com

Металлоткачество — уникальная подотрасль метизного производства, в технологических процессах которой сочетаются специфика образования ткацких переплетений и холодных методов обработки металлов. Тканые металлические сетки предназначаются: для фильтрации жидкостей и газов; для просеивания сыпучих материалов; для сортировки сыпучих материалов; для контроля размеров частиц сыпучих материалов; для обезвоживания и сушки влажных материалов и других целей. В статье проведен анализ ассортимента тканых металлосеток специального назначения, выпущенных на основании требований государственных стандартов России, США и Германии. Рассмотрен вопрос организации контроля изготовления тканых металлических сеток в производственных условиях. Представлены основные технико-экономические характеристики металлоткацких станков с гибкими и жесткими рапирами ведущих зарубежных и отечественных фирм. Выполнен обзор работ в области научных исследований и проектирования металлоткацкого оборудования и организации контроля изготовления тканых металлических сеток.

Ключевые слова: металлоткацкий станок, сетка, точность, дефект, качество, рапира, заправочная ширина, плотность, скорость, исполнительные механизмы.

THE REVIEW OF OPERATIONS IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCHES AND DESIGN OF THE METALWEAVER'S EQUIPMENT AND THE ORGANIZATION OF MONITORING OF MANUFACTURE OF WOVEN METAL GAUZES Tuvin A.A.

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, e-mail: tuvin@ivgpu.com

Metalweaving – unique subindustry of hardware production in which technological processes specifics of formation of weaver's strandings and cold methods of processing of metals are combined. Woven metal gauzes intend: for filtering liquids and gases; for sifting of bulks; for sorting of bulks; for monitoring of the sizes of particles of bulks; for dehydration and drying of the wet materials and other purposes. In article the analysis of the range of the woven metalgrids of a special purpose which are let out based on requirements of state standards of Russia, the USA and Germany is carried out. The question of the organization of monitoring of manufacture of woven metal gauzes under production conditions is considered. The main technical and economic characteristics of metalweaving looms with floppy and rigid rapiers of the leading foreign and domestic-owned firms are provided. The review of operations in the field of scientific researches and design of the metalweaver's equipment and the organization of monitoring of manufacture of woven metal gauzes is executed.

Keywords: metalweaving loom, grid, accuracy, defect, quality, rapier, filling width, density, speed, executive mechanisms.

Обзор работ в области научных исследований и проектирования металлоткацкого оборудования и организации контроля изготовления тканых металлических сеток

Металлоткачество — уникальная подотрасль метизного производства, в технологических процессах которой сочетаются специфика образования ткацких переплетений и холодных методов обработки металлов [18].

Металлические сетки и ткани имеют весьма обширную область применения. Они используются в авиа – и ракетостроении, радиоэлектронной, химической, пищевой, бумагоделательной, горнодобывающей отрасли промышленности, порошковой ме-

таллургии, сельском хозяйстве и в других отраслях [8,21].

Распространению информации о металлоткачестве мешает некоторая специфика использования данной продукции. В России широко известны несколько производителей металлотканых сеток: ОАО «Солнечногорский завод металлических сеток Лепсе (г. Солнечногорск, Московская обл.); ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод» (г. Кольчугино, Владимирская обл.); ОАО «Краснокамский завод металлических сеток (г. Краснокамск, Пермский край). В последние годы этому направлению стали уделять ВНИМАНИЕ ОАО «Северсталь-Метиз» (г. Череповец, Вологодской обл.) ООО «Металон» (г. Орел).

В производстве металлоткацкого оборудования Россия существенно отстает от ведущих зарубежных фирм. Признанным лидером машиностроения в этой отрасли является фирма «Emil Jager» – старейшая германская компания (г. Мюнстер), основанная еще в 1867 году и производящая большую гамму металлоткацких станков. Станки этой фирмы серий SD, BD, DM вырабатывают продукцию аналогичную отечественным станкам типа ТП и СТР при скорости вращения главного вала от 110 об/мин при ширине заправки 1300 мм и до 200 об/мин при ширине — 1000 мм.

История развития металлоткацких станков в России не так глубока. Челночные металлоткацкие станки МТП-100 [8] – первые отечественные станки, получившие применение в промышленности. На смену этим станкам пришли также челночные станки ТП-100-М, а в настоящее время парк отечественных металлоткацких станков базируется на моделях типа СТР, которые предназначены для выработки сеток малой, нормальной и высокой плотности с определенным диапазоном диаметров проволоки. Это станки с односторонними жесткими рапирами, шириной заправки 1000 и 1300 мм, с максимальной скоростью вращения главного вала до 120 об/мин. Российское металлоткацкое оборудование проектировалось в Шуйском СКБ ТО (ныне ООО «Текмал») и производилось Шуйским, Новосибирским и Чебоксарским машиностроительными заводами.

В данной статье поставлена задача провести анализ:

- ассортимента тканых металлических сеток специального назначения;
- организации технического контроля производства тканых металлических сеток;
- технико-экономических показателей современных металлоткацких станков;
- работ в области научных исследований и проектирования металлоткацкого оборудования.

1. Анализ ассортимента тканых металлических сеток специального назначения

Тканые металлические сетки предназначаются: для фильтрации жидкостей и газов (в атмосферных условиях, в вакууме или под давлением); для просеивания сыпучих материалов; для сортировки сыпучих материалов; для контроля размеров частиц сы-

пучих материалов; для обезвоживания и сушки влажных материалов и других целей.

Особое место в ассортименте металлосеток занимают сетки с квадратными и прямоугольными ячейками.

Сетки проволочные тканые с квадратной ячейкой (ГОСТ 6613-86) подразделяются на сетки нормальной точности, высокой точности и контрольные (табл. 1).

ГОСТом регламентированы достаточно жесткие требования к геометрическим параметрам сетки, устанавливая допуски: на предельное отклонение среднего арифметического размера стороны ячейки от номинального; на интервал предельного отклонения особо крупных сторон ячеек от номинального. Более жесткие требования предъявляются к контрольным сеткам, для которых отклонение среднего арифметического размера стороны ячейки от номинального допускается в пределах от +/- 0,015 мм (сетка № 2.5, проволока диаметром 0.5 мм, номинальный размер стороны ячейки 2.5 мм) до +/- 0,003 мм (сетка № 004, проволока диаметром 0.03 мм, номинальный размер стороны ячейки 0.04 мм).

Наряду с металлосетками с квадратными ячейками, то есть с одинаковым расстоянием между основными и уточными проволоками, изготавливаются также сетки с прямоугольными ячейками (ГОСТ 2715-75), которые могут располагаться как в основном, так и в уточном направлении. Если расстояние между основными проволоками больше, чем между уточными, то ячейка называется широкой, если наоборот, то длинной. При так называемой нулевой ячейке уточная и основная проволоки так близко расположены друг к другу, что ячейка практически не существует. Такая сетка называется фильтровой.

В зависимости от назначения металлосетки делятся на одинарные, двойные, тройные, крученые, подкладочные, фильтровые и контрольные [8]. В зависимости от требований, предъявляемых к сеткам, существуют более сложные комбинации взаимного расположения проволок основы и утка в сетке. В двойных сетках проволоки (мононити) располагаются по две плотно друг к другу. В тройных — по три. При этом мононити основы несколько меньшего диаметра мононитей утка. Такие сетки обладают хорошей гибкостью и имеют более гладкую поверхность по сравнению с обычными.

Таблица 1 Требования к точности металлотканых сеток по ГОСТ 6613–86

№ сетки			Точность сетки Точность сетки Точность сетки Точность сетки Точность сетки Точность по домональный размер Стороны ячейки В свету, ми В свету, ми В свету, ми Предельное отклонение		дельное отклонение него арифметического пера стороны ячейки номинального, мм	предельное отклонение среднего арифметического размера стороны ячейки от номинального, мм Максимальное отклонение размера стороны ячейки от номинального, мм	
		Номинальный	Предельное отклонение	Ho	Про средн разм от	Make pasn ot	Допустимое число ячеек с максимальным размером
004		0.030		0.040		+ 0.028	
016	Нормальная	0.100	+ 0.004	0.160	±	+ 0.091	8
04	орма	0.160	±	0.400	±	+ 0.180	8
2,5	H	0.500		2.500		+ 0.880	
004		0.030		0.040		+ 0.021	
016	жая	0.100		0.160		+ 0.048	_
04	Высокая	0.160	±	0.400	±	+ 0.096	5
2,5		0.500		2.500		+ 0.450	
004	o	0.030		0.040		0.0120.021	
016	льны	0.100		0.160		0.0260.044	_
04	Контрольные	0.160	±	0.400	±	0.0470.078	5
2,5	Kc	0.500		2.500		0.1800.260	
		Номер сетки		Ви		переплетения	
	0.040.063 0.0710.14			Поло		ли Саржевое 2/	2
0.162,5					Полотня	ное 1/1	

Одинарные сетки изготовляются из проволоки круглого сечения из кислостойкой стали марок 1X18H9T и 1X18H10T по ГОСТ 18143—72, или сплавов оловяннофосфористой бронзы (основа) и полутомпака (уток). Для изготовления одинарных сеток используются и другие сплавы, например, монель-металл, нержавеющая сталь, латунь некоторые синтетические материалы: полиэфирное и лавсановое моноволокна.

Вторым определяющим показателем ткани является ее структура. Она определяется видом переплетения. Существует три основных вида переплетения для металлотканей: полотняное, саржевое и полусаржевое (саржа 1/2 или 2/1) [13]. Сетки полусаржевого переплетения имеют высокую изно-

состойкость на истирание. Саржевое переплетение применяют при изготовлении фильтровых сеток высокой плотности. Практическое значение имеют переплетения 1/2, 2/2. Так как уточные и основные нити перекрещиваются не в каждой паре нитей, ткань, в отличие от полотняного переплетения, не имеет достаточно стабильной формы по диагонали. Устранить этот недостаток (если допускает область применения) можно при помощи так называемого саржевого переплетения нерегулярного характера [13].

Особое место в ассортименте изделий сеточного метизного производства занимают тканные фильтровые сетки, предназначенные для фильтрации жидкостей и газов.

Фильтровые сетки характеризуются отсутствием ячеек, имеют значительно меньшую плотность по основе, чем по утку. Таким образом, уточные нити располагаются одна к другой вплотную. Диаметр сечения проволоки основы больше, чем утка. Фильтровые сетки прочны и выдерживают значительные нагрузки. Они изготовляются из одинакового материала по основе и утку, в большинстве случаев из монель—металла, реже — из полутомпака и оловянно—фосфористой бронзы, никеля, нержавеющей стали.

Сетки фильтровые (с нулевыми ячейками) по ГОСТ 3187 – 76 подразделяются на сетки полотняного переплетения, сетки саржевого переплетения односторонние и двухсторонние с максимальной плотностью до 1100 уточных нитей на сантиметр. Все три вида переплетения характеризуются расположением проволок основы на определенном расстоянии друг от друга и расположением уточин вплотную друг к другу [13].

Американский Государственный стандарт для сеток тканых промышленного производства ANSI/AWCI-01-1992 в части сеток с квадратными ячейками предъявляет подобные требования, по некоторым позициям менее жесткие, но более жесткие по допустимому числу дефектов.

Немецкие стандарты DIN 4189 [19, 22] на рабочие сита и DIN 4188 [16] на контрольные сита так же, как и Российский стандарт классифицирует сетки по ширине ячейки. Вместе с тем стандарты DIN предусматривают более широкий диапазон ассортиментов вырабатываемых сеток за счет использования проволоки разного диаметра для получения ячейки той же ширины. Так ГОСТ 6613-86 регламентирует изготовление сетки 016 с шириной ячейки 0.160 мм из проволоки диаметром 0.1 мм, в то время как DIN 4189 предусматривает возможность изготовления сетки с шириной ячейки 0.160 мм из проволоки диаметром 0.071, 0.1, 0.112 или 0.125 мм. Допуски на отклонение диаметра проволоки регламентируются отдельным стандартом - DIN 4186 [22]. Требования к среднему значению отклонения ширины ячеи в свету в стандартах DIN более жесткие, чем в Российских стандартах. В диапазоне сеток 004...2.5 в Российском стандарте, как указывалось выше, это отклонение изменяется В пределах $\pm 7.5...3.6\%$, в то время как стандартом DIN 4188 оно составляет $\pm 4\%$ для сеток с шириной ячейки до 0.056 мм и $\pm 3\%$ для остальных (свыше 0.056 и до 2.5 мм). Более жесткие требования закладываются немецкими стандартами и на степень наибольшего отклонения ширины ячей. Менее жесткие — только на допустимое число ячеек с предельным отклонением размеров сторон особо крупных ячеек для сеток с номинальной шириной ячеек 0.056 мм и менее.

В Германии различают четыре вида сеток с нулевыми ячейками: SPW, RPD - P₇, DTW, BMT [13]. В сетках полотняного переплетения типа SPW проволоки основы расположены на определенном расстоянии друг от друга, а более тонкие уточные проволоки вплотную прибиваются друг к другу при максимальной плотности по утку до 160 нитей на сантиметр. Сетки полотняного переплетения типа RPD - P₇ отличаются от отечественных сеток тем, что при выработке данных сеток используется больший по диаметру уток и более тонкие нити основы. Такая конструкция сетки позволяет значительно повысить производительность металлоткацкого оборудования и достичь повышения прочности полотна на ударные воздействия. Микрофильтры типа DTW, вырабатываемые по саржевому переплетению 2/2, получили широкое применение в системах фильтрации и гидравлического управления авиационных, ракетных и космических аппаратов. Плотность данных сеток максимальна и достигает 80 основных и 1020 уточных нитей на один сантиметр. При этом фильтр толщиной 100 мкм удерживает примеси размером 7 мкм. Саржевые сетки с широкой ячейкой типа ВМТ отличаются от сеток DTW наличием незначительного зазора между проволоками утка, предназначенным для повышения пропускной способности фильтра.

2. Организация технического контроля производства тканых металлических сеток

Контроль качества металлических сеток, как в отечественных, так и в зарубежных стандартах, осуществляется по небольшой группе единичных показателей качества (диаметр проволоки, размер стороны ячейки, количество ячеек с максимальным размером и др.). Однако существующие измерительные методы [1] и информационные технологии по измерению характеристик строения текстильных материалов [9] позволяют решать проблемы контроля качества тканых металлических сеток на совре-

менном уровне. Несоблюдение размеров стороны ячеек, так же как и некоторые другие дефекты (например, потребителями не принимаются полотна, имеющие скручивания, коробления) возникают вследствие несоответствующего взаимодействия рабочих органов тканеформирующих механизмов, в большей степени батанного с упругой системой заправки станка. В данном случае на технологический процесс оказывают влияние деформации свойства рабочих органов, что необходимо учитывать уже на стадии проектирования.

Выпуск некачественной продукции металлоткацкого производства приводит к перерасходу сырья, снижению производительности оборудования и увеличению себестоимости продукции. В обеспечении выпуска качественной продукции большую

роль играет профессиональная организация технического контроля качества металлосеток, как в процессе производства, так и в виде готового изделия. В справочной [15, 24] и технической литературе [8] в основном рассматриваются виды брака, причины их возникновения и меры предупреждения. В работе [27] рассмотрены вопросы совершенствования операций технического контроля изготовляемой продукции и нормирования характеристик дефектов внешнего вида для тканых металлических сеток. Диапазон нормирования осуществлялся от 7 до 10 баллов, при этом максимальное количество – 10 баллов давалось за наиболее «значимый» дефект, а наименее «значимому» – 7 баллов. Характеристики выделенных значений дефектов внешнего вида и их нормативные значения в баллах приведены в табл. 2.

Таблица 2 Дефекты внешнего вида сетки и их нормативные значения в баллах

Название	Изображение	Описание	Количество баллов
1. Рассеки		Идущая вдоль полотна сетки полоса с увеличенными между проволоками основы размерами сторон ячеек.	10
2. Чаще – реже		Периодически повторяющиеся на полотне поперечные полосы с увеличенными и уменьшенными размерами ячейки в свету.	10
3. Рубцы и жмоты	Paspes no A-A	Появление «волнистости» на поверхности полотна сетки. На полотне образуются выступы из-за неравномерного натяжения основы.	10
4. Пропуск проволоки основы		В полотне пропущена проволока основы. Размер стороны ячейки увеличивается на шаг сетки.	9

Название	Изображение	Описание	Количество баллов
5. Недосека		Поперечная полоса в сетке с увеличенными против номинального размерами сторон ячеек между проволоками утка (поперечная полоса в сетке с пониженной плотностью уточных проволок)	8
6. Присека		Поперечная полоса в сетке с уменьшенными против номинального размерами сторон ячеек между проволоками утка (поперечная полоса с повышенной плотностью уточных проволок). На сетках большой плотности присеки сопровождаются изломом проволок основы.	8
7. Слабая сетка		Нити основы и утка свободно перемещаются. Размеры и форма ячеек не стабильны.	8
8. Парочки		Полосы поочередно увеличенных и уменьшенных между проволоками утка размеров сторон ячеек, расположенных по краю или по всей ширине полотна. При наличии парочек, средний арифметический размер стороны ячейки в свету находится в пределах номинального. Число и размеры уменьшенных или увеличенных ячеек могут выйти за допустимые пределы.	7
9. Галочки		Изгибы утка, выступающие над поверхностью сетки с обе- их сторон полотна. Галочки ис- кажают форму и размер ячеек, поверхность сетки при этом становится шероховатой.	7
10. Петли		Ослабление нитей основы и утка, в середине или с краю полотна частично или полностью заработанных в полотно. Увеличение петель иногда сопровождается образованием дыр или закрытием ячеек в свету.	7

Название	Изображение	Описание	Количество баллов
11. Одиночный обрыв проволок основы		Одиночный обрыв — участок сетки с увеличенными, против номинального, размерами стороны ячеек между проволоками основы. Ячейки при этом приобретают прямоугольную форму, причем длинные стороны расположены между проволоками основы.	7
12. Диаго- нальная складка		Замин полотна по диагонали, иногда приводящий к искажению формы ячеек.	7
13. Отскоки утка		Участки полотна с неравномерными или увеличенными между проволоками утка размерами сторон ячеек. При отскоках средний арифметический размер стороны ячейки в свету находится в пределах номинального. Размеры и число отдельно увеличенных ячеек могут выходить за допускаемые пределы.	7
14. Слабина 15. «Змейка»		Свободное перемещение слабо натянутых проволок основы по проволокам утка. Иногда такие проволоки сильно изгибаются в полотне, образуя так называемые «змейки». При слабинах средний арифметический размер стороны ячейки в свету находится в пределах номинального, форма ячейки искажается.	7
16. Скручи-ваемость		Скручиваемость полотна сетки на лицевую или изнаночную сторону.	7
17. Перекос полотна		Смещение уточной нити по отношению к горизонтальной плоскости. При этом происходит местное искажение формы и размера ячеек у края полотна.	7

Дефекты внешнего вида условно можно разделить на: распространенные по всему рулону сетки и местные, расположенные на ограниченном участке рулона сетки. Дефекты внешнего вида определяют просмотром каждого куска сетки при отраженном или естественном свете на разбраковочном столе или машине визуально или с помощью соответствующих технических средств. Дефекты, расположенные на кромке и на расстоянии не более 0,5 см от нее и не нарушающие целостности сетки, при определении качества не учитывают.

Высшее качество сетки устанавливается при отсутствии дефектов внешнего вида. Для остальных уровней качества (кроме бракованной продукции) допускается не более четырех дефектов внешнего вида (среднее качество – не более 2 дефектов внешнего вида, низшее качество – не более 4 дефектов внешнего вида).

Рассмотрим организацию технического контроля изготовления тканых металлических сеток на производственном опыте промышленных предприятий.

Выпускаемая тканая металлическая сетка должна соответствовать требованиям действующих стандартов [5, 6] и технических условий [15, 24, 28] промышленных предприятий. Выпуск некачественной сетки приводит к перерасходу сырья, снижению производительности труда, к непроизводительным расходам, к повышению себестоимости продукции и т.д.

На современном этапе производства контроль качества выпускаемой продукции осуществляется следующими работниками:

- металлоткачом, в процессе ткачества, путем визуального осмотра, замером параметров сетки (среднеарифметической величины ячейки, количества ячеек на 1 см или 1 дм, ширины сетки, диаметра проволоки и т.д.);
- наладчиком (мастером смены), путем визуального осмотра и замеров параметров сетки перед началом работы и в процессе производства;
- контролером отдела технического контроля, перед началом выполнения работ и в процессе производства, путем визуального осмотра и замеров параметров сетки на рабочих местах. Контролер проверяет соответствие поступающей продукции действующим стандартам и техническим условиям.

Контроль качества готовой продукции осуществляется службой отдела технического контроля производства в соответствии с требованиями нормативно-технической документации непосредственно на металлоткацком станке, на контрольных машинах и специальных контрольных столах.

Контроль непосредственно на рабочем месте при снятии продукции со станка осуществляется визуально при скатке сетки с товарного барабана на вал каталки с промером основных ее параметров: ширины, длины рулона, среднеарифметического размера стороны ячейки и т.д. Данный способ контроля применяется при изготовлении сеток с величиной ячейки 2 мм и больше и с диаметром проволоки 0,50 мм и более, т.е. тяжелых сеток.

Контроль более плотных сеток осуществляется на контрольных машинах, как правило, изготавливаемых самим заводом. После снятия с товарного барабана рулон сетки устанавливается на контрольную машину для просмотра. Контроль фильтровых и микросеток осуществляется на специальных контрольных столах длиной 3 метра и более с нижним подсветом. Учитывая большую плотность сеток, нижний подсвет позволяет высветить дефекты, невидимые при простом освещении. Метод контроля тот же, что и в вышеперечисленных случаях визуальный осмотр с замером основных параметров сетки. Для просмотра выявленных дефектов и замера основных параметров сетки используются следующие мерительные инструменты: текстильная лупа, лупа Бринеля, микроскоп с увеличением 50 раз (для более точных замеров используется лабораторный микроскоп с увеличением 200 раз), мерительная линейка, рулетка, микрометр, прошедшие метрологическую поверку.

В работе [27] на основе применения современных информационных технологий предложена новая стратегия формирования полного плана технического контроля металлоткацкого производства, позволяющая выделить и контролировать дополнительные параметры, связанные с обеспечением требуемого уровня качества готовой продукции. Созданы методики по определению технологической результативности и эффективности процесса металлоткачества, позволяющие осуществлять оперативный мониторинг данного технологического процесса.

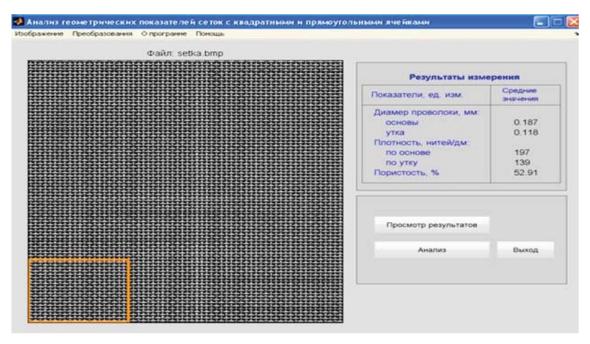


Рис. 1. Итоговый протокол по оценке показателей геометрических свойств сетки

Предложена новая методология определения оптимальных значений процесса металлоткачества с применением комплексных показателей его технологической результативности и эффективности, которая позволяет достичь максимальных значений результативности и эффективности данного процесса. Кроме этого в этой же работе разработан компьютерный метод и программное обеспечение [17] для измерения геометрических характеристик металлической сетки, позволяющие автоматизировать и повысить быстродействие данной измерительной операции (рис. 1).

3. Анализ технико-экономических показателей современных металлоткацких станков

В современном ткацком машиностроении преобладают тенденции высокопроизводительных бесчелночных ткацких станков. Среди большого разнообразия бесчелночных ткацких станков, основанных на способах прокладки утка с помощью струи сжатого воздуха, струи воды, с помощью ледяного шарика, электростатических сил и др., рапирным станкам [25, 26, 27] принадлежит особое место. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее перспективными конструкциями станков для производства металлосеток являются рапирные [13, 27]. Эти станки при относительной простоте конструкции и высокой

надежности имеют большие возможности в выработке широкого ассортимента тканей высокого качества из различных видов материалов. Рапирные станки обеспечивают значительное снижение шума и вибраций. Например, у металлоткацких рапирных станков уровень шума снизился, по сравнению с челночными металлоткацкими станками, с 95 до 80 дБ [27].

Рапирный способ отличается тем, что при его применении осуществляется управляемое прокладывание уточной мононити. При этом начало ее прокладывания, передача в середине зева (если это требуется) и окончание прокладывания за кромкой ткани происходит при почти нулевых скоростях, а движение рапир кинематически связано с работой основных механизмов станка [10]. Преимуществами этого способа прокладки утка является также возможность перерабатывать твердые, склонные к обрывам материалы, например, алюминий [10]. Отмотка уточной нити осуществляется с большой паковки (диаметр фланца 200 мм и длина 200 мм, вместимость около 12...15 кг металлической проволоки), отсюда в противоположность употребляемым ранее уточным шпулям во много раз большая питающая паковка с уточной нитью, чем достигается значительно более длительное время срабатывания уточной паковки [30]. Исключение мотального автомата, то есть отдельной намотки проволочного утка на уточную шпулю и тем самым

одной рабочей операции. Посредством отмотки проволочного утка с большой паковки устраняются его закручивания при перемотке на уточную шпулю и достигается получение тканей лучшего качества.

К механизму привода рапир предъявляются следующие требования [10, 27]:

- движение механизма должно быть согласовано с движением батана и ремизных рамок;
- привод рапир должен иметь продолжительный выстой в исходном положении (после прокладывания утка) для осуществления прибоя уточины;
- движение привода рапир должно происходить по определенному закону;
 - механизм должен быть надежен;
- удобен в обслуживании и безопасен для работающих.

Различают *три вида* ввода уточной нити в зев рапирным способом [10]:

- по способу «Gabler». Подающая рапира захватывает уточную нить и вводит ее петлей в зев до середины. Принимающая рапира, движущая навстречу подающей, распрямляет эту петлю и заканчивает прокладывание уточной нити.
- по способу «Dewas», который возник за счет усовершенствования способа «Gabler» путем обрезания уточной нити при передаче её от одной рапиры к другой. Прокладывание уточины происходит за отрезанный конец.
- на некоторых станках уточная нить прокладывается единственной рапирой, которая движется через всю ширину станка.

Применение гибких рапир позволяет увеличить рабочую скорость станка, уменьшить его габариты, расширить универсальность. Однако при этом происходит трение рапиры о направляющую, износ, снижается долговечность ленты и т.д. Так, например, международной специализированной выставке кабеля и проволоки «WIRE-2006» в г. Дюссельдорфе (Германия) в 2006 году фирма «DRAWEBA MASCHINENBAU» GMBH (Германия) демонстрировала станок модели AW-10M с гибкой рапирой и кулачково-рычажным приводом батана. Ширина станка 1000...1300 мм, диаметр перерабатываемой проволоки 0,1...0,4 мм, скорость до 200 мин⁻¹, плотность сеток 8...30 meshes/1" (количество ячеек на просвет на расстоянии в один дюйм).

Станок модели UDAW16/11 («DRAWE-BA MASCHINENBAU») с двумя гибкими рапирами служит для изготовления мелких и мельчайших сеток, применяемых в качестве ситовых и фильтровых сеток, при изготовлении печатных схем для микроэлектроники и т. д.

Фирма «КІОТО ТЕХТІLЕ MACHINERY LTD» (Япония) представила станок модели RGK—7 шириной 1650 мм. Станок вырабатывает сетки плотностью 200...12 meshes/1" из проволоки диаметром 0,06 ... 0,5 мм со скоростью 130...160 мин⁻¹ главного вала. На станке имеется одна гибкая рапира, электронный контролер утка «ЕLITEX» (Чехия) и станция управления, снабженная дисплеем, на котором выведено: обороты, натяжение основы, плотность сетки.

Фирма «TRINCA» (Италия) выставила станок модели TN2E с одной гибкой рапирой. Плотность вырабатываемой сетки плотностью от 2 до 1000 meshes/1" из проволоки диаметром 0,03...0,3 мм. Скорость станка регулируется бесступенчатым приводом до 160 мин⁻¹ главного вала. Привод батана — рычажный с двух сторон. Станок снабжен электронным контролером целостности уточной проволоки SW1OG фирмы «LÖPFE» (Германия).

Некоторые технико-экономические характеристики металлоткацких станков с гибкими и жесткими рапирами ведущих зарубежных и отечественных фирм представлены в табл. 3.

Анализ научной и технической литературы показывает, что совершенствование и модернизация отечественных и зарубежных металлоткацких станков идет по следующим направлениям:

- применение индивидуальных шаговых двигателей для привода основных исполнительных механизмов;
- увеличение производительности оборудования за счет повышения КПВ и частоты вращения главного вала;
- оснащение станков современными средствами электронной и микропроцессорной техники для контроля и управления исполнительными механизмами;
- расширение ассортимента производимых сеток;
- увеличение заправочной ширины станков;
- повышение требований к качеству изготовления нитей основы и утка;
- повышение требований к качеству проборки ткацких навоев.

 $\label{eq:Tadin} T\, a\, \text{б}\, \pi\, u\, u\, a\, \, \, 3$ Технико-экономические показатели металлоткацких станков

Фирма (страна)	Модель станка	Заправочная ширина, см	Скорость, прокид/мин	Плот. выраб. сеток	Толщина перерабатываемого материала, мм			
с гибкими рапирами								
Draweba Maschinenbau	AW-10M	100-130	до 200	8-30, meshes/1"	переработка проволоки диаметром 0,10,4			
(Германия)	UDAW 16/11	100-160	до 160	635-25	переработка проволоки диаметром 0,0160,25			
	UDAW 321	100-160	140-70	200-8	переработка проволоки диаметром 0,0630,25			
	UDAW 32	100-190	до 200	113-8	переработка проволоки диаметром 0,10,5			
	UDAW 40	100-130	до 160	32-4	переработка проволоки диаметром 0,51			
Jager (Германия)	BD-400	130-160	до 170	40-400	переработка проволоки диаметром 0,030,3			
	BD-500	130-250	120-200	20-200	переработка проволоки диаметром 0,050,4			
	BD-600	130-250	110-100	10-100	переработка проволоки диаметром 0,10,7			
Kioto Textile Machinery LTD (Япония)	RGK-7	165	130-160	200-12	переработка проволоки диаметром 0,060,5.			
Trinca (Италия)	TN2E	до 160	до 160	2-1000	переработка проволоки диаметром 0,030,3			
		с жест	кими рапирами	!				
Draweba Maschinenbau (Германия)	UDAW-16	100-130	140-80	-	контрольные и фильтровые сетки с высокой точностью ячеек			
Jager (Германия)	SD-400	100-230	160-90	-	тонкие и тончайшие сетки из проволоки толщиной 0,5 мм и менее			
SPEE (Германия)	G-140	до 122	125	-	тонкие и тончайшие сетки из проволоки толщиной 0,10,017 мм			
Чебоксарский маш. завод (Россия)	СТР	100-130	до 120	-	тканые сетки с квадратными ячейками контрольной и высокой точности, фильтровые сетки			

В этих вопросах практическую помощь машиностроителям должны оказать проектные и конструкторские организации, а также прикладная наука.

4. Обзор работ в области научных исследований и проектирования металлоткацкого оборудования

В отечественной литературе не уделяется должного внимания проблемам изучения и совершенствования оборудования металлоткацкого производства. Одной из первых немногочисленных работ в области металлоткачества является монография [8]. В работе изложены основные сведения о технологии изготовления фильтровых сеток и сеток с квадратными ячейками, описано устройство работающих в то время в промышленности челночных металлоткацких станков Шуйского машиностроительного завода им. М.В.Фрунзе и фирмы «JAGER» (Германия), их устройство и наладка.

В справочнике [24] основное внимание уделено подготовке проволоки основы к ткачеству. Приводится описание сплавов, применяемых для изготовления сеток, излагается технология волочения, травления, отжига, технология сновки, характеристики сеток, а также основных видов брака при ткачестве, причин их возникновения и мер предупреждения.

Более подробно данные вопросы отражены в работе [15]. В ней приводятся сведения об устройстве челночных металлот-кацких станков фирм «Draweba», «Jager» и «Irmscher» (Германия), а также волочильных машин и навойной станции. Рассмотрены вопросы причин возникновения брака при ткачестве и способах их предупреждения.

В монографии [22] изложены теоретические основы динамики батанных механизмов кулачково-рычажного типа. На примере металлоткацкого станка рассмотрены вопросы определения параметров динамических моделей, в частности силы прибоя и жесткости упругой системы заправки, вопросы математического моделирования задач определения собственных и вынужденных колебаний бруса батана. В работе также рассмотрены вопросы статики процесса формирования тканой сетки полотняного и саржевого переплетений из металлической мононити, статики системы основа-утокбердо при образовании металлосетки, динамики бруса батана широких металлоткацких станков, предложена динамическая модель батанного механизма станка СТР-100-М.

Практически этими четырьмя работами ограничивается список специальной отечественной литературы по металлоткацкому производству.

Первым научным исследованиям технологии и оборудования металлоткацкого производства явилась работа [21]. В этой работе проведён сравнительный анализ основных исполнительных механизмов станка ТП-100М (Шуйского машиностроительного завода им. М.В. Фрунзе) и станка UDWZ – 0,04 фирмы «Draweba» (Германия). Для челночного ткацкого станка ТП-100М разработан новый скоростной пневматический боевой механизм с питающим резервуаром. Составлены и решены системы уравнений, описывающих механические, термодинамические и газодинамические процессы. Проведено кинематическое исследование батанных механизмов аналитическими и экспериментальными методами. Проведено аналитическое исследование движения челнока по склизу при подвижном и неподвижном батане. В связи с заключением автора о нецелесообразности проектирования пневматического привода по типу станка UDWZ-0.04 для тяжелых станков метизного производства данный привод широкого распространения не получил.

Интересной, на наш взгляд, является работа [7], в которой разработан новый способ прокладывания челнока с паковкой металлоутка. В челночных коробках устанавливаются индукционные двигатели с плоским развернутым (спрямленным) статором. При подаче переменного напряжения на обмотку статора создается "бегущее" электромагнитное голе, которое индуцирует в алюминиевом челноке ток. Вследствие возникновения выталкивающей силы происходит перемещение челнока из одной челночной коробки в другую. В работе поставлены и решены интересные задачи: определение действительной закономерности распределения магнитного поля в воздушном зазоре; вывод уравнений для расчета магнитной индукции в зоне расположения челнока; расчет усилий, действующих на челнок из немагнитного материала. Наряду с достоинствами этого способа (увеличение производительности оборудования; уменьшение уровня шума в производстве) автором рассматриваются и его недостатки (высокая обрывность проволоки основы и утка; нагрев челнока до 70°С; необходимость замены челночных коробок, а, следовательно и двигателей, для работы различными номерами челноков и др.). Поэтому способ прокладывания челнока с помощью индукционных двигателей с плоским статором в промышленности распространения не получил.

В Шуйском СКБ ткацкого оборудования экспериментально также проверялись различные возможности прокладки металлоутка на станках типа АТПР и СТБ [14]. В первом случае прокидку осуществить не удалось, во втором прокидка удовлетворяла, но не найдено решения по направляющим гребенкам, использование которых при большой плотности сетки по основе не приемлемо.

Диссертация [2] посвящена технологии выработки металлических сеток из тугоплавких проволок сплава вольфрама с рением и молибдена с рением для использования в электронной промышленности на лентоткацких станках. В ней определены оптимальные параметры заправки станка, выработаны опытные образцы лент, прошедшие испытания и рекомендованные к внедрению для обработки элементов преобразователей тепловой энергии в электрическую.

Разработка первого отечественного рапирного металлоткацкого станка СТР-100-М потребовала новых теоретических и экспериментальных исследований. Анализу процесса прибоя на опытной модели этого станка (АТР-100-М-КС) посвящены работы [19, 20]. В этих работах автор попытался увязать вопросы технологического плана с разработкой новых конструкций батанного металлоткацкого механизма рапирного станка, спроектированного в Шуйском СКБ ткацкого оборудования и серийно выпускаемый Чебоксарским машиностроительным заводом ОАО «Текстильмаш», впервые была сделана попытка выяснить целесообразность двухкратного прибоя металлоутка. Предложена методика для определения величины обратного проскальзывания только что прибитой уточины вслед за отходящим бердом, разработан аналитический способ определения некоторых качественных показателей металлосеток. Показано также, что динамическая неустойчивость механизма прибоя является одним из факторов, дестабилизирующих размер ячейки сетки вдоль полотна. Однако, влияние колебательных процессов на размеры ячеек сетки автором не оценивались, и задача анализа динамики батанного механизма решалась с других позиций, в частности, анализировались амплитудно-частотные характеристики собственных колебаний системы на фазе выстоя батана в заднем положении.

Кинематическим анализом батанного механизма этого же станка занимались авторы работы [11], при этом она направлена только на разработку методики анализа кинематических параметров. Исследование механизма предлагается проводить на основе уравнений состояния, но преимущества этого метода в работе не обозначены и для данной задачи он не является оптимальным, так как, например, требует при расчете на ЭВМ введения массива значений радиусвекторов теоретического профиля кулачков.

Этими же авторами в работе [12] проведен силовой анализ батанного механизма станка СТР-100-М. Приводится методика анализа, основанная на использовании уравнений состояния отдельных звеньев. Результаты приводятся без учета сил сопротивления прибою и сил трения. На наш взгляд и для силового анализа преимущества этого метода не очевидны.

В диссертации [30] разработана динамическая модель батанного механизма кулачково-рычажного типа с учетом податливости всех элементов его конструкции и системы заправки станка типа СТР. Разработаны математическое описание и математическая модель для исследования изгибных колебаний бруса батана в различных фазах его движения. Обозначено влияние деформации бруса батана на структуру формируемой сетки. Разработана динамическая модель батанного механизма металлоткацкого станка с учетом упругости его звеньев и реакции упругой основы системы заправки станка. Определены собственные частоты и формы изгибных колебаний бруса батана на фазе движения батана до опушки вырабатываемой ткани, на фазе взаимодействия берда с опушкой, прогибы бруса в функции времени его движения. Установлено, что наибольшее влияние на низшие частоты и формы колебаний бруса оказывает его изгибная жесткость и погонная масса. Проведена корректировка геометрических параметров привода батана и исследовано влияние динамических параметров, механизма на параметры вырабатываемой сетки. Предложенная методика динамического анализа позволяет оценить возможности выработки на станке того или иного номера сетки. Показано влияние деформации бруса батана на структуру формируемой сетки. Сделан вывод о том, что введение в циклограмму работы батанного механизма фазы выстоя в переднем положении представляется целесообразным для гашения возникающих изгибных колебаний бруса.

В работе [4] составлена квазистатическая модель процесса формирования сеток из металлических мононитей и определены силовые факторы, возникающие в процессе формирования сеток с заданными геометрическими характеристиками. Предложены практические рекомендации по модернизации металлоткацких станков. Выявлены характеристики «напряжение-деформация» для мононитей, используемых в производстве тканных металлических сеток. Разработана математическая модель процесса деформации проволоки утка, позволяющая определить связь между геометрическими характеристиками его оси и усилиями, действующими со стороны проволок основы. Разработана математическая модель процесса деформации проволоки основы при прибое утка, позволяющая определить связь между высотой волны предыдущей уточины с одной стороны и геометрическими характеристиками оси основы, ее натяжением и силой прибоя с другой. Разработана упрощенная методика определения коэффициента трения в паре перекрещивающихся мононитей. В квазистатической постановке разработана математическая модель процесса деформирования уточной металлической мононити сетки попереплетения, ОТОНЯНТОП позволяющая определить (при принятых допущениях) форму ее геометрической оси и возникающие силовые факторы. Разработана математическая модель статики деформированной металлической мононити основы сетки полотняного переплетения, позволяющая определить ее натяжение и силу прибоя в предположении, что в момент прибоя формируется элемент сетки между двумя уточинами, предшествующими подводимой.

В диссертационной работе [23] представлена обобщенная теория динамики упругих систем батанных механизмов рапирных металлоткацких станков. Автором разработана методика теоретического определения силы прибоя и натяжения основы в момент прибоя, определения ширины прибойной полоски и коэффициента жесткости

сетки и упругой системы заправки станка при выработке металлосетки с заданными геометрическими параметрами. Рассмотрены также вопросы анализа вынужденных колебаний бруса батана металлоткацких станков, учитывающих упругие характеристики звеньев батанного механизма с 3-мя лопастями, и вынужденных колебаний системы привод станка - привод батана кулачково-рычажного типа – упругая система заправки станка, необходимые для анализа конструктивных и технологических возможностей батанного механизма. Задача разработки обобщенной динамической и математической моделей анализа вынужденных колебаний бруса батанного механизма широких металлоткацких станков не рассматривалась.

В работе [29] рассматриваются вопросы модернизации челночных металлоткацких станков путем замены челночного механизма прокладывания утка на рапирный. Разработана динамическая модель рапиры для фаз ее ускорения и торможения с учетом действия продольной силы. Для данной модели получено дифференциальное уравнение форм собственных поперечных колебаний ленты рапиры металлоткацкого станка. Задача представляет теоретический и практический интерес, особенно для механизмов с гибкими рапирами. Однако автор остановился только на частном случае, который свел эту задачу к задаче о собственных поперечных колебаниях трёхопорной балки (задача о вынужденных продольных и поперечных колебаний рапиры, как тела переменной длины не рассматривалась). Решение выполнено на основании технической теории изгибных колебаний стержней [3].

В диссертационной работе [27] разработана обобщенная динамическая модель бруса батана широких металлоткацких станков с *п* лопастями и методика расчета собственных частот и форм изгибно-крутильных колебаний бруса, а также вынужденных колебаний бруса на фазе взаимодействия берда с опушкой вырабатываемой сетки. Установлено, что на вибрационные процессы в батанных механизмах станков типа СТР влияют изгибная жесткость бруса и его погонная масса, в связи с этим при проектировании или модернизации батанных механизмов нужно стремиться к увеличению изгибной жесткости бруса, снижению его погонной массы. Разработана методика анализа собственных и вынужденных

колебаний рапиры как стержня с распределенной массой и периодически изменяющимися граничными условиями, находящегося под воздействием периодической знакопеременной продольной силы. Дано их аналитическое решение, позволяющее определить геометрические и инерционные параметры рапиры для обеспечения устойчивости технологического процесса металлоткачества.

В обзорной работе рассмотрено практическое большинство научных и практических работ отечественных авторов, выполненных за последние 40 лет. Обзор зарубежных изданий, проведенный в работе [18], показывает, что с 1970 по 2000 год во все мире (исключая Российскую Федерацию) было опубликовано всего лишь 18 работ, затрагивающих металлоткачество и производство трикотажа из металлической проволоки. Имеется также чуть более 30 публикаций по металлическим и металлизированным волокнам и мононитям. Внимание практиков и исследователей к изучению оборудования и технологии металлоткачества остается недостаточным.

Список литературы

- 1. Амиров Ю.Д. Квалиметрия и сертификация продукции: методическое пособие. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996 104 с
- 2. Бабаев Ф.А. Разработка технологии выработки металлотканых сеток большой плотности: дис. ... д-ра тех. наук. Л.: ЛИТЛП, 1987.
- 3. Вибрации в технике: справочник в 6-и т. Т.1. Колебания линейных систем / под ред. В.В. Болотина. М.: Машиностроение, 1978.-352 с.
- 4. Гао Бинь. Совершенствование процесса прибоя утка на металлоткацких станках при выработке сеток полотняного переплетения: дис. ... канд. тех. наук. Иваново: ИГТА, 2003.
- 5. ГОСТ 3187-76. Сетки проволочные тканые фильтровые. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1976. $10~\rm c$.
- 6. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1986. 16 с.
- 7. Дьяков В.И. Исследование работы индукционного двигателя с плоским статором, предназначенного для прокидки челнока металлоткацкого станка: дис. ...канд. тех. наук. М.: МТИ, 1963.
- 8. Киреева А.И. Металлоткачество / А.И. Киреева, В.Ф. Перескокова, Г.П. Спиридонов. Л.: Госэнергоиздат, 1957. 143 с.
- 9. Коробов Н.А. Развитие теории и практики построения методов измерения характеристик строения текстильных материалов с использованием современных информационных технологий: дис. . . . д-ра тех. наук. М.: МГТУ, 2007.
- 10. Малафеев Р.М. Ткацкие машины: механика прокладывания утка. М.: «Знание», 2004. 352 с.
- 11. Мартышенко В.А. Кинематический анализ кулачково-рычажных механизмов текстильных машин на основе уравнений состояния / В.А. Мартышенко, Е.В. Колесов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. −1987. − № 1. − C. 99-103.

- 12. Мартышенко В.А. Силовой анализ кулачково-рычажных механизмов текстильных машин на основе уравнений состояния / В.А. Мартышенко, Е.В. Колесов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1988. № 1. С. 89-94.
- 13. Moderne Webmaschinen für die Herstelluag techaischer Gevebe, Z.B. Gevebe aus aichtrosteadea Drathea / Vortrag «Emil Jager», 26 Juli, 1982. Moskou, 1982.
- 14. Отчет о подборе материалов по проектированию станка для выработки металлических фильтровых сеток. Шуя: СКБ ТО, 1975. 50 с.
- 15. Производство металлических сеток для целлюлозно-бумажной промышленности. Пермь: Пермское книжное издательство, 1973.-281 с.
- 16. Разработка технологии изготовления металлического трикотажного сетеполотна специального назначения: отчет под руководством А.А. Кудрявина // Бюл. регистрации НИ и ОКР. Серия: Легкая промышленность. 1976. № 6.
- 17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2011617016. Программа определения геометрических показателей качества тканой металлической сетки / Н.А. Коробов, Д.А. Пирогов, А.А. Тувин, Б.Н. Гусев. № 2011615193; заявл. 12.07.2011; зарегистр. 08.09.2011. 4 с.
- 18. Смирнов А.Н. Обзор работ в области металлоткачества / А.Н. Смирнов, А.А. Тувин, И.С. Баталин, Гао Бинь // Вестник ИГТА. -2001. -№ 1. -C. 122-124.
- 19. Смирнов А.Н. Разработка и исследование механизма прибоя рапирных металлоткацких станков: дис. ... канд. тех. наук. Кострома: КТИ, 1983.
- 20. Смирнов А.Н. Кинематическое исследование батанного механизма с двойным прибоем / А.Н. Смирнов, В.М. Андриянов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. $1982. \text{Ne}\ 3. \text{C.}\ 106\text{-}111.$
- 21. Смирнов Г.М. Исследование основных исполнительных механизмов металлоткацких полуавтоматов: дис. ... д-ра тех. наук. Л.: ЛИТЛП, 1973.
- 22. Суров В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлоткацких станков. / В.А. Суров, А.А. Тувин. Иваново: ИГТА, 2004. 188 с.
- 23. Суров В.А. Обобщённая теория динамики упругих систем батанных механизмов и её приложение к рапирным металлоткацким станкам: дис. ...д-ра тех. наук. Иваново: ИГТА, 2005.
- 24. Справочник по производству металлических сеток. Краснокамск: Краснокамский завод металлических сеток, 1958. 96 с.
- 25. Тувин А.А. Разработка и исследование механизма прокладывания утка рапирных металлоткацких станков: дис. ...канд. тех. наук. Кострома: КТИ, 1986.
- 26. Тувин А.А. Определение неравномерности вращения главного вала металлоткацких станков типа СТР // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. $1987.- \cancel{N}_2 1.- C.\ 103-107.$
- 27. Тувин А.А. Развитие научного и методического обеспечения процессов проектирования оборудования и технического контроля производства тканых металлических сеток: дис. ...д-ра тех. наук. Иваново: ИГТА, 2012.
- 28. ТУ 14-4-507-99. Сетка тканая с квадратными ячей-ками микронных размеров. Технические условия. М.: Издво стандартов, 1999.-6 с.
- 29. Шляпугин Р.В. Разработка и исследование рапирного механизма прокладывания утка для металлоткацкого станка типа DM: дис. ... канд. тех. наук. Иваново: ИГТА, 2010.
- 30. Чумиков А.В. Исследование и оптимизация механизма прибоя ткацких станков типа СТР для выработки металлических сеток: дис. ... канд. тех. наук. Иваново: ИГТА, 1997.

УДК 004.8

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ЛЮБОЙ ПРИРОДЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И ПОНЯТИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Черняев А.П.

Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный, e-mail:info@mipt.ru

Известно, что концептуально теория нечетких множеств окончательно не устоялась, некоторая новизна, подкрепленная выразительными примерами, получена относительно трактовок основных понятий. Основой теории нечетких множеств является взвешенная принадлежность, которую ни в коем случае нельзя отождествлять с вероятностью, мы начинаем свой обзор именно с этого основополагающего различия. Поскольку, идеи логики нечетких множеств зародились в технике, и именно в технике особенно важны научные постижения этой теории, мы остановились на прогремевших по всему миру технических вопросах, которые получили блестящие решения благодаря созданию этой теории. Особое внимание уделено проблемам управления, потому что именно управление является основной областью приложений теории нечетких множеств. Очень важно для понимания теории нечетких множеств различие неопределенностей: стохастической и лингвистической. И после этого в своем изложении мы переходим к очень важному понятию лингвистической переменной. Рассматриваются также процессы, моделирование которых должно происходить в условиях трудно устранимой или принципиально неустранимой неопределенности. Приведены примеры подобных неопределенностей сильно влияющих на стратегию моделирования процесса даже с помощью теории нечетких множеств, в то время как другие методы моделирования процессов с подобными неопределенностями слишком сложны.

Ключевые слова: взвешенная принадлежность, нечеткое множество, лингвистическая переменная.

FEATURES OF MODELING OF PROCESSES AND PHENOMENA OF THE TECHNICAL OBJECTS OF ANY NATURE BY MEANS OF FUZZY SETS THEORY AND THE CONCEPT OF LINGUISTIC VARIABLE Chernyaev A.P.

Moscow institute of physics and technology (state University), Dolgoprudny, e-mail:info@mipt.ru

It is known that conceptual fuzzy set theory is not finally settled, some novelty, backed up by examples obtained on the interpretations of basic concepts. The basis of the theory of fuzzy sets is a balanced membership, which in any case cannot be identified with the probability, we start our review with this fundamental difference. Since, the ideas of fuzzy logic originated in the technique, and that technique is especially important scientific advances of this theory, we stayed thundered around the world technical issues that received a brilliant solution thanks to the creation of this theory. Special attention is paid to governance issues because governance is a major area of applications of fuzzy sets theory. It is very important for understanding the theory of fuzzy sets is the difference of uncertainty: stochastic and linguistic. And after that, we in the statement, we turn to the very important concept of a linguistic variable. It also examines the processes, the modeling of which should occur in the context of difficult or irremovable fundamental uncertainty. Examples of such uncertainties strongly influence the strategy process simulation even with the aid of the theory of fuzzy sets, while other methods of modeling of processes with similar uncertainties too complex.

Keywords: weighted membership, fuzzy set, linguistic variable

Введение

Основой теории нечетких множеств является взвешенная принадлежность, которую ни в коем случае нельзя отождествлять с вероятностью, мы начинаем свой обзор именно с этого основополагающего различия. Поскольку, идеи логики нечетких множеств зародились в технике, и именно в технике особенно важны научные достижения этой теории, необходимо остановиться на прогремевших по всему миру технических вопросах, которые получили блестящие решения благодаря созданию этой теории. Необходимо остановиться на проблемах

управления, потому что именно управление является основной областью приложений теории нечетких множеств. Очень важно для понимания теории нечетких множеств различие неопределенностей: стохастической и лингвистической. И после этого мы в своем изложении перейдем к очень важному понятию лингвистической переменной.

Взвешенная принадлежность и вероятность

В традиционной теории множеств есть лишь две ситуации для элемента подмножества: он может либо быть, либо не быть элементом подмножества. На этом основана

любая формальная логика. Заслуга Л.А. Заде состоит в попытке выйти из этого тупика путем введения взвешенной принадлежности [2], [5, с. 9].

Взвешенная принадлежность и вероятность вещи совсем разные, вероятность лишь один из видов взвешенной принадлежности. Например [12], если множество ядов сухопутных змей расположить в порядке убывания по токсичности, то получится убывающая функция принадлежности, максимальное значение которой равное единице, придется отдать самой ядовитой сухопутной змее — австралийскому тайпану (тайпеню). Аналогичная ситуация будет с функцией принадлежности ядов у ядовитых грибов.

Если мы поставим задачу упорядочить по убыванию множество цен самых дорогостоящих картин великих живописцев, указав, что мы рассматриваем лишь картины когда-либо продававшиеся, получим аналогичную функцию принадлежности, если цену каждой картины разделим на цену самой дорогой картины. Тогда, значение функции принадлежности равное единице в 2012 г. придется отдать картине Поля Сезанна «Игроки в карты», ибо она была куплена на аукционе в 2012 г. за 250 млн. долларов.

Рейтинг каждого спортсмена в определенном виде спорта, если он у него есть, четко определяется по рейтинговой таблице. И если этот рейтинг разделить на рейтинг спортсмена с самым большим рейтингом, то также получим функцию принадлежности во множестве спортсменов данного вида спорта, включенных в рейтинговую таблицу [12].

Зарождение идей логики нечетких множеств в технике

Известно, что идеи логики нечетких множеств зародились в технике [8, с. 64]. Первые реализации теории нечетких множеств в промышленности относятся к середине 1970-х гг. Несмотря на известность Л. Заде, не менее важный вклад внесли последователи этой теории.

Сотрудник Лондонского университета Э. Мамдани использовал теорию нечетких множеств и в 1975 г. разработал алгоритм, который был предложен в качестве метода для автоматического управления паровым двигателем. Этот алгоритм получил широкое практическое применение. Управление, основанное на теории нечетких множеств, впервые испытанное в начале 70-х годов Э.

Мамдани в начале 80-х годов, было реализовано в Дании для управления цементной обжиговой печью.

Япония – лидер технологий, основанных на теории нечетких множеств с 1985 г.

- 1. Компании Fisher и Sanyo производят нечеткие логические видеокамеры, в которых применяются нечеткая фокусировка и стабилизация изображения [6, с.13-14].
- 2. Компания Matsushita выпустила стиральную машину, в которой используются датчики и микропроцессоры с алгоритмами управления, основанные на теории нечетких множеств. Датчики определяют цвет и вид одежды, количество твердых частиц, степень загрязнения, а микропроцессор выбирает наиболее подходящую программу стирки из 600 доступных комбинаций температуры воды, количества стирального порошка и времени производственного цикла быстрого или медленного вращения и промывки.
- 3. Компания Mitsubishi объявила о выпуске первого в мире автомобиля, где управление каждой системой основано на логике нечетких множеств. При этом Mitsubishi также производит кондиционер, который управляет изменениями температуры и влажности в салоне согласно человеческому восприятию степени комфорта.
- 4. Компания Nissan разработала автоматическую трансмиссию и противоскользящую тормозную систему, управляемые алгоритмами логики нечетких множеств и реализовала их в одном из своих автомобилей повышенной комфортности.
- 5. Японский город Сенуай имеет метрополитен у которого в 2005 году было 16 станций и который управляется компьютером, работающим на основе теории нечетких множеств. При этом компьютер регулирует процессы ускорения и торможения поездов метро, делая на 70 % меньше ошибок, чем соответствующий человек-оператор.
- 6. На фондовом рынке Токио используются трейдерные системы, основанные на логике нечетких множеств, которые превосходят по скоростным и динамическим характеристикам традиционные информационные системы. В Японии имеются также системы управления уличным движением, тостеры, рисовые печи, пылесосы и многие другие бытовые и технические устройства, работающие на принципах, основанных на теории нечетких множеств.

7. Управление доменной печью, важной компонентой в технологическом процессе на металлургическом предприятии, осуществлялось до определенного времени главным образом на основе производственного опыта и знаний технологов и операторов. На металлургическом заводе фирмы NKK в г. Фукуяма для управления доменной печью были использованы методы инженерии знаний и разработана датчиковая экспертная система управления тепловым состоянием доменной печи (или нагревом печи) в реальном времени.

Расширение области приложений теории нечетких множеств

В начале 1990-х гг. в Европе появилось более 200 видов промышленных изделий и устройств, в которых были реализованы модели, работающие на основе теории нечетких множеств. Это были бытовые приборы, которые характеризовались более эффективной экономией электроэнергии и водопотребления без дополнительного увеличения цены изделия. Кроме того, другие промышленные приложения относились к автоматизации производства, включая управление химическими и биологическими процессами, управление станками и сборочными конвейерами, а также различные интеллектуальные датчики.

Этим приложениям сопутствовал коммерческий успех и логика нечетких множеств стала рассматриваться, как стандартный метод проектирования и получила широкое признание среди инженеров и проектировщиков. К подобным технологиям проявляют все больший интерес компании США, особенно те, которые испытывают жесткую конкуренцию со стороны Азии и Европы.

Например, логика нечетких множеств оказалась превосходным инструментом для разработки систем управления внутренними компонентами персональных компьютеров, а также алгоритмов компрессии речи и видео.

Известны приложения из области телеи радиосвязи, направленные на устранение влияния отраженных ТВ-сигналов и радиосигналов. Реализованы программные алгоритмы для распознавания речи на основе логики нечетких множеств. Развернуты серьезные исследования по нейронно-сетевым технологиям, где упор делается на комбинацию нейронных сетей и логики нечетких множеств. Министерство обороны США тратит серьезные средства на исследования в области построения систем управления вооружением и тренажеров для обучения пилотов истребителей на основе технологий, основанных на теории нечетких множеств. Национальное управление по аэронавтике (НАСА) использует подобные модели для решения специальных задач в космосе.

Область приложений теории нечетких множеств с каждым годом продолжает неуклонно расширяться [3], [4], [10]. Однако, основной областью применения этой теории остается управление. Почему же применение теории началось именно в управлении? Дело в том, что в исходную идею о логике нечетких множеств укладывались представления об управлении [2], [13]. Более того, поскольку задачи управления возникают почти во всех технологических процессах и в любом оборудовании, потребности в теории и возможности ее приложения достаточно велики.

Управление – основная область применения теории

Основная идея Л. А. Заде, который был специалистом по теории управления. состоит в попытке введения взвешенной принадлежности.

Именно с точки зрения теории управления это легко объяснить [12]. Действительно, представим себе прибор, который управляется при помощи каких-то регуляторов. Перед тем, кто управляет этим прибором, возникает проблема: в каждый момент времени из всего множества положений регуляторов прибора выбрать те, которые приближают к поставленной цели, отбросив положения регуляторов удаляющих от нее. Конечно, заманчиво выбрать оптимальное управление, но оно либо слишком сложно находится, либо вообще не может быть найдено, в силу изначально предполагаемой неопределенности процесса управления прибором. Однако, среди управлений приближающих к цели, одни приводят к цели быстрее, а другие медленнее. Упорядочивая, таким образом, множества управлений, присваивая оптимальным управлениям единицу, а остальным - положительное число от нуля до единицы, мы и получаем взвешенную принадлежность в управлении разного рода процессами и явлениями.

Моделирование, основанное на логике нечетких множеств, особенно полезно, ког-

да в описании процесса или явления присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных методов.

Стохастическая и лингвистическая неопределенности

Неопределенность бывает стохастическая и лингвистическая. Эти неопределенности имеют различный характер.

Приведем наглядный пример [12], который иллюстрирует различие между стохастической и лингвистической неопределенностью. Представим себе кочующего шейха едущего на верблюде по пустыне. Все, кто с ним ехал, умерли от жажды. И вдруг, он находит две бутылки с неизвестной жидкостью внутри каждой из них. На первой бутылке написано P = 0.9, а на другой $\mu = 0.9$. Здесь Р – это вероятность принадлежности содержимого первой бутылки множеству жидкостей пригодных для питья, а µ - значение функции принадлежности содержимого второй бутылки множеству жидкостей пригодных для питья. Какую же бутылку нужно выпить кочующему шейху?

Ясно, что кочующий шейх должен выбрать вторую бутылку, т. к. если он выпьет жидкость из первой бутылки, то с вероятностью 0.1 эта жидкость может оказаться ядом, а если он выпьет жидкость из второй бутылки, то яда он не выпьет, ибо у яда значение функции принадлежности равно нулю.

Лингвистическая переменная

Лингвистическую переменную можно определить как переменную, значениями которой являются не числа, а слова или предложения естественного или формального языка [15, с. 11].

Предположим теперь [12], что мы зашли в любой поисковик Интернета и набрали какое-то предложение в поисковой строке – лингвистическую переменную. Если бы поисковик работал бы на принципах логики четких множеств, то очень часто после нескольких часов работы он в качестве ответа выдавал бы отрицательный результат — ничего не найдено. Однако, поисковик Интернета выдает десятки или даже сотни, как правило, нечетких ответов.

Вернувшись к теме самых дорогостоящих картин великих живописцев. Обратившись к поисковику Интернета, снова поставим задачу найти самую дорогостоящую картину великого живописца, и не укажем, что мы рассматриваем лишь картины когдалибо продававшиеся, то на первом месте уже не будет картина Поля Сезанна «Игроки в карты». Пальму первенства, по мнению искусствоведов, придется скорее всего отдать какому-либо шедевру Леонардо да Винчи.

Нечеткость свойственна не только естественному языку, но и диалектам науки. Возьмем для примера физику. Зададимся вопросом: можно ли указать длину предмета (для определенности в метрах) с точностью до тридцатого знака после запятой? Вещество состоит из атомов, атомы из электронов, протонов и нейтронов. Можно ли указать абсолютно точно положение электрона? В квантовой механике получен принцип неопределенности: произведение неопределенности в определении импульса частицы на неопределенность в определении ее положения всегда больше вполне определенной величины - постоянной Планка. Импульс электрона в атоме не может достигать сколь угодно высоких значений (импульс - это произведение скорости на массу; скорость не превосходит скорости света, масса электрона известна). Таким образом, неопределенность импульса ограничена. Стало быть, неопределенность в положении электрона всегда больше некоторой величины - согласно расчетам, примерно 10-10 метра. Иными словами, неустранимая неточность подстерегает нас уже в десятом знаке после запятой, так что о тридцатом не может быть и речи. Отсюда вывод: длину любого тела следует задавать не одним определенным числом, а совокупностью чисел с размытыми границами, т.е. нечетким множеством [7, с. 74-75].

Теория нечетких множеств является обобщением интервальной математики [7, с. 78-81]. Аппарат теории нечетких множеств довольно громоздок. Примером этому служат законы де Моргана для нечетких множеств и, особенно, дистрибутивный закон для нечетких множеств.

Нечеткие множества в задачах с трудно устранимой и принципиально неустранимой неопределенностью

В задачах фильтрации применение нечетких множеств связано с трудностью измерений при определении параметров пласта (параметры пласта определяются по кривым восстановления давления [14]). Трудности этих измерений аналогичны уже упоминавшейся нами ситуации с доменной

печью на металлургическом комбинате в г. Фукуяма. Этот вид неопределенности можно назвать трудно устранимой неопределенностью.

Однако, в тоже теории фильтрации можно привести пример принципиально неустранимой неопределенности [11]. Пусть имеется горизонтальный нефтеносный пласт, который принадлежит двум государствам, которые добывают нефть из этого пласта при помощи горизонтальных скважин. Задавая различные забойные давления, нефтедобытчик рассчитывает на нефть, добытую по выгодной цене. Но то же самое рассчитывает получить и конкурирующий нефтедобытчик. И, вполне вероятно, что мешая друг другу, они добудут нефть по слишком дорогой цене [14]. Точные данные о режиме добычи нефти конкурентом узнать невозможно принципиально, а без них невозможен успех.

Применение нечетких множеств, связанное с распределением большого числа точек поверхности в задачах аэродинамики, по которым восстанавливается система элементарных площадок (трудности подготовки исходных данных [1]), связано с трудностями описания нужной поверхности аналитическими формулами. Аналогичная неопределенность возникает при СВЧ – регистрации эффектов пространственной дисперсии в сверхпроводниках [9].

Список литературы

- 1. Введение в специальность. Высокоскоростные летательные аппараты / Ю.И. Хлопков, С.Л. Чернышев, Зея Мьо Мьинт и др. М.: МФТИ, 2013. 192 с.
- 2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. M.: Мир, 1976. 165 с.
- 3. Икрянов И.И., Башкиров И.Г. Апробация использования элементов теории нечетких множеств на примере ал-

- горитма расчета массовой сводки компоновки: материалы XXIV научно-технической конференции по аэродинамике. ЦАГИ г. Жуковский.
- 4. Икрянов И.И., Башкиров И.Г. Влияние выбора нечеткой алгебры на результаты предварительного аэродинамического проектирования в нечеткой постановке: материалы XXV научно-технической конференции по аэродинамике. ЦАГИ г. Жуковский.
- 5. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: пер. с франц. М.: Радио и связь, 1982.-432 с.
- 6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде МАТLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
- 7. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика: монография. Краснодар: КубГАУ, $2014.-600~\rm c.$
- 8. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. М.: Мир, 1993. 368 с.
- 9. СВЧ регистрация эффектов пространственной дисперсии в сверхпроводниках / Н.А. Волчков, В.А. Дравин, А.Л. Карузский и др. // Известия РАН. Серия физическая. 2007. T. 71, № 8. C. 1124-1128.
- 10. Тевс С.С. Нечеткая логико-лингвистическая модель распознавания в оптико-электронных системах: сб. материалов второй МНТК «Медико-биологические информационные технологии 2000». Курск, 2000. С. 156-157.
- 11. Черняев А.П., Лигостаева Н.А., Коротеев М.В. Математическая модель линейной стационарной фильтрации к двум горизонтальным скважинам, расположенным в пласте большой протяженности // Математика: фундаментальные вопросы, приложения, преподавание: межвед. сб. научн. тр. 2003. М.: МГУП, 2003. Вып. 3. С. 215-221.
- 12. Черняев А.П. Особенности моделирования процессов и явлений с помощью теории нечетких множеств и понятия лингвистической переменной // Математика, информатика, естествознание в экономике и обществе (МИЕСКО 2015): труды Всероссийской научной конференции. М.: МФЮА, 2015. С. 74-79.
- 13. Черняев А.П. Особенности моделирования процессов и явлений объектов любой природы с помощью теории нечетких множеств // Физические свойства материалов и дисперсных сред для элементов информационных систем, наноэлектронных приборов и экологичных технологий: сб. материалов Международной конференции. М.: МГОУ, 2015 С. 80
- 14. Швидлер М.И., Рахимкулов И.Ф., Портнов В.И. Определение параметров пласта по кривым восстановления давления // Нефтяное Хозяйство. 1961. № 8. С. 49-56.
- 15. Яхьяева Γ .Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие. М.: БИНОМ, 2006. 316 с.

УДК 33

НАУЧНЫЙ ОБЗОР: СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Чугунова О.В.

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, e-mail: chugun.ova@yandex.ru

В настоящее время дегустационные методы оценки качества пищевых продуктов питания стали широко распространены, т.к. по точности и объективности сенсорная оценка в какой-то мере приближается к результатам, получаемым другими методами анализа, а во многих случаях результаты, получаемые при органолептических испытаниях невозможно получить другим путем. Основополагающими являются методы, разработанные международной организацией по качеству (International Organization for Standardization, ISO). В работе приведены классификация и сферы решения задач методов дегустационного анализа.

Ключевые слова: дескрипторно-профильный метод, сенсорный анализ, органолептический анализ, оценка качества пищевых продуктов питания.

SCIENTIFIC REVIEW: ANALYSIS OF TOUCH AND ITS SIGNIFICANCE IN THE EVALUATION OF QUALITY AND FOOD SAFETY Chugunova O.V.

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, e-mail: chugunova@yandex.ru

Currently, methods for assessing food tasting food quality have become widespread since accuracy and objectivity in the sensory evaluation somewhat closer to results obtained by other analysis methods, and in many cases the results obtained by organoleptic tests can not be obtained in another way. The fundamental methods are developed by the International Organization for Quality (International Organization for Standardization, ISO). The paper presents classification and scope of solving the tasting analysis.

Keywords: descriptive and profile method, sensory analysis, sensory analysis, evaluation of the quality of food food.

Согласно ГОСТ Р 5492-2005 Сенсорный анализ (sensory analysis): анализ с помощью органов чувств (высокоспецифических рецепторных органов), обеспечивающих организму получение информации об окружающей среде с помощью зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания, вестибулярной рецепции и интерорецепции [57].

Органолептический анализ (organoleptic analysis): сенсорный анализ продуктов, вкусовых и ароматических веществ с помощью обоняния, вкуса, зрения, осязания и слуха. Термин не является синонимом сенсорного анализа, его значение имеет ограничения по объекту исследования и числу органов чувств.

Термин «органолептический» происходит от греческих слов «organon» (орудие, инструмент, орган) и «lepticos» (склонный брать или принимать) и означает «выявляемый с помощью органов чувств». Термин «сенсорный» также означает «чувствующий» и происходит от латинского слова «sensus» (чувство, ощущение). В зарубежной литературе преимущественно распространен термин «сенсорный». Одно из толкований английского слова «sense» означает «чувство» [7, 17, 22, 45].

Для оценки органолептических свойств пищевых продуктов широко используют де-

густационные методы, основанные на анализе ощущений органов чувств человека. Органолептические свойства продукта гораздо больше, чем химический состав и пищевая ценность, влияют на выбор потребителей и в конечном счете формируют их спрос.

Дегустационная, или органолептическая (сенсорная) оценка, проводимая с помощью органов чувств человека, наиболее древний и широко распространенный способ определения качества пищевых продуктов. Существующие методы лабораторного анализа более сложны и трудоемки по сравнению с приемами органолептической оценки, и позволяют характеризовать только частные признаки качества. Дегустационный анализ быстро и при правильной постановке анализа объективно дает общее впечатление о качестве продуктов [7].

Дегустационный анализ позволяет решать различные задачи на протяжении всего жизненного цикла продуктов: от создания продукта до его внедрения и отслеживания качества продукта в процессе производства и хранения, выявлении дрейфа и фальсификации [14, 46, 50]. Знание и правильное применение методов дегустационного анализа — залог объективности его результатов.

Научно организованный дегустационный анализ по чувствительности превосходит многие приемы лабораторного исследования, особенно в отношении таких показателей, как вкус, запах и консистенция. Ошибки в сенсорном анализе чаще всего возникают при непрофессиональном подходе к этому методу оценки. Существующее мнение о субъективности и не воспроизводимости органолептических оценок вызвано главным образом тем, что не учитываются индивидуальные особенности дегустаторов, не ведутся их специальная подготовка и обучение приемам сенсорного анализа, не выполняются основные правила и условия научно обоснованного органолептического метода, в частности, не проводится испытание сенсорных способностей дегустаторов, не выполняются требования, предъявляемые к помещению, в котором проводится сенсорный анализ, не уделяется должного внимания выбору метода оценки. Последнее обстоятельство - одно из наиболее важных для получения надежных и сопоставимых результатов.

При подборе метода дегустационной оценки предпочтение отдают балловым системам при обязательном дифференцировании качественных признаков по важности (значимости) при составлении общего впечатления о качестве исследуемого продукта [8, 10, 18, 21, 24, 33, 51].

Основополагающими являются методы, разработанные международной организацией по качеству (International Organization for Standardization, ISO). Ниже приведены классификация и сферы решения задач методов дегустационного анализа.

Применение экспертных методов дегустационного анализа в оценке качества и безопасности пищевых продуктов

Все методы дегустационного анализа, согласно ISO 6658, можно разделить на экспертные (аналитические) и методы потребительской оценки. Экспертные методы дегустационного анализа, в свою очередь, подразделяются на различительные и описательные методы [5, 18, 21, 22, 47, 50].

Аналитические методы органолептического анализа основаны на количественной оценке показателей качества и позволяют установить корреляцию между отдельными признаками.

Различительные аналитические методы.

К различительным методам дегустационного анализа относятся: *качественные* (метод парного сравнения, триангулярный метод, дуо-трио, метод многочисленных стандартов, А-не-А, ранговый метод) и *количественные* (метод индекса разбавлений, метод отсчета очков) [8, 20, 34].

Различительные качественные методы основаны на сравнении двух подобных образцов А и В со слабо выраженными различиями и отвечают на вопрос: есть ли разница между оцениваемыми образцами по одному из показателей качества (вкусу, запаху, консистенции и т.д.), но не отвечают на вопрос: какая разница между образцами. К этим методам относятся:

- Дуо-трио («Duo-trio» test по ISO 10399) [37]. Органолептический метод оценки двух пар закодированных проб путем сравнения их с обозначенной стандартной пробой. Применяется в аналитических целях для установления различий по отдельным показателям качества. Для осуществления метода, дегустатор оценивает сначала стандартный образец, а затем два образца, один из которых идентичен стандартному. Два образца комплектуют в виде 6-7 парных проб, которые кодируют. Дегустатору предлагают определить в каждой пробе образец идентичный стандартному.
- Парного сравнения (Paired companion test по ISO 5495) [57]. Этот метод основан на ранжировании 2-х закодированных проб. Метод парного сравнения основан на сравнении 2-х образцов со слабовыраженными различиями. В ходе использования данного метода, дегустатор оценивает 6-8 закодированных пар проб. В парах комплектуют 2 мало различающихся между собой пробы. Во всех парах предлагаются одни и те же пробы, но в произвольной последовательности. Дегустатор определяет в каждой паре пробу с более выраженной степенью выраженности признака. Ответ может состоять в признании образцов одинаковыми или различающимися. За один раз можно оценивать только одно свойство продукта (например, степень выраженности аромата, насыщенность цвета, интенсивность вкуса). Метод парного сравнения удобно использовать для выяснения влияния на качество продукта, какого либо фактора: изменении рецептуры, технологии производства или хранения.
- Дваизпяти («Two from five» test) [22]. Органолептический метод оценки двух образцов продукта, представленных пятью за-

кодированными пробами три из которых идентичны одному образцу, а две – другому, путем разделения проб на две соответствующие группы. Используют для определения слабовыраженных различий.

- Триангулярный (triangle test по ISO 4120) [39]. Триангулярный метод основан на выборе отличающейся пробы из трех закодированных проб, две из которых идентичны. В ходе осуществления метода, дегустатору предлагают сравнить три образца, два из которых идентичны.
- А-не-А («А»-поt-«А» по ISO 8588) [42]. Данный метод органолептической оценки, заключается в идентификации дегустатором опробованных образцов («А» и «не А») в предложенной серии закодированных проб, т.е. дегустатору предлагается после предварительного знакомства со стандартным (А) и отличающимся от него (не А) образцам продуктов, идентифицировать их в серии закодированных проб.
- Ранговый метод (rankordertest по ISO 8587) [41]. Это органолептический метод оценки закодированных проб путем их размещения в ряд по порядку изменения интенсивности или степени выраженности заданной характеристики продукта.

При использовании данного метода дегустатору предлагают беспорядочно поданные закодированные образцы располагать в порядке нарастания или снижения интенсивности оцениваемого признака.

• Метод многочисленных стандартов [56]. Органолептический метод выбора из данной серии того образца, который существенно отличается от стандартных образцов представляющих продукт в нескольких видах (от двух до пяти).

Различительные количественные методы позволяют количественно оценить интенсивность определенного свойства или уровень качества продукта. К этим методам относятся:

- Метод индекса разбавлений (Dilution index method). Предназначен для определения интенсивности запаха, вкуса, окраски продукта по величине предельного разбавления. Используется в основном для жидких продуктов. Позволяет наблюдать изменение того или иного стимула в зависимости от какого либо фактора (условий производства, хранения и выразить в виде абсолютных чисел [20, 21, 50].
- Метод отсчета очков (SCORING test) [22, 41]. Позволяет количественно оценить

качественные признаки продуктов. Метод основан на использовании графической или словесной шкал.

Дегустатору предлагают два образца продукта, для которых оцениваемая характеристика имеет максимальное и минимальное значение и один образец, для которого интенсивность признака неизвестна. При сравнении третьего образца с двумя первыми оценивается относительное значение характеристики и отмечается на шкале перпендикулярным штрихом с учетом расстояния с обоих концов.

Применяется при создании новых продуктов для определения оптимальной величины характеристики продукта.

• Метод scoring позволяет количественно оценить качественные признаки продукта и открывает большие возможности для изучения корреляции между органолептическими свойствами продукта и объективными параметрами, измеряемыми инструментальными методами.

Описательные аналитические методы — это методы качественной оценки каждого из рассматриваемых свойств пищевых продуктов с использованием перечня их качественных характеристик (дескрипторов), стандартизированных и нестандартизированных [17, 20]. В задачу описательных методов входит использование точной терминологии, не допускающей разночтений. К этим методам относятся:

• Непосредственно описательный метод – результаты этого метода включены практически в каждый нормативно-технический документ на пищевые продукты и регламентируют их стандартные органолептические качества. Например, п.4.1.7 ГОСТ Р 53396-2009 «Сахар белый. Технические условия» гласит: По органолептическим показателям продукт должен соответствовать требованиям таблицы 1.

Достоинства этого метода: простота, не требует больших временных, материальных и энергетических затрат.

Приведенные в каждом ГОСТ органолептические показатели качества можно рассматривать как систему ориентиров, которая позволяет быстро определить требуемые показатели качества продуктов при приеме товаров, отнести продукт к тому или иному сорту, категории, а также помогает заготовителям при закупке сельскохозяйственного сырья в системе потребительской кооперации.

Характеристика сахара белого Наименование показателя кристаллического сахарной пудры кускового Цвет Белый, чистый Белый, чистый без пятен и посторонних включений Внешний вид Однородная сыпучая В виде кусков определен-Однородная сыпучая масса масса кристаллов измельченных кристаллов ных размеров Вкус и запах Сладкий, без посторонних привкуса и запаха, как в сухом сахаре, так и в его водном растворе Чистота Раствор сахара должен быть прозрачным, без нерастворимого осадка, механичераствора ских и других примесей

Таблица 1 Органолептические показатели качества сахара белого

Недостатки: отсутствие четкой терминологии для описания сенсорных ощущений. Для решения этого отрицательного свойства описательного метода используют профильный или балловый метод.

• Балловый (Point method) [38, 56] метод – это метод оценки качества пищевых продуктов по нескольким качественным показателям, при котором их оценки, выраженные в баллах, суммируются. Используют для дифференцированного анализа, проводимого высококвалифицированными дегустаторами.

Результаты оценки выражают в виде баллов по условной шкале с возрастающей последовательностью чисел, каждое из которых соответствует определенной интенсивности того или иного показателя качества.

Различают 4 типа шкал [7,23]:

- номинальные цифры или символы служат в качестве условных обозначений для идентификации объектов или свойств данных объектов;
- порядковые цифрами обозначают последовательность объектов или свойств по степени их важности, при этом учитывают определенную связь их между собой;
- интервальные образованные от порядковых, обозначают размеры различий между объектами или свойствами; в этих шкалах расстояния между обозначениями равные и устанавливаются произвольно;
- рациональные так же как и интервальные, отражают соотношение размеров объекта при наличии нулевой точки отсчета.

Чаще всего используются 10, 20 и 100 интервальные балльные системы оценки. Если продукт оценивается по одному качественному показателю, то используется 5-балльная шкала.

При суммировании оценок часто используют коэффициент весомости каждого из качественных показателей. В зарубежной практике метод используется редко, в России является одним из главных методов дегустационного анализа. Метод позволяет установить уровни частичного (по отдельным показателям) и общего (по комплексу показателей) качества.

Органолептическую оценку продукта должен проводить специально обученный коллектив дегустаторов, состоящий из 5-7 человек с проверенной чувствительностью [16, 57, 58].

В настоящее время каждый пищевой продукт оценивается по своей балльной шкале. Например, сыры оценивают по 100-балльной системе, безалкогольные напитки — по 25-балльной, колбасы — по 9-балльной и т. д. Так же имеются специальные каталоги для описания вкуса, запаха, консистенции, рисунка сыров. Например, для Голландского сыра применяют 77 терминов, для масла сливочного — 64. Словарь из 156 терминов для описания вкуса и запаха пива сгруппирован в «колесо вкуса», облегчающее запоминание этих терминов [57,59].

При использовании научно обоснованной балловой системы и соблюдении других основных требований (например, порядок подачи образцов) метод позволяет получить достаточно объективные, надежные, хорошо воспроизводимые результаты [7, 29].

• Профильный (Flavour profile methods по ISO 6564) [40]. Органолептический метод оценки совокупности признаковсвойств: аромата, вкуса, консистенции с использованием предварительно выбранных описательных характеристик. Подразумева-

ет словесное описание и количественное выражение органолептических признаков, оцениваемых в баллах и графически, расположенных по схеме. Характерные нюансы признаков, их интенсивность, порядок проявления оттенков, последействие называется профилем продуктов[23, 38, 40].

Профильный метод основан на том, что отдельные вкусовые, обонятельные и другие стимулы, объединяясь, дают качественно новое определение вкусности продукта. Выделение наиболее характерных для данного продукта элементов вкуса позволяет установить профиль вкусности продукта, а так же изучить влияние различных факторов (технологических режимов, условий хранения, сырья) [8, 17, 29, 53, 54, 55]. Сначала определяют профиль запаха, потом вкуса и консистенции. Затем определяют уровень интенсивности каждого признака (дескриптора). Этот метод можно применять для оценки качества продуктов со сложной характеристикой признаков.

Словесное описание или количественное выражение органолептических признаков, оцениваемых в баллах или графически и расположенных по схеме: характерные оттенки признаков, их интенсивность, порядок проявления оттенков, последствие — называется профилем продукта.

При использовании профильного метода используются различные шкалы:

- *порядковые*, в которых оценка дается в цифрах или точкой на отрезке длиной 10 см;
- *относительные шкалы*, в которых оценка дается по отношению к выбранному стандарту интенсивности характеристик (дескрипторов);
- графические шкалы, в которых оценка дается: в виде графика или ступенчатой диаграммы, где по оси абсцисс откладывают дескрипторы или их номера, а интенсивность ощущения по оси ординат; в виде круговой диаграммы, где число радиусов соответствует числу дескрипторов, а их интенсивность отмечают точкой на радиусе, удаленной от центра; после соединения всех точек получают профиль, в виде лепестковой диаграммы [7, 23, 50].

Последний описанный метод, называемый в зарубежной практике также «профильным», на наш взгляд, является наиболее перспективным и может быть использован при разработке новых продуктов с заданными потребительскими свойствами.

Роль потребительских методов дегустационного анализа в оценке качества и безопасности пищевых продуктов

Одной из современных тенденций развития дегустационного анализа является потребительская сенсорная оценка — важнейший элемент, как маркетинговых исследований, так и оценка качества продукции. Она позволяет определить предпочтения потребителей и понять, какие сенсорные характеристики продукта являются для них предпочтительными, т.е. получить информацию о впечатлении потребителя о продукте.

Методы, направленные на установление реакций потребителей (пользователей продуктов) при оценке определенных образцов, называются потребительскими методами [13, 16,29, 33, 49].

Методы потребительской оценки используют для исследования реакции потребителей на пищевой продукт, например новинку или при внесении изменений в технологию, условия транспортирования или хранения. Данные методы успешно применяются маркетологами для оценки конкурентоспособности торговой марки, оценке восприятия нового продукта [31].

При проведении потребительской оценки дегустаторы оценивают новый продукт, но с измененными рецептурными компонентами или технологическими режимами с продуктом, приготовленным традиционным способом.

Методы потребительской оценки относятся к эмоционально-потребительским (аффективным) методам, которые предполагают привлечение большого количества дегустаторов и включают в себя тесты, позволяющие определить, как потребитель ощущает продукт и реагирует на него и оценить предпочтения, приемлемость, отношение типа «нравится – не нравится» [8].

Реакции потребителя могут быть косвенно связаны с присутствием пли отсутствием специфических признаков. Нравится ли продукт потребителю? Насколько он ему нравится? Какой образец имеет более нежную консистенцию? Предпочитают ли потребители данный продукт настолько, чтобы всегда покупать именно его, а не другие, подобные ему? Является ли данный продукт приемлемым, хотя потребитель предпочитает менее острый?

Дегустаторами в таких исследованиях должны быть потребители продуктов. Групдегустаторов-потребителей должна включать большее количество участников, чем обученная дегустационная комиссия, поскольку заключения, сделанные на основе результатов испытаний в данной группе, должны быть экстраполированы на все население. Участники потребительской дегустационной группы не проходят специального отбора и обучения, за исключением тех случаев, когда определяются демографические профили больших групп населения. Потребительские дегустации направлены на выявление отношения дегустаторов к продукту как побудительной причины для поведения потребителей в целом [31, 39, 56, 58].

К методам потребительской оценки относятся: метод предпочтения, метод ранжирования предпочтений, метод определения приемлемости продукта, метод определения желательности продукта, метод определения «уместности». Методы потребительской оценки основаны в основном на гедоническом принципе «нравится — не нравится» [13, 18, 21, 32, 51].

Потребительская дегустационная комиссия в зависимости от требуемой точности результатов, должна состоять из 30-100 необученных респондентов, относящихся к целевой аудитории потребления продукта, пол и возраст которых зависит от характера дегустации и вкусовых пристрастий [8, 16].

• Метод предпочтения. Применяется для определения предпочтения одного продукта относительно другого на стадии улучшения его характеристик или для определения конкурентоспособности торговой марки. Основывается на интуитивных ответах потребителей и дает полное и исчерпывающее впечатление о предпочтениях целевой аудитории [7,20, 50].

При разработке методов предпочтения большое внимание уделяется максимальному упрощению вопросников, предлагаемых дегустаторам, поскольку они являются обычными потребителями. Наилучшие результаты получены в тех случаях, когда потребителям предлагают простые гедонические шкалы, в которых требуется сделать соответствующие отметки в зависимости от их мнений относительно оцениваемых образцов. Существуют различные типы шкал. Самые простые из них — словесная гедоническая шкала и гедоническая шкала лиц [13, 22].

- Метод ранжирования предпочтений. Применяется для определения возрастания или убывания предпочтений в линейке предложенных образцов. Может применяться не только для комплексной органолептической оценки продукта, но и для оценки изменяемого свойства продукта [7, 8, 21].
- Метод определения приемлемости продукта. Позволяет оценить уровень приемлемости продукта или для выяснения того, почему один товар является более приемлемым, чем другой. В противоположность описательным методам, в методах приемлемости принимают участие потребители, ни в коем случае нельзя привлекать обученных экспертов [16, 22, 29].

Методы приемлемости могут быть использованы:

- для поддержания продукта на рынке, если его доля падает.
- для улучшения или оптимизации продукта.
 - при создании нового продукта.
- Метод определения желательности. Позволяет оценить уровень желательности продукта или изменяемого свойства, когда потребители на основе личных ощущений оценивают свое впечатление при помощи гедонической шкалы. Потребительская желательность является важным критерием оценки качества, однако отношение потребителя к продукту зависит от многих факторов, как субъективных (привычка, предубеждение и т. д.), так и объективных (экономических, реклама) [9, 18, 31].
- Метод определения «уместности». Применяется для оценки эффекта воздействия внешних факторов (время приема пищи, культурные традиции и т.п.), влияющих на органолептическое восприятие потребителей [22,31].

Рассмотренные выше методы дегустационного анализа являются основополагающими и используются в зависимости от поставленных целей и задач [7, 8, 9, 13, 16, 18, 22].

Потенциал дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа

Требованием времени является разработка и применение новых методов дегустационного анализа в пищевой индустрии, позволяющих не только разрабатывать качественные и привлекательные для потребителя продукты, но и быть экономически выгодными для предприятия. Сегодня кроме товароведения, в развитии сенсорных методов заинтересованы и другие отраслевые науки. Технологические пищевые отрасли, маркетинг нуждаются в экспрессных методах анализа органолептических свойств пищевых ингредиентов и готовой продукции, оценке ее потребительских свойств [7, 9, 12, 18].

Огромное значение здесь имеет применение комплексного, экономически эффективного, достаточного простого в обеспечении, дающего богатую информационную базу дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа (ДПМ).

Дескрипторно-профильный метод (ДПМ) – метод количественного отображения совокупности наиболее значимых органолептических признаков пищевого продукта: аромата, вкуса, консистенции в виде графических профиллограмм, с использованием предварительно выбранных дескрипторов [30].

Дескриптор — индивидуальная характеристика пищевого продукта, наиболее ярко отражающая его заданные свойства, позволяющая отличать конкурентные продукты друг от друга. Наиболее значимые дескрипторы вкуса, аромата, текстуры и т.д. формируют панель дескрипторов, котораяотражает сенсорное восприятие продукта в целом.

Предлагаемый дескрипторно-профильный метод является модификацией профильного метода дегустационного анализа.

Применение дескрипторно-профильного метода в области оценки качества

Период наиболее активных отечественных разработок в области органолептического анализа относится к 70-80-м годам 20 века.

Под руководством Г.Л.Солнцевой была построена шкала оценки качества мясных продуктов и разработана методика отбора дегустаторов для мясоперерабатывающей отрасли [27]; разработаны программы тестирования подготовки дегустаторов рыбообрабатывающей промышленности под руководством Т.М. Сафроновой [21]; А.И. Чеботаревым разработана методика по отбору дегустаторов для молочной отрасли [59]; создана комиссия при комитете научно технической терминологии при Академии наук СССР под руководством Р.В.Головни [4, 5].

После развала Советского Союза и в начале периода Перестройки, научная деятельность в направлении методологии органолептического анализа была практически

свернута и только в конце 90-х годов возобновлена в полной мере.

На сегодняшний день лидерами по разработке дегустационных методов оценки качества является Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, Московский государственный университет пищевых производств, Российская экономическая академия имени Г.В. Плеханова, Научно-производственное объединение пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии. Большой вклад в развитие органолептики внесли российские исследователи Солнцева Г.Л., Головня Р.В., Сафронова Т.М., Родина Т.Г., Дуборасова Т.Ю. [6, 8, 27, 21].

Сегодня кроме товароведения, основная функция которого заключается в изучении вопросов связанных с качеством потребительских товаров, в развитии сенсорных методов заинтересованы и другие отраслевые науки. Технологические пищевые отрасли, маркетинг нуждаются в экспрессных методах анализа органолептических свойств пищевых ингредиентов и готовой продукции, оценке ее потребительских свойств [5, 8, 12, 31].

Одним из путей повышения конкурентоспособности продукции является внедрение сенсорного анализа в контроль качества. Программа сенсорного контроля входит составной частью в систему менеджмента качества предприятия в соответствии с международными стандартами ИСО 9000.

Первичной целью программы сенсорного анализа как части контроля качества является измерение степени соответствия сенсорных характеристик продукции стандартам качества.

Программа сенсорного анализа применяется для обнаружения несоответствий продукции в процессе ее производства, а не только на конечном этапе в готовой продукции. Результаты сенсорного анализа могут являться основанием для отбраковки продукции [1, 2, 161].

Огромное значение имеет применение комплексного, экономически эффективного, достаточного простого в обеспечении, дающего богатую информационную базу дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа [5, 9, 11].

Исторически в сенсорном анализе профильный метод использовался для оценки качества пищевых продуктов, когда описа-

тельные характеристики и наглядный профиль были объединены в «качественные суждения» дегустаторов о приемлемости продукта [8, 20]. Посредствам профильного метода дегустационного анализа экспертыдегустаторы идентифицировали дефекты, судили о их серьезности и, соответственно, принимали решения о приемлемости или неприемлемости данного продукта. Этот подход на долгие годы ограничил применимость данного универсального метода для оценки качества и органолептических характеристик для продуктов, где стандарты качества еще не были определены, например, для инновационных продуктов быстрого приготовления, йогуртов, национальных продуктов [15, 29].

Профильный метод дегустационного анализа, используется, в основном, для оценки качества пищевых продуктов сложного состава: например, для оценки качества соусов, кофе, шоколада. Так русскими учеными Родиной Т.Г., Гончаренко О.А [21] составлены профили флейвора коптильных препаратов и ароматизаторов. Многие дегустаторы, привычные к балловому методу, не решаются применять профильный метод, считая его сложным и недостаточно объективным [28, 29]

В отличие от России, за рубежом данный метод считается наиболее перспективным, и получил широкое применение.

Применение дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа при разработке новых продуктов

Разработка продукта-новинки с использованием дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа позволяет сформировать наглядную модель вкусоароматических характеристик данного продукта. Это становится возможным при помощи сравнения вариаций разрабатываемого продукта относительно друг друга и последующим выбором рецептуры, получившей максимальную оценку дегустаторов. Созданные в ходе разработки индивидуальные признаки пищевого продукта (дескрипторы) позволяют менять вкусо-ароматические характеристики продукта в зависимости от их количественной величины.

В 70-е годы XX века ученые, сотрудники компании «Tragon»(США) Sidel J. и Stown H. запатентовали метод количественного профильного анализа, названного ими Qualitative Data Analysis (QDATM) – каче-

ственный анализ данных и ввели в обиход понятие «дескриптор» [36, 47]. Дескриптор, согласно Sidel H. и Stown J. – это индивидуальная характеристика, присущая только этому продукту. Дескрипторно-профильные наглядные исследования можно отнести к наиболее высокоинформативному классу сенсорных испытаний [36].

Эти методы предусматривают количественное отображение наиболее значимых органолептических признаков пищевого продукта, отражающих его индивидуальные качества, в виде графических профиллограмм. Это возможно благодаря использованию набора шкал, каждая из которых предусматривает числовой ответ для воспринятой интенсивности того или иного сенсорного признака. Каждый конкретный дескриптор представляет собой независимый и относящийся только к данному продукту описательный признак. [43, 52]. Созданный соучредителями компании Tragon, доктором Herbert Stone и Joel L. Sidel, метод QDA ^{тм}, используется, чтобы сравнить вкусо-ароматические характеристики пищевых продуктов и их конкурентоспособность.

Самым первым опытом американских ученых было использование «Метода построения ароматического профиля» [36]. Группа специально обученных экспертовдегустаторов делала вывод о составе комплекса ароматов пищевого продукта, интенсивности каждого аромата, очередности их появления. Созданные индивидуальные ароматические профили продуктов подвергались всестороннему обсуждению, и составлялся один профиль, с которым были согласны все дегустаторы.

Количественный дескриптивный анализ позволил привнести аспекты поведенческой методологии потребителя в экспертную сенсорную оценку органолептических свойств продукта и сделать этот метод популярным не только среди дегустаторов, но и среди зарубежных маркетологов.

Методология построения ароматического профиля была дополнена теорией создания дескрипторной модели с моделью количественного определения интенсивности свойств.

Это позволило испытателям совместить методы дегустационной оценки со статистическими расчетами, а последние, в свою очередь, позволили сравнивать продукты между собой [8, 44].

С помощью ДПМ наряду с результатами гедонических исследований в рамках определенного ассортимента продуктов, могут быть выявлены его органолептические преимущества и недостатки, в том числе для сравнения с продукцией конкурентов [26, 43]. При разработке продукта, а так же в целях обеспечения его качества эти методы могут применяться для оценки соответствия заданным целям. [58]. Так ученые А. Кохан и М. Гримм (Германия) при оценке качества десертного шоколада применяли дескрипторно - профильный метод. Ими были выделены четырнадцать признаков-дескрипторов: четыре признака для оценки внешнего вида (блеск на верхней и нижней поверхности, наличие пузырьков, полос и пятен, царапин и потертостей), два признака для оценки запаха (шоколадный какао-аромат и комплекс посторонних тонов), четыре признака для оценки вкуса (горький, сладкий, какао-ароматный привкус): четыре признака для оценки консистенции (трудность укуса, плавящаяся, тонкодисперсная и липкая). Каждый из 14 признаков оценивали по условной 5-балловой шкале. Обобщенные результаты оценок дегустаторов служили для построения профилограмм [25, 43, 48].

За рубежом профильный метод дегустационного анализа до 70 годов XX века использовался в основном для аналитических целей при оценке качества продуктов. С развитием маркетинга этот метод стал применяться и при разработке рецептур новых продуктов, оценке конкурентоспособности пищевых продуктов. В настоящее время за рубежом профильный метод дегустационного анализа применяется:

- для комплексной оценки качества пищевых продуктов;
- для регулирования процессов винификации в соответствии с желаемым вкусоароматическим профилем вин (США);
- оценке качества продуктов сложного состава (шоколад, кофе, чай, соусы);
- при разработке продуктов-новинок такими компаниями как Nestle, Pepsico, Coca Cola, RC Cola, Sweppes, McDonalds и др.;
- при разработке и оценке вкусо-ароматического профиля ароматизаторов такими компаниями как IFF (Франция), Quest (Нидерланды), Dohler (Германия), Frutarom (Израиль), Cargill (США);
- при составлении дефектологических карт пищевого продукта;

- при обучении дегустаторов;
- при контроле стабильности органолептических характеристик пищевого продукта;
- при контроле за изменением качества пищевого продукта в процессе хранения и транспортировки;
- при оценке потребительских реакций и конкурентоспособности пищевого продукта и др.

Предлагаемый дескрипторно-профильный метод имеет большие перспективы в органолептическом анализе благодаря гибкости и возможности приспособить его для решения различных задач производственного или исследовательского характера.

Дескрипторно-профильный метод дегустационного анализа как инструмент маркетинга

Применение инновационных приемов дегустационного анализа, обеспечивающих разработку высококачественных, привлекательных и экономически выгодных продуктов в настоящее время является актуальным. Кроме классических показателей, характерных для продовольственного сектора, связанных с органолептической оценкой, данные приемы учитывают совокупность маркетинговых параметров. Например, рыночная цена, себестоимость продукта, его позиционирование, социально-демографические характеристики [3, 4].

Сенсорная оценка может применяться для позиционирования продукта среди аналогов и оценки его конкурентоспособности, сравнение «старых» продуктов с новыми разработками, сравнение с изделиями конкурентов. Исследования потребительского рынка, изучения поведения потребителей наряду с изучением рынка [13, 19, 31].

Дегустация пищевого продукта осуществляет связь между продуктом и потребителем посредством сенсорных ощущений последнего. В связи с этим понятен огромный интерес специалистов - маркетологов к методам дегустационного анализа, способным приоткрыть завесу тайны над эмоциональным восприятием того или иного продукта. Наряду с оценкой качества, дескрипторно-профильный метод может также успешно применяться при оценке конкурентоспособности пищевого продукта; создания успешного бренда [35, 36]; ребрендинге, требующем корректировки вкусоароматического портрета продукта; разработке, модификации и оптимизации продукта-новинки; позиционировании продукта среди аналогов; сравнении с изделиями конкурентов; исследовании потребительского рынка и поведения потребителей, ценообразовании, оценке конкурентоспособности торговой марки. Алгоритм применения ДПМ в маркетинге представлен на рис. 1.

Таким образом, ДПМ как инструмент маркетинга продовольственных товаров представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, функционирующих с целью решения главной задачи — удовлетворения потребности населения в качественных и доступных продуктах питания.

ДПМ дегустационного анализа открывает обширные возможности в области разработки, оценки и маркетинга, так как позволяет выразить качественные признаки продукта количественно в наглядной и простой форме.

В настоящее время профильный метод дегустационного анализа используется в основном, для оценки качества пищевых продуктов преимущественно сложного состава. Дегустаторы, привычные к балловому методу, применяют профильный метод весьма ограниченно, считая его достаточно сложным. В отличие от России, за рубежом данный метод считается наиболее перспективным, и получил широкое применение.

Предлагаемый дескрипторно-профильный метод является модификацией профильного метода дегустационного анализа.

Дескрипторно-профильный метод (ДПМ) – метод количественного отображения совокупности наиболее значимых органолептических признаков пищевого продукта в виде графических профиллограмм, с использованием предварительно выбранных дескрипторов.

Таким образом, качественные индивидуальные показатели, относящиеся к вкусовым, обонятельным или осязательным стимулам могут быть выражены количественно. По мнению автора, данная методология, дополненная привнесенными в нее практическими навыками, необходима при разработке новых пищевых продуктов, в том числе с заданными свойствами.

Дескрипторно-профильный метод имеет несколько областей применения. Например, он может быть использован на этапе разработки и оптимизации продукта, для разработки стандартов, обеспечения и контроля качества, а также для исследований взаимосвязей между инструментальными и сенсорными измерениями [30].

На рис. 2 представлена сфера применения дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа (ДПМ) на основании изучения отечественной и зарубежной литературы.

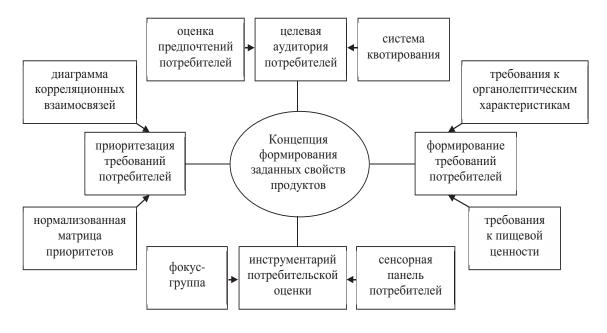


Рис. 1. Модель формирования продуктов ориентированных на потребителя



Рис. 2. Сфера применения дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа

Дескрипторно-профильный метод играет важную роль в жизненном цикле продукта. На стадии разработки новых продуктов, отобранные группы респондентов, представляющие целевой сегмент рынка, высказывают мнение о необходимости новой концепции и её потенциальных рыночных перспективах. Затем происходит разработка продуктов и их оптимизация. Сенсорная оценка является полезным средством для завоевания и удержания устойчивых позиций на рынке. Когда продукт уже завоевал устойчивое положение на рынке, сенсорная оценка может быть полезным инструментом при разработке новых продуктов.

Список литературы

- 1. Бережной Н.Г. Роль современных методов сенсорного анализа при разработке и продвижении новых продуктов на рынке // Молочная промышленность 2005. № 4. С. 34-36
- 2. Востриков С.В. Основы органолептического анализа спиртных, слабоградусных,и безалкогольных напитков / С.В. Востриков, Г.Г. Губрий, О.Ю. Мальцева. М.: Пищевая промышленность, 1998. 219 с.
- 3. Габинская О.С. Значение факторов конкурентоспособности в модели принятия решения о покупке // Пищевая промышленность. 2010. $N\!\!\!\!\!\!\!$ 12. C. 74-75.
- 4. Говорова Н.О. Конкурентоспособность основной фактор развития современной экономики // Проблемы теории и практики управления. 2006. N 4. C. 24-29.
- 5. Головня Р.В. Сенсорный анализ для организации контроля качества традиционных и новых пищевых продуктов. Современные методы анализа пищевых продуктов / Р.В. Головня и др. М: Наука, 1987. 324 с.
- 6. Головня Р.В. Современные тенденции в исследовании компонентов запахов / Р.В. Головня, Т.А. Мишарина // Известия РАН. Серия: химия. 1992. № 6. С. 76-87.
- 7. Голуб О.В. Дегустационный анализ: курс лекций / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2003. 119 с.
- 8. Дуборасова Т.Ю. Сенсорный анализ пищевых продуктов. Дегустация вин: учебное пособие. М.: Издательско-книготорговый центр "Маркетинг", 2001.-237 с.

- 9. Заворохина Н.В. Дегустационные методы анализа как инструмент маркетинга при разработке новых пищевых продуктов / Н.В. Заворохина, Чугунова О.В // Пищевая промышленность. -2008. -№ 7. C. 14-21.
- 10. Заворохина Н.В. Применение дескриптивно-профильного анализа в разработке напитков брожения / Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова // Пиво и напитки. 2008. № 2. С. 16-22.
- 11. Заворохина Н.В. Сенсорный анализ в формировании качества пищевых продуктов / Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова / Наука агропромышленному производству и образованию: материалы международной научно-практической конференции, г. Троицк. Троицк, 2006. С. 30-34.
- 12. Заворохина Н.В. Дегустационный анализ в оценке качества напитков / Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова / Современные проблемы товароведения и экспертизы потребительских товаров, экономики АПК и обществоведения: материалы международной научно-практической конференции, г. Троицк. Троицк: УГАВМ, 2007. С. 26-28.
- 13. Кантере В.М. Потребительская оценка продуктов важнейшая составляющая маркетинговых исследований / В.М. Кантере, В.А. Матисон, М.А. Фоменко // Пиво и напитки. 2004. N 5. C. 18-28.
- 14. Николаева М.А. Идентификация и обнаружение фальсификации продовольственных товаров / М.А. Николаева, М.А Положишникова. М.: ФОРУМ, 2009. 464 с.
- 15. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база / П.Б. Оттавей / пер. с англ. СПб.: Профессия, 2010. 312 с.
- 16. Органолептические методы оценок пищевых продуктов: Терминология / отв. ред. Р.В. Головня. М.: Наука, $1990. C.\ 24-27.$
- 17. Перлович М.Ю. Новые технологии создания вкуса, цвета и аромата пищевых продуктов. М.: Наука, 2004. 117 с.
- 18. Покровский А.В. Краткий обзор современных международных методов органолептического анализа / А.В. Покровский, Е.А. Смирнов, С.В. Колобродов, И.М. Скурихин / пер. с англ. М.: МГУПП, 1999. 301 с.
- 19. Полыганина Г.В. Основы дегустации и сертификации водок и ликероводочных изделий / Г.В. Полыганина, И.И. Бурачевский. М.: Колос, 1999. 203 с.
- 20. Родина Т.Г. Разделы учебника «Товароведение и экспертиза продовольственных товаров»: учебник для вузов / под ред. Л.Г. Елисеевой. М.: МЦФЭР, 2006. С. 87-131; С. 700-780
- 21. Родина Т.Г. Дегустационный анализ продуктов / Т.Г. Родина, Г.А. Вукс М.: КолосС, 1994. 312 с.

- 22. Родина Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров. М.: Академия, $2004.-208~\mathrm{c}.$
- 23. Родина Т.Г. Справочник по товароведению продовольственных товаров / Т.Г. Родина, М.А. Николаева, Л.Г. Елисеева [и др.]; под ред. Т.Г. Родиной. М.: КолосС, 2003.-608 с.
- 24. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. М.: Наука, 2001. 326 с.
- 25. Смирнова Е.А. Система обеспечения сенсорного качества / Е.А. Смирнова, Л.В. Беркетова, С.А. Хуршудян // Пищевая промышленность. 2010. № 5. С. 34-35.
- 26. Снегирева И.А. Методы проверки сенсорной чувствительности дегустаторов: учебное пособие / И.А. Снегирева, О.И. Соловьева. М.: Издание М КомИ, 1990. 214 с.
- 27. Солнцева Г.Л. Разработка рациональных шкал органолептической оценки качества мяса и мясопродуктов для производственных и научно-исследовательских целей / Г.Л. Солнцева, Г.П. Динарева. М.: Изд-во ВНИИМП, 1970. № 23. –С. 36-45
- 29. Тильгнер Д.Е. Органолептический анализ пищевых продуктов. М.: Пищепромиздат, 1962.-476 с.
- 30. Чугунова О.В. Использование методов дегустационного анализа при моделировании рецептур пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами: монография / О.В. Чугунова, Н.В. Заворохина; М-во образования и науки РФ, Урал. гос. экон. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. 2010. 134 с.
- 31. Чуровский С.Р. Дегустация как метод продвижения продовольственных товаров // Маркетинг в России и за рубежом. -2002. -№ 2. С. 42-49.
- 32. Шидловская В.П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов: справочник. М.: Колос, 2000. 280 с.
- 33. Эрл М. Разработка пищевых продуктов / М. Эрл, А. Эрл, А. Андерсон: пер. с англ. В. Широкова; под общ. ред. Ю.Г. Базарновой. СПб.: Профессия, 2004. 384 с.
- 34. Csapo J. Tofu-Posfai and Zs. Optimization of hydrolysis at determination of amino acid content in Food and Feed Product // Acta Alimentaria. 1986. Vol. 15(1). P. 3-21.
- 35. Hague Paul, Jackson Peter. Marketing Research in Practice. 1992. 315 p.
- 36. Stone H. Sensory Evaluation: Science and Mythology / Wine Research. − 2005. − № 8. − P. 47-56.
- $37.\ ISO\ 11036-1994\ Sensory\ Analysis- Methodology.$ Texture profilt.
 - 38. ISO 4120 1983 Sensory Analysis Methodology.
- 39. ISO 4121 1987 Sensory Analysis Methodology. Evalution of food products by methods using scales.

- 40. ISO 6658 1985 Sensory Analysis General guidance.
- 41. ISO 8587 1988 Sensory Analysis Metodology. Ranking.
- $42.\,\mathrm{ISO}\,8588\,1987$ Sensory Analysis- Metodology. "A" not "A" test.
- $43.\,J.$ Robichaud, R.N. Cracking the Consumer Code / H. Bleibaum, H. Thomas. / Linking Winemakers to Consumers to Increase Brand Loyalty // Proceedings of the 13th Australian Wine Industry Technical Conference. -2005.-312 p.
- 44. Kohan A., Grimm M. Die sensorische Profilmetode // Lebensmittelindustrie. 1985. N94. P. 14-27.
- 45. Lawless H.T. Heymann H. Sensory evaluation of food. Principles and practices. An Aspen Publication. 1999. 450 p.
- 46. Meilgaard M., Civille G.V., Carr B.T. Sensory evaluation techniques. 2nd edition. New York: CRC press, Boca Ration. 1991. 240 p.
- 47. Mc Daniel M.Sensory Evaluation of Food Flavors / Characterization and measurement of flavor compounds. 1985. №4 P. 117-140.
- 48. Molnar P. Sensory Evaluation of Food. 1. Scoring Method: ISO/TC 34/SC 12 "Sensory Analysis". Budapest, 1982. 256 p.
- 49. Munoz A.J., Civille G.V., Carr B.T. Sensory evaluation in Quality Control. Van Nostrand Reinhold. New York, 1992. 320 p.
- 50. Pompei C. Percezione e valutazione organolettica delle proprieta mecaniche degli alimenti / Industria Cjnserve. − 1979. − № 8. − P. 12-18.
- 51. Resurreccion A.V.A. Consumer sensory testing for product development. The University of Georgia An Aspen Publication, 1998. P. 456-386.
- 52. Robinson M.F. The moonstone: more about selenium // j. Hum. Nutr. $-\,1976.-Vol.\,30.-P.\,79-91.$
- 53. Stene H., Sidel J.L. Affective testing. In Sensory Evaluation Practices, 2nd edition. New York: Academic Press, 1993. 124 p.
- 54. Surmacka A. Szczesniak. Sensory texture proffiling-historical and scientific perspectives // Food Technology. − 1998. − № 8. − P. 14-16.
- 55. Ward C.D.W. Effect of physicochemical and sensory properties on functionality and consumer acceptance of snack chips formulated with cowpea, corn, and wheat flour mixtures. Ph.D. dissertation. University of Gergia, Athens, GCA, 1995. 412 p.
- 56. ГОСТ Р ИСО 3972-2005. Органолептический анализ. Методология. Метод исследования вкусовой чувствительности. М.: Изд-во стандартов, 2005. 16 с.
- 57. ГОСТ Р ИСО 5495-2005. Органолептический анализ: словарь. М.: Изд-во стандартов, 2005.-10 с.
- 58. ГОСТ Р ИСО 5496-2005. Органолептический анализ. Методология. Обучение испытателей обучению и распознаванию запахов. М.: Изд-во стандартов, 2005. 12 с.
- 59. Дегустация пищевых продуктов. URL: http://food2000.ru

УДК 629.05+629.13+681.13

ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Щипицын А.Г.

Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, e-mail: ags477893@mail.ru)

Приведён краткий обзор работ автора, аспирантов, соискателей и научных сотрудников Национального исследовательского Южно-Уральского государственного университета в рамках проблемы «Математические модели синтеза инерциальных навигационных систем». Наиболее существенные результаты работ по указанной проблеме в силу объективных и субъективных обстоятельств были получены в интервал времени с 1980 по 2010 год. Решения большинства задач в рамках этой проблемы базируются на идеях повышения точности и построения инерциальных навигационных систем, защищённых авторскими свидетельствами и патентами. В рамках указанной проблемы решаются задачи математических, алгоритмических и программных разработок анализа и синтеза автономных и корректируемых инерциальных навигационных систем их элементов для объектов ракетно-космического назначения. Перечислены основные направления работы в рамках рассматриваемой проблемы, исследования по которым проведены как отдельно по каждому из них, так и в сочетаниях друг с другом. Дано краткое содержание каждого направления с соответствующими ссылками на список литературы. В заключении сформулированы основные результаты выполненных работ и указаны перспективные направления для продолжения работы по рассматриваемой проблеме.

Ключевые слова: объект, инерциальная навигационная система, точность, анализ, синтез, калибровка, диагностика, начальная выставка, массо-геометрические характеристики, оптимальное управление, оптимальная фильтрация, математическое описание, алгоритм, программа.

OBJECTIVES AND RESULTS INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS Shchipitsyn A.G.

National Research South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: ags477893@mail.ru)

A brief review over of works of author, graduate students, competitors and research workers of the National research South-Ural state University is given within the framework of problem the "Mathematical models of synthesis of inertial navigation systems". The most substantial results of works on indicated issue by virtue of objective and subjective circumstances have been received in the time interval from 1980 to 2010. Most tasks within this problem are based on ideas of accuracy and build inertial navigation systems, are protected by copyright certificates and patents. Problems of mathematical, algorithmic and software developments analysis and synthesis of Autonomous and corrected inertial navigation systems and their elements for the objects of rocket and space assignment are solved in the framework of this problem. The main areas of work listed in the present problem, in which research is carried out both separately for each of them, and in combinations with each other. Summary of each direction with the corresponding references in the bibliography is given. The main results of work performed are stated in the conclusion and future directions to continue work on the problem under consideration is specified.

Keywords: object, inertial navigation system, accuracy, analysis, synthesis, calibration, diagnostics, initial exhibition, the mass and geometric characteristics, optimal control, optimal filtration, mathematical description, algorithm, program.

Введение

В данной статье изложен краткий обзор работ автора, аспирантов, соискателей и научных сотрудников Национального исследовательского Южно-Уральского государственного университета в рамках проблемы «Математические модели синтеза инерциальных навигационных систем». Наиболее существенные результаты работ по указанной проблеме в силу объективных и субъективных обстоятельств были получены в интервал времени с 1980 по 2010 год, что и отражено в данной обзорной статье. Решения большинства задач в рамках этой проблемыбазируются на идеях повышения точности и построения инерциальных навигационных систем (ИНС) и бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС), защищённых авторскими свидетельствами и патентами. В рамках указанной проблемы решаются задачи разработок математических, алгоритмических, программных обеспечений и имитационных моделей анализа и синтеза автономных и корректируемых ИНС и БИНС и их элементов для объектов ракетно-космического назначения.

В изобретениях [1, 2, 4,18] зафиксирована идея по способам автономного повышения точности инерциальных навигационных систем путём оптимального разворота блока неидеальных акселерометров относительно стабилизированной платформы или оптимального разворота относительно объекта неидеального блока инерциальной информации (БИИ), состоящего из трёх акселерометров и трёх датчиков угловой скорости. Критерии оптимальности разворота: минимум суммарной погрешности навигационной информации в конечный момент времени или в текущий момент времени движения объекта. При выполнении математического описания для указанных изобретений использован аппарат оптимального управления.

В изобретениях [20, 21] по способам построения инерциальных навигационных систем зафиксирована идея уменьшения количества инерциальных датчиков в системе путём принудительного вращения акселерометра относительно стабилизированной платформы или принудительного вращения относительно объекта двух датчиков, один из которых – акселерометр, второй – датчик угловой скорости. Если в дополнение к этим способам установить на оси вращения дополнительные датчики, то измеряемая ими информация и её обработкапозволит получить избыточнуюинерциальную информацию с целью использования её для повышения точности навигационной информации. Область применения таких систем ограничивается объектами с медленно-меняющимися или с программно-меняющимися кинематическими характеристиками (КХ).

В изобретениях [4, 5, 19] по инерциальным датчикам зафиксирована идея создания двухрежимных и двухфункциональных датчиков, которые либо поочерёдно, либо одновременно выдают информацию о компонентах вектора кажущегося ускорения и вектора абсолютной угловой скорости объекта. Использование этого датчика в системах, построенных согласно способам [20, 21], позволяет создать БИНС, построенную на одном таком датчике.

Далее перечислены основные направления работы в рамках рассматриваемой проблемы, исследования по которым проведены как отдельно по каждому из них, так и в сочетаниях друг с другом. Дано краткое содержание каждого направления с соответствующими ссылками на список литературы, который включает в себя, примерно, половину общего списка литературы автора и соавторов по рассматриваемой проблеме за указанный интервал времени,

Калибровка

Задача калибровки неидеальных инерциальных датчиков является актуальной в случае, когда в течение интервала времени навигации объекта необходимо повышать точность инерциальной информации путём

алгоритмической компенсации погрешностей этих датчиков при условии задания их математических моделей погрешностей. В этом случае перед навигацией объекта определяют коэффициенты моделей погрешностей неидеальных инерциальных датчиков используемой ИНС на основе информации с инерциальных датчиков более точной ИНС. Так как используемая ИНС и более точная ИНС могут располагаться в разных местах относительно движущегося объекта и их БИИ могут быть по разному ориентированы относительно объекта, то задача калибровки датчиков используемой ИНС сводится к согласованию её информации с информацией более точной ИНС, а математическое описание для этой задачи включает систему алгебраических уравнений относительно определяемых коэффициентов моделей погрешностей датчиков. Результат решения задачи калибровки – это 1) алгоритм для бортового компьютера (БК) определения коэффициентов моделей погрешностей датчиков используемой ИНС на основе информации более точной ИНС и 2) определение погрешностей калибровки, если более точную ИНС нельзя полагать идеальной по сравнению с используемой [9, 63, 64, 92, 95].

Диагностика

Задача диагностики неидеальных инерциальных датчиков является актуальной в случае, когда в течение интервала времени навигации объекта могут возникать информационные нарушения в работе того или иного датчика ИНС. Датчик с недостоверной информацией необходимо своевременно распознать, отключить измеряемую им информацию от системы и переключить на получение необходимой информации с дублирующего нормально работающего датчика. Вводится критерий информационного нарушения датчика. Математическое описание для решения этой задачи выполнено с использованием нейросетевого подхода. Результат решения задачи - это имитационная модель алгоритма для БК обнаружения информационных нарушений инерциальных датчиков ИНС [8, 10, 11, 12, 14, 82].

Начальная выставка

Задачи начальной выставки БИНС заключаются в определении параметров ориентации объекта относительно Земли в начальный момент времени его навигации и в определении требований к точностным характеристикам инерциальных датчиков при заданном требовании к точности начальной выставки. Для решения этих задач выполняется математическое описание, которое включает:

- 1) систему алгебраических уравнений относительно параметров ориентации блока инерциальной информации (БИИ) относительно Земли, в правых частях которых измеряемые компоненты вектора кажущегося ускорения и вектора абсолютной угловой скорости;
- 2) систему алгебраических уравнений относительно погрешностей параметров ориентации, в правых частях которых погрешности указанных выше измеряемых компонент векторов. Решения этих систем доставляют решения задач начальной выставки [57, 93, 96, 97].

Функционирование

Для решения задач синтеза функционирования БИНС задаётся точка на объекте, которая далее называется полюсом, для которой осуществляется навигация объекта и являющейся началом заданной связанной с объектом системы координат, а также задаётся критерий качества функционирования БИНС. Выполняются математические описания, составляются алгоритмы, разрабатываются программы и имитационные модели получения навигационной информации об ориентации объекта (направляющих косинусах от земной системы координат к объектной системе координат), движении объекта (проекций вектора скорости полюса объекта в земной системе координат) и положении объекта (проекций радиуса-вектора полюса объекта в земной системе координат) на основе измеряемой информации с инерциальных датчиков с привлечением априорной информации о гравитационном поле Земли, вращении Земли и начальныхориентации, движении и положении объекта относительно Земли. Результаты этих исследований: 1) определение метода численного интегрирования дифференциальных уравнений функционирования БИНС, при котором удовлетворяется критерий качества; 2) определение таких характеристик БК, как объём памяти и быстродействие; 3) контроль работы алгоритма функционирования при загрузке его в БК на основе разработанной имитационной модели этого алгоритма [7, 27, 30, 32, 35, 37, 43, 51, 52, 53, 54, 55, 68, 78, 80, 87, 89, 90, 94].

Точность в узком смысле

Для решения задач точностного синтеза БИНС в узком смысле вводится критерий точности системы для данного класса объектов, задаётся информация о структуре погрешностей инерциальных датчиков, выполняется математическое описание в рамках стохастического подхода, составляются алгоритмы и разрабатываются программы с целью определения допустимыхв смысле принятого критерия точности системы погрешностей инерциальных датчиков и определения допустимых погрешностей требуемой априорной информации. Результаты этих исследований заключаются в выборе имеющихся инерциальных датчиков для БИНС с критерием точности по данному классу объектов, удовлетворяющих найденным допустимым погрешностям, или открывается вопрос о разработки новых инерциальных датчиков требуемой точности [37, 38, 40,41, 47,52, 55, 68, 84, 85, 89, 98, 99].

Точность в широком смысле

Задачи точностного синтеза БИНС в широком смысле - это задачи автономного повышения точности БИНС. Для их решения вводится критерий точности БИНС для данного класса объектов и задаётся информация о структуре погрешностей инерциальных датчиков. Критерий точности БИНС минимизируется структурно-алгоритмическими способами. Рассмотрены такие способы, как оптимальная неподвижная выставка БИИ относительно объекта, принудительное вращение БИИ относительно объекта, оптимальный разворот БИИ относительно объекта и оптимальная фильтрация информации, измеряемой БИИ. Для выполнения математических описаний использован стохастический подход и аппараты минимизации функции нескольких переменных, оптимального управления и линейной оптимальной фильтрации. Результаты решения задач - это количественные эффекты повышения точности БИНС, алгоритмы обработки информации неидеальных датчиков, минимизирующие критерий точности БИНС для указанных способов, а также параметры структуры БИНС, реализующие эти способы [6,13, 15, 23, 24, 52, 56, 58, 59, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 79, 81, 84, 101].

Коррекция

Задача коррекции БИНС актуальна в случае, если в течениеинтервала времени её

автономного функционирования накопленные погрешности навигационной информации в смысле принятого критерия точности превышают допустимые значения. В этом случае используют неавтономные средства для доставки в заданные моменты времени в БК БИНС более точной навигационной информации, отбрасывая при этом навигационную информацию с накопленными погрешностями. Неавтономные средства – это астронавигационная система (АНС) и (или) спутниковая навигационная система (СНС). Для математического описания функционирования БИНС с коррекцией от АНС и (или) СНС используется аппарат оценивания переменных навигационной информации на основе методов линейной оптимальной фильтрации. Синтез функционирования корректируемой БИНС заключается в разработке имитационной модели алгоритма корректируемого функционирования и определения требований к объёму памяти и быстродействию БК, которые будут более жёсткими по сравнению с аналогичными требованиями к БК автономной БИНС. Точностный синтез корректируемой БИНС заключается в определении требований и к погрешностям БИИ, и к погрешностям информации, получаемой от АНС и (или) СНС [16, 17, 25, 26, 28, 29, 31, 33, 34, 36, 83, 88, 100].

Динамика и МГХ объекта

Целью исследования динамики объекта, для навигации которого разрабатывается БИНС, является получение имитационных моделей инерциальных датчиков БИНС на основе информации о моментно-силовых характеристиках (МСХ), массо-геометрических характеристиках (МГХ) и начальных условиях об ориентации, движении и положении объекта относительно Земли. БИНС генерирует информацию о кинематических характеристиках (КХ) объекта для системы управления этим объектом. Реальные объекты ракетно-космического назначения в общем случае имеют переменные во времени МГХ: массу, три проекции радиуса-вектора центра масс, три осевых и три центробежных момента инерции в связанной с объектом системе координат. Качественное управление объектом зависит от величин указанных МГХ. Поэтому актуальной является задача определения переменных во времени МГХ объекта. При условии наличия информации об МСХ объекта показано, что задача определения его МГХ имеет решение. Выполнение математического описания для её решения базируется на уравнениях динамики объекта, переписанных в виде систем дифференциальных уравнений относительно переменных МГХ, в правые части которых входят КХ объекта, получаемые от БИНС и заданные его МСХ. Набор указанных уравнений с присоединением уравнений функционирования БИНС и их решения с учётом некоторых особенностей обеспечивают решения рассматриваемой задачи. Следует отметить, что решение этой задачи требует дополнительных вычислительных ресурсов, которые для современных БК являются реальными. Другими словами, повышение качества управления объектом покупается ужесточением требований к БК. Если такие требования окажутся реальными и могут быть ещё жёстче, то при априорно заданных программно-меняющихся МГХ объекта для решения рассматриваемой задачи может быть использован математический аппарат теории линейной оптимальной фильтрации для оценивания переменных МГХ с целью повышения точности их определения [22, 39, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 61, 73, 74, 86, 91].

Заключение

- 1. Разработки по способам автономного повышения точности ИНС путём оптимального разворота БИИ относительно объекта использованы при создании систем управления БРПЛ и обеспечили эффект повышения точности до 50%, за счёт чего был сэкономлен испытательный пуск БРПЛ в 1990 г. и в дальнейшем этот способ был использован при создании систем управления указанными объектами.
- 2. Математическое, алгоритмическое и программное обеспечение синтеза БИНС используется для поддержки принятия решений при разработке этих систем на предприятиях НПО автоматики (г. Екатеринбург), Хартрон (г. Харьков), Ижевский механический завод (г. Ижевск), Миасский электромеханический НИИ (г. Миасс Челябинской области), а также в преподавании профильных дисциплин учебного процесса кафедр приборостроения и систем управления Национального исследовательского Южно-Уральского государственного университета.
- 3. В работе по рассматриваемой проблеме приняли участие 67 сотрудников (47 из Национального исследовательского Южно-

Уральского государственного университета, остальные — из других организаций $P\Phi$), в том числе 6 докторов технических наук и 17 кандидатов технических наук.

- 4. Опубликованы 222работы, в том числе 13 патентов и авторских свидетельств на изобретения, 8 свидетельств о регистрации электронных ресурсов, 12 монографий и учебных пособий, 143 статьи в сборниках научных трудов вузов и профильных НПО и НИИ,46 отчётов о НИР, из которых 6 по грантам Министерства образования и науки РФ, остальные по заказам профильных предприятий.
- 5. Защищены пять кандидатских диссертаций, выполненных под научным руководством автора данной обзорной статьи: получили дипломы кандидатов технических наук Шафранюк А.В., Хаютин А.М., Шалимов Л.Н., Кондратов А.А., Деева А.С. Эти учёные в настоящее время продолжают работы по рассматриваемой проблеме.
- 6. Наиболее перспективные направления дальнейших исследований по проблеме, по мнению автора, это работы по решению задач указанного выше раздела «Динамика и МГХ объекта», конечным результатом которых является повышение качества управления движением высокоскоростных и высокоманевренных объектов путём расширения функциональных возможностей автономных БИНСпри использовании современных достижений инерциальных и компьютерных технологий с учётом дополнительной априорной информации о характеристиках таких объектов.

Список литературы

- 1. Авт.св. № 587763, 14.09.77.
- 2. Авт.св. № 601995, 14.12.77
- 3. Авт.св. № 627699, 14.06.78.
- 4. Abt.cb. № 753243, 7.04.80.
- 5. Авт.св. № 809940, 03.11.80.
- 6. Андрулов А.И., Щипицын А.Г. Подход к разработке математической модели прогибов корабля для задачи алгоритмического повышения точности навигационной системы автоматической посадки самолета: сб. научн. тр. ЮУрГУ «Информационно-измерительные и управляющие системы и устройства». Челябинск: ЮУрГУ, 2000. С. 72-83.
- 7. Бельский Л.Н. Система поддержки принятия решений при разработке бесплатформенных инерциальных навигационных систем для объектов одного класса / Бельский Л.Н., Дерюгин С.Ф., Шалимов Л.Н., Щипицын А.Г., Фокин Л.А. / Материалы XXIV конференции памяти Н.Н. Острякова // Гироскопия и навигация. 2004. N2. С. 93.
- 8. Деева А.С. Щипицын А.Г. Контроль и диагностика избыточной инерциальной навигационной системы // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». Вып. 5. № 7(79). Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. С. 12-17.

- 9. Деева А.С., Щипицын А.Г. Калибровка акселерометра и гироскопа на неподвижном относительно Земли основании с использованием аппарата нейронных сетей: сб. научн. тр. «Информационные системы и устройства». Челябинск: Изд-воЮУрГУ, 2007. С. 77-80.
- 10. Деева А.С., Щипицын А.Г. Контроль и диагностика информационных нарушений инерциальных навигационных систем с использованием банка вероятностных нейронных сетей // Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № ОФАП 10952 от 01.07 2008.
- 11. Деева А.С., Щипицын А.Г. Математическое и алгоритмическое обеспечение диагностики инерциальных навигационных систем на основе нейросетевого подхода // Материалы 60-й юбилейной научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. С. 22-24.
- 12. Деева А.С., Щипицын А.Г. Методы контроля и диагностики информационных нарушений инерциальных навигационных систем // Вестник ЮУрГУ. Серия КТУР. Вып. 11. № 2(178). 2010. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. С. 21-25.
- 13. Деева А.С., Щипицын А.Г. Повышение точности инерциальной информации оптимальной выставкой датчиков в БИНС: материалы XXIV конференции памяти Н.Н. Острякова // Гироскопия и навигация. 2004. № 4. С. 92.
- 14. Деева А.С., Щипицын А.Г. Результаты функционирования имитационной модели диагностики инерциальных навигационных систем на основе нейросетевого подхода: материалы 61-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2009. С. 73-78.
- 15. Егоров К.В., Щипицын А.Г. Об одном автономном способе повышения точности инерциальных навигационных систем: сб. науч. тр. «Приборы и устройства САУ». М.: НТО НИИП, 1977. № 6. С. 13-18.
- 16. Кондратов А.А., Кривоноженков В.А., Щипицын А.Г. О построении модели БИНС объекта одного класса с неинвариантными алгоритмами обработки информации // Вестник ЮУрГУ. Серия КТУР. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. Вып. 7. № 3(103). С. 12-15.
- 17. Кондратов А.А., Щипицын А.Г. Результаты моделирования в задачах синтеза функционирования и точности бесплатформенной инерциальной навигационной системы объекта одного класса // Материалы 62-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. С. 221-226.
 - 18. Патент РФ № 1426192, 22.05.88.
 - 19. Патент РФ № 1517486, 22.06.89.
 - 20. Патент РФ № 2257547, 27.07.2005.
 - 21. Патент РФ № 778455, 14.07.80.
- 22. Слепова С.В., Щипицын А.Г., Шахина М.А. Задача определения параметров геометрии масс тела на основе измеряемых характеристик его движения // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12 (часть 3). С. 442-445.
- 23. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Бесплатформенные ИНС для высокоточной околоземной навигации и спутниковой геодезии: анализ функционирования и погрешностей // Известия РАН. Теория и системы управления. 2008. № 3. С. 133-145.
- 24. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Об одном случае аналитической интегрируемости нестационарного матричного обыкновенного дифференциального уравнения // Дифференциальные уравнения. -2008. Т. 44, № 9. С. 1290-1292.
- 25. Фокин Л.А. Научно-технические, образовательные и HR-факторы эффективной разработки интегрированных навигационных систем / Фокин Л.А., Садов В.Б., Шахина М.А., Щербаков В.П. // Вестник ЮУрГУ. Сер. КТУР. Челябинск: Издат. Центр ЮУрГУ, 2011. Вып. 14. № 23. С. 26-29.

- 26. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Задачи разработки интегрированной инерциально-астро-спутниковой навигационной системы. // Материалы 60-й юбилейной научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. С. 125-130.
- 27. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. К задаче разработки удалённой базы данных инерциальных датчиков: сб. науч. тр. «Системы управления и информационные технологии». Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. С. 190-194.
- 28. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Методы пространства состояний в задаче синтеза слабосвязанной инерциальноспутниковой навигационной системы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». -2006. Вып. 4. № 14 (69). С. 148–155.
- 29. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Моделирование и синтез точности сильносвязанной интегрированной инерциально-астро-спутниковой навигационной системы // 7-я международная конференция «Авиация и космонавтика 2008»: тезисы докладов. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. С. 148.
- 30. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Моделирование решения навигационной задачи бесплатформенной инерциальной навигационной системой: сб. науч. тр. II научно-технической конференции молодых специалистов НПОА. Ракетно-космическая техника. Системы управления ракетных комплексов. Екатеринбург, 8–9 апреля 2004 г. Екатеринбург, 2004. Вып. 1. Ч. 2. С. 63-69.
- 31. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Модель погрешностей для задачи интегрирования бесплатформенной инерциальной и спутниковой навигационных систем // Труды XXVI Российской школа по проблемам науки и технологий. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С. 238-240.
- 32. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. О распространённых постановках и способах решения задач навигации БИНС: сб. науч. тр. «Интеллектика, логистика, системология». Челябинск: Изд-во ЧНЦ РАЕН, РУО МАИ, ЧРО МАНПО, ЧРО МААНОИ, 2006. Вып. 16. С. 41-50.
- 33. Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Подходы к решению задач повышения точности информации об ориентации в инерциально-спутниковых навигационных системах: материалы XXIV конференции памяти Н.Н. Острякова // Гироскопия и навигация. -2004. № 4. -C. 88.
- 34. Фокин Л.А., Щипицын А.Г., Козлов А.В. Структура погрешности временного обеспечения космического сегмента спутниковой навигационной системы: сб. научн. тр. III научно-технической конференции молодых специалистов НПОА. Ракетно-космическая техника. Системы управления ракетных комплексов. Екатеринбург, 10-11 апреля 2006 г. Екатеринбург, 2006. Вып. 1. Ч. 1. С. 105-116.
- 35. Фокин Л.А., Щипицын А.Г., Разнополов К.О. Имитационное моделирование функционирования бесплатформенной инерциальной навигационной системы: сб. научн. тр. «Интеллектика, логистика, системология». Челябинск: Изд-во ЧНЦ РАЕН, РУО МАИ, ЧРО МАНПО, ЧРО МААНОИ, 2003. Вып 12. С. 96-103.
- 36. Фокин Л.А., Щипицын А.Г., Разнополов О.А. Математическая модель интегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы объекта космического назначения: сб. научн. тр. III научно-технической конференции молодых специалистов НПОА. Ракетно-космическая техника. Системы управления ракетных комплексов. Екатеринбург, 10-11 апреля 2006 г. Екатеринбург, 2006. Вып. 1. Ч. 1. С. 132-143.
- 37. Шалимов Л.Н. Автономные бесплатформенные инерциальные навигационные системы: Анализ функционирования и точности / Л.Н. Шалимов, А.Г. Щипицын, Л.А. Фокин, М.А. Шахина. Челябинск: Издательский центр ЮУргГУ, 2010. 228 с.
- 38. Шалимов Л.Н., Фокин Л.А., Щипицын А.Г. Прикладной программный продукт анализа и синтеза точности

- бесплатформенных инерциальных навигационных систем // Авиакосмическое приборостроение. 2005. № 12. С. 15-21.
- 39. Шалимов Л.Н., Щипицын А.Г. Подход к построению математической модели движения объекта управления // Труды XXXIV Уральского семинара «Механика и процессы управления». Т. 2. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. С. 263-268.
- 40. Шалимов Л.Н., Щипицын А.Г., Фокин Л.А. Имитационный комплекс анализа и синтеза точности бесплатформенных инерциальных навигационных систем // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2004. Вып. 3. № 9 (38). С. 89-93.
- 41. Шалимов Л.Н., Щипицын А.Г., Фокин Л.А. Методика автоматизированного синтеза точности БИНС при случайных погрешностях измерительной и априорной информации // Труды XXVI Российской школы по проблемам науки и технологий. Миасс, 2006. С. 53.
- 42. Шалимов Л.Н., Щипицын А.Г., Щипицына М.А. Математическое описание функционирования бесплатформенной инерциальной навигационной системы для объекта ракетно-космического назначения: сб. научн. тр. научно-технической конференции молодых специалистов НПОА «Ракетно-космическая техника. Системы управления ракетных комплексов», Серия XI. Часть 1. Екатеринбург: НПОА, 2008. С. 72-81.
- 43. Шафранюк А.В., Щипицын А.Г. Построение и классификация сканирующих инерциальных навигационных систем: сб. научн. тр. «Информационные, измерительные, управляющие и радиоэлектронные системы и устройства. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. С. 125-137.
- 44. Шахина М.А. Задача определения массогеометрических характеристик по информации бесплатформенной инерциальной навигационной системы: материалы первой научной конференции аспирантов и докторантов «Научный поиск». Технические науки. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2009. С. 227-231.
- 45. Шахина М.А., Устюгов М.Н. О возможности определения переменных массогеометрических характеристик объекта по информации бесплатформенной инерциальной навигационной системы: материалы 61-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции техн. наук. Т. 2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2009. С. 53-56.
- 46. Шахина М.А., Устюгов М.Н. Приближение заданных таблично функций времени массогеометрических характеристик объекта одного класса: материалы 62-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т.2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. С. 232-236.
- 47. Шахина М.А., Шалимов Л.Н. Математическое описание анализа точности автономной бесплатформенной инерциальной навигационной системы: материалы 61-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции техн. наук. Т. 2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2009. С. 57-59.
- 48. Шахина М.А., Щипицын А.Г. Имитационная модель эксперимента по определению моментов инерции вращающегося тела по информации датчиков угловой скорости: материалы 62-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. С. 213-217.
- 49. Шахина М.А., Щипицын А.Г. Пакет программ для определения переменной массы движущегося тела на основе инерциальной информации // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 16277 от 14.10.2010.
- 50. Шахина М.А., Щипицын А.Г. Пакет программ для определения переменного момента инерции движущегося тела на основе инерциальной информации // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 16287 от 01.11.2010.
- 51. Щипицын А.Г., Баранова И.А. Задачи разработки инерциальной навигационной системы со сканирующими датчиками: в кн. «Труды Международного Форума по про-

- блемам науки, техники и образования». Том 2. М.: Академия наук о Земле, 2001. С. 123-125.
- 52. Щипицын А.Г. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: учебное пособие. Челябинск: ЧГТУ, 1993. 108 с.
- 53. Щипицын А.Г. Задачи разработки математического и алгоритмического обеспечения синтеза бесплатформенных инерциальных навигационных систем // Труды XXVIII Российской школы «Наука и технологии». Том 2. Специальный выпуск, посвящённый 65-летию Южно-Уральского государственного университета. М.: РАН, 2008. С. 51-54.
- 54. Щипицын А.Г. Задачи разработки математического и алгоритмического обеспечения синтеза бесплатформенных инерциальных навигационных систем для объекта ракетно-космического назначения / Щипицын А.Г., Шалимов Л.Н., Фокин Л.А., Деева А.С., Устюгов М.Н., Шахина М.А. // Рефераты докладов XXVI конференция памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н.Н. Острякова. СПб.: ЦНИИ Электроприбор, 2008. С. 23.
- 55. Щипицын А.Г. Инерциальные навигационные системы. Анализ функционирования и точности: учебное пособие. Челябинск: ЮУрГУ, 1998. 116 с.
- 56. Щипицын А.Г. К задаче анализа эффекта повышения точности информационного канала инерциальной навигационной системы // Материалы 61-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т.2. Челябинск: Издат. Центр ЮУрГУ, 2009. С. 60-63.
- 57. Щипицын А.Г. К задаче определения начальной ориентации объекта бесплатформенной инерциальной навигационной системой / А.Г. Щипицын, М.А. Щипицына, С.В. Слепова // XXV Российская школа по проблемам науки и технологий, посвященная 60-летию Победы. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. С. 266-268.
- 58. Щипицын А.Г. К задаче повышения точности воспроизведения базовой системы отсчёта на подвижном объекте методом оптимизации ориентации измерительного трёхгранника: сб. научн. тр. ХАИ «Системы управления ЛА». Харьков: ХАИ, 1979. № 5. С. 25-31.
- 59. Щипицын А.Г. К задаче повышения точности инерциальной навигационной системы оптимальной ориентацией акселерометров: сб. научн. тр. МАИ. Вып. 504. – М.: МАИ, 1979. – С. 35-48.
- 60. Щипицын А.Г. К задаче точностного синтеза инерциальной навигационной системы: сб. научн. тр. ЧПИ. Челябинск: ЧПИ, 1985. С. 102-105.
- 61. Щипицын А.Г. К определению переменной массы движущегося тела на основе инерциальной информации: в кн.: материалы 62-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. С. 240-244.
- 62. Щипицын А.Г. Математическая модель для задачи повышения точности определения проекции вектора в инерциальной навигационной системе со сканирующим датчиком: сб. науч. тр. ЮУрГУ «Информационно-измерительные и управляющие системы и устройства. Челябинск: ЮУрГУ, 2000. С. 83-89.
- 63. Щипицын А.Г. Математическое и алгоритмическое обеспечение калибровки инерциальной навигационной системы на движущемся объекте: материалы 60-й юбилейной научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. С. 137.
- 64. Щипицын А.Г. Математическое и алгоритмическое обеспечение процедуры калибровки инерциальных навигационных систем: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.-163 с.
- 65. Щипицын А.Г. Об использовании информации о погрешностях датчиков для повышения точности инерциальной навигационной системы: сб. научн. тр. ТПИ «Влияние вибраций, линейных ускорений и вращения основания на

- поведение гироскопических устройств». Томск: ТПИ, 1981. С. 81-84.
- 66. Щипицын А.Г. Об одном автономном методе повышения точности бесплатформенной инерциальной навигационной системы: сб. науч. тр. школы «Теоретические проблемы построения БИНС». М.: ИПМ, 1978. С. 58-65.
- 67. Щипицын А.Г. Об одном методе автономного повышения точности инерциальной навигационной системы: сб. научн. тр. ППИ «Навигационные приборы и системы управления». Пермь: ППИ, 1981.-C.47-52.
- 68. Щипицын А.Г. Обработка информации в инерциальных навигационных системах: монография. Челябинск: ЧГТУ, 1995. 339 с.
- 69. Щипицын А.Г. Оптимизация закона принудительного вращения измерительных осей гироинтеграторов в инерциальной навигационной системе: сб. науч. тр. ЧПИ. Челябинск: ЧПИ, 1976. № 189. С. 20-30.
- 70. Щипицын А.Г. Оценка эффекта повышения точности инерциальной информации оптимальной фильтрацией сигналов датчиков: сб. науч. тр. ЧГТУ «Системы автоматики и их элементы». Челябинск: ЧГТУ, 1991. С. 67-70.
- 71. Щипицын А.Г. Павлов В.В. Математическая модель для задачи повышения точности блока инерциальной информации алгоритмической компенсацией сигналов датчиков: сб. науч. тр. ХАИ «Проектирование цифровых систем управления ЛА». Харьков: ХАИ, 1991. С. 85-90.
- 72. Щипицын А.Г. Подходы к решению проблем структурно-алгоритмического повышения точности бесплатформенной инерциальной навигационной системы // Труды XXIII Российской школы «Наука и технологии». Специальный выпуск, посвящённый 60-летию Южно-Уральского государственного университета. М.: УрО РАН, ВАК РФ, Межрегион. Совет по науке и технологиям, 2003. С. 479-488.
- 73. Щипицын А.Г. Программа определения параметров геометрии масс тела на основе измеряемых характеристик его движения // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 20874 от 15.05.2015.
- 74. Щипицын А.Г. Программное обеспечение оценивания состояния динамического процесса с эффективными ограничениями на его параметры // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 21249 от 15.10.2015.
- 75. Щипицын А.Г. Способ минимизации погрешностей навигационной информации БИНС: сб. ст. школы «Теоретические проблемы построения БИНС». М.: ИПМ, 1974. С. 49-50.
- 76. Щипицын А.Г. Теория расчёта и проектирования электромеханических приборов и систем. Часть 2. Принципы построения и методы повышения точности приборов и систем: текст лекций. 2-е изд. Челябинск: ЮУрГУ, 1998. $162\ c$.
- 77. Щипицын А.Г. Теория расчёта и проектирования электромеханических приборов и систем. Часть 4. Схемы приборов и систем: текст лекций. 2-е изд. Челябинск: Θ УрГУ, 1998. 92 с.
- 78. Щипицын А.Г., Верясов А.В. Анализ инерциальной навигационной системы со сканирующим датчиком // Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ № 960492 от 19.11.96.
- 79. Щипицын А.Г., Губницкий А.Ф. Алгоритмы функционирования, точностный синтез и идентификация БИНС // Известия вузов. Приборостроение. 1990. № 1. С. 63-69.
- 80. Щипицын А.Г., Губницкий А.Ф., Денисов Ю.П. Бортовой вычислитель для БИНС: сб. науч. тр. ХАИ «Автоматизация проектирования цифровых систем управления ЛА». Харьков: ХАИ, 1987. С. 67-72.
- 81. Щипицын А.Г., Гуркин О.Г. Основы идентификации и оптимизации систем: учебное пособие. Челябинск: ЮУрГУ, 2002. 118 с.

- 82. Щипицын А.Г., Деева А.С. Некоторые результаты исследования задачи контроля и диагностики информационных нарушений инерциальных навигационных систем: сб. науч. тр. «Системы управления и информационные технологии». Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. С. 213-218.
- 83. Щипицын А.Г., Кондратов А.А. Пакет прикладных программ для разработки и проектирования комплексной навигационной системы маневренного летательного аппарата: сб. науч. тр. «Системы управления и информационные технологии». Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. С. 218-222.
- 84. Щипицын А.Г., Пляшник В.А. Пакет прикладных программ «Анализ БИНС» // Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ № 950325 от 19.09.95.
- 85. Щипицын А.Г., Пляшник В.А. Программа для численного моделирования анализа бесплатформенных инерциальных навигационных систем: учебное пособие для лабораторных занятий на ПЭВМ. Челябинск, ЧГТУ, 1995. 83 с.
- 86. Щипицын А.Г., Слепова С.В., Шахина М.А. Программа для ЭВМ: Приближение массогеометрических характеристик летательного аппарата функциями времени // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №15952 от 19.07.2010.
- 87. Щипицын А.Г., Хаютин А.М., Хаютин М.И. Система обработки информации динамического стенда: алгоритмы работы и математические модели: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. 104 с.
- 88. Щипицын А.Г., Шалимов Л.Н., Кондратов А.А. Подходы к решению задач исследования корректируемой бесплатформенной инерциальной навигационной системы // Материалы 61-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. С. 68-73.
- 89. Щипицын А.Г., Шалимов Л.Н., Фокин Л.А. Математическое и алгоритмическое обеспечение синтеза автономных инерциальных навигационных систем: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. 149 с.
- 90. Щипицын А.Г., Шалимов Л.Н., Фокин Л.А. Математическое и алгоритмическое обеспечение анализа бесплатформенных инерциальных навигационных систем для объектов воздушного старта: материалы 60-й юбилейной научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. С. 135-136.
- 91. Щипицын А.Г., Шалимов Л.Н., Щипицына М.А. К задаче повышения точности управления объектом ракетно-космического назначения // 7-я международная конференция «Авиация и космонавтика 2008»: тезисы докладов. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. С. 140.
- 92. Щипицын А.Г. Математическое описание для процедуры калибровки инерциальной навигационной системы // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. Вып. 5. № 7(79). С. 52-61.

- 93. Щипицына М.А. Математическая модель синтеза точности определения параметров начальной ориентации объекта бесплаформенной инерциальной навигационной системой: сб. рефератов научно-исследовательских работ студентов по конкурсу грантов студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Челябинской области. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. С. 152-153.
- 94. Щипицына М.А., Слепова С.В. К задаче разработки алгоритма функционирования бесплатформенной инерциальной навигационной системы с учетом информации о движении объекта: сб. материалов 4-й международной научнопрактической конференции «Составляющие научно-технического прогресса» 23-24 апреля 2008 г. Тамбов: Издательство ТАМБОВПРИНТ, 2008. С. 138-142.
- 95. Щипицына М.А., Устюгов М.Н. Калибровка акселерометра бесплатформенной инерциальной навигационной системы // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. Вып. 4. № 14(69). С. 140-143.
- 96. Щипицына М.А., Устюгов М.Н. Математическая модель для задачи определения параметров начальной ориентации объекта бесплатформенной инерциальной навигационной системой // Труды XXVI Российской школы по проблемам науки и технологий. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С. 241-243.
- 97. Щипицына М.А., Устюгов М.Н. Математическая модель для задачи синтеза точности начальной выставки бесплаформенной инерциальной навигационной системы: сб. науч. тр. «Информационные системы и устройства». Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. С. 102-108.
- 98. Щипицына М.А., Устюгов М.Н. Некоторые рекомендации по результатам моделирования задачи идентификации погрешностей инерциальной навигационной системы: сборник 1-й международной научно-практическая конференция «Интеграция науки и производства» 19-20 мая 2008 г. Тамбов: Издательство ТАМБОВПРИНТ, 2008. С. 106-107.
- 99. Щипицына М.А., Устюгов М.Н. Разработка программного обеспечения и результаты численного моделирования задачи идентификации погрешностей инерциальных навигационных систем: материалы 60-й юбилейной научной конференции «Наука ЮУрГУ». Секции технических наук. Т. 2. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. С. 133-135.
- 100. Fokin L. Adaptive SINS/ANS/GNSS for Air-Launch Space Launcher: Algorithm Design and Performance Analysis / L. Fokin, A. Shchipitsyn, Y. Shtessel // AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference Proceedings, USA, South Carolina, Aug. 20-23, 2007.
- 101. Fokin L., Shchipitsyn A. Innovation-based adaptive Kalman filter derivation // IEEE International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2009) Proceedings, Mar. 27-28, 2009. IEEE, 2009. P. 318-323.