ISSN 2411-6467

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 3 (60) / 2019

4 часть

Редакционная коллегия:
д.п.н., профессор Аркулин Т.В. (Москва, РФ)

Члены редакционной коллегии:

Артафонов Вячеслав Борисович, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологического и природоресурсного права (Москва, РФ);

- Игнатьева Ирина Евгеньевна, кандидат экономических, преподаватель кафедры менеджмента (Москва, РФ);
- Кажемаев Александр Викторович, кандидат психологических, доцент кафедры финансового права (Саратов, РФ);
- Кортун Аркадий Владимирович, доктор педагогических, профессор кафедры теории государства и права (Нижний Новгород, РФ);
- Ровенская Елена Рафаиловна, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой судебных экспертиз, директор Института судебных экспертиз (Москва, Россия);
- Селиктарова Ксения Николаевна (Москва, Россия);
- Сорновская Наталья Александровна, доктор социологических наук, профессор кафедры социологии и политологии;
- Свистун Алексей Александрович, кандидат филологических наук, доцент, советник при ректорате (Москва, Россия);
- Тюменев Дмитрий Александрович, кандидат юридических наук (Киев, Украина)
- Варкумова Елена Евгеньевна, кандидат филологических, доцент кафедры филологии (Астана, Казахстан);
- Каверин Владимир Владимирович, научный сотрудник архитектурного факультета, доцент (Минск, Белоруссия)
- Чукмаев Александр Иванович, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права (Астана, Казахстан) (Астана, Казахстан)

Ответственный редактор
д.п.н., профессор Каркушин Дмитрий Петрович (Москва, Россия)

Международные индексы:

Ответственный редактор:

Главный редактор:

Завальский Яков Андреевич (Россия), доктор психологических наук, профессор

Международный редакционный совет:

Научный редактор: Игнатьев Сергей Петрович (Россия), доктор педагогических наук, профессор Ответственный секретарь редакции: Давыдова Наталия Николаевна, кандидат психологических наук, доцент.

Арсеньев Дмитрий Петрович (Россия),
доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией
Бычковский Роман Анатолиевич (Россия),
доктор психологических наук, профессор, МГППУ
Ильченко Федор Валериевич (Россия),
доктор психологических наук, профессор, заведующая лабораторией психологии
Кобзон Александр Владимирович (Россия),
доктор педагогических наук, профессор
Панов Игорь Евгеньевич (Россия),
доктор технических наук, профессор
Петренко Вадим Николаевич (Казахстан),
доктор психологических наук, профессор
Прохоров Александр Октябринович (Казахстан),
доктор педагогических наук, профессор
Савченко Татьяна Николаевна (Беларуссия),
кандидат психологических наук, доцент
Стеценко Марина Ивановна (США),
Ph.D., профессор
Строганова Татьяна Александровна (Украина),
доктор педагогических наук, профессор

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
г. Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия
E-mail: info@euroasia-science.ru ; www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии г. Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гайсин Р.Р., Козарь И.И., Плавник С.Л.
МЕТОДИКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СООТВЕТСВИИ С ЭТАПАМИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ..... 4

Кондрашов Н.П., Лагуткин М.Г.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПЛАСТИНЧАТО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА..... 6

Кривенцев Е.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАМОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАВНОМЕРНОГО АЗИМУТАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ..... 13

Якунин Н.Н., Якунина Н.В., Нестеренко Д.Х.
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА С УЧЁТОМ УРОВНЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ 18

Бойко Т.Г., Паславский М.М., Руда М.В.
ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ: НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА КОМПАРТМЕНТА..... 22

Попов А.М., Валиев Р.М.
СКРЫТЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ 27

Семенова Е.А., Залитова М.В.
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... 29

Симченко Н.Н.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ВАРИАТИВНОЙ ЧАСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ 33

Царитова Н.Г., Соломка М.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ. 37

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аббасов З.Д., Баширова Н.Ф.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУРЬЕ К СМЕШАННО-ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧЕ 41

Алексеев Н.В.
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ..... 45

Бирюкова О.А., Заярный С.Л.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА КРАНОВОГО МЕХАНИЗМА. 49

Григорьев Е.А.
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ ТОКОВЫХ СТРУКТУР. 53

Karabassova G.B., Alimbekova G.B.
DIE BEDEUTUNG DES EXPERIMENTS IM PHYSIKUNTERRICHT 58

Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е.
КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 59

Фаизов И.Д., Курбанаева Л.Х.
АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ООО «АГРО-АЛЬЯНС»..... 66

Чочиев Т.З.
ЛИНЕЙНОЕ УРАВНЕНИЕ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА И СОПРОВОЖДАЮЩЕЕ НЕЛИНЕЙНОЕ УРАВНЕНИЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА 68

Юлдашев Н.Х., Ахмаджонов М.Ф., Мирзаев В.Т., Нурматов О.Р.
ФОТОЭЛЕКТРЕТНЫЕ ПЛЕНКИ CdTe:Ag И Sb_2Se_3 ПРИ СОБСТВЕННОМ И ПРИМЕСНОМ ПОГЛОЩЕНИИ СВЕТА 72

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МЕТОДИКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СООТВЕТСВИИ С ЭТАПАМИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Гайсин Рамиль Рафаилович
Студент магистратуры,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург
Козарь Иван Иванович
Кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург
Плавник Светлана Леонидовна
Кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ.

В работе представлена методика последовательного трехмерного моделирования, идея которой основана на принципе конструирования «сверху-вниз». Показан пример использования методики при создании трехмерной модели детали блока цилиндра. Сформулированы основные преимущества.

ABSTRACT.

The paper presents a method of sequential three-dimensional modeling, the idea of which is based on the principle of design "top-down". An example of using the technique to create a three-dimensional model of a cylinder block part is shown. The main advantages are formulated.

Ключевые слова: трёхмерное моделирование, САПР, математическая модель, заготовка, деталь.

Keywords: 3D-modeling, CAD, mathematical model, workpiece, detail.

Сегодня, как правило, для разработки конструкторской документации используется система автоматизированного проектирования (САПР).

За основные конструкторские документы, в зависимости от формы выполнения, принимают: для деталей - чертеж детали и/или электронную модель детали [1]. Модель отображает реальное (разработанное) или разрабатываемое изделие [2].

Конфигурация детали определяет структуру и последовательность элементов дерева конструирования в процессе разработки трёхмерной модели. Кроме того, сложность конфигурации детали влияет на размер дерева конструирования, что приводит к проблемам работы с большим объемом данных. Следовательно, повышается вероятность построений недостоверных моделей. Обычно устранение неточностей модели связано с обязательным перестроением операций в дереве конструирования. Этот процесс является трудоемким, т.к. изменения операций производится последовательно [3]. Например, замена размера в первом эскизе дерева конструирования влечёт за собой «перерасчёт» всех последующих операций построения. Незначительные ошибки, выявляемые в процессе оформления чертежа, периодически исправляются «на месте»: используются функциональные возможности САПР, предназначенные для двухмерного проектирования. В итоге трёхмерная модель остаётся недоработанной.

Идея методики основана на принципе конструирования «сверху-вниз» [4] и заключается в том, что составляющие трёхмерной модели детали являются независимыми компонентами, а сама деталь или её заготовка – результат их компоновки в файле «Сборка». Каждый такой компонент обладает собственным деревом конструирования. Компоновка осуществляется при помощи булевой операции «Вычитание». Схема методики представлена на рисунке 1.

Рисунок 1. Схема методики трёхмерного моделирования, учитывающей технологический способ изготовления изделия

Данная методика была использована при создании трёхмерной модели детали «Блок цилиндра» (рисунок 2), входящей в состав узла дизельного двигателя, спроектированного в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

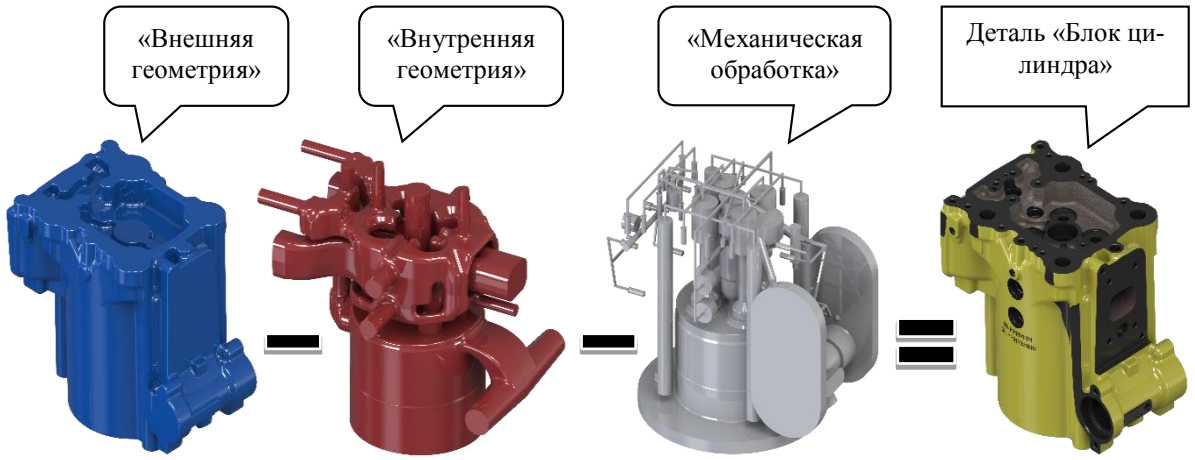


Рисунок 2. Компоновка модели детали «Блок-цилиндра»

Технологическим способом изготовления заготовки детали «Блок цилиндра» является литьё, следовательно, рабочая полость формы и стержень представляют собой компоненты «Внешняя геометрия» и «Внутренняя геометрия» соответственно. В данном случае, компонентов «Внутренняя геометрия» т.е. стержней несколько, они представляют собой комплект стержней (рисунок 3).

Рисунок 3. Комплект стержней

Результатом операции «Вычитание» из рабочей полости формы стержней является модель заготовки детали «Блок цилиндра» - отливка (рисунок 4).

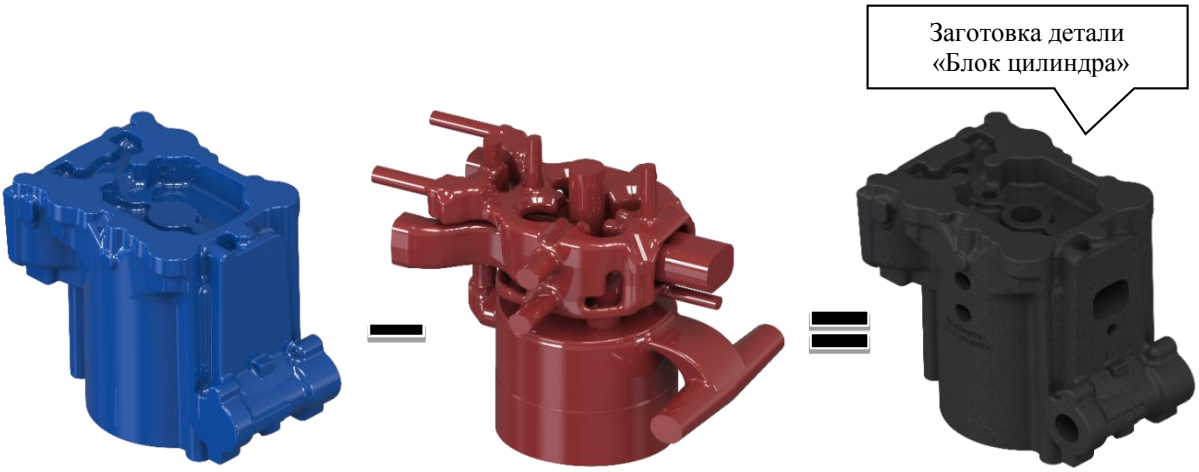


Рисунок 4. Компоновка модели заготовки детали «Блок цилиндра»

Результатом операции «Вычитание» из заготовки детали «Блок цилиндра» компонента «Механическая обработка» является образование новых поверхностей после удаления слоя материала при фрезерной, сверлильной, расточной и других операциях. При необходимости, компонентов «Механическая обработка» может быть несколько (один учитывает токарную операцию, второй – сверлильную и т.д.).

К основным преимуществам методики следует отнести:

1. Уменьшение трудоемкости процесса перестроения модели детали, из-за его нелинейности;

2. Возможность параллельной работы нескольких конструкторов над одной деталью, определив исходную точку моделирования.

Преимущества при внедрении на машиностроительном предприятии:

1. Возможность использования координатно-измерительных машин для проверки реальных изделий, т.к. их трехмерные модели являются достоверными;

2. Наличие трёхмерной модели заготовки детали и компонента «Механическая обработка» существенно упростит работу инженера-технолога:

- посредством создания вспомогательных приливов, платиков или других элементов при моделировании заготовки детали, инженер-конструктор определяет комплект черновых технологических баз для первой операции механической обработки [5].

- применение трёхмерных моделей режущих инструментов (при наличии на предприятии электронной библиотеки) в процессе построения компонентов «Механическая обработка» обеспечивает предварительный выбор инструмента инженером-конструктором;

- компоненты «Механическая обработка» могут быть использованы в качестве основы для построения траекторий инструментов в САМ-системе.

3. Трёхмерную модель заготовки детали, учитывающую литейные уклоны, полость разъема и др., можно использовать для изготовления технологической оснастки (в том числе методом быстрого прототипирования).

Применение методики, рассмотренной в данной статье, положительно отразится на степени достоверности разрабатываемых трёхмерных моделей (особенно трёхмерных моделей деталей сложных конфигураций), что является актуальным на машиностроительных предприятиях, в конструкторских и технологических бюро.

Список литературы:

1.ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов. - Взамен ГОСТ 2.102-68; введ. 2014-06-01. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 15 с.

2.ГОСТ 2.052-2015. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Электронная модель изделия. Общие положения. - Взамен ГОСТ 2.052-2006; введ. 2017-03-01. - Москва: Стандартинформ, 2016. - 14 с.

3. Ли Кунву. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / Кунву Ли. - СПб.: Питер, 2004. - 560 с.

4. Дипломное и курсовое проектирование механического оборудования и технологических комплексов предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.С. Богданов, А.С. Ильин, В.Я. Дрюзер и др. - Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 784 с.

5. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. - Москва: Изд-во стандартов, 1977. - 37 с.

UDC 66.045.126

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF HEAT TRANSFER OF PLATE-RIBBED HEAT EXCHANGER

Kondrashov Nikita P.
graduate student, Moscow polytech
Lagutkin Mikhail G.
Dr. Sc., professor, Moscow polytech

УДК 66.045.126

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПЛАСТИНЧАТО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Кондрашов Н.П.
аспирант, «Московский политех»
Лагуткин М.Г.
д-р техн. наук, профессор, «Московский политех»
г. Москва, РФ

The relevance of the research due to the need to improve the efficiency of plate-fin heat exchangers, since their prostate is of a compact design (reaches 2000 m2 of heat exchange surface per 1 m3 of heat exchanger volume) high values of heat transfer coefficients, the ability to carry out the process of heat transfer between several heat carriers provided them with a fairly large distribution in various industries, primarily in cryogenic technology.

The main aim search using computer simulation of new, more efficient options for finning (nozzles) of plate-fin heat exchangers, which allow to increase the values of heat transfer coefficients with an insignificant increase in energy consumption for ensuring the movement of coolants. Substantiation using laboratory studies of the reliability of data on hydraulic resistances and heat transfer of a plate-fin heat exchanger obtained using computer simulation.

Objects of researches plate-fin heat exchanger, influence of the design of two finning options (nozzles), with a smooth continuous finning element and with finning in the form of an angular perforated tape, on the hydraulic resistance of a plate-fin heat exchanger and values of heat transfer coefficients.

Methods of researches: computer simulation of a heat exchange package of a plate-fin heat exchanger with two types of nozzles, with a smooth continuous finning element and with finned perforated corner tape. Determination of the values of hydraulic resistance coefficients and heat transfer coefficients for the two structures of the nozzles of a plate-fin heat exchanger under investigation. Conduct a full-scale experiment in a laboratory setting to confirm the reliability of the results obtained using computer simulation.

Research results. A computer model of a plate-fin heat exchanger is built. Using computer simulation, empirical dependencies are obtained for the calculation of hydraulic resistance coefficients and heat transfer coefficients for two types of nozzles under investigation. The results of computer simulation are confirmed by a full-scale experiment in a laboratory setup. The method of choosing the most rational profile of corrugated inserts is justified. It is shown that computer simulation can be used to determine the most rational profile of the nozzles of plate-fin heat exchangers, ensuring their high efficiency.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью повышения эффективности пластинчато-ребристых теплообменников, так как их простата конструкции, компактность (достигает 2000 м^2 поверхности теплообмена на 1 м^3 объема теплообменника), высокие значения коэффициентов теплоотдачи, возможность проводить процесс теплопередачи между несколькими теплоносителями обеспечило им достаточно большое распространение в различных отраслях промышленности, в первую очередь в криогенной технике.

Цель исследований: поиск с помощью компьютерного моделирования новых более эффективных вариантов оребрения (насадок) пластинчато-ребристых теплообменников, позволяющих повысить значения коэффициентов теплоотдачи при незначительном увеличении энергозатрат на обеспечение движения теплоносителей. Обоснование с помощью лабораторных исследований достоверности данных по гидравлическим сопротивлениям и теплопередаче пластинчато-ребристого теплообменника, полученных с помощью компьютерного моделирования.

Объекты исследований: пластинчато-ребристый теплообменник, влияние конструкции двух вариантов оребрения (насадок), с гладким сплошным оребряющим элементом и с оребрением в виде угловой перфорированной ленты, на гидравлическое сопротивление пластинчато-ребристого теплообменника и значения коэффициентов теплоотдачи.

Методы исследований: компьютерное моделирование теплообменного пакета пластинчато-ребристого теплообменника с двумя видами насадок, с гладким сплошным оребряющим элементом и с оребрением в виде угловой перфорированной ленты. Определение значений коэффициентов гидравлического сопротивления и коэффициентов теплоотдачи для двух исследуемых конструкций насадок пластинчато-ребристого теплообменника. Проведение натурного эксперимента на лабораторной установке с целью подтверждения достоверности результатов, полученных с помощью компьютерного моделирования.

Результаты исследований. Построена компьютерная модель пластинчато-ребристого теплообменника. С помощью компьютерного моделирования получены эмпирические зависимости для расчета коэффициентов гидравлического сопротивления и коэффициентов теплоотдачи для двух типов исследуемых насадок. Результаты компьютерного моделирования подтверждены натурным экспериментом на лабораторной установке. Обоснован метод выбора наиболее рационального профиля гофрированных насадок. Показано, что компьютерное моделирование может быть использовано для определения наиболее рационального профиля насадок пластинчато-ребристых теплообменников, обеспечивающих их высокую эффективность.

Key words: Plate-fin heat exchangers, nozzle, efficiency, heat transfer coefficients, hydraulic resistance, energy consumption, computer simulation.

Ключевые слова:Пластинчато-ребристые теплообменники, насадка, эффективность, коэффициенты теплоотдачи, гидравлическое сопротивление, энергозатраты, компьютерное моделирование.

Введение

Простота конструкции и высокая эффективность пластинчато-ребристых теплообменников (ПРТ) позволила им сначала занять ведущее место на летательных аппаратах, а затем получить широкое распространение в других транспортных средствах – автомобилях, тракторах и др. Пластинчато-ребристые теплообменники так же часто используются в криогенной технике. В общем случае они представляют собой набор плоских пластин, между которыми установлены гофрированные насадки. Подвод теплоносителей к соответствующим каналам осуществляется с помощью коллекторов.

Широкое распространение пластинчато-ребристые теплообменники получили благодаря своей компактности, достигающей 2000 м^2 поверхности теплообмена на 1 м^3 объема теплообменника, что

во много раз превышает компактность всех остальных видов теплообменников. В пластинчато-ребристых теплообменниках возможно одновременно в одном блоке проводить теплообмен не только от одного теплоносителя к другому, но и между четырьмя и более теплоносителями, что достигается соответствующей конструкцией коллекторов [1].

В одном и том же теплообменнике расстояние между пластинами, а также тип гофрированных насадок могут быть различны, что позволяет обеспечить необходимые коэффициенты теплоотдачи и гидравлические сопротивления при прохождении потоков через теплообменник в зависимости от расхода теплоносителей и их физико-химических свойств.

Современные пластинчато-ребристые теплообменники различны по своей форме и виду гофрированных насадок, образующих для прохода теплоносителя каналы того или иного профиля. Наиболее распространены насадки, профиль которых представлен в виде треугольника с острыми или закругленными углами, в виде трапеции или прямоугольника. Также встречаются ПРТ с круглыми и рассеченными каналами [2,3 и др.].

Анализ наиболее распространенных насадок показал, что большое влияние на эффективность процесса теплопередачи оказывают h – высота оребрения (насадки); t – шаг оребрения, для гофрированной поверхности – это расстояние между одинаковыми точками соседних гофров; N – количество ребер, приходящееся на один метр ширины пакета; hp – шаг ребер, расстояние между двумя соседними ребрами; δp – толщина ребра, толщина листового материала, из которого отштампована оребренная поверхность; L – длина оребрения, полная длина оребрения в направлении движения потока, которая соответствует исследованному образцу теплообменной поверхности; l- длина турбулизатора оребрения, применяемая для рассеченных типов оребрений и описывающая длину любого рода единичной насечки, выполненной на оребрении в направлении движения теплоносителя

Введение перфораций или зазубренностей в ребрах увеличит эффективность теплопередачи, однако, такое введение также увеличит потери давления теплоносителей. Введение перфораций в ребрах также приводит к потере площади поверхности теплопередачи, приходящейся на единицу объема теплообменника.

В настоящее время актуальной проблемой является энерго- и ресурсосбережение. Для решения данной задачи в первую очередь необходимо создавать компактные, но в то же время и эффективные конструкции ПРТ.

Для упрощения подбора наиболее рационального по своим параметрам оребрения, чтобы ПРТ был высокоэффективным и недорогим, можно воспользоваться компьютерным моделированием.

Для исследования различных профилей гофрированных насадок (оребрения) строилась 3D модель пластинчато-ребристого теплообменника в программе SolidWorks.

Изначально, для проверки работы модели, были смоделированы насадки, которые используются в промышленности. Такие насадки показаны на рис.1, где а – насадка с гладким сплошным оребряющим элементом; б – насадка с оребрением в виде угловой перфорированной ленты;

а) *б)*

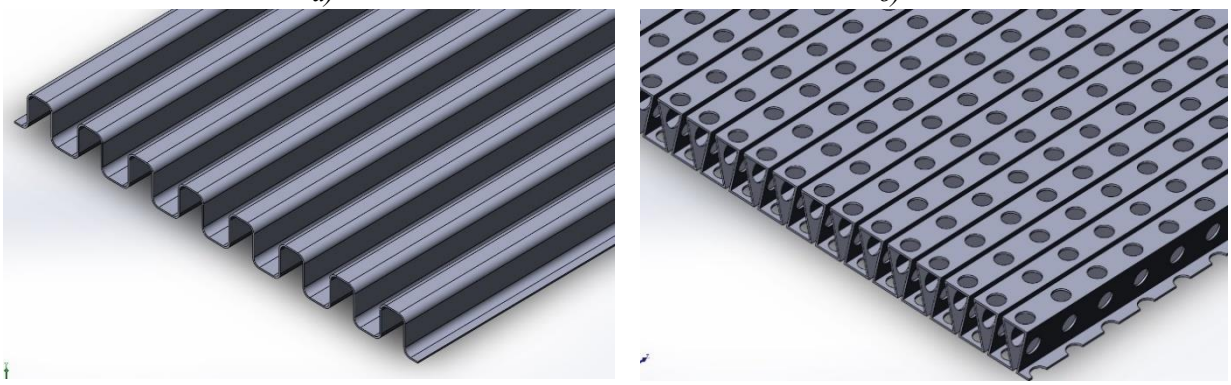


Рис. 1. Модель насадок ПРТ
Fig. 1. Model of a plate-fin heat exchanger

На рис. 2 показана модель теплообменного пакета ПРТ с двумя видами насадок с визуализацией тепловых потоков в каждом из каналов. В канал с гладкими оребряющими элементами подается теплоноситель, в данном случае воздух, с температурой t=20 ºC, а в канал с оребряющими элементами в виде гофрированной ленты воздух подается с t=70 ºC

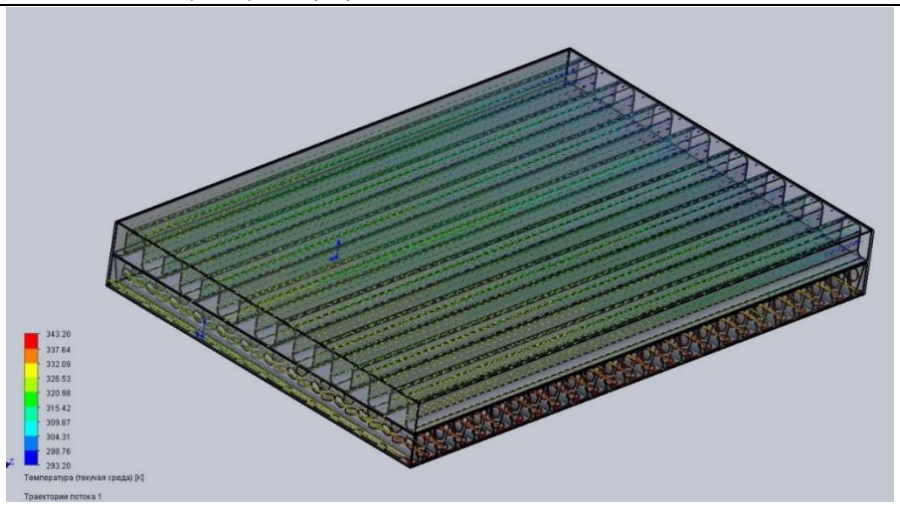


Рис. 2. Модель теплообменного пакета с двумя видами насадок
Fig. 2. The model of heat exchange package with two types of nozzles

Результаты компьютерного анализа представлены в виде зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от критерия Рейнольдса $\mathrm{Re} = \frac{\omega \cdot d_Э \cdot \rho}{\mu}$ (рис.3) и зависимости произведения критерия Стантона $St = \frac{\alpha}{C_p \cdot \rho \cdot \omega}$ и Прандтля $\mathrm{Pr}^{2/3}$ ($\mathrm{Pr} = \frac{C_p \mu}{\lambda}$) от критерия Рейнольдса (рис.4), где ω – скорость теплоносителей, м/с; $d_э$ – эквивалентный диаметр канала, м; ρ - плотность теплоносителей при средней температуре, кг/м^3; μ - динамическая вязкость теплоносителей при средней температуре, Па·с; **α** – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^{o}С); C_p – теплоемкость теплоносителей при средней температуре, Дж/кг; λ – теплопроводность теплоносителей при средней температуре, Вт(м^{o}С).

Коэффициент гидравлического сопротивления для каналов рассчитывается по формуле:

$$\xi = \frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot \omega^2} \cdot \frac{d_Э}{L} \qquad (1)$$

где ΔP - перепад статического давления в канале, Па; ; L – длина теплообменного канала, м; $d_э$ – эквивалентный диаметр канала, м.

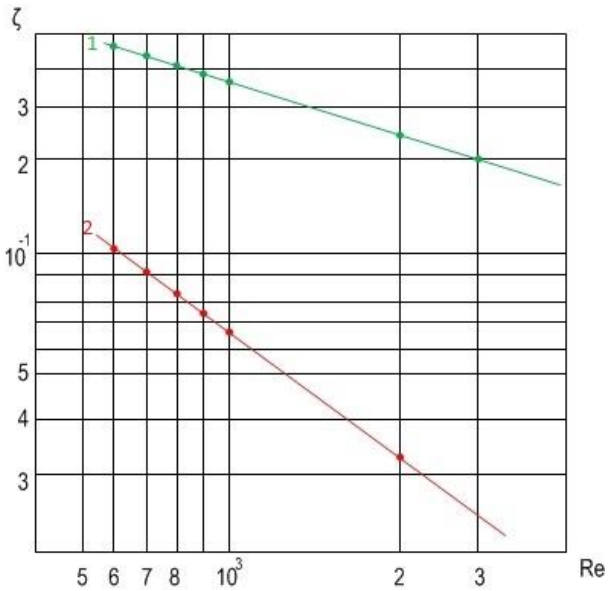


Рис. 3. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от критерия Рейнольдса, где 1 – насадка с оребряющими элементами в виде угловой перфорированной ленты, 2 – насадка с гладкими оребряющими элементами.
Fig. 3. The dependence of the coefficient of hydraulic resistance of the Reynolds criterion, where 1 is a nozzle with ribbed elements in the form of a corner perforated tape, 2 is a nozzle with smooth ribbed elements.

Так как в пластинчато-ребристом теплообменнике невозможно определить характерный размер канала, коэффициент теплоотдачи обычно определяют не из критерия Нуссельта, как в большинстве рекуперативных теплообменниках, а из критерия Стантона.

$$St = \frac{\alpha}{C_p \cdot \rho \cdot \omega}$$

Критерий Прандтля характеризует физико-химические свойства теплоносителя.

$$\Pr = \frac{C_p \mu}{\lambda}$$

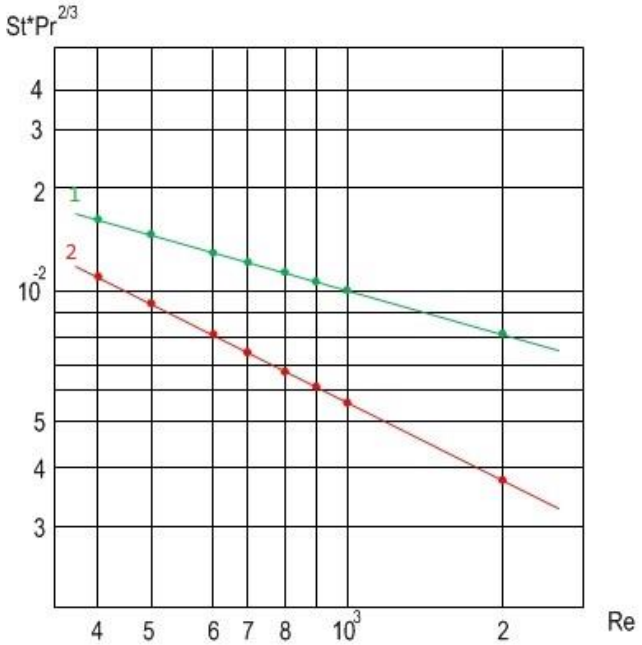


Рис. 4. Зависимость критерия Стантона от критерия Рейнольдса, где 1 – насадка с оребряющими элементами в виде угловой перфорированной ленты, 2 – насадка с гладкими оребряющими элементами.

Fig. 4. The dependence of the Stanton criterion on the Reynolds criterion, where 1 is a nozzle with ribbed elements in the form of a corner perforated tape, 2 is a nozzle with smooth ribbed elements.

Для подтверждения достоверности данных, полученных с помощью компьютерного моделирования, нами был проведен натурный эксперимент на лабораторной установке.

Экспериментальная установка ПРТ включает в себя теплообменный пакет, состоящий из гладких разделяющих пластин и расположенных между ними оребряющими элементами аналогичными анализированными при компьютерном моделировании.

Эксперимент проводится следующим образом:

Теплоноситель (воздух) из помещения последовательно проходит измерительное сопло, один из каналов оребряющих элементов, затем происходит нагрев воздуха с последующем прохождением через другой канал теплообенника, и вентилятором выбрасывается в атмосферу. В результате полученные значения легли на прямые, приведенные на рис. 3 и 4, что подтверждает возможность использования компьютерного моделирования для обоснованного выбора рационально профиля гофрированных насадок ПРТ.

Проанализировав графики, представленные на рис. 3 и 4, можно сделать вывод, что у насадки с оребряющими элементами в виде угловой перфорированной ленты теплопередающая способность выше, чем у насадки с гладкими оребряющими элементами, но выше и гидравлическое сопротивление.

Сравнения тепловых поверхностей для оценки оребрения может проводиться по методу предложенному Е.В. Дубровским. [4] Сопоставление эффективности гофрированных насадок ПРТ можно проводить по трем критериям эффективности: по тепловому потоку K_Q, по мощности K_N, по площади K_F.. Благодаря компьютерной модели, мы можем рассчитать коэффициенты гидравлического сопротивления и коэффициенты теплоотдачи ПРТ для соответствующей гофрированной насадки без проведения натурных экспериментов.

После проведения испытаний вышеуказанных насадок и анализа полученных данных, была проведена оценка эффективности оребрения насадки в виде угловой перфорированной ленты (насадка 2) по сравнению с насадкой с гладкими оребряющими элементами (насадка 1).

Результаты аппроксимируются с помощью метода наименьших квадратов зависимостями вида:

$$\Pr^{2/3} St = C \cdot \mathrm{Re}^{m} \quad (2)$$

$$\xi = B \cdot \mathrm{Re}^{n} \quad (3)$$

Выбираем последовательно несколько значений Re_2 для канала. Для конкретного примера Re_2 был принят 500, 700, 1100, 1400, 2100. из условия равенства затрат мощности и поверхностей определяем значения числа Re_Q , Re_N , Re_F

$$\mathrm{Re}_{q1} = \sqrt{\frac{B}{64} \cdot \mathrm{Re}_2^{\,n+3}} \quad (4)$$

$$\mathrm{Re}_{N1} = \left[\frac{C \cdot \mathrm{Re}_2^{\,m+1}}{0.468} \right]^{2.5} \quad (5)$$

$$\mathrm{Re}_{F1} = \left[\frac{64 \cdot C \cdot \mathrm{Re}_2^{\,m-n-2}}{0.468 \cdot B} \right]^{-5/8} \quad (6)$$

где C, B, m, n – коэффициенты, полученные из графиков на рис. 3 и 4. Для прямой 1: C=0,368, m=-0.5, B=64, n= -1; для прямой 2: C=0.14, m=-0.375, B=20, =0.585. Получив значения Re_Q , Re_N , Re_F приступает к определению критериев эффективности от числа Рейнольдса

$$K_Q = \frac{C \cdot \mathrm{Re}_2^{\,m+1}}{0.468 \cdot \mathrm{Re}_{q1}^{\,0.4}} \quad (7)$$

$$K_N = \frac{B \cdot \mathrm{Re}_2^{\,m+3}}{64 \cdot \mathrm{Re}_{N1}^{\,2}} \quad (8)$$

$$K_F = \frac{0.468 \cdot \mathrm{Re}_{F1}^{\,0.4}}{C \cdot \mathrm{Re}_2^{\,m+1}} \quad (9)$$

Наилучшим режимом будет то значение числа Re, которому соответствует наибольшее значение K_Q или наименьшее значение K_N и K_F

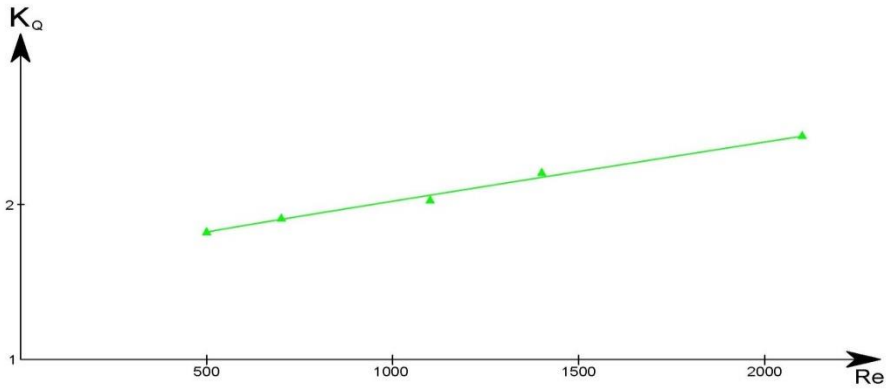


Рис. 5. Зависимость критерия эффективности по тепловому потоку от критерия Рейнольдса
Fig. 5. The dependence of the efficiency criterion of the heat flux from the Reynolds criterion.

Для насадки с оребряющими элементами в виде угловой перфорированной ленты полученные результаты отражены на графиках (рис. 5, 6,7)

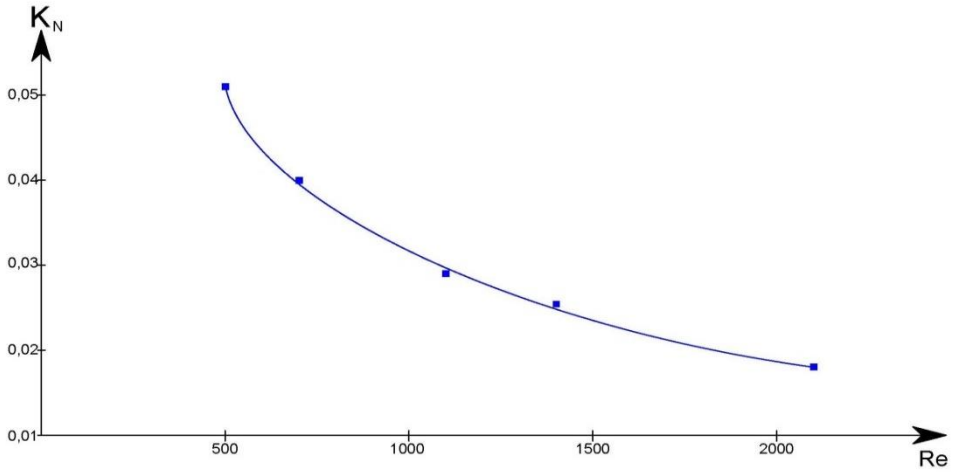


Рис. 6. Зависимость критерия эффективности по мощности от критерия Рейнольдса.
Fig. 6. The dependence of power efficiency criterion on Reynolds criterion.

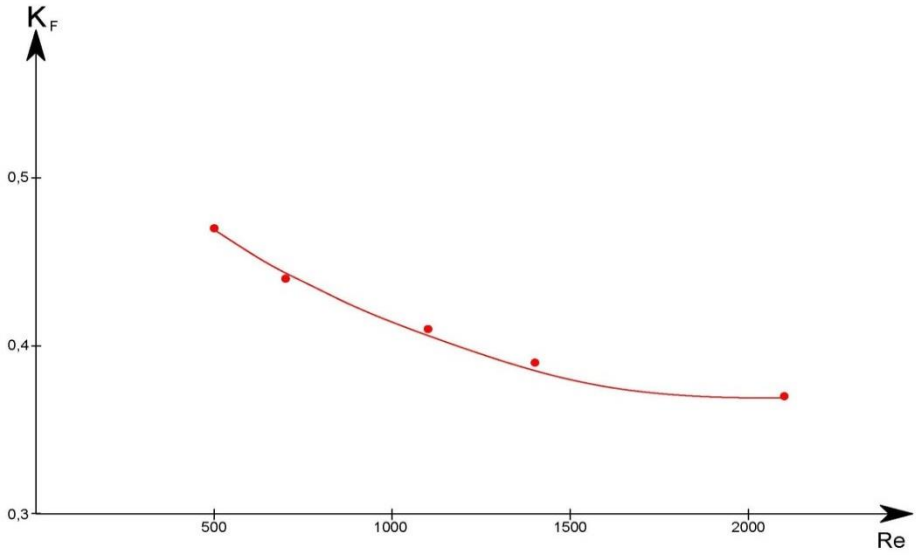


Рис.7. Зависимость критерия эффективности по площади от критерия Рейнольдса.
Fig. 7. The dependence of the area efficiency criterion on the Reynolds criterion.

Из полученных графиков видно, что наилучший режим достигается при $Re_2 \geq 2100$, так как ему соответствует наибольшее значение K_Q и наименьшее значение K_N и K_F

Выводы

На сегодняшний день известно большое количество гофрированных насадок для пластинчато-ребристых теплообменников, поиск новых и более эффективных вариантов оребрения (насадок) является актуальной задачей, поскольку дает возможность снизить капитальные затраты на изготовление теплообменников и энергозатраты при их эксплуатации, связанные с гидравлическим сопротивлением каналов теплообменников. Исследование двух теплообменных поверхностей с помощью компьютерного моделирования, результаты которого были подтверждены натурным экспериментом, позволило получить зависимости, показывающие влияние числа Рейнольдса на критерии эффективности. Установлено, что целесообразно эксплуатировать пластинчато-ребристые теплообменники при числах Рейнольдса больше 2000. Метод сравнительной оценки с использованием данных, полученных в результате компьютерного моделирования в программе COSMOSFloWorks, является наиболее рациональным, поскольку при достоверных результатах позволяет исключить затраты на изготовление экспериментальной модели насадки и самой лабораторной установки для ее испытаний, уменьшить время на получение данных по коэффициентам теплоотдачи и гидравлическим сопротивлениям насадки. Данные, полученные в результате компьютерного эксперимента, позволяют обосновать выбор наиболее высокоэффективной конструкции насадки.

Список литературы

1. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М. Машиностроение, 1972. – С. 287

2. Воронин Г.И., Дубровский Е.В. Эффективные теплообменники, М., «Машиностроение». – 1973. – С.96

3. Ганеев Т.Р. Разновидности современных пластинчатых теплообменных аппаратов, их устройство и отличия// Наука и бизнес: пути развития. – 2017. - №12. – С. 19-23

4. Дубровский Е.В. Метод относительного сравнения теплогидравлической эффективности теплообменных поверхностей. Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. 1977. № 6. С. 118-128

5. Кейс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. М.: Энергия, 1967. - С 223.

6. Кондрашов Н.П., Лагуткин М.Г. Пути повышения эффективности пластинчато-ребристых теплообменников// Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях. Изд-во МЦИИ «ОМЕГА САЙНС» – 2017. – С. 33-37

7. Левин М.Ю. Выбор компактного пластинчато-ребристого теплообменного аппарата// Наука в центральной России. – 2013. -№4. – С.71-75

8. Мхоян А.А., Кирдяшкин А.В., Глазов В.С. Оптимизация ребер разной формы //Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать третья Междунар. Науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (2-3 марта 2017 г., Москва): Тез. Докл. В 3 т. Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – С. 296-297

9. Сычков А.Е. Высокоэффективные пластинчато-ребристые теплообменники// Компрессорная техника и пневматика. – 2010. - №3. – С. 6-11

10. Чичиндаев А. В. Комплексная оценка эффективности компактных пластинчато-ребристых теплообменников// Авиакосм. приборостроение. - 2005. -№ 9. -С. 52-59.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАМОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАВНОМЕРНОГО АЗИМУТАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ

Кривенцев Евгений Александрович.
Аспирант
Южно-Российский Государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова.
Факультет военного обучения, Военная кафедра войск связи.
Начальник учебной части - заместитель начальника кафедры.
г. Новочеркасск, Ростовской обл. РФ.
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.13-18

THE USE OF FRAMEWORK RADIATORS FOR THE FORMATION OF UNIFORM AZIMUTHAL COVERAGE

Kriventsev Evgeny Aleksandrovich.
Postgraduate student,
South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov.
Faculty of military training, military Department of communication troops.
Head of the educational part, Deputy head of the Department.
Novocherkassk, Rostov region of Russia.

В статье рассмотрена задача, посвященная оценке возможности использования рамочных излучателей для формирования равномерного азимутального покрытия. Данная задача базируется на исследовании функции распределения тока рамочного излучателя, представленной пятизвенной моделью разложения Фурье.

The article deals with the problem of assessing the possibility of using frame emitters to form a uniform azimuthal coating. This problem is based on the study of the current distribution function of the frame emitter represented by a five-link Fourier expansion model.

Ключевые слова: рамочный излучатель; равномерное азимутальное покрытие; проволочные структуры; функция распределения тока; интегро-дифференциальное уравнение; коэффициенты разложения Фурье; комплексная нагрузка.

Key words: framework mast; uniform azimuthal coverage; the wire structure; the distribution function of current; integro-differential equation; the coefficients of Fourier transformation; complex-valued load.

Опыт эксплуатации современных систем мобильной связи, наблюдения и контроля, выдвинул ряд конструктивных и энергетические требований к антенным устройствам, используемых в перспективных сетях Wi-Fi и Wi-Max. К этим требованиям относятся: малый вес, прочность и вибрационная устойчивость; всенаправленная или управляемая в горизонтальной плоскости характеристика направленности, обеспечивающая равномерное азимутальное покрытие; максимально реализуемый коэффициент полезного действия; возможность подключения нескольких источников возбуждения; хорошее согласование антенн с фидерной линией.

Реализовать указанные, в ряде случаем противоречивые, требования можно с помощью проволочных структур, формирующих в пространстве необходимое распределение тока. Наиболее приемлемыми для достижения данной цели являются рамочные излучатели.

Оценка возможности использования рамочного излучателя для формирования равномерного

электромагнитного покрытия в азимутальной плоскости требует строгого описания функции распределения тока. Это особенно важно для рамок с большими геометрическими размерами, когда их периметр превышает несколько длин волн.

Функция распределения тока обычно является решением внутренней задачи для рамочного излучателя [4]. Она впервые была рассмотрена в работе [1] и касалась решения интегрального уравнения Халлена для кольцевого рамки (рис. 1), возбуждаемой сторонним генератором в точке $\Phi = 0^0$.

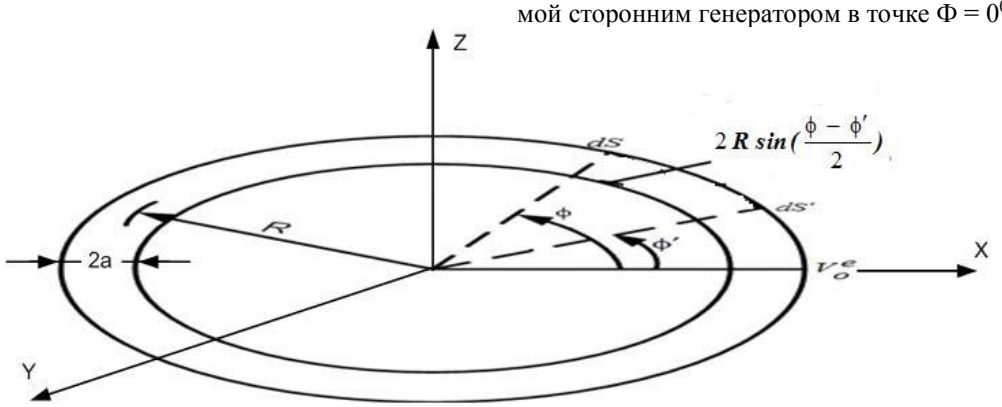


Рисунок 1. Кольцевой рамочный излучатель

В дальнейшем, вопросы, касающиеся рамочных излучателей и их модификаций, нашли свое отражение в работах [2,3,4]. Результаты этих трудов имели уточняющий характер.

Для круглой рамки, удовлетворяющей условию

$$a^2 \langle\langle R^2; \quad (ka)^2 \langle\langle 1 \tag{1}$$

можно записать следующее интегральное уравнения [2] относительно функции распределения тока

$$V_o^e \delta(\phi-\phi') = i\frac{W}{2\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} T(\phi-\phi')\cdot I(\phi')d\phi' \tag{2}$$

Ядро уравнения представлено функцией

$$T(\phi-\phi') = [\,kR\cos(\phi-\phi') + \frac{1}{kR}\cdot\frac{\partial^2}{\partial\phi^2}\,]\cdot G(\phi-\phi'),$$

где

$$G(\phi-\phi') = \frac{R}{2\pi}\int_{-\pi}^{+\pi}\frac{exp(-ik\cdot\sqrt{4R^2\sin^2((\phi-\phi')/2)+4a^2\sin^2(\psi/2)}}{\sqrt{4R^2\sin^2((\phi-\phi')/2)+4a^2\sin^2(\psi/2)}}d\psi. \tag{3}$$

Здесь, R - радиус рамки; a - радиус её провода; $\kappa = 2\pi/\lambda$ - волновое число для свободного пространства; W - волновое сопротивление среды; V_o^e - напряжение возбуждающего генератора, принимаемое равным 1 В. Представив подынтегральную функцию интеграла (2) рядом Фурье, для функции распределения тока можно записать следующее уравнение

$$I(\phi) = -i\,\tfrac{V_o^e}{\pi W}\cdot\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{1}{a_n}\cdot e^{in\phi} \tag{4}$$

Коэффициенты a_n связаны с радиусом рамки соотношением

$$a_n = a_{-n} = kR\left[\frac{T_{n+1}+T_{n-1}}{2}\right] - \frac{n^2}{kR}\cdot T_n \tag{5}$$

При больших n допустимо соотношение $T_{n+1}+T_{n-1}\approx 2T_n$ и выражение для коэффициентов Фурье, можно записать в виде

$$a_n \cong \frac{1}{\pi}(kR - \frac{n^2}{kR})\cdot\left[\ln n_0 - \ln n - i\frac{\pi(kR)^{2n+1}}{\Gamma(2n+2)}\right] \tag{6}$$

где Г(2n+2) - Гамма функция.

Так как $\frac{1}{a_n} = A_n + iB_n$ и $a_n = a_{-n}$, то функцию распределения тока (4) для круглой рамки можно записать в ином виде

$$I(\phi) = -i\frac{V_0^e}{\pi W}\cdot[(A_0 + iB_0) + 2\sum_{n=1}^{\infty}(A_n + iB_n)\cdot\cos n\phi]. \qquad (7)$$

Действительных и мнимых составляющие A_n и B_n коэффициентов разложения легко найти из соотношения (6). На рис. 2, 3 и 4 представлены результаты расчетов зависимости указанных коэффициентов от параметра $kR = 2\pi R/\lambda$. При расчетах в качестве параметра была выбрана величина $\Omega = 2\ln\frac{2\pi R}{a}$.

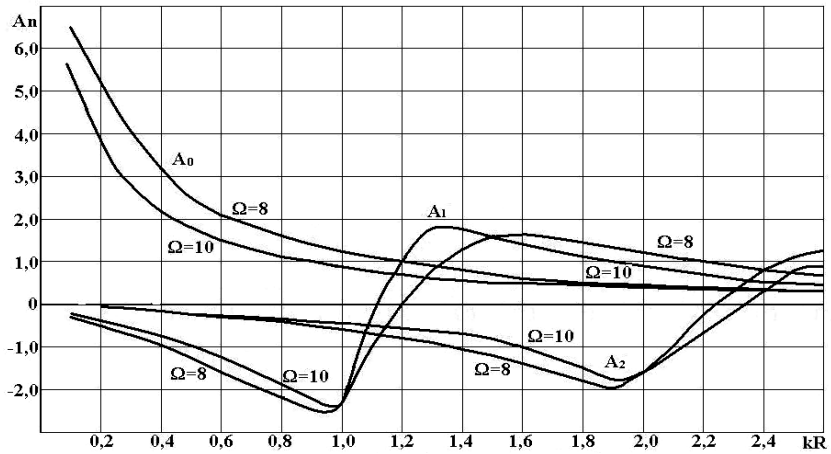


Рисунок 2. Действительные составляющие A_0, A_1, A_2 .

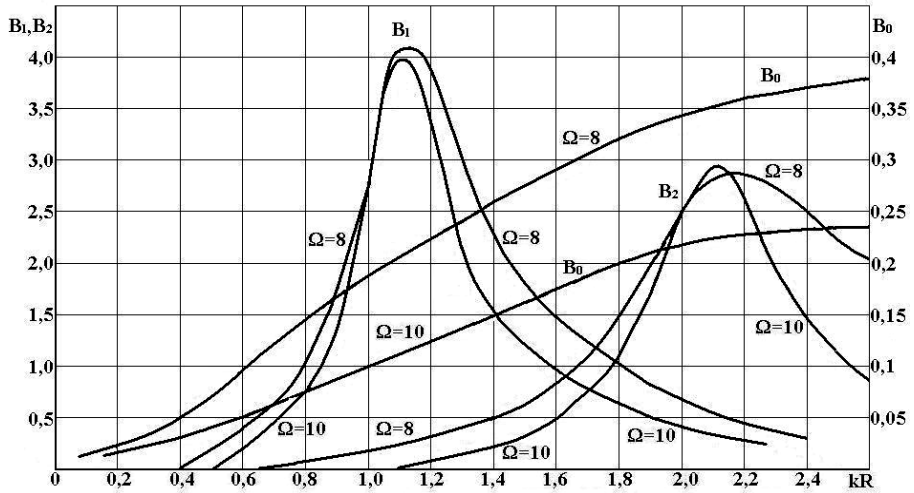


Рисунок 3. Мнимые составляющие B_0, B_1, B_2 .

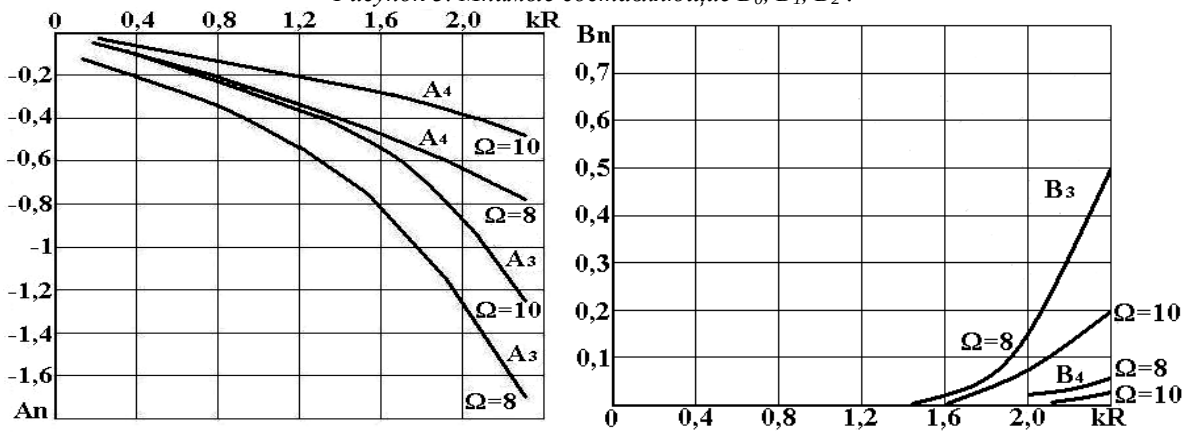


Рисунок 4. Действительные A_3, A_4, и мнимые B_3, B_4 составляющие.

Анализ представленных зависимостей показывает, что для составляющих A_1, B_1, A_2, B_2 вблизи значений $kR = 1$ и $kR = 2$ имеет место явно выраженный резонанс. Наибольший вклад в распределение тока вносят составляющие не более четвертого порядка. С учетом этого бесконечный ряд в (7) можно записать в виде суммы двух составляющих

$$\sum_{n=1}^{\infty}(A_n + iB_n)\cdot\cos n\phi] = \sum_{n=1}^{4}(A_n + iB_n)\cdot\cos n\phi] + \psi(\phi)$$

Функция, аппроксимирующая составляющие ряда высокого порядка, описывается соотношением

$$\psi(\Phi) = -\frac{2\pi}{\ln(n_0/4.5)}\cdot\left[S_1(\Phi)\frac{kR}{4.5} + S_2(\Phi)\left(\frac{kR}{4.5}\right)^3\right] \tag{8}$$

где

$$S_1(\Phi) \approx \int_1^{\infty}\frac{\ln(n_0/4.5)}{\ln(n_0/4.5) - \ln x}\cdot\frac{\cos(4.5\Phi x)}{x^2}dx \tag{9}$$

$$S_2(\Phi) \approx \int_1^{\infty}\frac{\cos(4.5\Phi x)}{x^4}dx \tag{10}$$

$\ln n_0 = \ln(2R/r) - \gamma$; R – радиус рамки; $\gamma = 0.557$ (постоянная Эйлера) Представленные на рис.5 графики функций $S_1(\phi)$ и $S_2(\phi)$, рассчитанные для $\Omega = 10$, показывают, что они имеют наибольшее значение только в пределах углового сектора $\Phi < 30^0$, а следовательно, оказывают влияние в основном на входной импеданс рамочного излучателя.

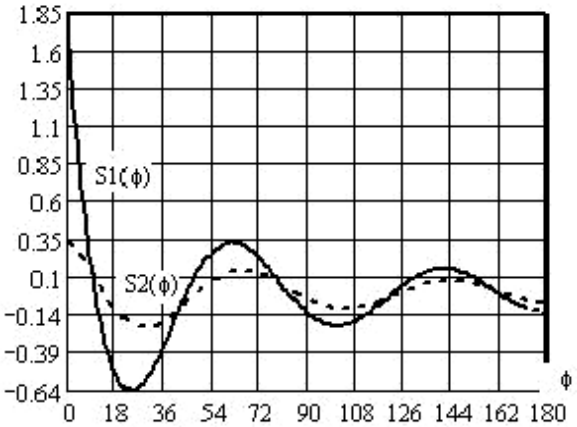


Рисунок 5. Функции S1(ϕ) и S2(ϕ).

Амплитудное распределение тока рамочной антенны, рассчитанное для значений $kR=1$ и $kR=2$, показано на рис.6.

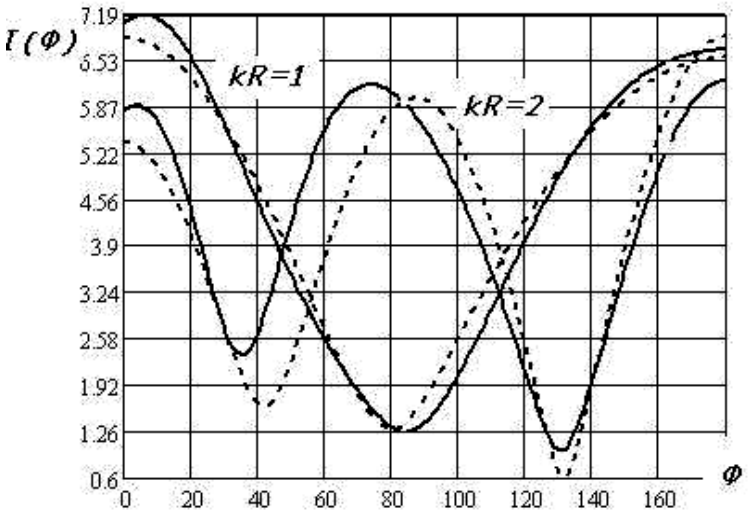


Рисунок 6. Распределение амплитуды тока рамочной антенны.

Графики, представленные сплошными линиями, соответствуют точному решению для функции распределения тока, а пунктирными линиями - косинусоидальному приближению. С увеличением размера рамки наблюдается более сильное различие между точным и приближенным законами распределения тока. При точном распределении ток в узлах не спадает до нуля, а принимает некоторое минимальное значение. Чем сильнее удален узел от точки возбуждения (Ф = 0), тем меньшее значение тока в нем. Характер распределения подтверждает факт влияния излучения поля на уменьшение амплитуды тока.

Эффективность рамочного излучателя (за счет роста сопротивления излучения и к.п.д.) можно повысить, если увеличить его размеры по отношению к длине волны. Однако это приводит к неравномерности распределения тока вдоль её провода и изрезанности диаграммы направленности.

Сформировать круговую диаграмму направленности и обеспечить равномерное азимутальное покрытие, можно за счет коррекции распределения тока горизонтально расположенной рамочной антенны. Скорректировать распределение тока можно включением в провод рамки *m* дополнительных генераторов. Задав угловые координаты точек включения генераторов $\Phi = 0, \frac{2\pi}{m}, 2\frac{2\pi}{m}, \ldots (q-1)\frac{2\pi}{m}, \ldots . (m-1)\frac{2\pi}{m}$, распределение тока в рамке определим как сумму токов, создаваемых отдельными генераторами [5]

$$I(\Phi) = \sum_{q=1}^{m} F(\Phi, q) \cdot V_{q-1} \quad , \tag{11}$$

где

$$F(\Phi, q) = -\, i \cdot \frac{1}{\pi \cdot W} \left[\frac{1}{a_0} + 2 \cdot \sum_{n=1}^{4} \frac{\cos n[\Phi - \frac{2\pi}{m}(q-1)]}{a_n} + \psi[\Phi - \frac{2\pi}{m}(q-1)] \right] , \tag{12}$$

Однако следует отметить, что построение рамочной антенны, возбуждаемой несколькими генераторами, сопряжено с трудностями реализации системы питания. В таких случаях целесообразно все генераторы, кроме генератора в точке $\Phi = 0^0$, заменить нагрузочным сопротивлением Z_{q-1}. При этом каждую нагрузку можно рассматривать как некоторый эквивалентный генератор с напряжением

$$V_{q-1} = -\, Z_{q-1} \cdot I_{q-1} = -Z_{q-1} \cdot I[\frac{2\pi}{m}(q-1)]. \tag{13}$$

Поставив соотношение (13) в (11) получим

$$I(\Phi) = F(\Phi,1)V_0 - \sum_{q=2}^{m} F(\Phi, q) \cdot I[\frac{2\pi}{m}(q-1)] \cdot Z_{q-1} \quad . \tag{14}$$

Используя это соотношение можно вычислить ток I_p, протекающий через p-ю нагрузку, установленную в точке $\Phi = \frac{2\pi}{m}(p-1)$.

$$I_p = I[\frac{2\pi}{m}(p-1)] = F[\frac{2\pi}{m}(p-1),1]V_0 - \sum_{q=2}^{m} F[\frac{2\pi}{m}(p-1),q] \cdot I_{q-1} \cdot Z_{q-1} \quad .$$

Нетрудно видеть, что вычисление токов I_p, в нагрузках, сводится к решению системы $m-1$ линейных уравнений. Зная токи в нагрузочных сопротивлениях, общее распределение тока представить следующим соотношением

$$I(\Phi) = F(\Phi)V_0 - \sum_{q=2}^{m} F[\Phi - \frac{2\pi}{m}(p-1),q] \cdot I_{q-1} \cdot Z_{q-1} \quad . \qquad (15)$$

Первое слагаемое описывает распределение тока рамки неимеющей нагрузок и возбуждаемой генератором, включенным в точке $\Phi = 0^0$. Второе слагаемое представляет корректирующую функцию, отражающую влияние нагрузок на общее распределение тока. Выбирая значение комплексных нагрузок и место их включения, можно сформировать такое распределение тока, при котором будет реализовываться равномерное азимутальное электромагнитное покрытие.

Литература.

1. Wu T.T. Theory of thin circular loop antennas. J. Math. Phys., v.3, 6 1962
2. Storer J.K. Impedance of Thin wire loop antennas. Am. Inst. Elec. Engrs. Trans. V.75, part. 1, 27, 1956, pp. 606 – 619.
3. K. Iizuka. The circular loop antenna multi-loaded with positive and negative resistors, IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-13, no. 1, pp.120 . 7-20, Jan. 1965.
4. Велегура В.А., Титов В.Ю. Внутренняя задача для кольцевой рамочной антенны. // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. - 2010. - №1. - С. 37-42.
5. Велегура В.А., Кривенцев Е.А. Использование комплексных нагрузок для управления распределением тока рамочных излучателей. // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. – 2018.- №2. – С. 19-22.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА С УЧЁТОМ УРОВНЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Якунин Николай Николаевич
Д-р техн. наук, зав. каф. автомобильного транспорта, проф., г. Оренбург
Якунина Наталья Владимировна,
Д-р техн. наук, проф. каф. автомобильного транспорта, доцент, г. Оренбург
Нестеренко Дина Халиловна,
аспирант кафедры автомобильного транспорта, г. Оренбург

АННОТАЦИЯ.

Цель исследования состоит в поиске зависимостей между характеристиками автотранспортного потока по уровням обслуживания движения. Методы исследования: математическая статистика, натурные обследования. По результатам исследования получены зависимости скорости автотранспортного потока от интенсивности движения и величины пассажиропотока; зависимость времени перемещения пассажира от скорости движения автотранспортного потока. Полученные зависимости позволяют описать состояние автотранспортного потока по времени перемещения пассажира и скорости автотранспортного потока для каждого уровня обслуживания движения при известных значениях интенсивности и величины пассажиропотока.

ABSTRACT.

The purpose of the study is to search for dependencies between the characteristics of the motor traffic flow by the levels of traffic services. Research methods: mathematical statistics, field surveys. According to the results of the study, the dependences of the speed of the traffic flow on the traffic intensity and the size of the passenger traffic were obtained; the dependence of the time of movement of the passenger from the speed of movement of the traffic flow. The dependences obtained allow us to describe the state of the motor traffic flow by the time of

movement of the passenger and the speed of the motor transport flow for each level of traffic service at known values of the intensity and size of the passenger traffic.

Ключевые слова: уровень обслуживания движения, скорость автотранспортного потока, время перемещения пассажира, интенсивность, пассажиропоток

Keywords: motion service level, traffic flow rate, passenger travel time, intensity, passenger traffic

Состояние автотранспортного потока характеризуется его скоростью. Для того, чтобы определить скорость *V* движения автотранспортного потока необходимо найти функцию скорости, которая зависит от интенсивности *N* движения автотранспортного потока. Скорость автотранспортного потока для уровня обслуживания А может составлять более 60 км./час; В – от 54 до 60 км./час; С – от 42 до 54 км./час; D – от 33 до 42 км./час; Е – менее 33 км./час; F – от 18 км./час. (таблица 1) [1].

Структура автотранспортного потока отражена в значении интенсивности движения *N*, которое определяется как произведение коэффициента загрузки *z* и пропускной способности *P*. Например, для двухполосной дороги с пропускной способностью *P* = 2000 авт./час интенсивность движения *N* составляет [2]:

Таблица 1.Границы уровней обслуживания для двухполосной дороги

Уровень обслуживания	F	E	D	C	B	A
z	1,1	1,00	0,90	0,70	0,45	0,20
N, авт./час	2200	2000	1800	1400	900	400
V, км./час	18	24	33	42	54	60

Функция скорости *V* для двухполосных дорог примет вид:

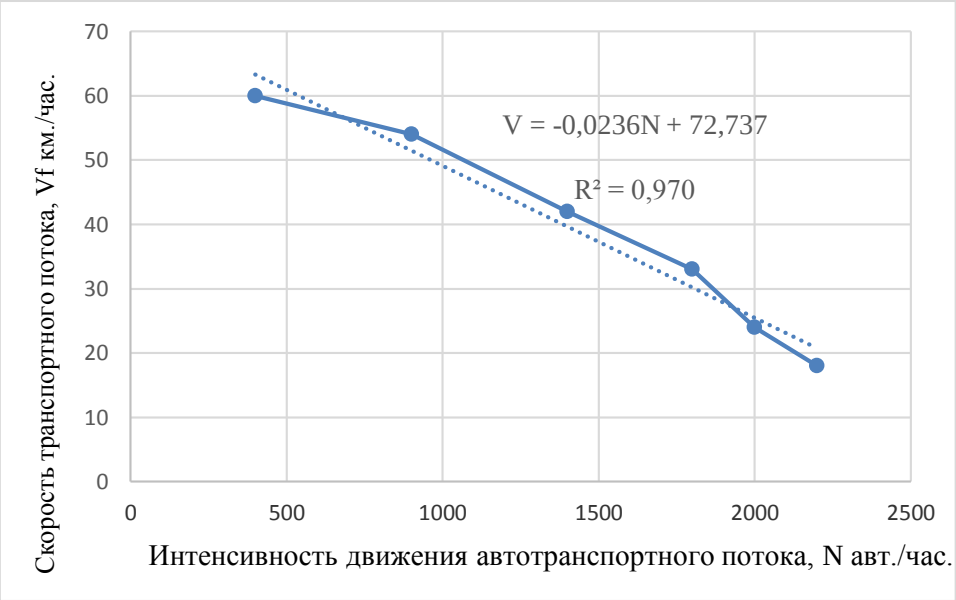


Рисунок 1. Зависимость скорости V от интенсивности движения N автотранспортного потока

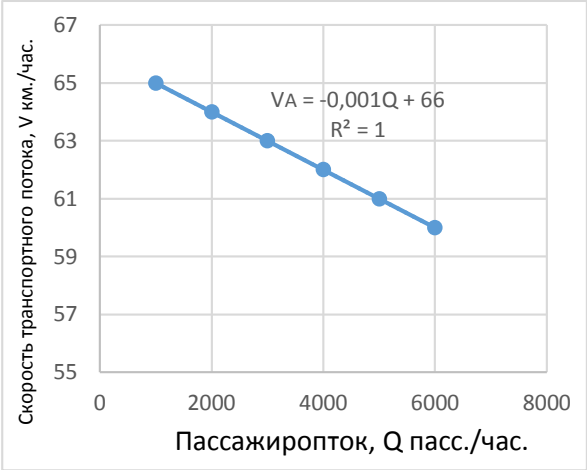
Аналогичным образом можно определить функции скорости дорог с различным числом полос движения.

Для описания скорости *V* автотранспортного потока внутри уровней обслуживания определены зависимости скорости *V* от пассажиропотока *Q* от 1000 пасс./час до 10 000 пасс./час. по каждому уровню обслуживания (таблица 2). Значение скорости *V* представлено для каждого уровня обслуживания в соответствующих пределах (таблица 1). Известно, например, что скорость в границах уровня обслуживания В составляет от 54 до 60 км./час.

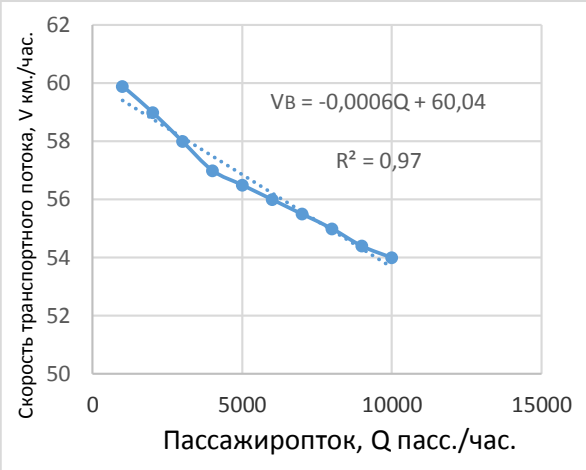
Таблица 2. Исходные данные для построения зависимостей скорости *V* движения автотранспортного потока от пассажиропотока *Q*

Q, пасс./час.		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
V, км./час	A	65	64	63	62	61	60				
	B	**59,9**	**59**	**58**	**57**	**56,5**	**56**	**55,5**	**55**	**54,4**	**54**
	C	53,9	53	52	51	50	48	47	45	43	42
	D	41,9	41	40	39	38	37	36	35	34	33
	E	32,9	32	31	30	29	28	27	26	25	24
	F	23,9	22	21,5	21	20,5	20	19,5	19	18,5	18

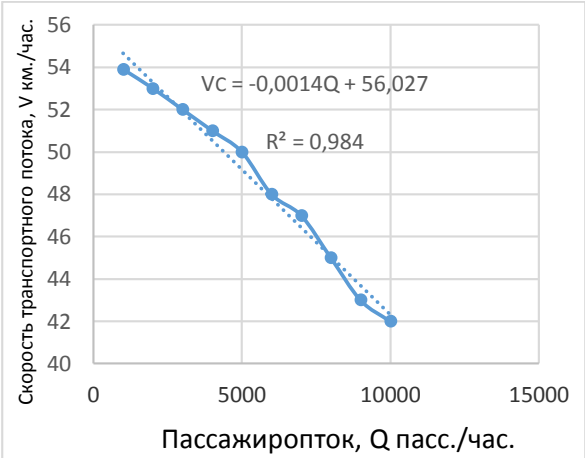
Полученные зависимости представлены в графическом виде на рисунке 2.2.



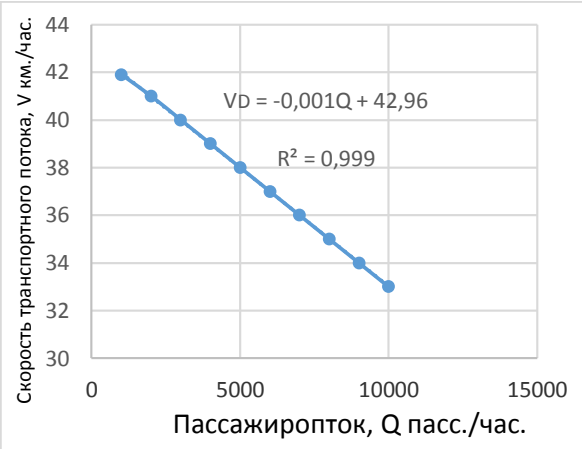
а)



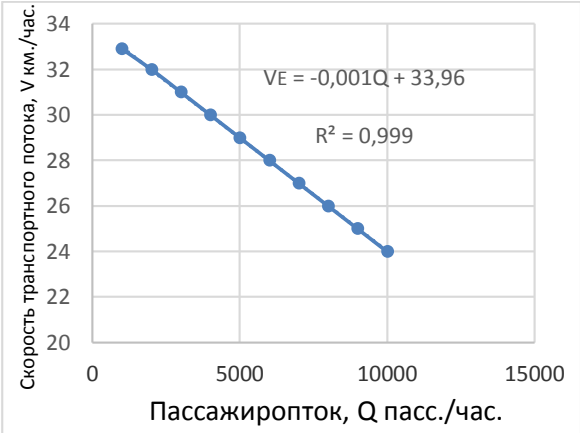
б)



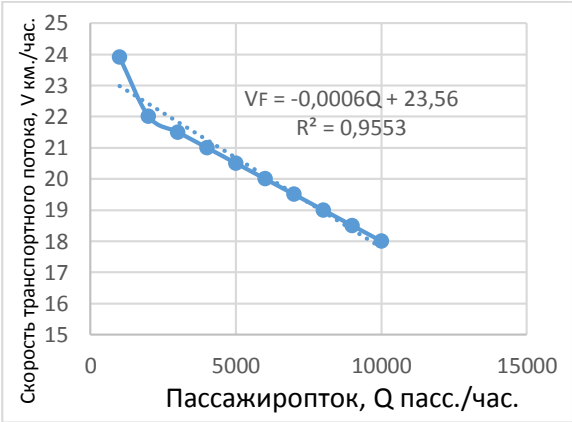
в)



г)



д)



е)

Рисунок 2 - Зависимость скорости V автотранспортного потока от пассажиропотока Q: а) для уровня обслуживания движения A; б) для уровня обслуживания движения B; в) для уровня обслуживания движения C; г) для уровня обслуживания движения D; д) для уровня обслуживания движения E; е) для уровня обслуживания движения F.

Функции зависимости скорости *V* от пассажиропотока *Q*, показывают, как распределяется скорость *V* автотранспортного потока внутри уровня обслуживания, и являются справедливыми для дорог с различной пропускной способностью *P*.

Для установления зависимости времени *t* от скорости *V* необходимо определить значение времени *t* по уровням обслуживания. Исходные данные для скорости V представлены в таблице 3: скорость *V* автотранспортного потока для уровня обслуживания A может составлять более 60 км./час; B – от 54 до 60 км./час; C – от 42 до 54 км./час; D – от 33 до 42 км./час; E – менее 33 км./час; F – от 18 км./час. [1, 3]. Время *t* представляем в минутах от

часа. Таким образом, получаем для уровня обслуживания А со значением скорости *V* движения автотранспортного потока равной 60 км./час – время *t* = 1 час/60 км./час. Получаем 0,0167 часа. Аналогичным образом установлены значения времени для уровней обслуживания *B, C, D, E, F*.

Таблица 3. Исходные данные для установления зависимости времени *t* от скорости *V* движения автотранспортного потока

A	B	C	D	E	F						
V, км./ч.	t, часа	V, км./ч.	t, часа	V, км./ч.	t, часа	V, км./ч.	t, часа	V, км./ч.	t, часа	V, км./ч.	t, часа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
65	0,0154	59,9	0,0167	53,9	0,0185	41,9	0,0238	32,9	0,0304	23,9	0,0418
64	0,0156	59	0,0169	53	0,0189	41	0,0244	32	0,03125	22	0,0454
63	0,0159	58	0,0172	52	0,0192	40	0,025	31	0,0322	21,5	0,0465
62	0,0161	57	0,0175	51	0,0196	39	0,0256	30	0,0333	21	0,0476
61	0,0164	56,5	0,0177	50	0,02	38	0,0263	29	0,0345	20,5	0,0488
60	0,0167	56	0,0178	48	0,0208	37	0,027	28	0,0357	20	0,05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		55,5	0,018	47	0,0213	36	0,0278	27	0,037	19,5	0,0513
		55	0,0182	45	0,0222	35	0,0286	26	0,0385	19	0,0526
		54,4	0,0184	43	0,0232	34	0,0294	25	0,04	18,5	0,054
		54	0,0185	42	0,0238	33	0,0303	24	0,0416	18	0,0555

Функция зависимости времени t от скорости V движения автотранспортного потока имеет вид:

$$t = -0{,}008V + 0{,}06$$

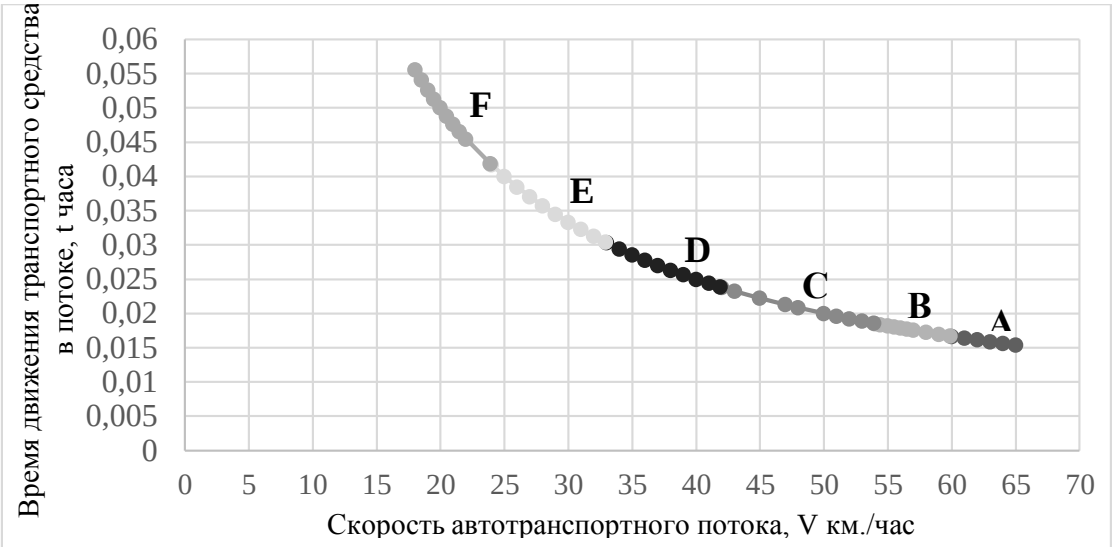


Рисунок 3.Зависимость времени t от скорости V движения автотранспортного потока

Полученная зависимость показывает, что с уменьшением скорости движения автотранспортного потока, время t движения транспортного средства увеличивается.

Список литературы:

1. Отраслевой дорожный методический документ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог.

2. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85 (с Изменениями №1) Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200095524 - (дата обращения 2.11.2018 г.)

3. Якунина Н.В. Моделирование структуры пассажирских автотранспортных потоков с использованием показателя динамического габарита пассажира / Н.В. Якунина, Д.Х. Нургалиева, С.В. Легащёв, Д.С. Мухамедов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – ООО ИПК «Университет», 2015 г. - №4 – с. 140-145.

ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ: НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА КОМПАРТМЕНТА

Бойко Тарас Георгиевич
док. техн. наук, проф., проф. кафедры приборов точной механики,
Национальный университет «Львовская политехника»,
г. Львов
Паславский Михаил Михайлович
ведущий инженер кафедры экологии,
Национальный лесотехнический университет Украины,
г. Львов
Руда Мария Витальевна
канд. тенх. наук, преп. кафедры экологической безопасности и природоохранной деятельности,
Национальный университет «Львовская политехника»,
г. Львов
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.22-27

АНОТАЦИЯ.

Исследовано структурно-функциональное строение сложного ландшафтного комплекса и определено в нем место компартмента. Установлено, что в основу экологической характеристики защитной эффективности положена реакция организмов на воздействие факторов среды. Предложено оценивать защитную эффективность для сложных ландшафтных комплексов за определенными классами. Во время математического моделирования экологическое воздействие на сложный ландшафтный комплекс рассматривают, как некий индекс, который принимается однородным и изотропным в горизонтальной плоскости, а площадь сложного ландшафтного комплекса – достаточно большая для того, чтобы можно было пренебречь эффектом «края поля». Использован показатель, в зависимости от величины которого сложный ландшафтный комплекс можно проранжировать по степени защитной эффективности. На основе полученных значений для комплексной оценки защитной эффективности сложного ландшафтного комплекса введен уровень ранжирования по соотношению защитной эффективности и антропогенного воздействия. Подобный подход согласуется с работами других авторов и полезен при разработке максимально адекватной системы критериев и приоритетов для оценки и классификации экологической опасности антропогенных воздействий, в том числе и экологической опасности загрязняющих веществ.

ABSTRACT.

The structural and functional structure of a compound landscape complex was investigated and the compartment location was determined in it. It is established that the basis of the ecological characteristics of protective effectiveness is the reaction of organisms to environmental factors. It is proposed to evaluate the protective efficiency for compound landscape complexes beyond certain classes. During mathematical modeling, the environmental impact on a compound landscape complex is considered as a kind of index that is assumed to be uniform and isotropic in the horizontal plane, and the area of the compound landscape complex is large enough to neglect the effect of the “edge of the field”. An indicator is used, depending on the size of which a compound landscape complex can be ranked according to the degree of protective effectiveness. Based on the obtained values for the integrated assessment of the protective effectiveness of a compound landscape complex, the level of ranking according to the ratio of protective effectiveness and anthropogenic impact is introduced. Such an approach is consistent with the work of other authors and is useful in developing the most appropriate system of criteria and priorities for assessing and classifying the environmental hazard of anthropogenic impacts, including the environmental hazard of pollutants.

Ключевые слова: ландшафтный комплекс, защитная эффективность, компартмент, индекс, экологические процессы, качество, стойкость.

Keywords: landscape complex, protective efficiency, compartment, index, environmental processes, quality, durability.

Введение и новизна. В работе [1] обосновано, экологическую оценку «защитной эффективности», которая должна строиться на оценке устойчивости конкретных экологических систем к конкретным внешним (в том числе, и техногенным) воздействиям и нагрузкам. То есть, защитная эффективность должна базироваться на нормировании качества (состояния) компартмента и воздействия на него.

В основу экологической характеристики защитной эффективности возложена реакция организмов на воздействие факторов среды. Организм способен выжить лишь в диапазоне изменчивости данного фактора, который еще называют амплитудой. Как очень высокие (максимальные), так и очень низкие (минимальные) значения данного фактора среды могут иметь губительное влияние. Пороговое значение данного фактора, выраженного в цифрах, выше или ниже которого организм существовать не может – критическая точка. Между этими критическими значениями и расположена зона экологической толерантности. В пределах этой зоны напряженность факторов среды разная. Поэтому, под защитной эффективностью сложного ландшафтного комплекса (СЛК) следует понимать состояние, при котором яруса в подсистемах компартмента под действием антропогенных факторов не переходят из высшего уровня органи-

зации на нижний, не меняется прохождение физиолого-биохимических процессов и оставляются возможности для выполнения их функций.

Защитную эффективность СЛК можно оценивать за следующими классами: хороший – когда компартмент не поврежден, или слабо поврежден анторопогенными факторами; удовлетворительное – когда неблагоприятные факторы частично привели к существенному ослаблению компартмента; плохой – когда любой из неблагоприятных факторов значительно повлиял на компартмент; очень плохой – когда компартмент значительно поврежден многими факторами.

Методика исследований. Основываясь на гипотезе, что СЛК можно представить как совокупность компартментов, которые имеют свойства целого СЛК, выделим некоторый участок СЛК единичной площади (рис. 1). По условиям, все такие участки эквивалентны. Проведем верхнюю границу исследуемой системы параллельно поверхности почвы на высоте *H*, примерно равной утроенной высоте деревьев *h*. На некоторой глубине *R* за пределами слоя размещения корневой системы проведем нижнюю границу. Образованный таким образом параллелепипед и будет рассматриваться как объект моделирования. Через боковые грани обмен энергией и веществом не происходит, поскольку отсутствуют соответствующие градиенты. В выделенный объем через верхнюю грань проникает солнечная радиация и углекислый газ, а удаляются, например, пары воды. Так же обозначенные обменные процессы происходят через нижнюю грань. Несмотря на это, все, что поступает в систему, относится к ее входных воздействиям, а все что из нее удаляется – либо к потерям, либо к отчуждаемому конечному продукту.

Во время математического моделирования СЛК рассматривают их экологическое воздействие, как некий индекс, который принимается однородным и изотропным в горизонтальной плоскости, а площадь СЛК – достаточно большая для того, чтобы можно было пренебречь эффектом «края поля». В этом случае все перетоки энергии и вещества осуществляются только в вертикальном направлении. Также, можно пренебречь эффектом неоднородности почвы, считая, что описываемые процессы могут быть отнесены к любой части СЛК. Понятно, однородных и изотропных СЛК в природе не существует, однако принятая идеализация позволяет достичь необходимой корректности математических построений. Итак, неоднородности моделируемой системы проявляются при этом только в вертикальном направлении: в каждый момент времени существует некоторое распределение фитоэлементов по высоте СЛК и по глубине почвенного профиля.

Направленная вверх вертикальная координата обозначена через *x*, поместим ее в начало (точка 0) на поверхности почвы. Время обозначим через *t*. В таком случае все переменные модели будут зависеть от двух аргументов *x* и *t*. В каждый конкретный момент времени в системе существует вертикальное распределение характеристик растительного покрова, а также различных субстанций – воды в почве, ионов аммония и нитратов в почвенном профиле, температуры почвы, загрязнения полютантами и седиментами и т.д. В надземной части системы также существует вертикальное распределение различных параметров – антропогенного загрязнения, радиации, температуры и влажности воздуха, температуры листьев, концентрации углерода и азота в фитоэлементах и т.д. Под действием сил различной природы эти величины меняются.

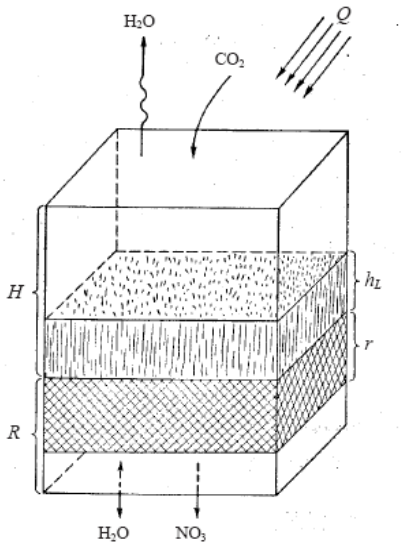


Рисунок 1 – Схематическое изображение компартмента СЛК, как объекта моделирования

В процессе построения модели экологических процессов необходимо проводить уточнение характера связей между взаимодействующими компонентами, так же как и значений параметров, которые на первых этапах могут носить довольно ориентировочный характер. Дальнейшая проверка справедливости модели заключается в таком варьировании значений параметров, которое максимально приблизило бы поведение модели к оригиналу.

Делается предположение, что в нашей системе имеется *n* различных компонентов. Каждое *i*-тое соеди-

нение из общего их количества n характеризуется значением концентрации c_i ($i = 1, 2,...,n$), которое может меняться со временем $c_i = c_i(t)$ в результате взаимодействия i-того соединения с любым из оставшихся ($n – 1$) веществ. Такого предположения достаточно, чтобы описанную ситуацию можно было бы представить математической моделью, которая является системой из n дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{aligned} \frac{dc_1}{dt} &= f_1(c_1, c_2,..., c_n.t) \\ \frac{dc_2}{dt} &= f_2(c_1, c_2,..., c_n.t) \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \frac{dc_n}{dt} &= f_n(c_1, c_2,..., c_n.t) \end{aligned} \qquad (1)$$

где $c_1(t),...,c_n(t)$ – неизвестные функции от времени, а $\frac{dc_i}{dt}$ ($i = 1,...,n$) – скорость изменения концентрации i-го вещества.

В модели (1) количество уравнений n равно количеству переменных $c_1, c_2 ... c_n$, веществ, которые изменяются в результате взаимодействия. Каждая f_i $(c_1,..., c_n, t)$ является функцией аргументов $c_1(t),...,c_n(t)$, зависящих от времени, и самого времени t и является алгебраической суммой скоростей отдельных реакций образования и удаления i-го вещества в системе.

В основном будем рассматривать системы уравнений первого порядка, содержащих первые производные по времени от начальных функций. По виду правых частей (1), и в зависимости от характера процессов, проходящих в системе, функции f_i $(c_1,..., c_n, t)$ могут содержать как линейные, так и нелинейные члены относительно переменных $c_1,..., c_n$. Большая часть уравнений, которые рассматриваются, будут иметь правые части, явно не зависящие от времени: f_i $(c_1,..., c_n)$. Это означает, что данные процессы происходят при постоянных внешних условиях.

Данные экспериментов, общий анализ, обобщение полученных результатов и их разъяснение. В СЛК существует принцип узкого места, согласно которому общая скорость превращения вещества во всей цепи реакций будет определяться самой медленной стадией. Следовательно, если отдельные стадии общего процесса обладают характерным временем $T_1, T_2,...,T_n$ и наиболее медленная стадия имеет время T_k, такое, что $T_k, > T_1,..., T_{k-1}, T_{k+1},..., T_n$, то определяющим звеном будет k-тое, а общее время процесса практически совпадет по значению с T_k этого узкого звена.

В то же время быстрые стадии процесса характеризуются высокими скоростями изменения переменных, что можно записать в виде:

$$\frac{dc_p}{dt} = \frac{1}{\varepsilon} f_p(c_1, c_2,..., c_n), \qquad (2)$$

где c_p – быстрая переменная, $\varepsilon < 1$ – малый положительный параметр.

Появление в правой части множителя $\frac{1}{\varepsilon} > 1$ определяет большое значение скорости $\frac{dc_p}{dt} > 0$. Наличие временной иерархии позволяет существенно упростить первоначальную модель СЛК, по сути, сведя задачу кинетического описания системы к изучению поведения наиболее медленной стадии. В этом смысле самое медленное звено будет руководящим, поскольку действие именно на него, а не на быстрые стадии может повлиять на скорость прохождения всего процесса. Это объективное свойство СЛК существенно облегчает проблему моделирования. Одновременно облегчается и управление этим процессом в пределах самого компартмента. На самом деле регулирование сложного многостадийного процесса легко осуществить путем воздействия на одну его ключевую стадию, например изменением параметров самой медленной цепи всего участка. Это повышает надежность управления сложными многостадийными экологическими процессами и в этом смысле является одним из важных преимуществ экологических систем.

Таким образом, хотя экологические процессы и содержат большое количество промежуточных стадий, их кинетическое поведение регулируется сравнительно небольшим числом отдельных звеньев, а следовательно, их динамическая модель содержит существенно меньшее число уравнений.

Практика математического моделирования показывает, что исследования таких упрощенных систем уравнений может дать более точное представление об общих динамических свойствах системы по сравнению с полными моделями, особенно в тех случаях, когда не возникает необходимость нахождения точного решения уравнений, но важно предусмотреть характер поведения системы при изменении условий ее функционирования. В системе СЛК это особенно важно, поскольку значения их параметров и начальных условий, как правило, варьируют и, обычно, не бывают точно заданными, так что чрезвычайно важно установить зависимость поведения системы от значений ее параметров.

Рассмотрением этих задач занимается качественная теория дифференциальных уравнений, и позволяет, не решая самих уравнений, исследовать указанные закономерности поведения системы по виду правых частей уравнений (1): f_1 $(c_1, c_2,..., c_n, t)$ ..., f_m $(c_1, c_2,..., c_n, t)$. Следует заметить, что для выполнения поставленной задачи: описать свойства защитной эффективности системы, не прибегая к поискам решений $c_1(t)...$, $c_n(t)$, необходимо каким-то образом исключить из непосредственного рас-

смотрения фактор времени. На самом деле, по определению, защитная эффективность системы по времени переменных $c_1(t)...,c_n(t)$ в левых частях (1) превращаются в ноль:

$$\frac{dc_i}{dt} = 0, i = 1,2,..., n, \quad (3)$$

Отсюда, приравнивая к нулю правые части (1), получим систему алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} &f_1(\overline{c_1}, \overline{c_2}...\overline{c_n}) = 0 \\ &f_2(\overline{c_1}, \overline{c_2}...\overline{c_n}) = 0 \\ &..... .... \\ &f_n(\overline{c_1}, \overline{c_2}...\overline{c_n}) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Постоянные значения, которые приобретают переменные $\overline{c_1}(t), \overline{c_2}(t)...\overline{c_n}(t)$ при достижении системой стационарного состояния, является $\overline{c_1}, \overline{c_2}...\overline{c_n}$.

Следует обратить внимание на то, что быстрые переменные в отличие от медленных практически все время находятся возле своих стационарных значений. Это легко увидеть из уравнения (2) для быстрой переменной c_p. На самом деле, перенося $\varepsilon > 0$ в левую часть, получим:

$$\varepsilon \frac{dc_p}{dt} = f_p(c_1, c_2,..., c_n), \quad (5)$$

при $\varepsilon \to 0$

$$f_p(\overline{c_1}, \overline{c_2}...\overline{c_n}) = 0 \quad (6)$$

что совпадает с алгебраическим уравнением для определения стационарных значений c_p. Это означает, что в случае разделения системы на быстрые и медленные переменные изменением быстрых переменных можно пренебречь, считая их постоянными величинами, а все внимание сосредоточить на изменении медленных переменных, которые и определяют узкие места системы.

Основной подход в качественной теории дифференциальных уравнений состоит в том, чтобы характеризовать состояние системы в целом значениями переменных $c_1, c_2,..., c_n$, которых они приобретают в каждый момент времени в процессе изменения в соответствии с (1). Если мы отложим на осях координат в n-мерном пространстве значения переменных $c_1, c_2,..., c_n$, то состояние СЛК описывается некой точкой M в этом пространстве с координатами:

$$M = M(c_1, c_2,..., c_n). \quad (7)$$

В стационарном состоянии точка M с координатами $\{c_1, c_2, ..., c_n\}$ носит название стационарной, или, как говорят, точки равновесия или точки покоя системы. Изменение состояния системы сопоставляется с изменением положения точки M в n-мерном пространстве. Пространство с координатами $c_1, c_2, ..., c_n$ называется фазовым, кривая, описываемая в нем точку M – фазовой траекторией, а сама система (1) –динамической системой с защитными свойствами.

Для комплексной оценки защитной эффективности СЛК введем уровни ранжирования СЛК по соотношению защитной эффективности к антропогенному воздействию (табл. 1). Для этого, среди прочих необходимо использовать показатель, в зависимости от величины которого СЛК можно проранжировать по степени защитной эффективности:

$$Y = 1 - \frac{M}{x}, \quad (8)$$

где M – фазовая траектория СЛК, x – показатель антропогенной нагрузки, которая оценивается на основе характеристик выявленного негативного воздействия и отражает уровень соотношения между величиной воздействия и защитной эффективностью. Частные показатели рассчитываются для каждого k-го яруса компартмента в виде следующего индекса:

$$x_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i S_i}{S_{об_k}}, \quad (9)$$

где w_i – весовой коэффициент, который соответствует степени опасности конкретного i-го воздействия для СЛК; S_i – площадь i-й подсистемы компартмента, обладающей защитным эффектом, м^2; $S_{об_k}$ – общая площадь k-го компартменту СЛК, м^2.

Таблица 1. Уровни ранжирования СЛК по соотношению защитной эффективности к антропогенному воздействию

Диапазоны состояния СЛК	Дозы воздействия	Порог	Антропогенная нагрузка	Показатель общего экологического со-	Класс защитной эффективности	Класс качества
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Фоновая зона толерантности СЛК Диагностические признаки минимального отклонения от средних значений	Фоновые		Нулевая	$Y < 0,3$	Защитная эффективность – не ниже первого класса, а надежность во всех частях биологического компартмента – не ниже второго класса	1
Удовлетворительная, или зона риска, которая определяется уничтожением чувствительных видов и снижению защитных функций СЛК Диагностические признаки отклоняются до предела амплитуды флуктуаций	Низкие	Чувствительности	Допустимая	$0,3 \leq Y < 0,5$		
Напряженная, или буферная зона, в которой наблюдаются структурные изменения в СЛК Существенно меняются второстепенные признаки стабильности главных значений	Умеренные	Токсичности	Предельно допустимая	$0,5 \leq Y < 0,6$	Защитная эффективность – не ниже второго класса	2
Кризисная или зона деградации, характеризуется подавлением защитных функций, критическим нарушением и частичным разрушением СЛК Существенно меняются главные признаки при сохранении остаточных значений	Токсичные	Надежности	Не допустимая	$0,6 \leq Y < 0,8$	Защитная эффективность – не ниже второго класса, а надежность – не ниже третьего класса	3
Катастрофическая, или импактная зона с разрушением защитных функций СЛК Почти полная или полная потеря диагностических признаков исходной экосистемы	Сублетальные	Выживание	Катастрофическая	$Y \geq 0,8$	Защитная эффективность – ниже второго класса при любых классах надежности	4
	летальные					

Выводы и рекомендации. В работах [2, 3] классификация антропогенных воздействий на живую природу проведена на основе концепции уровней организации живой материи. Развивая этот подход на основе иерархической структуры СЛК, мы предлагаем систему, которая упорядочивает разнообразие эффектов, связанных с антропогенным воздействием на СЛК. Подобный подход согласуется с работами других авторов [4, 5] и полезен при разработке максимально адекватной системы критериев и приоритетов для оценки и классификации экологической опасности антропогенных воздействий, в том числе экологической опасности загрязняющих веществ. В предлагаемой системе анализа экологической опасности должное место занимает опасность воздействия на устойчивость и целостность экосистемы, примером которой может служить опасность ослабления связи между биотическими компонентами СЛК и абиотическими факторами окружающей среды. Если антропогенное воздействие ослабляет эту связь в экосистеме, то последствия представляются неблагоприятными. Таким образом, к описанию составляющих СЛК должны быть введены переменные и параметры, характеризующие активность загрязнителя в каждой составляющей и плотность загрязнения отдельных составляющих.

Список литературы:

1. Макаров О.А. Экологическое нормирование катва окружающей среды и почв // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / Под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева,

Н.Г. Рыбальского. – М.: НИА-Природа, 2013. – С. 82-92.

2. Яблоков А.В., Остроумов С.А. Охрана природы: проблемы и перспективы. М.: Леспромиздат, 1983, 272 с.

3. Яблоков А.В., Остроумов СА. Уровни охраны живой природы. М.: Наука, 1985. 176 с

4. Строганов Н.С. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. Т. 3. Водная экология. М.: ВИНИТИ, 1976. С. 5-47.

5. Филенко О.Ф. Водная токсикология. Черноголовка: Изд-во МГУ, 1988. 156 с.

УДК 681.514.015.23
ББК 22.18я73, 22.318

СКРЫТЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Попов А.М.
(ИМАШ им. А.А. Благонравова РАН, г. Москва),
Валиев Р.М.
(Всероссийская Академия внешней торговли)

Элементы теории нечетких множеств успешно применяются для решения экономических задач, связанных с принятием решений. Экспертные оценки альтернативных вариантов по критериям могут быть представлены как нечеткие множества или числа, выраженные с помощью функций принадлежности.

Рассмотрим одну из математических постановок задач принятия решений на основе теории нечетких множеств. В данном случае критерии принятия решения определяют установленные в статье понятия, а оценки альтернатив представляют собой степени соответствия этим понятиям.

Пусть сформулирована задача исследования скрытых воздействий 6 секторов экономики, определяющих жизнедеятельность людей, друг на друга. Перечислим эти сектора: 1) население; 2) сельское хозяйство; 3) промышленность; 4) энергетика; 5) наука и техника; 6) здравоохранение [1].

Построим квадратную матрицу инциденций, строки и столбцы которой соответствуют номерам рассматриваемых секторов, а значения элементов матрицы представляют оценки экспертов степени воздействия одного сектора на другой. Эти оценки образуют рефлексивную нечеткую матрицу $M = \{a_{ij}\}$ (табл.1).

Таблица 1

$\tilde{M}$	1	2	3	4	5	6
1	1	0,3	0,5	0,7	0,6	0,9
2	0,4	1	0,3	0,2	0,1	0,8
3	0,2	0,2	1	0,2	0,3	0,1
4	0	0,1	1	1	0,2	0
5	0,3	0,4	1	1	1	0,6
6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,2	1

Так, по мнению экспертов, наука и техника имеет инциденцию на промышленность, оцениваемую элементом a_{53} = 1, а на здравоохранение — a_{56} = 0,6 и т.д.

Для проведения исследований скрытых воздействий вычислим инциденцию второго порядка

$$\tilde{M}^* = \tilde{M} \circ \tilde{M}$$

по формуле композиций maxmin. Заметим, что при вычислении инциденции второго порядка исходная матрица $\tilde{M}$ умножается сама на себя.

Пусть в результате композиции получена матрица $\tilde{M}^* = \{b_{ij}\}$, оформленная в виде табл.2. Напомним, первый индекс вычисляемого элемента матрицы $\tilde{M}^*$ — это номер строки первой матрицы, а второй — номер столбца второй матрицы (в производимых вычислениях очевидно матрицы одинаковы).

В соответствии с формулой $\tilde{M}^* = \tilde{M} \circ \tilde{M}$ вычисление по формуле композиций maxmin, например элемента b_{11} матрицы $\tilde{M}^*$, производились в 2 этапа [2]:

- Из значений соответствующих элементов первой строки и первого столбца матрицы $\tilde{M}$ выбирались минимальные значения (логическое

1 0,3 0,5 0,7 0,6 0,9
1 0,4 0,2 0 0,3 0,6

---

1 0,3 0,2 0 0,3 0,6.

Из полученных чисел выбиралось одно максимальное значение, равное 1 и которое теперь является значением элемента b_{11}.

Аналогично производились вычисления значений остальных элементов, оформленных в виде табл. 2.

Далее вычисляется разность матриц $\tilde{D} = \tilde{M}^* - \tilde{M}$, представленная в виде табл. 3. В вычислениях определялась разность элементов матриц с одинаковыми адресами.

Таблица 2

$\tilde{M}^*$	1	2	3	4	5	6
1	1	0,4	0,7	0,7	0,6	0,9
2	0,6	1	0,4	0,4	0,4	0,8
3	0,3	0,3	1	0,3	0,3	0,3
4	0,2	0,2	1	1	0,3	0,2
5	0,6	0,4	1	1	1	0,6
6	0,6	0,3	0,5	0,6	0,6	1

Таблица 3

$\tilde{D}$	1	2	3	4	5	6
1	0	0,1	0,2	0	0	0
2	0,2	0	0,1	0,2	0,3	0
3	0,1	0,1	0	0,1	0	0,2
4	0,2	0,1	0	0	0,1	0,2
5	0,3	0	0	0	0	0
6	0	0,2	0,4	0,5	0,4	0

Анализ элементов матрицы $\tilde{D}$ в табл. 3 позволяет установить скрытые воздействия одного сектора экономики на другой, которые образуют инциденции второго порядка.

Для примера рассмотрим несколько наиболее значимых воздействия рассматриваемых секторов (которые имеют наибольшие значения элементов в табл.3).

В соответствии с табл.3 выпишем:

(6 → 4), т.е. здравоохранение имеет воздействие на энергетику со степенью воздействия 0,5;

(6 → 3) здравоохранение — промышленность;

(6 → 5) здравоохранение—наука и техника;

(2 → 5) сельское хозяйство — наука и техника;

(5 → 1) сельское хозяйство — население.

Каким образом происходят эти воздействия?

Восстановим промежуточные инциденции, с помощью которых можно обнаружить скрытые воздействия. Для этого используем табл.1.

Рассмотрим выбранную выше пару секторов (6 4). В шестой строке табл.1 (сектор 6) выбираем наибольшее значение 0,6. Оно находится на пересечении с первым столбцом (сектор 1). Поэтому далее переходим к первой строке табл.1 и выписываем значение 0,7 на пересечении с четвертым столбцом (сектор 4). Из полученных значений записываем наименьшее 0,6. Вычисления оформим в виде графа:

$$(6 \to 4)\quad 6 \xrightarrow{0,6} 1 \xrightarrow{0,7} 4 \quad 0,6.$$

Обращаясь вновь к табл.1 запишем прямое воздействие сектора 6 (шестая строка) на сектор 4 (четвертый столбец):

$$6 \xrightarrow{0,1} 4 \quad 0,1.$$

И, наконец, вычисляем разность 0,6 – 0,1 = 0,5. Это значение соответствует элементу с адресом (6,4) табл. 3.

Проведем аналогичные вычисления для остальных выбранных выше пар секторов:

$$(6 \to 3)\quad 6 \xrightarrow{0,6} 1 \xrightarrow{0,5} 3 \quad 0,5$$

$$6 \xrightarrow{0,1} 3 \quad 0,1 \qquad 0,5 - 0,1 = 0,4;$$

$$(6 \to 5)\quad 6 \xrightarrow{0,6} 1 \xrightarrow{0,6} 5 \quad 0,6$$

$$6 \xrightarrow{0,2} 5 \quad 0,2 \qquad 0,6 - 0,2 = 0,4;$$

$$(2 \to 5)\quad 2 \xrightarrow{0,4} 1 \xrightarrow{0,6} 5 \quad 0,4$$

$$2 \xrightarrow{0,1} 5 \quad 0,1 \qquad 0,4 - 0,1 = 0,3;$$

$$(5 \to 1)\quad 5 \xrightarrow{0,6} 6 \xrightarrow{0,6} 1 \quad 0,6$$

$$5 \xrightarrow{0,3} 1 \quad 0,3 \qquad 0,6 - 0,3 = 0,3.$$

Расшифруем полученные результаты.

(6 → 4): Без производства специальных вычислений табл.3 ошибочно можно полагать, что здравоохранение непосредственно почти не влияет на энергетику (см. табл. 1, элемент (6,4)). Однако это влияние достаточно сильно проявляется через население (см. табл. 1, элементы (6,1) и (1,4)).

Точно также здравоохранение непосредственно слабо влияет на промышленность, науку и технику (пары (6 → 4), (6 → 5)), но это влияние опять таки сказывается через население.

(2 → 5): Сельское хозяйство не влияет непосредственно на науку и технику, но это влияние сказывается через население.

Из (5 → 1) видно, что наука и техника влияет на население через здравоохранение.

Эти выводы без непосредственной оценки скрытых воздействий следуют из табл. 3, полученной с помощью вычислений.

Таким образом, с помощью нечетких матриц можно оценить скрытые влияния одного сектора экономики народного хозяйства на другой [3].

Литература

1. Попов А.М., Сотников В.Н., Валиев Р.М. Экономико-математические методы и модели в машиностроении. Монография. - М.:ООО «Наука-Информ», 2017.- 188 с. ISBN 978-5-906342-05-08.

2. Попов А.М., Сотников В.Н. Экономико-математические методы и модели. Учебник / Москва, 2016. Сер. 60 Бакалавр. Прикладной курс (3-е изд., испр. и доп.). https://elibrary.ru/item.asp?id=30569072.

3. Popov A.M., Sotnikov V.N. DIE EKONOMIKO-MATHEMATISCHEN METHODEN UND DIE MODELLE. DIE MONOGRAFIE. Монография / Германия, 2015. https://elibrary.ru/item.asp?id=27332574.

4. Попов А.М., Сотников В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник / Москва, 2017. Сер. 60 Бакалавр. Прикладной курс (2-е изд., испр. и доп.). https://elibrary.ru/item.asp?id=30564936.

5. 3. Попов А.М., Сотников В.Н. Высшая математика для экономистов. Учебник и практикум для прикладного бакалавриата в 2 частях/ Москва, 2018. Сер. Бакалавр. Прикладной курс. https://elibrary.ru/item.asp?id=35453911.

6. 4. Попов А.М., Сотников В.Н., Нагаева Е.И. Информатика и математика. Учебник и практикум для прикладного бакалавриата/ Москва, 2017. Сер. Бакалавр Прикладной курс (3-е изд., пер. и доп.). https://elibrary.ru/item.asp?id=28984623.

7. Попов А.М., Валиев Р.М. Система статистических методов обработки экспериментальных данных в машиностроении. Монография. - М.:ООО «Технологии стратегического менеджмента», 2018.- 384 с. ISBN 978-5-904294-45-8. https://elibrary.ru/item.asp?id=35453909

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Семенова Евгения Алексеевна
Сотрудник филиала Бугульминский филиал
Казанского национального исследовательского технологического университета,
г. Бугульма, Российская Федерация
Залитова Марина Владимировна
Старший преподаватель Бугульминский филиал
Казанского национального исследовательского технологического университета,
г. Бугульма, Российская Федерация
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.29-32

FIRE SAFETY IN THE USE OF VARIOUS BUILDING MATERIALS

Semenova Evgeniya Alekseevna
Employee in the branch
Bugulminskiy branch of Kazan national research technological University
Zalitova Marina Vladimirovna
Senior teacher
Bugulminskiy branch of Kazan national research technological University

АННОТАЦИЯ: Статья посвящена актуальной проблеме последних лет – пожарная безопасность при горении различных строительных материалов. Строительная индустрия относится к наиболее крупным потребителям синтетических материалов. Поэтому применение разносоставных материалов в строительстве и производстве непрерывно увеличивается из года в год.

ABSTRACT: the Article is devoted to the actual problem of recent years – fire safety in the combustion of various building materials. The construction industry is among the largest consumers of synthetic materials. Therefore, the use of composite materials in construction and production is continuously increasing from year to year.

Ключевые слова: пожарная безопасность, горение, воспламеняемость, токсичность, отдача тепла, исходное сырье.

Keywords: fire safety, combustion, flammability, toxicity, heat output, feedstock.

Сегодня на рынке представлен огромный выбор строительных материалов. Строительная индустрия в современном мире является крупнейшим заказчиком и потребителем синтетических материалов. В наше время применение разносоставных материалов в строительстве и производстве непрерывно увеличивается из года в год. Одновременно расширяется и их ассортимент, и как следствие меняются и ужесточаются требования предъявляемые к строительным материалам. Это связанно с тем, что требования предъявляемые к строительным материалам, качественно меняются. Обеспечение пожарной безопасности входит в число ключевых задач при строительстве и эксплуатации современных зданий и сооружений. Строго соблюдая требования пожарной безопасности к строительным материалам можно значительно уменьшить

ущерб от возгорания гражданских и промышленных объектов. На современном рынке есть воспламеняемые материалы, способные тлеть и выделять токсичные вещества, распространяющие огонь – это горючие материалы. Они стандартизированы ГОСТ, СНиП и другими документами. И только когда эти требования соблюдаются наравне с решением других технических и экономических задач, здание считается спроектированным безопасно. Наиболее востребованными являются не горючие строительные материалы: они не возгораются, не тлеют, не распространяют огонь. Такие материалы позволяют обеспечить высокую противопожарную безопасность на объекте, они рекомендованы к использованию в зданиях и сооружениях, характеризующихся высокими рисками возгораний, и даже взрывов.

Информация о пожарной опасности строительных материалов играет немаловажную роль при выборе их для разных видов строительства.

Пожарная опасность строительных материалов характеризуется следующими свойствами:

– Токсичность продуктов горения
– Горючесть
– Воспламеняемость
– Дымообразующая способность
– Способность распространения пламени по поверхности

Кроме того, применяемые в строительстве композиты различают по способу отдачи тепла:

– Обладающие теплоизоляционными свойствами
– Теплоотражающие материалы.

Основным фактором, определяющим пожарную опасность строительных материалов, является сырье, из которого они изготовлены. Строительные материалы по источнику сырья на три группы: неорганические, органические и смешанные.

Не органические или минеральные материалы, служат для создания жесткого каркаса.

К ним относятся – кирпич, природный камень, бетон, стекло, керамику и т.д. Эти материалы относятся к негорючим, но даже при небольшом добавлении полимерных или органических веществ – не более 5–10% от массы – их свойства меняются. Увеличивается пожарная опасность, и из негорючих материалов они переходят в категорию трудно сгораемых.

В последнее десятилетие широкое распространение получила продукция на основе полимеров, условно относящаяся к неорганическим материалам и являющаяся горючей.

На рынке существуют полимерные материалы горючесть которых зависит от физико-химических свойств веществ, образующихся на поверхности при горении данных материалов. Выделяют два основных вида полимерных соединений: реактопласты, образующие при нагревании коксовый слой, который состоит из негорючих веществ и защищает материал от воздействия высоких температур, препятствуя горению и термопласты, которые плавятся без создания теплозащитного слоя.

Вне зависимости от типа, полимерные строительные материалы нельзя считать негорючими, но можно понизить их пожарную опасность с помощью антипиренов – их применяют для защиты полимеров и некоторых других материалов от возгорания. Антипирен - компонент, добавляемый в материалы органического происхождения с целью обеспечения огнезащиты. Антипирены замедляют воспламенение и горение в связи с тем, что содержат замедлители горения – фосфаты аммония, бора, хлорид аммония, синергисты – вещества усиливающие действие основного замедлителя и стабилизаторы ограничивающие расход замедлителя.

Перейдем к рассмотрению органических строительных материалов. Все органические материалы относятся к группе горючих. Наибольшее распространение при строительстве современных объектов получили изделия из древесины – фанера, плиты ДСП, плиты ДВП и т.д. Пожарная опасность таких органических материалов повышается при добавлении различных полимеров. Например, лакокрасочные материалы не только повышают горючесть, но и способствуют более быстрому распространению пламени по поверхности, увеличивают токсичность и образование дыма. В таком случае по мимо выделения угарного газа – как к основному продукту горения органических материалов – добавляются и другие токсичные вещества.

Антипирены — вещества, предохраняющие пропитанные ими различные органические материалы от гниения, воспламенения, разложения. Огнезащитными свойствами обладают соли, содержащие Al, NH_4^+ , Ca, Li и др., а также кислотные радикалы (арсенат или арсенит, борат, бромид, ванадат, вольфрамат, молибдат и т. д.). Чаще распространены антипирены, содержащие соли аммония, щелочных и щелочноземельных металлов фосфорной, серной и соляной кислот (особенно сульфат и фосфат аммония), буру, борную кислоту. В качестве подобных веществ также могут быть использованы бромсодержащие органические соединения гексабромбензол, октабромдифенил и др.

Смешанные материалы, используемые в современном строительстве наиболее часто, относят к инновационным. Они состоят из органических и неорганических составляющих. Современная архитектура выделяет данные материалы в отдельную категорию и отдает им предпочтение при гражданском строительстве. К таким материалам относится, фибролит, состоящий из древесных волокон и цемента, и считающийся органическим, а битум –

неорганическим. Чаще всего смешанный тип относится к группе горючих продуктов.

Материалы, используемые в строительстве, подразделяются на классы пожарной опасности в зависимости от групп пожарной опасности материалов и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Классы пожарной опасности строительных материалов.

Свойства пожарной опасности строительных материалов	**Класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от групп**					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В2	В2	В2	В3
Дымообразующая способность	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4

Ниже в статье приведен перечень строительных материалов, и сделан анализ показателей необходимых для оценки пожарной опасности строительных материалов.

Требования пожарной безопасности к применению строительных материалов в зданиях и сооружениях устанавливаются применительно к показателям пожарной опасности этих материалов, приведенным в таблице 2.

Таблица 2

Анализ и перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности строительных материалов

Назначение строительных материалов		**Перечень необходимых показателей в зависимости от назначения строительных материалов**				
		Класс горючести	Класс пожарной опасности	Воспламеняемость	Дымообразование	Токсичность
Материалы для отделки стен и потолков	Гипсокартон	Г1	КМ0	В2	Д1	Т1
	Финишное покрытие на основе гипса	НГ	КМ0	В1	Д0	Т0
	Обои виниловые	Г2	КМ3	В2	Д3	Т2
	Обои бумажные	Г1	КМ2	В2	Д2	Т2
	Обои стекловолоконные	Г1	КМ0	В1	Д1	Т1
	Обои флизелиновые	Г4	КМ4	В2	Д3	Т2
	Акриловые краски и лаки	Г1	КМ1	В2	Д2	Т1
	Эмали	Г1	КМ3	В2	Д3	Т1
	Потолочные пленки ПВХ	Г2	КМ3	В1	Д3	Т3
	Потолочные ткани	Г2	КМ3	В1	Д3	Т2
	Плиты МДФ	Г4	КМ4	В3	Д3	Т3
	Панели ПВХ	Г4	КМ4	В3	Д3	Т3
Материалы для покрытия полов	Ламинат	Г1	КМ2	В2	Д2	Т2
	Ковролин	Г1	КМ2	В2	Д2	Т2
	Линолеум	Г1	КМ2	В2	Д2	Т2
	Деревянные покрытия	Г3	КМ4	В2	Д3	Т3

Продолжение таблицы 2

Назначение строительных материалов		Перечень необходимых показателей в зависимости от назначения строительных материалов				
		Класс горючести	Класс пожарной опасности	Воспламеняемость	Дымообразование	Токсичность
Кровельные материалы	Мягкая кровля	Г2	КМ3	В2	Д3	Т2
	Металлочерепица	Г1	КМ0	В1	Д1	Т1
	Керамическая черепица	НГ	КМ0	В0	Д0	Т0
Теплоизоляционные материалы	Эковата	Г2	КМ2	В2	Д2	Т2
	Пенополиуретан	Г3, Г4	КМ5	В3	Д3	Т3, Т4
	Минеральная вата	НГ	КМ0	-	-	-
	Пергамин	Г4	КМ5	В3	Д3	Т4
Гидро - и паро изоляция	Рубероид	Г4	КМ5	В3	Д3	Т4
	Полиэтиленовая пленка	Г4	КМ5	В3	Д3	Т3
	Полипропиленовая пленка	Г4	КМ5	В3	Д3	Т3

Более 20% используемых материалов являются пожаробезопасными и более предпочтительны к использованию в отделке и строительстве современных объектов.

Чуть больший процент (30%) строительных материалов на рынке, являются горючими и их использование может быть пожароопасным для строительства гражданских объектов. Но при использовании антипиренов, можно снизить пожароопасность данных видов материалов.

Подавляющее большинство (40%) исследуемых материалов обладают средней пожароопасностью.

Тема представляет значительный интерес для практической деятельности работников государственной противопожарной службы, поскольку рассматривает наиболее опасные строительные материалы. Рост производства и применение этих материалов в строительстве также подтверждает актуальность рассмотренных вопросов.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. ФЗ от 10.07.2012 № 117 ФЗ, № 185-ФЗ от 02.07.2013 года и № 160-ФЗ от 23.06.2014 года).

2. Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 года (Кодекс ПИО 2010, резолюция MSC.307(88) ИМО)=International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010 (2010 FTR Code, IMO resolution MSC.307(88).-СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2011.-560 с

3. Пожарная безопасность конструктивных решений проектируемых и реконструируемых зданий:[учеб. пособие] / Л. А. Гинзберг, П. И. Барсукова; [науч. ред. Н. Н. Каганович]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 54 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ВАРИАТИВНОЙ ЧАСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Симченко Наталья Николаевна,
кандидат педагогический наук,
доцент кафедры геометрии и компьютерных наук,
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.33-36

АННОТАЦИЯ.

В предложенном исследовании рассматривается проблема разработки структуры автоматизированной системы для формирования содержания вариативной части профессиональных образовательных программ с использованием интеллектуальных методов.

ABSTRACT.

The proposed study deals with the problem of developing the structure of an automated system for the formation of the content of the variable part of professional educational programs using intelligent methods.

Ключевые слова: автоматизированная система, интеллектуальные методы, вариативная часть, графическая нотация DFD, информационно-логическая модель.

Keywords: automated system, intelligent methods, variable part, graphic notation DFD, information-logical model.

Введение и новизна

Актуальность настоящего исследования заключается в том, что разрабатываемая автоматизированная система позволит значительно повысить эффективность подготовки бакалавров в региональной системе образования. Исходя из актуальности была поставлена цель и определены задачи исследования. Целью исследования является проектирование компонентов автоматизированной системы применения интеллектуальных методов оптимизации содержания вариативной части образовательных программ. Для достижения поставленной цели в рамках исследования решаются задачи анализа предметной области, формулировки требований к разрабатываемой АС; выбора средства проектирования АС; построения модели АС. Результаты работы будут иметь практическую значимость для повышения эффективности образовательной системы

Новизна решаемой задачи состоит в том, что разрабатываемая автоматизированная система, позволит оптимизировать формирование содержания вариативной части образовательной программы подготовки IT-специалистов. Данная система будет определять результаты обучения на всех уровнях высшего образования. Таким образом студент сможет получить необходимый уровень квалификации. Для работодателя будет предоставлена возможность подбирать выпускников с необходимыми компетенциями, соответствующими ситуации на рынке труда. Все перечисленное сможет значительно повысить эффективность подготовки специалистов в системе образования по востребованным направлениям подготовки.

Средства разрабатываемой автоматизированной системы поддерживают выполнение функций: загрузка данных из учебных планов; ведение (добавление, обновление, поиск, просмотр) данных о дисциплинах и формируемых компетенциях; автоматизированное формирование содержания вариативной части образовательной программы.

Материал и методы исследования.

В начале работы были проведены исследования в области проектирования содержания образования. Зарубежные авторы Ehsan Haghshenas и Arya Mazaheri сводят задачу моделирования содержания образования (образовательной программы) к, так называемой, задаче «о рюкзаке». Авторы предлагают использовать муравьиный алгоритм [4].

Bourbia Riad, Seridi Ali, Hadjeris Mourad, и Seridi Hamid предлагают гибридный подход, основанный на предложении в применении муравьиного алгоритма и коллаборативной фильтрации для построения адаптивного курса обучения [3].

Nasim Zandi Atashbar and Fahimeh Rahimi рассматривают вопросы оптимизации содержания образования, которые удовлетворяют реальным потребностям обучающегося, путем рассмотрения особенностей его/ее личности и в ограниченном количестве времени [2].

Интеллектуальные методы оптимизации в рассмотренных работах, в основном, применяются при разработке адаптивных курсов, но не к построению образовательных программ в целом.

Возникает проблема составления наиболее рациональной вариативной части ООП, позволяющей обеспечивать необходимый уровень квалификации выпускников, который будет требоваться после завершения обучения. Кроме того, образовательный стандарт определяет взаимосвязи между компетентностной структурой и набором требований к ООП. Данные взаимосвязи определяются путем сопоставления дисциплине (либо набору дисциплин) совокупности компетенций, которые формируются у учащегося после освоения дисциплины.

При отборе содержания профессиональных образовательных программ следует выбрать подмножество содержания компетенций, удовлетворяющее заданным ограничениям и оптимальное по определенным критериям. Задача оптимизации содержания образования в такой постановке относится к задачам дискретной оптимизации и имеет достаточно высокую размерность, поскольку количество формируемых знаний, умений и навыков в

рамках образовательной программы составляет несколько сотен. [1, с. 98-100].

Таким образом, при заданном наборе дисциплин с указанной трудоемкостью, а также соответствующих им знаний, навыков, умений, стоит задача отбора оптимального списка дисциплин, при освоении которых студент получит объем знаний, навыков, умений, при минимальной суммарной трудоемкости дисциплин и прочих ограничениях. Применение интеллектуальных методов оптимизации содержания образовательных программ подготовки бакалавров, позволит обеспечить максимальное соответствие результатов обучения требованиям работодателей.

Определим состав компонентов и архитектуру разрабатываемой автоматизированной системы (АС). Автоматизированная система построения содержания вариативной части образовательных программ должна использовать сведения из некоторой базы данных, содержащей список всевозможных дисциплин и список всевозможных компетенций. Назовем эту базу данных БДКД – база данных компетенций и дисциплин. Назначение автоматизированной системы – создание инструмента для автоматизированного формирования содержания образовательных программ с использованием интеллектуальных методов. АС отражает конкретную предметную область, процесс, вид деятельности. Описание структуры функциональной составляющей представлено в таблице 1.

Таблица 1. Описание функциональной структуры АС

Название задачи	Название функции
1. Защита данных	Авторизация пользователя
2. Сбор данных из БДКД и ввод их в систему в виде макета экранной формы ввода данных	Учет
3. Обработка данных с помощью интеллектуальных методов	Анализ
4. Вывести данные из системы в виде экранной формы вывода данных (экран, принтер) для анализа	Формирование экранной формы вывода данных

Следующим шагом стало моделирование внешнего уровня проекта АС.

На представленном ниже рисунке 1 изображена модель потоков данных в графической нотации DFD:

– основной (главный) процесс автоматизации: оптимизации содержания вариативной части образовательных программ;

– внешние сущности: сотрудник кафедры, заведующий кафедрой участвующие в обработке данных, ограничения или условия обработки;

– потоки данных (1 – 5), отражающие обобщенную совокупность обрабатываемых документов;

– учебные планы, из которых загружаются необходимые данные.

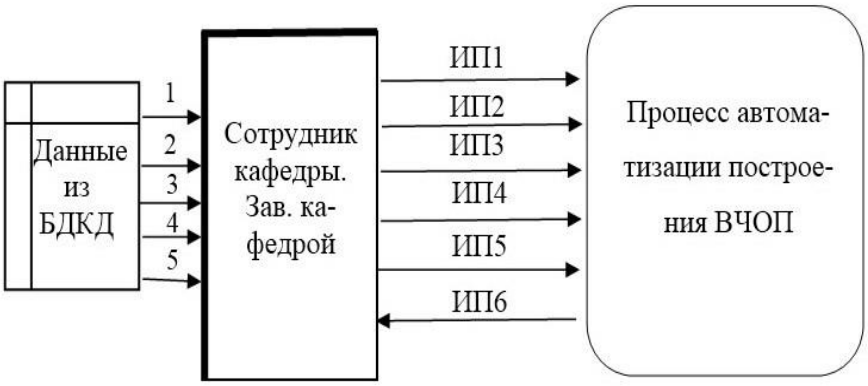


Рисунок 1 – Модель потоков данных организации (нотация DFD)

Система формирует содержание вариативной части образовательных программ, которое может быть откорректировано вручную.

Система управления: специальный сотрудник деканата или кафедры, добавляющий и обновляющий данные из БДКД и заведующий кафедрой, принимающий решения на основе результатов обработки данных.

Охватываемые в рамках решаемой задачи автоматизации информационные потоки:

– ИП1 – «внешний» для АС документ (электронный документ) – введение сведений о направлении подготовки;

– ИП2 – введение сведений о цикле;

– ИП3 – введение сведений о дисциплинах;

– ИП4 – введение сведений о компетенциях;

– ИП5 – введение сведений о единицах измерения;

– ИП6 – формируемая системой ВЧОП в виде экранной формы или документа формата Excel.

Вывод о необходимости разработки собственной АС позволяет сформулировать функциональные требования к новой системе, включающие в себя определенный перечень задач (подсистем):

1. Авторизация пользователя.
2. Ведение (добавление, обновление, поиск, просмотр) целостной и надежной информации, данных из БДКД.
3. Обработка данных с помощью интеллектуальных методов.
4. Формирование содержания вариативной части образовательной программы в виде экранной формы вывода данных.

Содержание профессиональных образовательных программ в формализованной модели будет представлять собой подмножество содержания компетенций, удовлетворяющее заданным ограничениям и оптимальное по определенным критериям.

Для построения информационно-логической (инфологической) модели (ИЛМ) предметной области используется методология CDM, нотация Ричарда Баркера. Информационно-логическая модель предметной области приводится в виде рисунка. На рисунке 2 приведена инфологическая модель предметной области автоматизированной системы оптимизации содержания вариативной части образовательной программы (АС «ОСВЧОП») в виде ER-диаграммы в обозначениях нотации Ричарда Баркера.

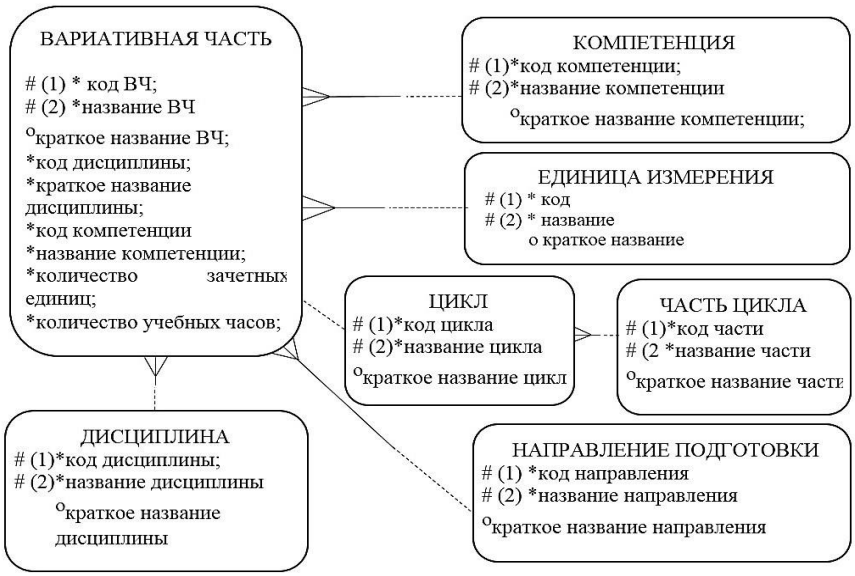


Рисунок 2 – ER-диаграмма предметной области АС «ОСВЧОП»

Информационно-логическая модель предметной области является основой для формирования логической структуры базы данных.

На ER-диаграмме представлено 7 классов объектов и отношения между ними:

1) каждое направление подготовки имеет вариативную часть, принадлежащую каждому циклу;

2) вариативная часть может содержать несколько компетенций;

3) вариативная часть содержат несколько единиц измерения;

4) каждый цикл содержит одну вариативную часть;

5) каждая вариативная часть принадлежит одному циклу;

6) дисциплина может принадлежать вариативной части, и каждая вариативной части может иметь несколько дисциплин;

7) компетенция может принадлежать вариативной части, и каждая вариативная часть может обладать набором компетенций;

8) вариативная часть, имеет несколько единиц измерения.

Информационно-логическая модель предметной области является основой для формирования логической структуры базы данных.

Заключение

Основой для разработки модели применение интеллектуальных методов оптимизации содержания вариативной части образовательной программы служит компетентностный подход. Было дано описание задачи и возможный алгоритм ее решения – алгоритм оптимального отбора содержания вариативной части образовательных программ.

В процессе выполнения данной работы был изучен зарубежный и отечественный опыт в области проектирования содержания образования, проанализирована предметная область. В процессе исследования были проектированы компоненты автоматизированной системы «Оптимизация содержания вариативной части образовательных программ».

При проектировании содержания реализуемых образовательных программ учитывалось множество факторов и ограничений, что практически невозможно сделать без применения интеллектуальных методов оптимального отбора содержания вариативной части образовательной программы для

достижения максимального объема формируемых компетенций. Все перечисленное позволит значительно повысить эффективность подготовки бакалавров в региональной системе образования по востребованным направлениям подготовки.

В работе было проведено исследование архитектуры и структуры автоматизированной системы АС «ОСВЧОП». Была описана структура, а также состав возможных компонентов всех обеспечивающих подсистем АС «ОСВЧОП». Назначение автоматизированной системы – создание инструмента для автоматизированного формирования содержания образовательных программ с использованием интеллектуальных методов.

Для разработки АС «ОСВЧОП» использовался системный методологический подход – автоматизированная система рассматривается как совокупность подсистем. Ориентация жизненного цикла на спиральную модель с классическим перечнем этапов. Методология объектно-ориентированного программирования.

Таким образом, предложенная методика разработки содержания вариативной образовательных программ подготовки бакалавров для отрасли информационных технологий позволила выявить необходимые изменения в содержании образовательных программ, обеспечивающие максимальное соответствие результатов обучения требованиям работодателей и современным тенденциям развития информационных технологий.

Список литературы

1. Шухман А. Е. Прогностическое моделирование и оптимизация содержания программ подготовки ИТ-специалистов. Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Тринадцатой открытой Всероссийской конференции. Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. – С. 98-100.

2. Atashbar, N. Optimization of Educational Systems Using Knapsack Problem / N. Atashbar, R. Fahimeh // International Journal of Machine Learning and Computing . – Vol. 2, 2012. – No. 5.– P.552-555.

3. Bourbia, R. An Adaptive Learning Based on Ant Colony and Collaborative Filtering / R. Bourbia, A. Seridi, M. Hadjeris, H.Seridi // Proceedings of the World Congress on Engineering, 2012 . – Vol II . – 2012. – P. 851-855.

4. Haghshena, E. Introducing a new intelligent adaptive learning content generation method. / E. Haghshenas, A. Mazaheri. // The Second International Conference on E-Learning and E-Teaching (ICELET 2010). – 2010 . – P. 65-71.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ.

Царитова Надежда Геннадьевна
Канд. тех. наук,
доцент кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений»,
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
г. Новочеркасск
Соломка Максим Алексеевич
Бакалавр по направлению Строительство,
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
г. Новочеркасск

АННОТАЦИЯ.
В статье рассмотрена информация о применении пространственно-стержневых конструкций в условиях вечной мерзлоты, виды таких конструкций. Представлены возможные узловые соединения стержней пространственно-стержневых конструкций. Разработан каркас купола с применением нового шарнирного узлового соединения.

Ключевые слова: пространственно-стержневые конструкции, шарнирный узел, стержни.

Технология пространственно-стержневых конструкций (ПСК) в мире активно развивается. Преимуществами этих конструкций перед обычными являются мобильность и скорость сборки; стержневые элементы и коннекторы, распределенные по типам, умещаются в компактную упаковку и доставляются любым видом транспорта до места сборки; узловые и стержневые элементы промаркированы, имеют стандартные габариты; на фундамент приходятся небольшие нагрузки, что позволяет использовать разные типы фундаментов. Наиболее эффективно применение винтовых свай, за счет их быстрой установки и адаптивности к условиям вечной мерзлоты.

В данной статье рассмотрена возможность применения ПСК в виде купольных конструкций (рис. 1) в арктических широтах, как наиболее эффективных сооружений для полярных и субполярных районов Земли для создания комфортных условий проживания и ведения деятельности.

Рис. 1. Внутриконтинентальная полярная станция США на леднике в Антарктиде

По своей конструкции купола могут быть различных типов: ребристо-кольцевой купол (рис. 2, а), сетчатый купол (рис. 2, б), Звездчатый купол (рис. 2, в) и Кристаллический купол (рис. 2, г).

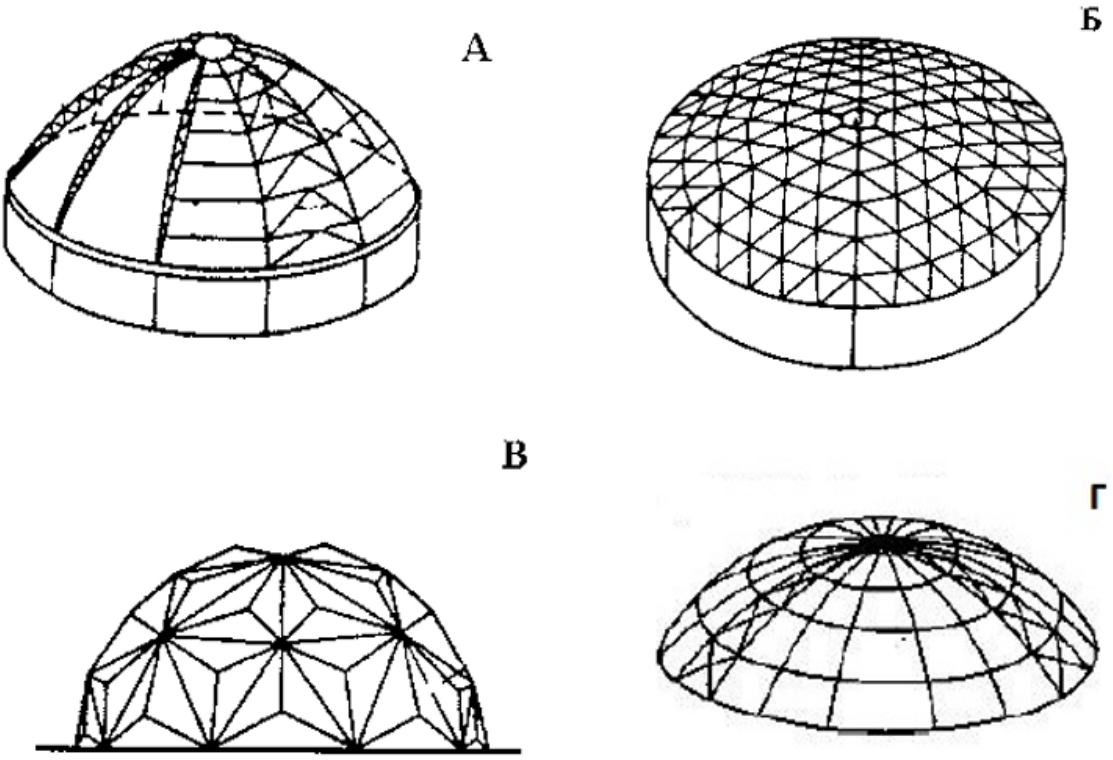


Рис. 2. Виды конструкций куполов

Экономическая эффективность конструкции купола определяется конструкцией узлового соединения, которое должно обеспечивать достаточную несущую способность, низкую трудоемкость изготовления и сборки, малую материалоемкость. Конструкция узлового соединения зависит от геометрической схемы каркаса купола. В процессе конструирования узлов важно обеспечить осевую передачу усилий на элементы купола. Узел состоит из стерженей, которые представляют собой трубу круглого или квадратного сечения, которые крепятся к коннектору. Рассмотрим несколько вариантов узловых решений:

1. Соединение “Basic” (рис. 3) может применяться в геодезических куполах при круглогодичной эксплуатации. Квадратные трубы соединяются с узловыми элементами с помощью болтов. Узловой элемент представляет собой цилиндр с приваренными пластинами с отверстиями под болты.

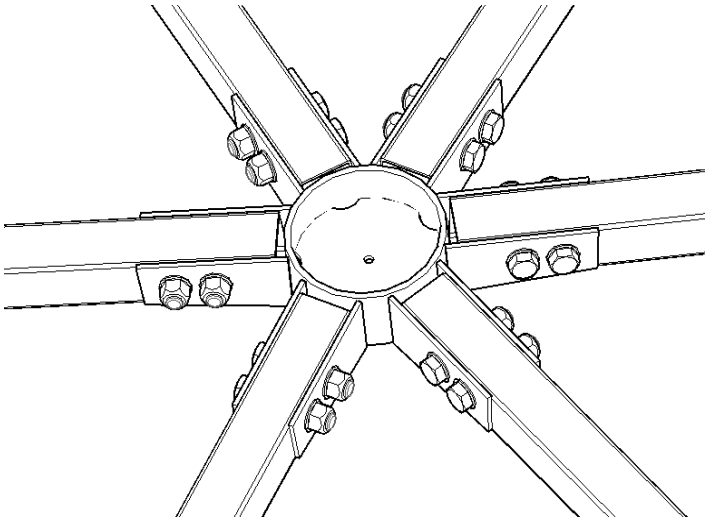


Рис. 3. Соединение “Basic”

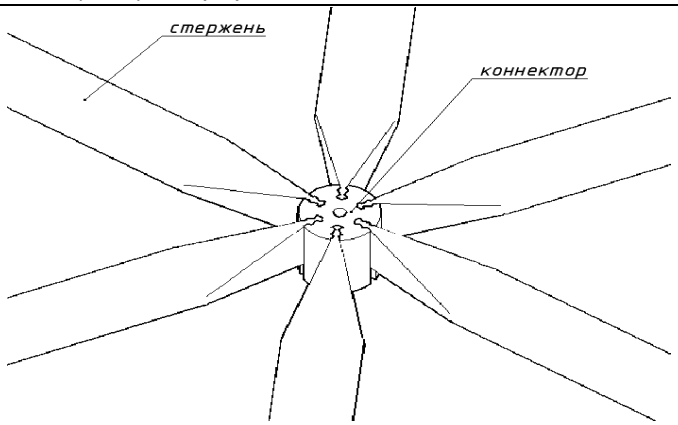


Рис. 3. Соединение "ASC"

2. Соединение "ASC" (рис. 4). Узел представляет собой цилиндр с прорезями рифленого профиля из алюминиевых сплавов. Число пазов может достигать 9. Стержневой элемент из стального круглого профиля обрезается до нужной длины, а концы спрессовываются под нужным углом в специальной пресс-форме. Все стержни фиксируются в прорезях одним болтом. Данный узел имеет жесткое защемление в вертикальном направлении и шарнирное в горизонтальном.

3. В ЮРГПУ (НПИ) был изобретен и запатентован узел соединения трубчатых стержней ПСК (рис. 4). Такой узел позволяет довести до максимума степень заводской готовности ПСК, перевозить их элементы в упакованном виде, снизить трудозатраты при монтаже. Кроме этого доступен демонтаж и повторный монтаж конструкций, что особенно актуально для временных и сезонных сооружений. Строительство сетчатых куполов стало возможным с появлением систем автоматизированного проектирования, позволяющих выполнить расчет и конструирование трехмерной модели сооружения. Для создания модели узла был использован программный комплекс SolidWorks.

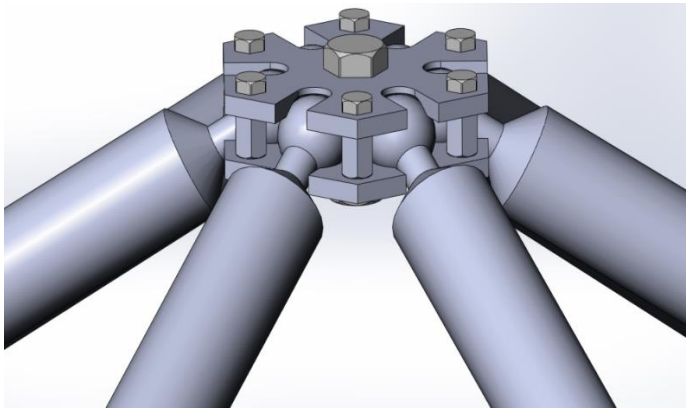


Рис. 4. Шарнирный узел пространственной стержневой конструкции регулярной структуры

Возможно использовать данный узел для геодезических куполов в арктических широтах, пример каркаса такого купола, разработанного учеными ЮРГПУ(НПИ) приведен на рисунке 5. Размеры внутреннего диаметра купола могут варьироваться от 8 метров до 39,00 м, высота от пола 3,6м до 11,49 м.

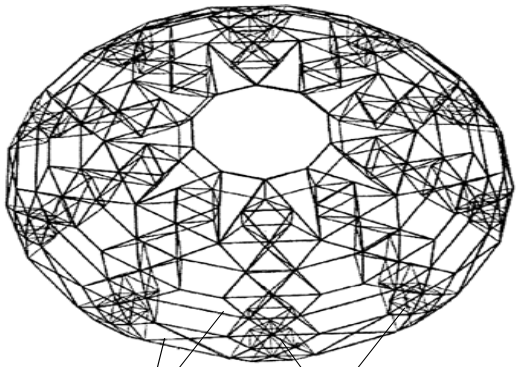


Рис. 5. Купол

Работа шарнирного узла пространственной стержневой конструкции регулярной структуры не достаточно изучена и этот вопрос требует дополнительных исследований, что можно выполнить используя твердотельную модель купола с использованием этого узла.

Литература

1. Файбишенко, В. К. Металлические конструкции Текст/В. К. Файбишенко – М.: Стройиздат, 1984. – 336 с., ил.

2. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции Текст/ А. Г. Трущев – М.:Стройиздат, 1983. – 215 с., ил.

3. Клячин, А. З. Металлические решетчатые пространственные конструкции регулярной структуры Текст/ А. З. Клячин – Екатеринбург, Диамант, 1994. –

4. Царитова, Н. Г. Автоматизированное проектирование стержневых систем регулярной структуры с шарнирными узлами : дис. … канд. техн. наук: 05.23.01/Царитова Надежда Геннадиевна. - Ростов н/Д, 2015. -161 с..

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 517.946

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУРЬЕ К СМЕШАННО-ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧЕ

Аббасов Зафар Думан
к.м.н., доц.
Баширова Нурангиз Фируз
к.т.н., ст.преп.
город Гянджа Азербайджанской республики
Гянджинский Государственный Университет (ГГУ)
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.41-45

APPLICATION OF THE FOURIER METHOD TO THE MIXED BOUNDARY PROBLEM

Abbasov Zafar Duman
c.m.s., as.prof.
Bashirova Nurangiz Firuz
c.t.s. sen.lec.
Associate Professor, Department of Mathematical Analysis, Ganja State University
Senior Lecturer, Department of Mathematical Analysis, Ganja State University

АННОТАЦИЯ.
Для определения собственных значений и собственных функций многомерных эллиптических операторов, допускающих разделение переменных, применяется метод Фурье. Метод разделения переменных или метод Фурье, позволяет изучать простейшие процессы, которым сводятся гиперболические, параболические и эллиптические типы уравнений.

ABSTRACT.
The method of disjoint variables or the Fourier method allures us to study simplest processes to which one leads hyperbolic, parabolic and elliptic types of equations. For defining of Eigen values and Eigen functions of multidimensional elliptic operators alluring disjoining of variables if is applied the Fourier method.

Ключевые слова: метод Фурье, граничные задачи, собственные функции, независимые уравнения, краевые и многомерные границы, эллиптические операторы,

Key words*:* Furry method, border issue, special function, separation equation, frontier and multidimensional border, elliptic operator

Введение. Метод разделения переменных или метод Фурье, является одним из наиболее распространенных методов решения уравнений с частными производными. Метод Фурье позволяет изучать простейшие процессы, которым сводятся гиперболические, параболические и эллиптические типы уравнений.

Как известно, задачу математической физики называют поставленной корректно, если ее решение существует, единственно и непрерывно зависит от данных задачи $[1,2,5]$.

Для определения собственных значений и собственных функций многомерных эллиптических операторов, допускающих разделение переменных, применяется метод Фурье.

Постановка задачи. Пусть независимые переменные разделены на две группы: $x=(x_1,x_2,...,x_k)$, $y=(y_1,y_2,...,y_l)$ и $\Omega\subset R^k$ - область изменения *x* и $D\subset R^l$ область изменения *y*. Обозначим через S и S' границы областей Ω и D соответственно. Тогда $(S\times D)\cup(\Omega\times S')$ есть граница области $\Omega\times D\subset R^{k+l}$.

Рассмотрим следующую краевую задачу на собственные значения для уравнения эллиптического типа $[3,4]$:

$$Lu+Mu=\lambda u \tag{1}$$

$$\alpha u+\beta\left.\frac{\partial u}{\partial n}\right|_{S\times D}=0,\ \ \gamma u+\delta\left.\frac{\partial u}{\partial n}\right|_{\Omega\times S'}=0 \tag{2}$$

где L и M -эллиптические операторы, не зависящие соответственно от *y* и *x*; функции α,β не зависят от *y* , а γ,δ не зависят от *x* $[3]$.

Будем искать собственные функции задачи (1) – (2) в виде произведения

$$u(x,y)=X(x)\cdot Y(y) \tag{3}$$

Подставляя это выражение в уравнение (1), получаем два уравнения:

$$LX=\xi X \tag{4}$$

$$MY=\eta Y \tag{5}$$

где ξ и η неизвестные параметры. Для вывода граничных условий для функций $X(x)$ и $Y(y)$ подставим выражения (4), (5) в равенство (2), в результате имеем:

$$\alpha X+\beta\left.\frac{\partial X}{\partial n}\right|_S=0 \tag{6}$$

$$\gamma Y+\delta\left.\frac{\partial Y}{\partial n}\right|_{S'}=0 \tag{7}$$

Итак, краевая задача (1)-(2) распалась на две краевые задачи на собственные значения (4)-(6) и (5)-(7) с меньшим числом независимых переменных.

Обозначим через $\xi_k, X_k(x)$ $k=1,2,...$ и $\eta_j, Y_j(y)$ $j=1,2,...$ все собственные значения и собственные функции операторов L и M соответственно. В силу (3) имеем

$$\lambda_{ij}=\xi_i+\eta_j,\ u_{ij}=X_i(x)Y_j(y),\ i,j=1,2,... \tag{8}$$

Задача 1. Рассмотрим краевую задачу

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}=-\lambda u,\ \ u\big|_Q=0 \tag{9}$$

на собственные значения для прямоугольного параллелепипеда

$$A=(0,a)\times(0,b)\times(0,c)$$

с границей Q.

В соответствие с общей схемой метода Фурье эта задача распадается на три одномерные краевые задачи:

$$X''=-\xi X,\ \ X(0)=X(a)=0 \tag{10}$$

$$Y''=-\eta Y,\ Y(0)=Y(b)=0 \tag{11}$$

$$Z''=-\gamma Z,\ \ Z(0)=Z(c)=0 \tag{12}$$

Собственные значения и соответствующие им собственные функции этих краевых задач вычислены (задача Штурма – Лиувилля)

$$\xi_i=\left(\frac{i\pi}{a}\right)^2,\ X_i(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{i\pi x}{a},\ \ i=1,2,... \tag{13}$$

$$\eta_j=\left(\frac{j\pi}{b}\right)^2,\ Y_j(y)=\sqrt{\frac{2}{b}}\sin\frac{j\pi y}{b},\ \ j=1,2,... \tag{14}$$

$$\gamma_k=\left(\frac{k\pi}{c}\right)^2,\ \ Z_k(z)=\sqrt{\frac{2}{c}}\sin\frac{k\pi z}{c},\ \ k=1,2,... \tag{15}$$

Учитывая равенства (13), (14) и (15) в формуле (8) получаем следующие собственные значения и собственные функции краевой задачи (9):

$$\lambda_{ijk} = \pi^2 \left(\frac{i^2}{a^2} + \frac{j^2}{b^2} + \frac{k^2}{c^2} \right),$$

$$u_{ijk}(x,y,z) = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{abc}} \sin\frac{i\pi x}{a} \sin\frac{j\pi y}{b} \sin\frac{k\pi z}{c}, \; i,j,k = 1,2,... \qquad (16)$$

В частности, множество собственных значений $\{\lambda_{ijk}\}$ этой задачи не пусто и не имеет конечных предельных точек; эти собственные значение вещественны и конечной кратности; собственные функции $\{X_i\},\{Y_j\},\{Z_k\}$ можно выбрать вещественными и ортонормальными:

$$X_i \in C^2([0,a]),\; Y_j \in C^2([0,b]),\; Z_k \in C^2([0,c])$$

Обобщенное решение. Теперь перейдем к доказательству существования решений (1), (2) и (9). Для этого воспользуемся методом Фурье, который заключается в следующем: решение смешанной задачи находится в виде ряда по собственным функциям соответствующей эллиптической краевой задачи.

Пусть $u(x)$ - обобщенная собственная функция первой краевой задачи

$$div(a\nabla u) - bu = \lambda u, \quad x \in \Omega \qquad (17)$$
$$u(x)\big|_S = 0$$

или третьей $(\sigma = 0)$ краевой задачи

$$div(a\nabla u) - bu = \lambda u, \quad x \in \Omega$$
$$\left(\frac{\partial u}{\partial n} + \sigma u \right)\Bigg|_S = 0 \qquad (18)$$

Рассмотрим ортонормированную в $L_2(\Omega)$ систему $u_1, u_2, ..., u_k$ состоящую из всех обобщенных собственных функций задачи (17) или соответственно задачи (18): $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_k$ последовательность соответствующих собственных значений. Кроме того рассмотрим краевую задачу на собственные значения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + ... + \frac{\partial^2 u}{\partial x_k^2} = -\lambda u,\; u\big|_\Omega = 0 \qquad (19)$$

для n - мерного параллелепипеда

$$A = (0;a_1) \times (0;a_2) \times ... \times (0;a_k)$$

с границей Ω.

В соответствие с общей схемой метода Фурье это задача распадается на следующие одномерные краевые задачи:

$$X_1'' = -\xi_1 X_1,\; X_1(0) = X_1(a_1) = 0 \qquad (20)$$

$$X_2'' = -\xi_2 X_2,\; X_2(0) = X_2(a_2) = 0 \qquad (20_1)$$

$$X_k'' = -\xi_k X_k,\; X_k(0) = X_k(a_k) = 0 \qquad (20_к)$$

Собственные значения и собственные функции этих краевых задач вычислены (задача Штурма – Лиувилля)

$$\xi_{k_1}=\left(\frac{k_1\pi}{a_1}\right)^2,\ X_{k_1}=\sqrt{\frac{2}{a_1}}\sin\frac{k_1\pi x}{a_1},\ k_1=1,2,... \qquad (21_1)$$

$$\xi_{k_2}=\left(\frac{k_2\pi}{a_2}\right)^2,\ X_{k_2}=\sqrt{\frac{2}{a_2}}\sin\frac{k_2\pi x}{a_2},\ k_2=1,2,... \qquad (21_2)$$

$$\xi_{k_n}=\left(\frac{k_1\pi}{a_1}\right)^2,\ X_{k_n}=\sqrt{\frac{2}{a_n}}\sin\frac{k_n\pi x}{a_n},\ k_n=1,2,... \qquad (21_n)$$

Из (21_1), (21_2),…,(21_n) в соответствие с формулами (8) имеем:

$$\lambda_{k_1,k_2,...,k_n}=\pi^2\left(\frac{k_1^2}{a_1^2}+\frac{k_2^2}{a_2^2}+...+\frac{k_n^2}{a_n^2}\right)=\pi^2\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{k_i}{a_i}\right)^2 \qquad (22)$$

В частности множество собственных значений $\left\{\lambda_{k_1k_2...k_n}\right\}$ этой задачи не пусто и не имеет конечных предельных точек; собственные значения вещественные и конечной кратности; собственные функции $\left\{X_{k_1}(x)\right\},\left\{X_{k_2}(x)\right\},...,\left\{X_{k_n}(x)\right\}$ можно выбрать, вещественными и ортонормальными:

$$X_1(x)\in C^2\left(\left[0,a_1\right]\right),X_2(x)\in C^2\left(\left[0,a_2\right]\right),...,X_n(x)\in C^2\left(\left[0,a_n\right]\right)$$

$$u_{k_1k_2...k_n}\left(x_1,x_2,...,x_n\right)=\frac{\sqrt{2^k}}{\sqrt{a_1a_2...a_k}}\sin\frac{k_1\pi x_1}{a_1}\sin\frac{k_2\pi x_2}{a_2}...\sin\frac{k_n\pi x_n}{a_n}=$$
$$=\left(\frac{2^n}{a_1a_2...a_n}\right)^{\frac{1}{2}}\prod_{i=1}^{n}\sin\frac{k_i\pi x_i}{a_i},\quad i=1,2,...,n \qquad (23)$$

В частности, для n – мерного куба

$$A_k=\left(0;a\right)\times(0;a)\times...\times(0;a)$$

с границей Ω, собственные значения (22) и соответствующее решение принимает следующий вид:

$$\lambda_{k_1k_2...k_n}=\pi^2\left(\frac{k_1^2}{a^2}+\frac{k_2^2}{a^2}+...+\frac{k_n^2}{a^2}\right)=\frac{\pi^2}{a^2}\sum_{i=1}^{n}k_i^2 \qquad (22_1)$$

$$u_{k_1k_2...k_n}=\left(\frac{2}{a}\right)^{\frac{n}{2}}\prod_{i=1}^{n}\sin\left(\frac{k_1\pi x_i}{a}\right),\ i=1,2,...,n \qquad (23_1)$$

Асимптотическое поведение собственных значений первой краевой задачи для оператора Лапласа Δ (оператора $L=div(a\nabla)-b$ при $a\equiv1,\ b\equiv0)$ в кубе $K_i=\left\{0<x_i<a,\ i=1,2,...,n\right\}$ с ребром $a>0$ можно дать аналогичным образом. Обобщенная собственная функция $u(x)$ первой краевой задачи для оператора Δ в K_i, отвечающая собственному значению λ, определяется как функция из $H_1\left(K_i\right)$ удовлетворяющая при всех ϑ из $H_1\left(K_i\right)$ тождеству

$$\int_{K_i}\nabla u\nabla\vartheta\,dx=-\lambda\int_{K_i}u\,\vartheta\,dx.$$

Заключение. Таким образом, решения корректно поставленных граничных задач для любого уравнения эллиптического типа всегда оказываются не менее гладкими, чем определяющие их функции. Это свойство решений граничных задач тесно связано с тем, что к граничным задачам приводит изучение установившихся (стационарных) физических процессов – равновесий, являющихся конечным результатом предшествующего процесса выравнивания.

Список литературы

1. Н.С.Кошляков, Э.Б.Глинер, М.М.Смирнов. Основные дифферен-циальные уравнение математической физики. Москва, Наука, 1962, 768с.
2. В.П.Михайлов. Дифференциальные уравнения в частных производных. Москва, Наука, 1976, 392с.
3. В.С.Владимиров. Уравнения математической физики. Москва, Наука, 1978, 386с.
4. Тихонов А.Н. и Самарский А.А. Уравнения математической физики. Москва, Наука, 1977, 736с.
5. Соболев С.Л. Уравнения математической физики. Москва, Наука, 1966, 318с.

УДК 535.12 /13 /14

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ

Алексеев Николай Васильевич
Канд. техн. наук, нац. исслед. университет МИЭТ, Москва

АННОТАЦИЯ.

Показано, что характер взаимодействия света с веществом не соответствует представлению о свете, как об электромагнитных волнах. С позиции квантовой теории рассмотрены причины уменьшения скорости света в веществе, рассмотрены процессы отражения, преломления и поглощения света.

Ключевые слова: свет, электромагнитные волны, фотоны, эфир, атомы, прозрачная среда, орбиты электронов, отражение, преломление, поглощение.

Попадание света в среду более плотную, чем вакуум, сопровождается уменьшением его скорости. При переходе света из одной среды в другую наблюдаются такие явления, как отражение, преломление и поглощение света. Считая свет упругими поперечными колебаниями эфира, Френель вывел формулы, дающие зависимость амплитуды отраженной и преломленной волн от углов падения и преломления. Его формулы хорошо согласуются с действительностью, но не раскрывают механизма этих явлений.

Классическая волновая теория объясняет эти явления следующим образом. Плоская световая волна вызывает вынужденные колебания атомов на поверхности вещественной среды, которые излучают вторичные сферические волны как в одной, так и в другой среде. Суммируясь, эти волны образуют две новые плоские волны: отраженную и преломленную.

Электромагнитная теория уточняет: на поверхности колеблются не сами атомы, а только их электроны под действием электрической составляющей электромагнитной волны. Они и генерируют вторичные волны. Волны, созданные вынужденными колебаниями электронов одного ряда, практически когерентны, поскольку размеры атомов много меньше длины волны. Такие волны интерферируют и дают суммарную волну точно такой же длины. Интерференция гасит вторичные волны, распространяющиеся во всех направлениях, кроме направлений отражения и преломления. Преломленная волна вызывает колебания электронов в следующем ряду атомов, но там отраженная волна уже не формируется, образуется только проходящая волна, которая вызывает колебания электронов следующего ряда атомов, и так далее. Так световая волна распространяется в прозрачной среде [5, с.337-338].

Поскольку для смещения электронов требуется некоторое время, каждый ряд атомов создает задержку распространения световой волны, уменьшая ее скорость. Чем плотнее расположены атомы в среде, тем меньше скорость распространения света в ней. Кроме того, поскольку более высокочастотные электромагнитные волны на единицу длины пути совершают больше колебаний, чем низкочастотные, а на каждое ускорение электронов требуется время, высокочастотные волны задерживаются сильнее, чем низкочастотные. Этим и объясняется дисперсия света в веществе.

В случае оптической неоднородности среды в результате наложения несогласованных вторичных волн происходит рассеяние света, которое приводит к снижению интенсивности волны и ее затуханию. Несогласованные колебания электронов, вызванные рассеянными волнами, переходят в тепловые колебания атомов, что и вызывает поглощение света.

В металлах световая волна не распространяется, т.к. свободные электроны не создают вторичных волн, а после поглощения энергии волны приходят в движение, генерируя поверхностные токи, которые вызывают отражение электромагнитной волны. Поэтому коэффициент отражения света металлами много больше, чем диэлектриками.

На самом деле этот механизм распространения света в веществе работать не может. Скорость света в стекле в 1,5 раза меньше, чем в воздухе. Для того, чтобы вторичные волны, были когерентны и могли

суммироваться в единую волну, они должны излучаться только электронами, которые находятся в очень узком слое стекла. Электроны этого слоя должны полностью поглотить энергию волны и через некоторую задержку синхронно излучить вторичную волну практически такой же амплитуды, которую так же полностью должен поглотить следующий слой электронов, и так далее. Если же в упомянутом тонком слое энергия волны не будет полностью поглощена и частично пройдет в следующие слои, то когерентность вторичных волн нарушится. Частично ослабленная после поглощения первым слоем электронов электромагнитная волна не получит задержку в распространении и со скоростью света в вакууме достигнет второго и последующих слоев электронов. Возбужденные ими вторичные волны будут опережать по фазе вторичную волну первого слоя электронов. Когерентность волн нарушится. Однако известно, что когерентное излучение после прохождения через прозрачную плотную среду остается когерентным.

Световая волна не может полностью поглощаться в тонком слое вещества. Длина световой волны много больше размера атомов и тем более электронов. Также как обычная волна на воде будет качать маленькие по сравнению с ее длиной поплавки, передавая им малую долю своей энергии и распространяясь дальше, изменяющееся электрическое поле электромагнитной волны должно только качать электроны, почти не теряя своей энергии. Это значит, что электромагнитная волна должна свободно проникать вглубь вещества не испытывая никакой задержки, лишь немного ослабляясь. Экспериментально подтверждено, что электрическое поле ослабляется диэлектриками незначительно, а прозрачные среды в основном являются диэлектриками.

Даже при полном поглощении энергии волны электронами одного ряда они не могли бы создать вторичную волну достаточной интенсивности. Частота колебаний световой волны так велика, что амплитуда отклонений электронов должна быть ничтожно мала. Изменение потенциала электрического поля, вызываемое их колебаниями, будет на много порядков меньше, чем потенциал поля, вызвавшего их первоначальные отклонения. Вторичные волны будут слишком слабы, чтобы вызвать колебания следующего слоя электронов. Распространения задержанной вторичной волны в плотной среде не будет.

Не соответствует волновой теории и явление отражения света прозрачными пленками [3, с. 28-31]. Интерференцией волн оно не объясняется.

В действительности световых электромагнитных волн не существует. Свет переносится незаряженными частицами фотонами. А волновые свойства свет приобретает благодаря тому, что в монохроматическом луче фотоны движутся упорядоченно на расстояниях друг от друга, кратных длине волны, создаваемой ими в эфире. Колебания фотонов создают в эфире упругие волны, с которыми и взаимодействуют движущиеся позади фотоны, подстраиваясь под них. Скорость этих волн равна скорости фотонов, поэтому распространяться они могут только в поперечном движению фотонов направлении. Первым механизм взаимодействия частиц света с эфирными волнами предложил Ньютон. Он изложил его перед членами Королевского научного общества, но эта его идея не была воспринята. После его смерти все еще долго пользовались его первоначальной чисто корпускулярной теорией света.

Квантовая теория света является обновленной корпускулярной теорией. Но с официальных позиций она не может объяснить, почему фотоны уменьшают свою скорость в прозрачной плотной среде. Известно, что фотоны не отклоняются электрическими и магнитными полями, а потому не могут тормозиться ими. Они не могут взаимодействовать с атомами прозрачной среды, их ядрами и электронами. Результатом любого взаимодействия частиц является изменение их энергии или импульса, а они у фотонов на выходе из прозрачной среды точно такие же, какими были при входе в нее.

В некоторых источниках, например [4, с. 337-338], высказывается предположение, что фотоны слегка взаимодействуют с ядрами атомов, отклоняясь на небольшие углы, а потому в плотной среде движутся не по прямой, а по ломаной линии. В результате этого их средняя скорость и становится меньше. Это могло бы быть объяснением уменьшения скорости фотонов, если бы их размеры были меньше размеров атомов. Но это не так.

Очевидно, что невозможно сделать мозаичную картину с деталями изображения меньшими размеров элементов, из которых создается мозаика. Точно также невозможно создать изображение с помощью фотонов с деталями, которые меньше размеров фотонов. Из опытов с монохроматическими лучами известно, что две яркие точки на темном фоне видны раздельно только до тех пор, пока расстояние между ними не станет меньше 1/3 длины волны. Следовательно, это и есть приблизительный радиус фотонов. И он в несколько тысяч раз больше размеров атомов.

Истинной причиной уменьшения скорости фотонов в плотной среде является то, что там они движутся в условиях повышенной плотности эфира. В эфире повышенной плотности предельная скорость движения любых частиц и волн меньше, поэтому фотоны и вынуждены уменьшать свою скорость. А повышенная плотность эфира там вызвана большим скоплением атомов.

Согласно этому механизму движения фотонов в плотной среде их скорость не должна зависеть от частоты их колебаний. **Фотоны любых частот распространяются в оптически плотной среде с одинаковыми скоростями.** Это значит, что механизм дисперсии современная наука объясняет неверно. Дисперсия является лишь результатом разного отклонения фотонов разных размеров на границе раздела сред при наклонном падении луча [1, с. 14-19]. Похожий взгляд на причину дисперсии был и у Ньютона.

С точки зрения квантовой теории отражение света происходит в два этапа. Сначала фотон поглощается электроном атома, расположенного на поверхности любого тела, а потом излучается им в направлении отражения. Для прозрачной диэлектрической среды это происходит только в одном слое атомов, расположенных на поверхности. Для металлов и полупроводников отражение может происходить и из более глубоких слоев.

При поглощении фотона электрон практически мгновенно увеличивает свою энергию и скорость. При этом он переходит на более удаленную от своего ядра орбиту (рис.1).

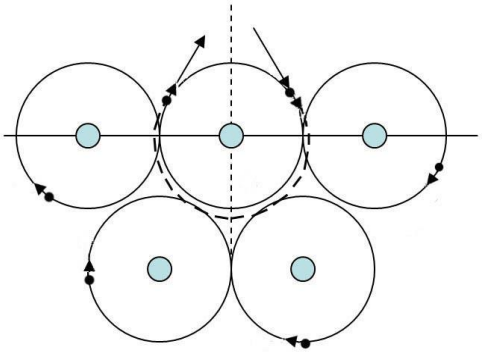


Рис.1. Отражение света от поверхности

Там он начинает взаимодействовать с электронными оболочками соседних атомов, которые вытесняют его на его прежнюю орбиту, переводя его избыточную потенциальную и кинетическую энергию, полученные при поглощении фотона, в его внутреннюю энергию. Только оказавшись на своей прежней орбите, электрон излучает фотон, точно такой же, как поглощенный ранее, передавая ему всю свою избыточную внутреннюю энергию. Благодаря тому, что атомы внутри твердого тела или жидкости, симметрично расположены относительно атома, поглотившего фотон, это происходит в точке орбиты, которая симметрична точке поглощения фотона относительно перпендикуляра к поверхности, проходящего через ядро этого атома. Этим и объясняется равенство угла отражения углу падения.

Для поглощения фотона электроном есть два необходимых условия, обусловленных законом сохранения энергии. Первое: электрон может поглотить только тот фотон, который в момент взаимодействия имеет одинаковое с электроном направление движения. Если бы, например, электрон мог поглотить встречный фотон, его энергия и скорость уменьшились бы, а они должны увеличиться, причем точно на величину энергии поглощенного фотона. Это возможно только при точном совпадении направлений движения. Несмотря на то, что фотон накрывает собой огромное количество атомов на поверхности тела, вероятность встретить там электрон, движущийся в том же направлении, не велика. Всего лишь несколько процентов фотонов падающего на поверхность луча отражается от любой поверхности. Остальные фотоны оказываются в проходящем луче.

Второе условие: электрон должен иметь возможность выйти на орбиту, соответствующую его новой энергии. Для атомов, расположенных на поверхности оно выполняется всегда. Как видно на приведенном рисунке, какое-то время электрон движется вне электронной оболочки соседнего атома. Для атомов, находящихся глубже, оно не выполняется. Там электрон, получивший дополнительную энергию, сразу оказывается внутри электронной оболочки соседнего атома, где его потенциальная энергия меньше, чем была в своем атоме. Поэтому внутри прозрачной среды взаимодействия фотонов с электронами не происходит.

Если в среде есть неоднородности, дающие электронам возможность выйти на более высокие орбиты, фотоны могут быть поглощены и излучены или не излучены внутри этой среды. Так наличие небольшого количества атомов хрома в бесцветном кристалле корунда окрашивает его в красный цвет, образуя рубин, наличие атомов железа окрашивает корунд в голубой, титана – в синий цвет. Сине-голубой сапфир – это корунд, содержащий оба вида атомов примеси. Атомы примеси имеют другие размеры и энергии связи, что уменьшает плотность упаковки атомов в кристалле, создавая увеличенные промежутки между ними. В этих промежутках может разместиться участок орбиты электрона с увеличенной при поглощении фотона энергией. Но поскольку атом иного размера нарушает симметричность расположения соседних атомов, электроны с одним количеством избыточной энергии могут оказаться на своей прежней орбите и излучить фотон, а электроны с другим количеством энергии не могут. Тогда они постепенно передают свою энергию электронам соседних атомов, расталкивая их и увеличивая температуру тела.

Похожей причиной объясняется окрашивание кристаллов медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. В безводном состоянии $CuSO_4$ – бесцветный кристаллический порошок, но при насыщении его водой он приобретает яркий голубой цвет, который сохраняется и при растворении его в воде. В кристаллическом безводном состоянии расстояния между атомами этого вещества не позволяют электронам переходить на орбиты, соответствующие энергии, которую они получили бы при поглощении оптических фотонов, поэтому такие фотоны не поглоща-

ются. Молекулы воды, расположенные вокруг молекулы $CuSO_4$, оттягивают на себя отдельные атомы сульфата меди за счет взаимодействия дипольных моментов. Между атомами появляются промежутки достаточные для размещения в них участков орбит электронов с повышенной энергией. Электроны внутри такой среды начинают поглощаться, но из-за несимметричного окружения не все они могут оказаться на своей прежней орбите. Это удается только электронам, поглотившим фотоны голубого участка спектра.

Значительная разница межатомных расстояний по разным направлениям тоже может приводить к поглощению фотонов. Из-за разных расстояний между атомами углерода в кристаллах графита он становится непрозрачным, тогда как одинаковые расстояния между такими же атомами в кристалле алмаза делают его прозрачным. При больших расстояниях между атомами выше вероятность размещения орбит для электронов с увеличенной энергией. В кристаллах графита электроны поглощают фотоны, но вернуться на свои орбиты они не могут из-за сильного нарушения симметрии в расположении атомов. А вот в кристалле кремния, имеющем такую же, как у алмаза, кристаллическую решетку, из-за больших расстояний между атомами электроны имеют некоторую возможность поглощать и излучать фотоны. Это делает кремний практически непрозрачным, но повышает его коэффициент отражения.

Прозрачными могут быть не только кристаллы, но и диэлектрические материалы, состоящие из разных атомов, а также материалы, не имеющие кристаллической структуры. Для этого их атомы и молекулы должны плотно примыкать друг к другу, чтобы не было возможности для размещения дополнительных орбит для электронов с увеличенной энергией.

Тонкие слои металлов полупрозрачны. У них мало электронов на внешних оболочках, поэтому велика вероятность, что внутри металла электрон, поглотивший фотон, пересечет внешнюю электронную оболочку соседнего атома, когда у того внешние электроны находятся по другую сторону ядра. В этом случае за счет большого дипольного момента электрическое поле соседнего атома со стороны залетевшего в его оболочку электрона усилится, что приведет не к уменьшению, а к увеличению потенциальной энергии этого электрона, т.е. сделает возможным его поглощение. Потом этот электрон с большой вероятностью может излучить фотон, если ситуация окажется такой же благоприятной, или перевести свою избыточную энергию в колебания соседних атомов, т.е. в тепло. Поэтому отражение света происходит не только от поверхности металла, но и из более глубоких слоев, что сильно увеличивает коэффициент отражения металлов по сравнению с диэлектриками. На рис. 2 приведен график зависимости коэффициента отражения света от толщины пленки хрома, напыленного на стекло, при нулевом угле падения.

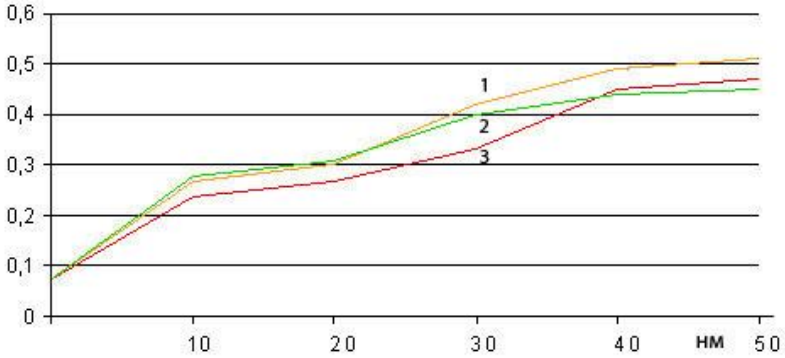


Рис. 2 – Зависимость коэффициента отражения пленки хрома от толщины для оранжевого (1), зеленого (2) и красного (3) лучей

Полупроводники имеют схожий с металлами характер взаимодействия с фотонами. У них внешние электронные оболочки наполовину заполнены электронами, поэтому вероятность поглощения фотонов меньше. Это делает их более прозрачными и менее отражающими свет, чем металлы. В них световые фотоны могут проникать на глубину до 2 мкм и отражаться с разной глубины. Это увеличивает их коэффициент отражения примерно до 30% и придает им металлический блеск.

При взаимодействии фотонов с газами нет соседних атомов, которые вытеснили бы электрон с избыточной энергией на прежнюю орбиту, поэтому механизм увеличения внутренней энергии электрона такой, как описано в [2, с. 7-10]. После поглощения фотона электрон переходит на эллиптическую орбиту и может совершить много витков, постепенно приближаясь к своей прежней орбите, где и излучает фотон. Из-за эллиптичности орбиты это может произойти только в точке поглощения фотона или в симметричной ей точке относительно ядра атома, т.е. электрон может излучить фотон только в том же, что и у поглощенного фотона, или обратном направлении. Но по причине низкой плотности газов коэффициент отражения у них мал.

Электроны с избыточной энергией, точно равной разности энергетических уровней атома, могут излучать фотоны в произвольных направлениях. Это происходит из-за того, что электрон, получивший энергию, достаточную для перехода на другую стационарную орбиту, может находиться на ней дольше, чем на нестационарных орбитах. Он может

начать перевод избыточной энергии во внутреннюю в произвольной точке своей новой орбиты и оказаться на своей прежней орбите в ее произвольной точке, излучив фотон в произвольном направлении. Поэтому количество прошедших через газ фотонов с такой энергией уменьшается, что и создает спектральные линии поглощения. В случае, когда электрон находится на нестационарной орбите, начало перевода избыточной энергии во внутреннюю, всегда определяется ориентацией эллипса его орбиты относительно направления движения его ядра в пространстве.

Литература

1. Алексеев Н.В. Измерение фазовой скорости света в тонких пленках. Эвенсис. Новшества в области естественных и математических наук, вып. II. Тюмень. 2017. – 26 с.

2. Алексеев Н.В. Механизм орбитальных переходов электронов. Аэтерна. Современный взгляд на будущее науки, часть 3. Пермь. 2016. – 285 с.

3. Алексеев Н.В. Отражение света прозрачными пленками с позиции квантовой теории. ЕСУ №8 (53). 2018. – 68 с.

4. Беляев А.С. Теоретические основы взаимодействия вакуума с веществом. Монография. М: ОГИ. 2011. – 384 с.

5. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. М: Наука. 1981. – 507 с.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА КРАНОВОГО МЕХАНИЗМА.

Бирюкова Ольга Андреевна
студент, КФ МГТУ им.Н.Э.Баумана
Калуга
Заярный Сергей Леонидович
доцент, к.т.н., КФ МГТУ им.Н.Э.Баумана ,
Калуга

АННОТАЦИЯ.

Рассмотрены типовые гидравлические приводы и способы их регулирования в крановых механизмах. Определены математические модели приводов и возможность их структурирования, в виде многомерных гидравлических многополюсников, для использования в различных имитационных системах.

ANNOTATION.

Typical hydraulic systems and methods of their regulation in crane mechanisms are considered. Determined mathematical models and their structuring in the form of multidimensional hydraulic multiprobe, for use in different simulation systems.

Ключевые слова: гидравлическая система, математическая модель, имитационная система, многополюсник

Keywords: hydraulic systems, mathematical models, simulation systems, multiprobe

Создание имитационной системы предполагает рассмотрение исследуемого объектам с определением его состояний, структуры, определения взаимодействия его элементов, установления характерных физических эффектов и их математических моделей [2]. Рассмотрим гидропривод кранового механизма, в котором могут использоваться различные виды управления: машинное, дроссельное, машинно-дроссельное [1]. Используя эти виды управлении можно получить практически любую требуемую характеристику установившегося режима работы механизма крана рис. 1.

Бесступенчатое регулировании привода в первом случае, обеспечивается изменением рабочих объемов гидронасоса и гидромотора (кривые 1 и 2), а во втором случае различными уровнями дросселирования потока рабочей жидкости (кривые 3), что обеспечивает достаточно “жесткое" поддержание постоянного значения частоты на всем диапазоне изменения нагрузочного момента.

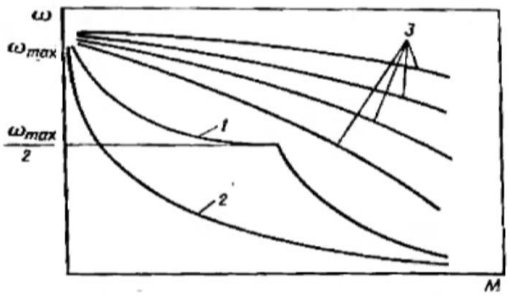
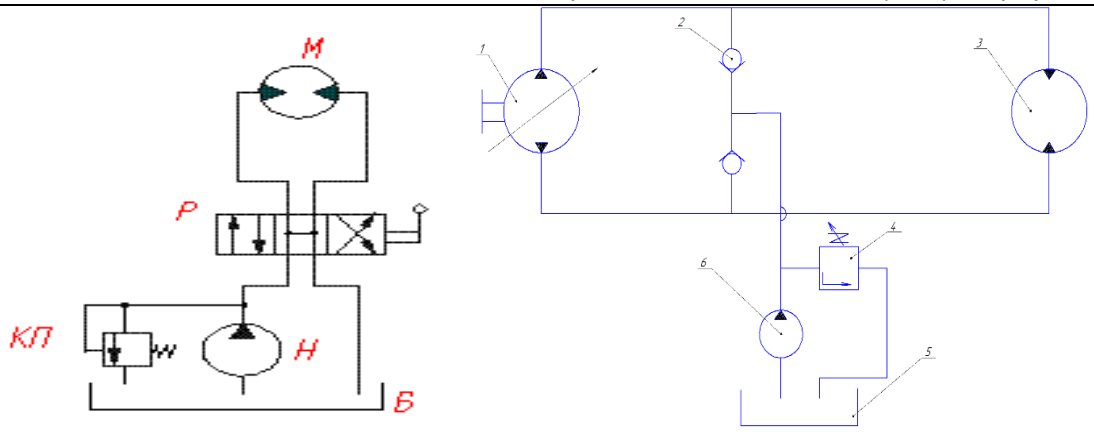


Рис. 1. Характеристики регулирования гидропривода

В гидроприводы крановых механизмах с дроссельным управлением используются схемы с разомкнутым или с замкнутым потоками рис.2.



а) *б)*

а) открытая система, б) закрытая система

Рис. 2. Принципиальные гидравлические схемы привода:

1 – насос переменной производительности; 2-подпиточный клапан; 3-гидромотор; 4-переливной клапан; 5-резервуар; 6- насос постоянной производительности

Гидропривод с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости компактен, имеет небольшую массу и допускает большую частоту вращения ротора насоса без опасности возникновения кавитации, но имеет плохие условия для охлаждения рабочей жидкости.

Гидропривод с разомкнутой системой циркуляции рабочей жидкости постоянно сообщается с атмосферой и гидробаком. Достоинства такой схемы — хорошие условия для охлаждения и очистки рабочей жидкости. Однако такие гидроприводы громоздки и имеют большую массу, а частота вращения ротора насоса ограничивается допускаемыми (из условий бескавитационной работы насоса) скоростями движения рабочей жидкости во всасывающем трубопроводе.

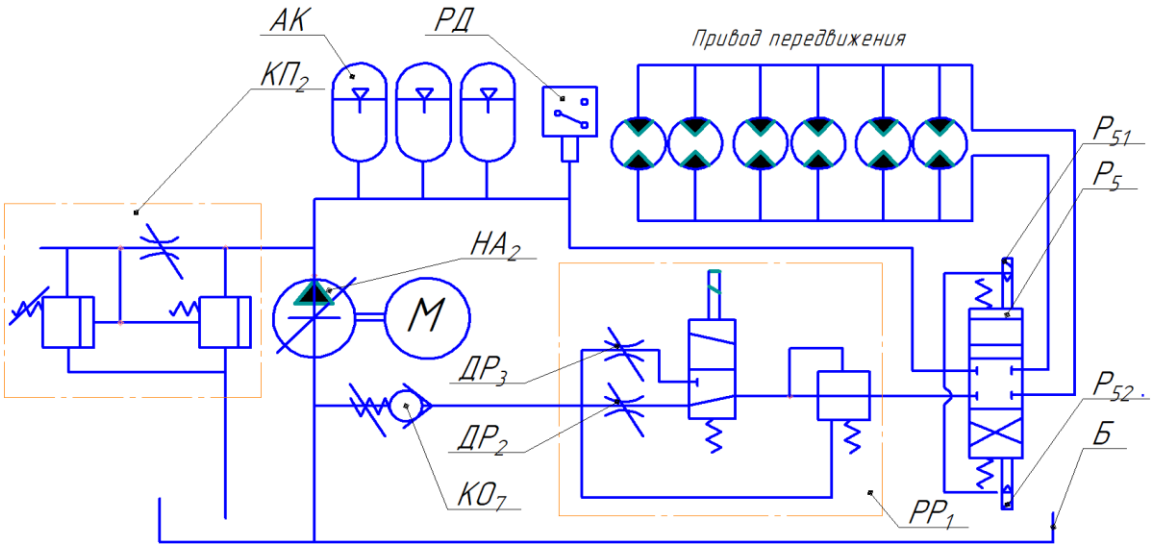


Рис. 3 Принципиальная схема гидропривода передвижения портального крана.

Сохранить достоинства и минимизировать недостатки различные типы гидроприводов позволяет установка аккумуляторной системы. Так, на рис. 3 представлена схема гидропривода передвижения портального крана. Использование такой системы обеспечивается гашение колебаний в напорной магистрали гидропривода, повышения плавности работы привода и снижения его динамических нагрузок. Кроме того, в этом случае может быть реализован эффект рекуперации энергии при циклических режимах работы. В случае использования гидропривода с замкнутой циркуляцией, использование аккумуляторов может являться альтернативной системой подпитки в гидроприводах механизмов с кратковременными режимами работ.

Функционирование гидропривода определяется уравнениями, описывающими физические эффекты и условия взаимодействия его элементов : поведение рабочих органов и звеньев гидропривода под действием внешних сил; движения и характеристики управляющих элементов; устанавливающими неразрывности потока; определяющими величины давлений или условия сохранения энергии; отражающими связи между параметрами потока и движения элементов гидропривода.

Эти уравнения, определяющие математические модели гидравлической системы, условно можно объединить в группы уравнений [3].

Группа уравнений гидростатики

Уравнение гидростатики для гидронасоса (мотора) и гидроцилиндра

$$p_2 = p_1 + M_{н(м)}\eta_{о.н(м)} / q_{н(м)} u_{н(м)}; p_2 A_2 = p_1 A_1 + F_{тр} \quad (1)$$

где – $q_{н(м)}$ -рабочий объем; $u_н$ параметр регулирования; $\eta_{о.н(м)}$ - объемный КПД; $p_{1(2)}$ - давление на входе (выходе); $M_{н(м)}$ -номинальный момент на валу насоса (мотора).Уравнение для определения приведенного модуля упругости гидросистемы

$$\frac{1}{E_{пр}} = \frac{1}{E_{ж}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{E_{\delta i}\delta_i}, \quad (2)$$

где $E_{ж}$ -модуль упругости жидкости; $E_{\delta i}$ - модуль упругости материала i -го участка ; d, δ -диаметр и толщина стенки участка i -го участка.

Группа уравнений расходов

Уравнение расхода через гидронасос (мотор) регулируемого объема:

$$Q_{н(м)} = \omega_{н(м)} q_{н(м)} u_{н(м)} \left(1 - \eta_{о.н(м)} \frac{p_{н(м)}}{p_{н(м).ном}}\right), \quad (4)$$

где – $\omega_н$ угловая скорость; $p_{н(м)}$ -давление на выходе насоса (мотора); $p_{н(м).ном}$ -номинальное давление на выходе насоса (мотора). Уравнение расхода через гидроцилиндра

$$Q_{п(ш)} = A_{п(ш)} \frac{dx}{dt} - k_Q \left(p_1 - p_2\right), \quad (5)$$

где $A_{п(ш)}$ -площадь поршневой (штоковой) полости; $k_{Q(v)}$ -коэффициент перетечек. Уравнение расхода через дроссель или золотник

$$Q_д = \mu A_д \sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta p}; Q_{зi} = C \frac{\sqrt{k_{лi}^2 + 4k_{mi}\left|\Delta p_i\right|} - k_{лi}}{2k_{mi}} sign\left(\Delta p_i\right) \quad (6)$$

где $A_{др}$ -площадь дросселирующего отверстия; μ -коэффициент расхода; ρ -плотность рабочей среды; C - функция положения золотника, определяется как $\left|\Delta F\right| \geq F_{ном} \Leftrightarrow C = 1; \Delta F \leq \left|F_{ном}\right| \Leftrightarrow C = 0$; ΔF -суммарное усилие на золотнике; $F_{ном}$ -номинальное усилие перемещения золотника; $k_{л(m)i}$ -коэффициент сопротивления гидролинии i при ламинарном (турбулентном) режиме течения жидкости; Δp_i -суммарные потери давления в гидролинии i .

Уравнение неразрывности потока

$$Q_{вх} = Q_{вых} + \sum_{1}^{n} k_{yi} p_i + \sum_{1}^{m} \frac{V_i}{E_{прi}} \frac{dp_i}{dt}, \quad (7)$$

где $Q_{вх}, Q_{вых}$ -расход на входе и выходе; V_i -объем жидкости в элементе гидросистемы; $E_{прi}$ -приведенный модуль упругости элемента гидросистемы; k_{yi} -коэффициент утечек.

Группа уравнений теплообмена. Уравнение определяющее температуру нагрева рабочей жидкости

$$T_{ж} = \frac{(\mathrm{T}_{гл} + T_{др})}{k_{Ti} \cdot A_{Ti}} \left[1 - \frac{1}{exp \frac{\tau k_{Ti} A_{Ti}}{m_T \cdot c_T}} \right] + T_0 \; ; \; T_{гл} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_л \frac{2\gamma L_{лi}}{\pi^2 g d_{лi}^5} Q_{лi}^3 \qquad (3)$$

$T_д = \sum_{i=1}^{n} Q_{дi}^3 \frac{\rho}{2\mu^2 A_{дi}^2}$, где - $T_{гл}; T_{др}$ количество теплоты, выделяемое в гидролиниях и дросселирующих элементах за время $d\tau$; c_T – средняя удельная теплоемкость гидропривода; k_T – коэффициент теплопередачи; A_{Ti} – площадь внешней поверхности элементов гидропривода; m_{Ti} – масса элементов гидропривода; T_0 – начальная температура рабочей жидкости

Группа уравнений движения. Уравнение возвратно-поступательное движения элементов гидроцилиндра

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = p_n A_n - p_ш A_ш - \nu \frac{dx}{dt} - cx - R \cdot sign\left(\frac{dx}{dt}\right) - N \cdot sign(x), \qquad (8)$$

где m - приведенная масса подвижных частей; x - координата приведенной массы; $A_n, A_ш$ - площади поршневой и штоковой полостей ; ν - коэффициент жидкого трения; N - усилие на штоке гидроцилиндра или золотнике; R - приведенная сила сухого трения; c -приведенная жесткость упругих элементов;

$F_э$ -электромагнитная сила.Уравнение возвратно-поступательное движения золотника

$$m_з \frac{d^2x}{dt^2} = (p_1 - p_2) A_з + \Delta F_э - \nu \frac{dx}{dt} - cx, \qquad (9)$$

где m - приведенная масса золотника; x - координата приведенной массы; $A_з$ - площади золотника ; $F_э$ -электромагнитная сила. Уравнение движения вала гидромотора

$$I\frac{d\omega}{dt} = \Delta p q_{гм} - \nu \frac{d\varphi}{dt} - M_\Sigma - M_{тр}, \qquad (10)$$

где I - приведенный момент инерции; M_Σ -суммарный момент внешних сил; $M_{тр}$ - момент сухого трения; $q_{гм}$ - рабочий объем гидромотора; ω, φ - угловая скорость и угол поворота вала. Уравнение движения вала приводного электродвигателя

$$I_{эд}\frac{d\omega_{эд}}{dt} = \frac{2M_{кр} S S_{кр}}{S^2 + S_{кр}^2} - M_c, \qquad (11)$$

где – $\omega_{эд}$ угловая скорость электродвигателя; M_c - момент сопротивления электродвигателя; $M_{кр}$ - критический момент электродвигателя; S -величина скольжения соответствующая $M_{кр}$; $S_{кр}$ - критическая величина скольжения; $\eta_{о.н(м)}$ - объемный КПД; $p_{н(м)}$ -давление на выходе насоса (мотора); $p_{н(м).ном}$ - номинальное давление на выходе насоса (мотора).

Сочетание уравнений относящихся к различным группам позволяют определить математические модели функциональных блоков гидроприводов и структурировать гидропривод в целом, представляя его функциональные блоки в виде гидромногополюсников. Так например, математическая модель гидроцилиндра, гидромногополюсник которого представлен на рис. 4, а), определяется сочетанием уравнения расхода (5) и уравнения движения гидроцилиндра с приведенной массой (8). Математическая модель золотникового распределителя, гидромногополюсник которого представлен на рис. 4, б), определяется сочетанием уравнения расхода через золотник (6) и уравнения движения золотника (9).

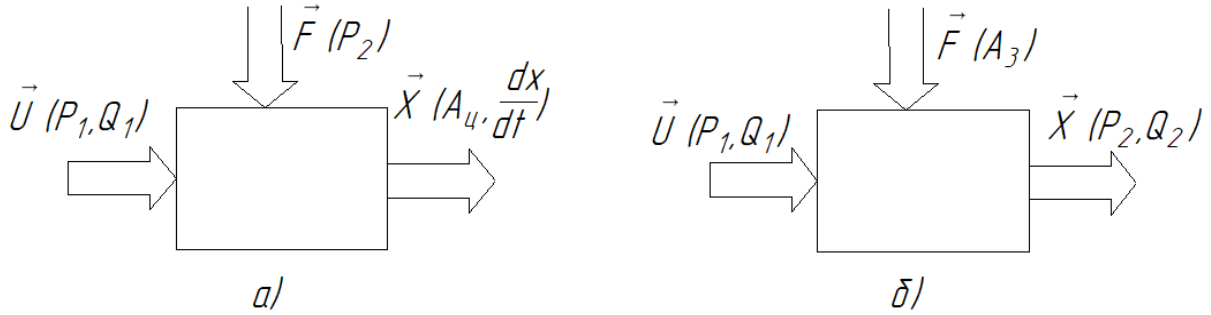


Рис. 4 Функциональные блоки элементов гидропривода:
а) гидромногополюсник гироцилиндра; б) гидромногополюсник золотникового распределителя.

Таким образом, расчетная схема гидропривода , например, гидропривода кранового механизма, может быть представлена в виде структурно многомерного гидравлического многополюсника состоящую из многополюсников его функциональных блоков. В общем случае, представления гидроприводов механизмов в виде структурированных расчетных схем, обеспечивает их эффективное моделирование в различных имитационных системах.

Литература

1. Евдаев Н. М., Круткин А. В. Судовые гидравлические краны: Справочник.-М.: Транспорт, 1989. -204 с.
2. Строгалев В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. учеб.пособие/ В. П. Строгалев, И. О. Толкачева - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.-280 с.: ил
3. Щербаков В.С., Зырянова С.А., Корытов М.С. Система автоматизированного моделирования стрелового грузоподъемного крана: Монография. – Омск: СибАДИ, 2009 – 106 с.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ ТОКОВЫХ СТРУКТУР.

Григорьев Евгений Александрович,
частный исследователь

Показано существование внешнего магнитного поля и структура внутреннего магнитного поля в тороидальных структурах с полоидальным током.

Ключевые слова: торы, внешнее магнитное поле, удержание термоядерной плазмы,
Keywords: tori, external magnetic field, confinement of thermonuclear plasma,

16 января 2000 года сделано большое научное открытие - впервые в электродинамике численно рассчитано и экспериментально измерено внешнее магнитное поле (МП) электропроводных тороидальных структур с полоидальным током (Рис.1). Ранее, в классической электродинамике, это считалось невозможным. Историю открытия и его возможные последствия можно узнать на сайтах http://thermonuclear.narod.ru и http://thermonuclear.ru – там раскрыты все Ноу-хау. Стрелками, обозначенными i, показаны векторы элементов тока. Рассматривались торы с отношением R / r ≈ 1 и R / r ≈ 2. Результаты расчетов выведены в виде графиков Кантора. Линии на графиках показывают сечение поверхностей уровня равной напряженности МП. Графики – в условных единицах. Направление вектора напряженности МП – перпендикулярно к плоскости изображения, так как силовые линии МП имеют исключительно азимутальную (или тангенциальную или касательную к окружности, которая лежит в плоскости XY и с центром на оси Z) составляющую.

Вначале рассчитывалось МП внутри тора. Тор с отношением R / r ≈ 1 (Рис.1).

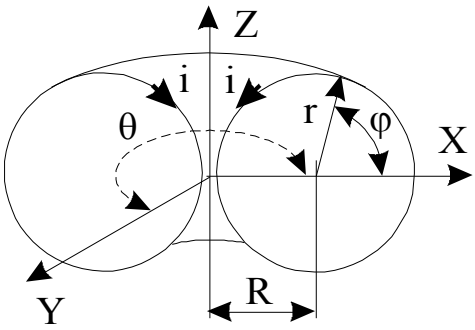
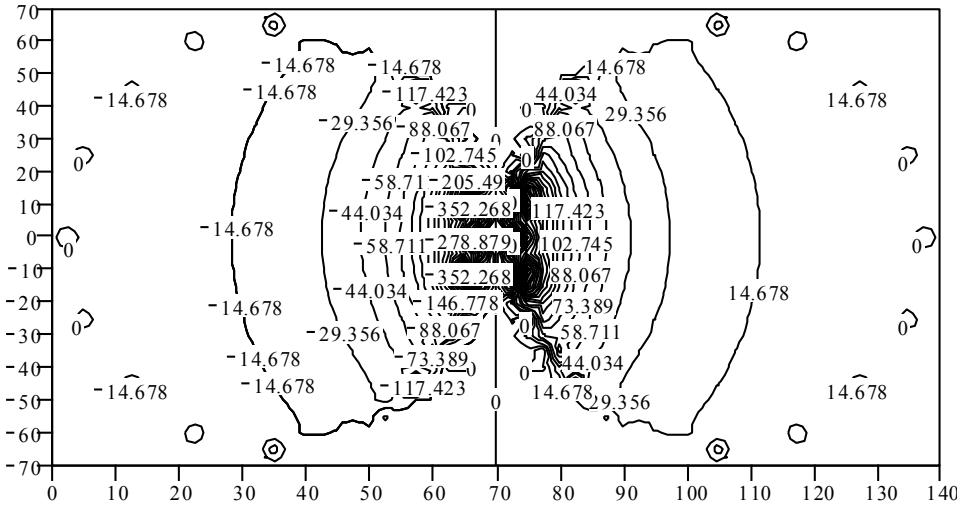


Рис.1

Сейчас многие математики и физики всерьёз взялись за изучение тороидально-вихревых структур. Так что торы ещё ждут своих исследователей, которым они откроют свои тайны.



B

Рис.2

Тор с отношением R / r ≈ 2 (Рис.3).

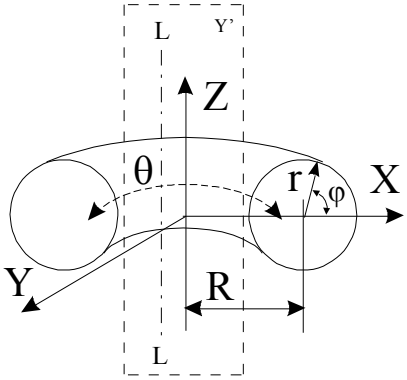


Рис. 3

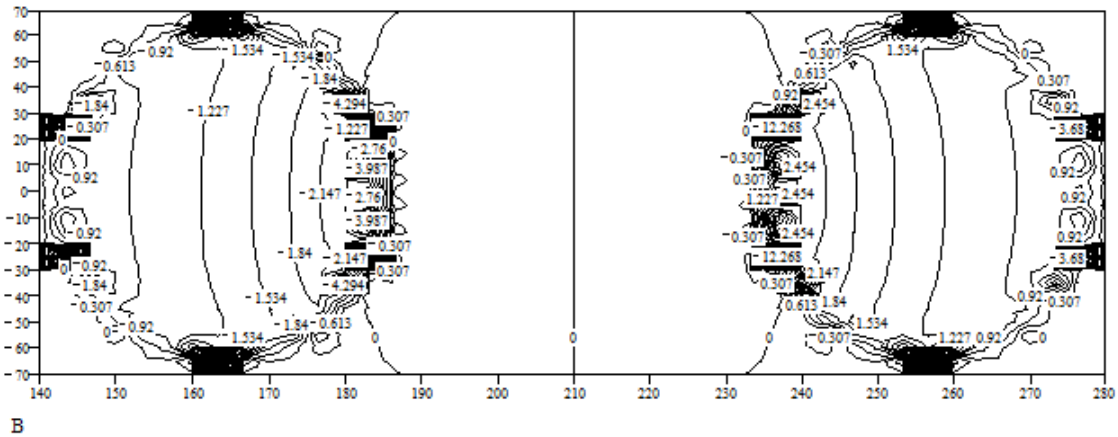


Рис. 4

На графиках (Рис.2, Рис.4) видно, что структура МП внутри тора не соответствует структуре МП бесконечного прямого проводника с током, как считалось до сих пор в классической теории электромагнетизма. Эта структура МП соответствует полю, создаваемому отдельным элементом тока, расположенным в центре тора на его главной оси и направленным вдоль этой оси. График этого МП показан на Рис. 5.

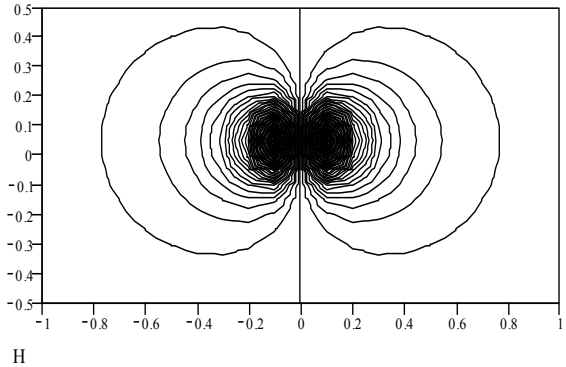


Рис. 5

Затем было рассчитано **<u>ВНЕШНЕЕ</u>** МП вне тора в плоскости XZ в ее части Y`(см. Рис. 3).

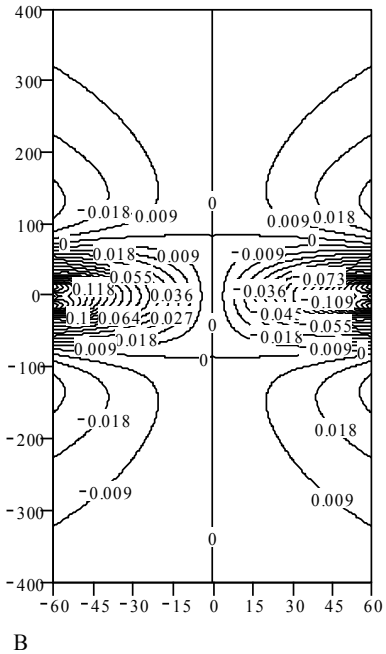


Рис. 6

Напряженность МП в плоскости Y' (y = 0) в виде графика Кантора.

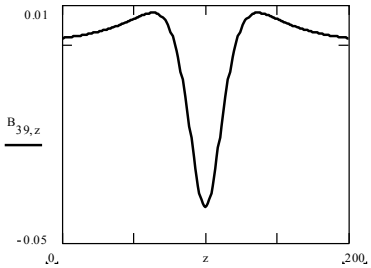


Рис. 7

Напряженность МП вдоль прямой L - L; [y = 0, x = const, B = f(z)].

На графике (Рис.6) видно, что **ВНЕШНЕЕ** МП тора существует. График на Рис.7 выявляет особенность этого МП - три экстремума и два нуля. Подобное МП измерено экспериментально. Из Рис.7 видно, что при осевом сближении двух торов вначале возникает их отталкивание, а после преодоления потенциального барьера - притяжение. Система входит в состояние с минимальным магнитным потоком (минимальной энергией) и становится устойчивой.

Расчет внешнего МП, создаваемого системой из двух соосных торов и между ними (Рис.8) показывает, что оно имеет минимум по трем координатам в центре системы (Рис.9). Все это показывает бесперспективность удержания плазмы внутренним МП в замкнутых ловушках с тороидальной конфигурацией МП типа “Токамак” и “Стелларатор” - удержание возможно только в открытой плазменной ловушке внешним МП системы двух соосных торов произвольной конфигурации. Подобное МП измерено экспериментально. Расчёты, также, показывают, что из центра такой системы вдоль оси Z будет вылетать плазменная струя с температурой 100 млн. градусов и скоростью 10000 км/сек. Это новая мировая энергетика.

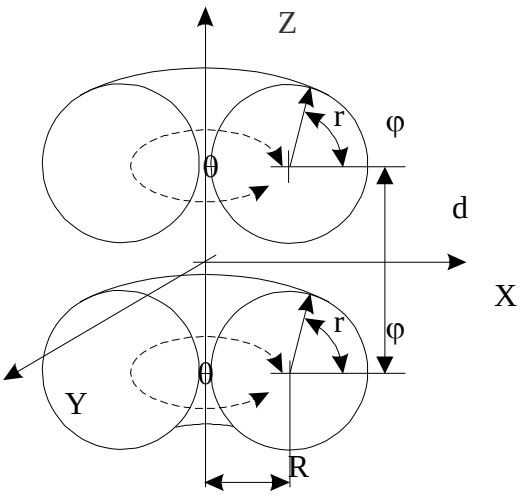


Рис. 8

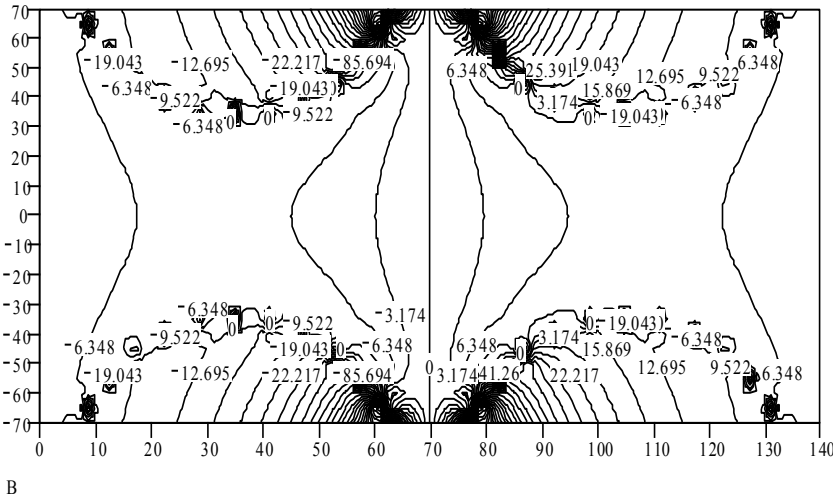


Рис. 9

Предыдущие расчеты были сделаны для сплошных токовых поверхностей. Теперь сделаем расчет для тора, состоящего из отдельных прямоугольных витков с током (сегментированный тор) Рис.10, Рис.11. Это делается для проверки возможности воспроизведения МП сплошного тора полем сегментированных (реальных) торов.

Подобное МП измерено экспериментально.

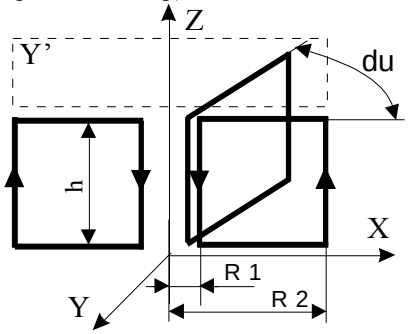
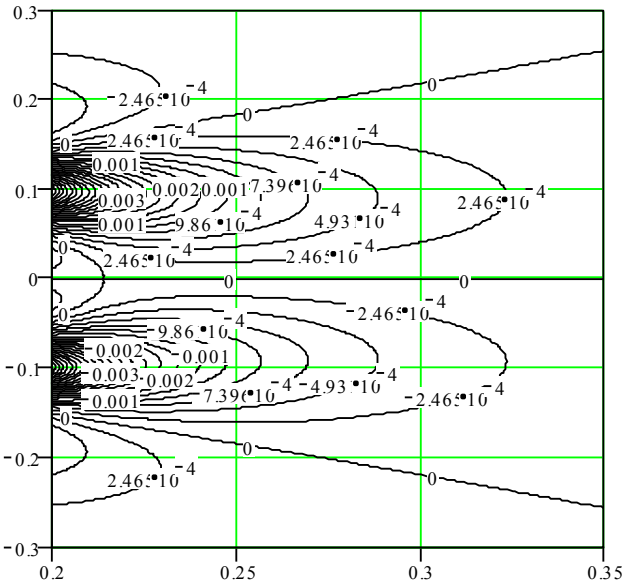


Рис. 10



В

Рис.11

Структура внешнего магнитного поля сегментированного тора в плоскости Y' (XZ) в виде графика Кантора.

Показаны сечения поверхностей уровня равной напряженности МП.

Вектор напряженности направлен перпендикулярно плоскости рисунка.

1) *И.Е. Тамм* // "Основы теории электричества", М, Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1989. с.504.

2) *С.Г. Калашников* // “Общий курс физики”, том 2, государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, 1956.

3) *С.Ю. Таскаев* // Физика плазмы, сентябрь, 1997, т.23, №12, с.1123; “Динамика потенциалов при нагреве струи в пробкотроне атомарными пучками”.

4) *Т.С. Симонен* // Физика плазмы, сентябрь, 1997, т.23, №9, с.771; “Устойчивость плазмы с высоким давлением при благоприятной кривизне силовых линий магнитного поля”.

5) *С.В. Путвинский* // УФН, ноябрь 1998, т.168, №11, с.1235; “Возможна ли будущая мировая энергетическая система без ядерного синтеза”.

6) “Физический энциклопедический словарь”, гл. редактор А. М. Прохоров, Москва, “Советская энциклопедия”, 1983.

DIE BEDEUTUNG DES EXPERIMENTS IM PHYSIKUNTERRICHT

Karabassova Guldana Berdigalievna
doktor PhD an der Kasachische Pädagogische Universität namens Abay,
Almaty, Kazakhsatan
Alimbekova Gulzhahan Berschinbekovna,
Dr. Proff. ,
Kasachische Pädagogische Universität namens Abay,
Almaty, Kazakhsatak
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.58-59

АННОТАЦИЯ

Какова роль эксперимента в обучении физике? На сегодняшний день применение компьютерной техники в преподавании школьных предметов является неотъемлемой частью урока. Школьники больше заитересованы в изучении естественно-математических наук при использовании на уроках различные медийные средства. Но все же одно применение компьютерной техники не гарантирует успех, успех зависит от способа и метода применения компьютерной техники. Сам эксперимент, осуществляемый с применением компьютерной техники не может повысить качество проведения урока и качество получаемых знаний, но дает возможность повысить эффективность всего урока.

ABSTRACT

Warum soll überhaupt im Physikunterricht experimentiert werden? Es müssen bei dieser Diskussion Einflüsse aus verschiedenen Wissenschaftsgebieten berücksichtigt werden. Der Computer ist heute in gewissem Sinne zu einem Standardmedium im Physikunterricht geworden. Schülerinnen und Schüler erzielen in Naturwissenschaften und Mathematik bessere Leistungen und sind motivierter, wenn im Unterricht digitale Medien eingesetzt werden. Allerdings garantieren digitale Materialien an sich noch keinen Erfolg. Ihre Wirkung auf Leistung und Motivation hängt davon ab, wie sie im Unterricht eingesetzt werden. Computerunterstützte Experimente werden nicht im Selbstlauf die Qualität des Physikunterrichts erhöhen. Vielmehr sollen sie seine Effizienz erhöhen, indem routinemäßige Handlungen dem Computer überlassen werden, um damit mehr Zeit für die physikalische Durchdringung des Experimentes, die Analyse von Randbedingungen und die Interpretation der Messergebnisse zu finden.

Ключевые слова: физика, компьютерная техника, функции, эксперименты

Keywords: Physikunterricht, Computereinsatz, Funktionen, Schülerexperimente

Alle mit Physikausbildung Befassten sind sich über die überragende Rolle einig, die das Experiment, bzw. das Experimentieren sowohl in der Forschung, als auch in der physikalischen Ausbildung bzw. dem Physikunterricht besitzt.

Warum soll überhaupt im Physikunterricht experimentiert werden? Diese Frage ist didaktisch sehr grundsätzlich und keineswegs trivial zu beantworten. Es müssen bei dieser Diskussion Einflüsse aus verschiedenen Wissenschaftsgebieten berücksichtigt werden. Dazu gehören pädagogische, psychologische, fachliche und erkenntnistheoretische Argumente. Die Argumentation hängt sehr stark vom Standpunkt der jeweiligen Autoren ab. Aus pädagogischer Sicht tragen beispielsweise Schülerexperimente zur Selbständigkeit der Lernenden bei und erhöhen die Fingerfertigkeit [6]. Aus psychologischer Sicht können sie die (Lern) Motivation steigern. Durch einen kognitiven Konflikt lässt sich dies zumindest kurzfristig in der Anfangsphase erreichen [2]. Aus fachlicher und erkenntnistheoretischer Sicht ist das Experiment die" Frage an die Natur". Experimentalpraktika sollen deshalb nicht nur der Aneignung von Theorie dienen, sondern insbesondere praktische Fertigkeiten und ein Gefühl für eine wissenschaftliche Arbeitsweise vermitteln [3,4].

Das Experiment stellt in der Physik eine besondere Form des „Dialogs mit der Natur" zum Erkenntnisgewinn dar. Auch wenn ein einzelnes Experiment nicht als Kriterium der Wahrheit für eine physikalische Theorie herangezogen werden kann, so wird es dennoch untrennbarer Bestandteil des modernen Physikunterrichts bleiben.

Nach Reinhold (1996, S. 15) lassen sich die allgemeinen didaktischen Funktionen des Experiments in folgenden Ebenen zusammenfassen:

1. Pädagogische Funktionen

Experimente tragen zur „geistigen Formung" der Schüler bei, in dem sie die Beobachtungsgabe entwickeln, zur kritischen Beurteilung der Messergebnisse herausfordern, kausales und funktionales Denken fördern sowie zur Objektivität, Geduld und Ausdauer erziehen.

2. Psychologische Funktionen

Experimente motivieren, wecken Interesse und entwickeln Einstellungen, Kognitionen, Denk- und Lösungsstrategien sowie Anschauungen und Vorstellungen. Sie haben damit einen unbestrittenen Einfluss auf Lernleistungen.

3. Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Funktionen

Wir experimentieren in dem erkenntnistheoretischen Verständnis, dass die Naturgesetze im Labor die gleichen wie in der „übrigen" Natur sind. Damit wird das Experiment zur Methode und zum Gegenstand des Erkenntnisprozesses im Unterricht. Während qualitative Experimente grundlegende Naturphänomene demonstrieren, dienen quantitative Experimente der Prüfung theoretischer Vorhersagen, der Bestimmung physikalischer und technischer Größen. Hier wird der Bezug zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen hergestellt.

4. Fachliche Funktionen

Experimente unterstützen die Bildung von Begriffen, die Ableitung von Gesetzen sowie die Entwicklung

von Theorien und grundlegenden Wirkprinzipien. Dabei dienen sie „ der Erforschung neuer Sachverhalte, der Überprüfung der Richtigkeit einer Erkenntnis oder Vermutung oder auch der Verfestigung des Wissens und Könnens“ (Knoll 1971, S. 184). [5].

Der Computer ist heute in gewissem Sinne zu einem Standardmedium im Physikunterricht geworden. Im Physikunterricht kann der Computer den Schülern in vielfältigen Anwendungen entgegentreten. Denkbar sind bereits heute folgende Einsatzmöglichkeiten:

1. Auswertung und Berechnung (Tabellenkalkulation, Videoanalyze)
2. Modellbildung und Simulation
3. Messgerät
4. Speichermedium (Datenbankanwendungen)
5. Informations-und Kommunikationsmittel
6. Präsentation und Visualisierung
7. Interaktive Lernumgebung (Lernsoftware)

Allein diese Vielfalt von Computeranwendungen erfordert umfassende methodische Konzepte, die sich nicht nur auf den Physikunterricht beziehen.

Schülerinnen und Schüler erzielen in Naturwissenschaften und Mathematik bessere Leistungen und sind motivierter, wenn im Unterricht digitale Medien eingesetzt werden. Allerdings hängt der Erfolg von der Gestaltung der Mediennutzung ab. Wie die Untersuchung des Zentrums für internationale Bildungsvergleichsstudien (ZIB) an der Technischen Universität München (TUM) zeigt: Schülerinnen und Schüler aus Klassen, in denen mit digitalen Unterrichtsmedien gearbeitet wird, erzielen bessere Leistungen als Kinder und Jugendliche aus Klassen, die traditionell unterrichtet werden. Außerdem sind sie motivierter für das jeweilige Fach. Dies gilt für alle Jahrgangsstufen höherer Schulen (Sekundarbereich) und für alle untersuchten Fächer, also Mathematik, Biologie, Chemie und Physik.

Allerdings garantieren digitale Materialien an sich noch keinen Erfolg. Ihre Wirkung auf Leistung und Motivation hängt davon ab, wie sie im Unterricht eingesetzt werden:

- Kinder und Jugendliche profitieren von digitalen Unterrichtsmedien stärker, wenn sie nicht allein, sondern in Paaren arbeiten. Die Forscherinnen und Forscher gehen davon aus, dass Computerprogramme in besonderer Weise Gespräche zwischen ihnen anregen, die das Lernen fördern.
- Schülerinnen und Schüler erzielen bessere Leistungen, wenn sie bei der Arbeit mit Digitalmaterial von Lehrkräften begleitet werden. Arbeiten sie vollkommen selbstständig mit Computerprogrammen, ist deren positiver Effekt gering.
- Die erwünschte Wirkung digitaler Medien ist größer, wenn sie klassische Unterrichtsmaterialien nicht vollständig ersetzen. Erfolgversprechend ist, sie ergänzend zu analogen Methoden zu verwenden.
- Digitale Medien steigern die Leistungen stärker, wenn sie von professionell geschulten Lehrerinnen und Lehrern in den Unterricht integriert werden. [1].

Beim schulischen Computereinsatz werden folgende Vorteile, basierend auf Forschungsstudien und Praxisaussagen, hervorgehoben, die den Lernerfolg steigern können, wie Motivation, Interaktivität, Individualisierung und Lernerkontrolle.

Es zeigt sich, dass der Computer heute ein Standardmedium im Physikunterricht ist, obwohl es große Unterschiede bei den verschiedenen Einsatzarten gibt.

Damit keine Missverständnisse entstehen: Computerunterstütze Experimente können und sollen nicht den traditionellen Demonstrations- oder Schülerversuch ersetzen. Computerunterstützte Experimente werden auch nicht im Selbstlauf die Qualität des Physikunterrichts erhöhen. Vielmehr sollen sie seine Effizienz erhöhen, indem routinemäßige Handlungen dem Computer überlassen werden, um damit mehr Zeit für die physikalische Durchdringung des Experimentes, die Analyse von Randbedingungen und die Interpretation der Messergebnisse zu finden.

Referenzliste

1. Große Metastudie zur Wirkung digitaler Medien in der Schule. Prof. Dr. Kristina Reiss Zentrum für internationale Bildungsvergleichsstudien an der Technischen Universität München
2. Kircher E. et al. Physikdidaktik. Springer, 2007 pages 23–29
3. Kirschner. P.A. Epistemology, practical work and academic skills in science education. Science and Education 1, 1992. pages 273–299
4. Neumann. K. Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums fur Physiker.Berlin, Logos, 2004 pages 73–79
5. Reinhold. P. Offenes Experimentieren und Physiklernen.
6. Töpfer E. und Bruhn J. Methodik des Physikunterrichts. Heidelberg, Quelle und Meyer, 1976. Pages 172–175

УДК 519.6

КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

[1]Перевозников Е.Н.,
[2] Скворцов Г.Е.
[1] Канд. физ.-мат. наук, доцент, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского.
[2] Канд. Физ.-мат. наук, старший научный сотрудник
Санкт-Петербургского государственного университета

Представляются разрабатываемые авторами методы и критерии исследования режимов неустойчивости и хаоса динамических систем. Последние демонстрируется на моделях режима с обострением, параметрического резонанса в электронных генераторах и динамической модели экономических процессов предприятий,.

Ключевые слова: критерии и методы теории неустойчивости, модели параметрического резонанса и экономических процессов предприятий.

1. *Введение*

Теория неустойчивости (ТНУ) предназначена для определения режимов неустойчивости и хаоса при изучении динамики различных систем, а также с целью выявления качественных переходов в веществах и системах. Эта теория дополняет классические теории устойчивости но отличие от них нацелена не на получения условий сохранения устойчивости, а на поиск и изучение режимов неустойчивости. Поэтому методы ТНУ содержат как частные случаи методы и критерии классической теории. Методы и критерии ТНУ широко применяются в гидро и газо динамике, в теории устойчивости плазмы, в теории катастроф, фазовых переходов, синергетике и т.д. В последнее время все больший интерес приобретают процессы развития неустойчивостей, перехода в другие динамические режимы и состояния, возникновения хаоса (см.например обзоры [1-4]).

Отметим некоторые характерные свойства неустойчивостей и связанные с ними общие условия. Феномен неустойчивости определяется рядом качественных свойств: 1) малые причины -большие следствия; 2) большие изменения за малые интервалы времени и пространства; 3) нарушение баланса внешних и внутренних противодействующих факторов; 4) наличие бифуркации; 5) качественные преобразования в результате неустойчивости и др.

Этим качественным признакам можно сопоставить следующие условия общего вида

$$\left(\partial R/\partial g,\partial t,\partial x\right) \gg 1\ ,\quad \left(g_{+}/g_{-}\right) \gg 1\ ,\quad \left(\partial R/\partial g\right)=0\ ,(1)$$

$R\left(g,t,x\right)$ - реакция системы, g -воздействие , g_+ и g_- -противодействующие факторы.

Критерии такого рода с использованием дифференциальной модели реакции применяются для конкретных систем. Например, бифуркационные условия типа (1;2,3) служат основой теории катастроф, которая составляет часть ТНУ. Большие величины производных

соответствуют резонансам, которые указывают на особые режимы и качественные переходы. Например: неустойчивость по Ляпунову может быть выражена условием $(\partial R/\partial t)>0$, где R играет роль функции Ляпунова.

Исследование динамики нелинейных систем, как правило в них наблюдаются хаотические режимы, требует более совершенных методов и критериев чем условия типа (1).

Отметим помимо классического спектрального, метод показателей Ляпунова, критерий Мельникова и д.р. [3-4],а также разрабатываемые авторами методы критериев нейтральности –НРИ, L – критерия, СД метод [6,8-10].

В настоящей работе рассмотрим сингулярно-динамический (СД) метод и продемонстрируем его и спектральные критерии неустойчивости и хаоса на достаточно простых и показательных моделях.

2.*Сингулярно-динамический метод и спектральные критерии неустойчивости и хаоса*

В основе СД (сингулярно – динамического)-метода лежит идея о связи математических особенностей (сингулярностей) уравнений динамики со сменой динамических режимов, с динамическими качественными переходами и сопровождающими их неустойчивостями. Алгоритм использования метода состоит в следующем:

а) сначала определяются особенности выражений описывающих модель . В нашем случае это особенности правых частей динамических уравнений: нули, бесконечности, точки бифуркации, а также нули их производных, а также особенности решений динамических уравнений - резонансы, спектры и их особенности, и т.д.;

б) упрощение динамических уравнений с использованием сингулярностей;

в) анализ и решение упрощенных уравнений, определение параметров точек сингулярностей;

г) вычисление критериев и определение условий смены режимов- возникновения неустойчивости и хаоса.

Условия (1.1,2,3) есть макроскопические условия такого рода. Условие (1.2) согласно закону меры действия [6] принимает вид

$$a_i/a_s \gg 1\quad :\quad a_i=\rho,\upsilon,\mathrm{e},\mathrm{f},\ldots\ .(2)$$

Здесь a_i- величины определяющие внешнюю реакцию системы – изменение плотности ρ, скорости υ, энергии e , силы *f* и т.д.; a_s - соответствующие внутренние структурные характеристики. Например, скорость звука - υ_s, энергия связи структурных элементов - e_s ,

где μ - коэффициент вязкости. При числе Маха *M=1* происходит качественный переход – образование ударной волны, при числе Рейнольдса $\mathrm{Re} \gg 1$ - турбулизация движения жидкости, если критерий $Sk=(m\upsilon^2/e_a)=1$ то волна теряет устойчивость и хаотизируется (e_a - энергия связи молекул) и т.д. .

Классическая схема получения критериев неустойчивости в ТНУ дополняется методом СД, дающим предварительные условия неустойчивостей, критериями неустойчивости и хаоса и реализуется следующей схемой:

1) линеаризация динамической системы относительно произвольного начального состояния; 2) получение спектрального уравнения (СУ)– как условия разрешимости системы линеаризованных уравнений;

3) выявление сингулярностей динамических уравнений и спектра, как признаков возможных неустойчивостей;

4) получение аналитических критериев неустойчивости и хаоса с помощью коэффициентов спектрального уравнения (НРИ –метод) или динамических коэффициентов (L – критерий)- [6,8,9].

Для СУ триадной системы

$$\lambda^3 + s\lambda^2 + p\lambda + q = 0 , \qquad (3)$$

следующие из него критерии по методу по методу НРИ имеют вид

$$а)\quad q<0 \quad или \quad K1=q-sp\geq 0 \quad ; \quad б)\quad 3p-s^2\geq 0 \quad ; \quad в)\quad q\cdot K1>0 . \qquad (4)$$

Первые неравенства в (4) есть условия неустойчивости, второе -достаточное условие колебаний, в) третье -отражает седлообразный характер спектра (необходимое условие хаоса).

Критерии (4) становятся очевидными, если учесть связь их и коэффициентов с собственными значениями, для СУ (3) равными

$$q=-\lambda_1\cdot\lambda_2\cdot\lambda_3=-\nu_1\left(\nu_2^2+\omega^2\right),$$
$$q-sp=2\nu_2\left[\left(\nu_1+\nu_2\right)^2+\omega^2\right],$$
$$p=\left(\lambda_1\cdot\lambda_2+\lambda_1\cdot\lambda_3+\lambda_2\cdot\lambda_3\right)=2\nu_1\cdot\nu_2+\left(\nu_2^2+\omega^2\right),$$
$$s=-\left(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3\right)=-\left(\nu_1+2\nu_2\right).$$

Где $\lambda_1=\nu_1$; $\lambda_{2,3}=\nu_2+i\omega$ вещественный и комплексно-сопряженные корни СУ (3).

Метод L – критерия состоит получении условий нейтральности (границы устойчивости-неустойчивости) через коэффициенты динамических уравнений с помощью определителя блочной матрицы $\hat{L}$ составленной из эволюционной матрицы $\hat{E}$ и ее элементов. Формула L – критерия имеет общий вид [6,9]

$$\left(-1\right)^{n+1}\cdot\det(\hat{L})=\left(-1\right)^{n+1}\cdot\det\left[\delta_{\alpha,\beta}\hat{E}+\hat{I}\,e^*_{\alpha,\beta}\right]=\prod_{\alpha,\beta=1}^{n}\left(\tilde{\lambda}_\alpha+\tilde{\lambda}^*_\beta\right)\ \frac{>^{НУ}\ 0}{<_У\ 0} . \qquad (5)$$

Где $\hat{E}$ -эволюционная матрица системы динамических уравнений, $e^*_{\alpha,\beta}$ -комплексно сопряженные элементы матрицы $\hat{E}$, $\hat{I}$ - единичная матрица, n-размерность системы, $\tilde{\lambda}_i=\partial_t\left(\ln\left|\delta a_i\right|\right)$ - обобщенные собственные значения эволюционной матрицы (которые являются аналогом показателей Ляпунова и совпадают с ними в случае стационарных состояний).

3. Рассмотрим модельное уравнение, демонстрирующее режимы с обострением [3].

$$\frac{dx}{dt}=(x-a)\cdot(x-b) \quad , \quad x(0)=x_0 \qquad (6)$$

0 < a < b. На этом примере будет выявлен один из стандартных типов НУ. Из (6) следуют возможные сингулярности (*sing*) : $x_1=a$, $x_2=b$, $x_3\to\infty$. Определяем какие из них можно привести к НУ с учетом начального условия.

Если $x_0<b$, то из анализа уравнения (6) следует, что *x(t)* будет стремится к величине *a*, достигая этого значения при $t\to\infty$. Очевидно , *sing(a)* не реализует НУ. Заметим, что если $x_0<a$, то *x* возрастает, т.е . имеем неустойчивость по Ляпунову. Величина *b* служит границей качества; при $x_0>b$ реализуется *sing* x_3. Этот результат получается из качественного анализа. Уравнение (6) имеет решение

$$x = \frac{b(x_0 - a) - a(x_0 - b)\cdot \exp[(b-a)\cdot t]}{(x_0 - a) - (x_0 - b)\cdot \exp[(b-a)\cdot t]} \quad . \tag{7}$$

Ясно, что $x \to \infty$ при $t \to t_c$, поскольку $x\text{-}a > x\text{-}b$,

$$t_c = \frac{1}{b-a}\cdot \ln \frac{x_0 - a}{x_0 - b} \tag{8}$$

Из решения видна граничная роль начального условия.

Укажем, что можно не получать решения (7), а воспользоваться общей формулой

$$\mathrm{t_c} = \int_{x_0}^{x_c} \frac{dx}{f(x,p)}$$

Здесь f – действие уравнения $d_t x = f$, x_c - *sing*, которая приводит к НУ. В рассмотренном примере очевидно $f = (x-a)\cdot(x-b)$, $x_c = x_{c3} = \infty$. Заметим, что выявленная НУ, аналогична режиму с обострением, изученному в [3] для более сложных моделей.

4. Параметрический резонанс в электронных генераторах . Известно, что при определенных условиях параметрический резонанс реализуется в виде возбуждения хаотических колебаний. Рассмотрим это явление.

Возможны разные формы уравнения параметрического резонанса связанные с воздействием на различные параметры генератора. Мы выберем исходное уравнение параметрического резонанса в виде

$$\partial_t^2 q + a\cdot \partial_t q + \omega_0^2 (1 + \chi cos\Omega t) q = 0 \quad . \tag{9}$$

Где ∂_t - производные по времени, $a = R/L$, $\omega_0^2 = 1/LC$; q – заряд конденсатора , R,L,C – соответственно сопротивление, индуктивность, емкость (электрические характеристики генератора), Ω - частота внешнего воздействия, χ - параметр.

Для упрощения анализа сведем исходное уравнение (9) к системе четырех более простых уравнений первого порядка с помощью дополнительных функций

$$q \equiv x \quad , \quad \partial_t q \equiv y \quad , \quad \cos\Omega t \equiv u \quad , \quad \Omega t \equiv v \quad . \tag{10}$$

Выше указанная система примет вид

$$\begin{cases} \partial_t x = y \\ \partial_t y = -ay - \omega_0^2 (1 + \chi u) x \\ \partial_t u = -uv \\ \partial_t v = \Omega u \end{cases} , \tag{11}$$

стационарное решение которой ($\partial_t(x_i) = 0$) равно

$$st = \quad (x,y,u,v)_s = (0,0,1,0) \quad . \tag{12}$$

Сингулярностями системы (11) являются особенности ее спектра и условие $(1 + \chi\cdot u) = 0$.

Вводя спектральный параметр $\partial_t(x_i) = \lambda(x_i)$ и линеаризируя систему (11), получаем

$$\begin{Bmatrix} \lambda\cdot\delta x \\ \lambda\cdot\delta y \\ \lambda\cdot\delta u \\ \lambda\cdot\delta v \end{Bmatrix} = \left\{ e_{i,k}\delta x_k \right\} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\beta & -a & -\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\Omega \\ 0 & 0 & \Omega & 0 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta u \\ \delta v \end{Bmatrix} . \quad (13)$$

Спектральное уравнение системы (13) равно

$$\det\left(\lambda\delta_{i.k} - e_{i,k}\right) = \left(\lambda^2 + \Omega^2\right)\cdot\left(\lambda^2 + a\lambda + \beta\right) = 0 , \quad (14)$$

где $\gamma = \omega_0^2 \chi u_s$, $\beta = \omega_0^2(1+\chi u_s)$. Корни СУ (14) равны

$$\lambda_{1,2} = \pm i\Omega \quad , \quad \lambda_{3,4} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \omega_0^2(1+\chi u_s)} . \quad (15)$$

Из (15) следует, что при $(1+\chi\cdot u) \geq 0$ в системе присутствуют два типа колебаний: классические затухающие колебания с пульсирующей частотой

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2(1+\chi u) - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

и низкочастотные колебания параметра $u(t)$ с частотой Ω. При условии $(1+\chi\cdot u) < 0$ в системе остаются низкочастотные колебания на фоне хаотического, разнонаправленного изменения заряда и тока. Заметим, что условие сингулярности $(1+\chi\cdot u) = 0$ является в данном случае и условием смены устойчивости.

4..Математическая модель экономических процессов на производстве

Данная модель ПУР (производство, управление, ресурс) относится к динамическим моделям предприятий [5]. Наряду с достаточной простотой она учитывает основные факторы: динамику производства, управление и баланс внешнего и производимого в системе ресурса.

Рассматриваемая модель введена в работе [7] и представляет собой три балансных нелинейных дифференциальных уравнения соответствующая трем составляющим экономический объект подсистемам – производству, управлению и ресурсу.

Уравнения модели ПУР в безразмерном виде

$$\begin{aligned} \partial_t x &= x(a - y + bz) \\ \partial_t y &= y(x - c + dz) \\ \partial_t z &= z(-e + ny - bx) + -hx - ky + gxy + r \end{aligned} . \quad (16)$$

Здесь $\frac{(x,y,z)}{x_0 + y_0 + z_0}$ основные динамические величины имеющие одинаковую ресурсную размерность (например денежную) отнесенные к сумме начальных значений и соответствующие динамике средств в трех подсистемах изучаемого объекта; *x*- производство, *y* - управление, *z*- ресурс. $t = \tau / \tau_0$ - безразмерное время, τ_0 -характерный финансовый масштаб времени (квартал, год).

В первом уравнении системы (16) описывающем динамику производства слагаемые *ax,* bxz соответствуют прибыли в результате производства и вводимого ресурса; слагаемое *yx* – убыль на управление (например на обучение, повышение квалификации, и т.д.) Во втором уравнении для управления *yx, dyz* приход средств от производства и вводимого ресурса*; cy* - непосредственные расходы на управление.

Третье уравнение – баланс внутреннего и внешнего r ресурса *(* r>0 – кредитование, r<0 –погашение долгов). Слагаемые *hx, ky* – непосредственная убыль ресурса на зарплаты в производстве и управлении; *ez* -затраты ресурса на погашение процентов при кредитовании или получение процентов по вкладам , *bxz* -затраты ресурса на сырье для про-

изводства, энергию и т.д. Слагаемые *gxy, nyz* соответственно - прибыль ресурса за счет производства, а также за счет инноваций в управлении и автоматизации производства.

Основная задача при исследовании динамики экономической модели состоит в определении областей стабильного функционирования системы (16), а также областей и условий возникновения неустойчивостей. Эта задача решается путем исследования спектра малых возмущений стационарных состояний. О характере динамики системы также говорит соотношение $div\vec{G}$, для системы (17) равное

$$div\vec{G}\left(\partial_t x, \partial_t y, \partial_t z\right) = -0.7 + 0.7x - 0.8y + 0.9z\,. \qquad (17)$$

Выражение (17) - дивергенция вектора правых частей уравнений (16) указывает области роста и уменьшения фазового объема и является одним из условий устойчивости-неусточивости. В зависимости от знака $div\vec{G}$ динамика называется активной ($div\vec{G} > 0$), нейтральной ($div\vec{G} = 0$), диссипативной ($div\vec{G} < 0$). Из (17) следует, что в зависимости от величины ресурса и стационарного состояния система может иметь разные типы динамики. В данном случае, существует пять стационарных решений соответственно равных

$$St_1\ (0,0,r/e)\ ;\ St_2\ (0\ ,y_s\ ,\ c/d)\ ;\ St_3\ (x_s\ ,0\ ,\ z_s)\ ;\ St_{4,5}\ (x_s\ ,y_s\ ,\ z_s)\ .$$

Линеаризацией системы (16) получаем систему уравнений для возмущений

$$\partial_t \delta x_\alpha = e_{\alpha\beta}\delta x_\beta \quad , \quad \{\delta x_\alpha\} = \{\delta x, \delta y, \delta z\}\ , \qquad (18)$$

где $e_{\alpha,\beta}$ элементы эволюционной матрицы равные

$$\hat{E} = \left\{e_{\alpha\beta}\right\}\ ;\ e_{11} = a - y_s + bz_s\ ,\ e_{12} = -x_s\ ,\ e_{13} = bx_s\ ,\ e_{21} = y_s\ ,\ e_{22} = x_s - c + dz_s\ ,$$
$$e_{23} = dy_s\ ,\ \ e_{31} = -bz_s - h + gy_s\ ,\ \ e_{32} = nz_s - k + gx_s\ ,\ \ e_{33} = -e + ny_s - bx_s \qquad .(19)$$

В виду сложности системы (16) возможен только численный анализ спектра, для чего необходимо задать численные значения безразмерных коэффициентов и выбрать несколько (один,два) управляющих параметра, варьируя значением которых наблюдают за изменением спектра и тем самым за динамикой системы. В качестве управляющих параметров выберем параметр внешнего ресурса – r , параметр g – параметр отвечающий за прибыль ресурса за счет производства и управления . Численные значения остальных параметров в системе (16) выбираются в соответствии с реальными величинами на современных производствах и с учетом большого предварительного счета. Итак, с учетом вышесказанного, значения параметров выбраны равными

$$\left\{\begin{array}{l} a = 0.3 \quad , b = 0.3 \quad , c = 0.8 \quad , d = 0.6 \\ e = 0.2 \quad , h = 0.2 \quad , \ k = 0.4 \quad , g \in (0.2\ ;0.6) \\ n = 0.2 \quad , r \in \left(-0.4; 0.4\right) \end{array}\right\}\ . \qquad (20)$$

Наибольший практический интерес представляют стационарные состояния с ненулевыми значениями величин, т.е. St_4 , St_5 , для которых соответственно с учетом (19,20), получаем

$$x_{4,5s} = c - dz_{4,5} = 0.8 - 0.6z_{4,5}\ ;\ \ \mathrm{y}_{4,5s} = b\left(1 + z_{4,5}\right) = 0.3\left(1 + z_{4,5}\right);$$
$$z_{4.5s} = \frac{\left[-\left(0.06g - 0.38\right) \pm \sqrt{\left(0.06g - 0.38\right)^2 - 4\left(0.24 - 0.18g\right)\left(0.24g - 0.28 + r\right)}\right]}{2\left(0.24g - 0.28 + r\right)}\ .(21)$$

Из выражений (21) можно выделить 2 сингулярности :

$$1.\ (0.24g\text{-}0.28\text{+}r)=0\ ,\ 2.\ (0.06g\text{-}0.38)^2\ \text{-}4(0.24\text{-}0.18g)(0.24g\text{-}0.28\text{+}r)=0\ , \qquad (22)$$

откуда следуют два значения критических параметров r

$$r_{cr,1} = \left(0.28 - 0.24g\right) \quad , \quad r_{cr,2} = \frac{\left(0.06g - 0.38\right)^2}{4\left(0.24 - 0.18g\right)} + 0.28 - 0.24g \ . \qquad (22)$$

Спектральное уравнение системы (18) имеет вид (3), где спектральные коэффициенты равны

$$s = -\left(e_{11} + e_{22} + e_{33}\right) \quad , \quad p = -e_{12}e_{21} - e_{13}e_{31} - e_{23}e_{32} + e_{11}e_{22} + e_{11}e_{33} + e_{23}e_{32} \quad ,$$

$$q = -e_{11}\left(e_{22}e_{33} - e_{23}e_{32}\right) + e_{33}e_{12}e_{21} + e_{22}e_{13}e_{31} - e_{12}e_{31}e_{23} - e_{13}e_{21}e_{32} \quad .$$

Для анализа СУ используем как непосредственный счет корней спектрального уравнения,

(3), так и спектральные критерии неустойчивости и хаоса (4). Результаты расчета корней и критериев в зависимости от параметров *r* и *g* для состояний St_4 , St_5 приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1. Расчетные значения корней и критериев для состояния st_4 *(g=0.2,* $r_{cr,2}$*=0.397).*

r	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.397
Λ_1	-1.19	-1.13	-1.02	-0.924	-0.806	-0.655	-0.419	0.017
$\mathrm{Re}\Lambda_{2,3}$	0.736	0.68	0.618	0.548	0.466	0.364	0.211	-0.082
$\mathrm{iIm}\Lambda_{2,3}$	±0.254i	±0.246i	±0.239i	±0.23i	±0.221i	±0.21i	±0.195i	±0.455i
q	0.722	0.582	0.449	0.327	0.215	0.116	0.0345	-0.0034
K1	0.401	0.337	0.274	0.213	0.153	0.093	0.0342	-0.0346

Таблица 2. Расчетные значения корней и критериев для состояния st_5 *(g=0.2,* $r_{cr,2}$*=0.397).*

r	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.397
λ_1	-0.662	-0.609	-0.532	-0.530	-0.417	-0.332	-0.225	-0.018
λ_2 /$\mathrm{Re}\Lambda_{2,3}$	0.027	0.017	0.00068	0.00069	-0.018	-0.034	-0.053	-0.08
λ_3 /$\mathrm{iIm}\Lambda_{2,3}$	±0.154i	±0.289i	±0.375i	±0.376i	±0.492i	±0.53i	±0.553i	±0.493i
q	0.0162	0.0512	0.0777	0.0776	0.0801	0.0939	0.069	0.00462
K1	0.0231	0.0151	0.00597	0.00599	-0.0159	-0.0281	-0.0402	-0.0408

Таблица 3. Расчетные значения корней и критериев для состояния st_4 *(g=0.6,* $r_{cr,2}$*=0.36).*

r	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.36
Λ_1	-1.327	-1.246	-1.157	-1.055	-0.936	-0.786	-0.554	0.000014
$\mathrm{Re}\Lambda_{2,3}$	0.829	0.772	0.711	0.645	0.576	0.491	0.324	-0.039
$\mathrm{iIm}\Lambda_{2,3}$	0.968	0.901	0826	0.739	0.63	±0.039i	±0.076i	±0.23i
q	1.064	0.876	0.679	0.503	0.339	0.191	0.0616	-9.1e-5
K1	0.302	0.274	0.226	0.279	0.133	0.0866	0.0380	-0.0004

Таблица 4. Расчетные значения корней и критериев для состояния st_5 *(g=0.6,* $r_{cr,2}$*=0.36).*

r	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.36
λ_1	-0.661	-0.605	-0.504	-0.476	-0.398	-0.302	-0.171	-1.6e-4
λ_2 /$\mathrm{Re}\Lambda_{2,3}$	0.028	0.022	0.0014	0.00622	-0.0030	-0.014	-0.029	-0.034
λ_3 /$\mathrm{iIm}\Lambda_{2,3}$	±0.15i	±0.286i	±0.367i	±0.425i	±0.465i	±0.484i	±0.463i	±0.258i
q	0.0161	0.0497	0.0734	0.0854	0.086	0.0711	0.0368	4.1e-5
K1	0.0235	0.0183	0.0119	0.0049	-0.0023	-0.0096	-0.0147	-0.0005

Из таблиц 1-4 следует, что состояние St_4 независимо от параметров r и *g* неустойчиво

и неустойчивость реализуется в виде хаотических колебаний. Вторая сингулярность (22,2) – *(* $r_{cr,2}$*=0.397*) в состояние St_4 проявляется в виде смены знаков корней – т.е. колебательные моды будут затухать, а не колебательная расти. Это подтверждается и переменой знака критериев.

Напротив, состояние St_5 более чувствительно к изменению параметров. При $r \leq 0.0$ в состоянии существуют слаборастущие хаотические колебания, при r≥0 все возмущения затухают – система становится стабильной. Рост параметра r (т.е.увеличение кредитования) стабилизирует систему. Из сравнения таблиц 1,2 и 3,4 видно, что увеличение параметра g (внутренние инвестиции) увеличивает скорость процессов не меняя характера динамики системы. Первая сингулярность (22,1) соответствует смене устойчивости состояния St_5 в интервале $r \in (0.0 - 0.1)$. Из таблиц 1 -4 также следует, что знаки критериев K1 и qK1 соответствуют существованию неустойчивости и хаоса.

В заключении можно отметить следующее:

1. данная работа представляет собой фрагменты теории неустойчивости состоящей из формализма теории, набора методов и критериев, представительных задач;

2. сформулированные методы (НРИ, СД) и критерии неустойчивости и хаоса дополняют классические и, как показывает непосредственный численный счет, достаточно просты и эффективны при исследовании динамики нелинейных систем;

3.хотя приведенные примеры рассматривались как демонстрации методов исследования эффектов неустойчивости и не претендуют на подробное изучение процессов параметрического резонанса и динамики экономических процессов, но могут быть полезны как при изучении явлений в электронных генераторах, так и при моделировании экономических систем.

Литература

1. Хакен Г, Синергетика, иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах, М.Мир, 1985.

2. Мун Ф., Хаотические колебания, М. Мир,1990, с.312.

3. Режимы с обострением, Сб. М., 1998, с 273.

4. Кузнецов С.П., Динамический хаос, ФМЛ, М.,2006, с353.

5. Маркин М.П., Математические методы и модели в экономике, М. Высшая школа, 2007.- 422 с.

6. Перевозников Е.Н. , Методы анализа устойчивости неравновесных систем, Изв.Вузов,Физика, №10, 2006, (34-39)с.

7. Скворцов Г.Е, Полищук Е.В., Основы современной синергетики, изд. Лема. , Санкт-Петербург,2010.- 68 с.

8. Скворцов Г.Е., Перевозников Е.Н., Сингулярно-динамические критерии неустойчивости и хаоса, Международный научно-исследовательский журнал, физико-математические науки, 2015, №9, ч. 3, (91-93).

9. E. Perevoznikov, O. Mikhailova, Neutrality Criteria for Stability Analysis of Dynamical Systems through Lorentz and Rossler Model Problems, Journal of Applied Mathematics and Physics, 2015, №3,(8)s.

10. Perevoznikov E.N., Skvortsov H.E., Criteria for instability and Chaos in nonlinear system, Journal of Applied Mathematics and Physics, 2018,v 6, №2,p(322-328).

ANALYSIS OF THE FORMATION AND USE OF FINANCIAL RESULTS OF ACTIVITY OF LLC "AGROALLIANCE»

Faizov I.D.
master's student of FSBEI HE «Bashkir State University»
Kurbanaeva L.H.
Ph. D., associate Professor of «Finance and taxation», «Bashkir State University»

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ООО «АГРО-АЛЬЯНС»

Фаизов Ильнур Динарович
магистрант ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
Курбанаева Лилия Хамматовна
к.э.н., доцент кафедры «Финансов и налогообложения», БашГУ

SUMMARY.

The article describes the method of analysis of the formation and use of financial results. On the example of limited liability company the factor analysis of profit is carried out and recommendations on elimination of problems at the analysis of profit are offered.

АННОТАЦИЯ.

В статье раскрыта методика проведения анализ формирования и использования финансовых результатов. На примере общества с ограниченной ответственностью проведен факторный анализ прибыли и предложены рекомендации по устранению проблем при анализе прибыли.

Key words: profit formation, profit distribution, net profit, factor analysis.

Ключевые слова: формирование прибыли, распределение прибыли, чистая прибыль, факторный анализ.

Финансовые результаты деятельности любого предприятия характеризуются суммой полученной прибыли (убытком) и уровнем рентабельности.

Прибыль как главный результат предпринимательской деятельности обеспечивает потребности предприятия и государства в целом. Поэтому, прежде всего, важно определить формирование или состав прибыли предприятия [1].

Анализ формирования чистой прибыли в ООО «Агро-Альянс» приведен в таблице 1.

Таблица 1 Анализ формирования чистой прибыли ООО «Агро-Альянс»

Показатели	в тыс. руб.			
	2016	2017	2018	Отклонение
Валовая прибыль	33461	23064	14028	-19433
Прибыль от продажи продукции (товаров, работ, услуг)	33461	14028	23064	-10397
Прибыль до налогообложения	30747	8536	14198	-16549
Чистая прибыль	30747	8038	13346	-17401

По данным таблицы 1 видно, что в анализируемой организации чистая прибыль в 2018 году по сравнению с 2016 годом уменьшилась на 17 401 тыс. руб., что объясняется уменьшением валовой прибыли – на 19 433 тыс. руб., прибыли от продаж – 10 397 тыс. руб., прибыли до налогообложения – на 16 549 тыс. руб.

Особое внимание в процессе анализа и оценки финансовых результатов следует обратить изменению прибыли от реализации продукции.

Анализ влияния основных факторов на результаты продажи продукции приведены в таблице 2.

Таблица 2 Исходные данные для факторного анализа прибыли от реализации продукции ООО «Агро-Альянс», тыс. руб.

Показатели	2017	Условный	2018
Выручка от реализации продукции за вычетом НДС, акцизов и других отчислений от выручки, (ВР)	152840	164678	188862
Полная себестоимость реализованной продукции, (С)	138812	148210	165798
Прибыль от реализации продукции, (П)	14028	16468	23064

По данным таблицы 2 видно, что в 2018 году по сравнению с 2017 годом сумма прибыли от реализации продукции увеличилась на 9 036 тыс. руб., или на 64,4%, которая изменилась за счет:

а) объема и структуры реализованной продукции:

ΔП vрп.уд = 16468-14028=2440 тыс. руб.

- из них за счет только объема продаж (П2017*% перевыполнения плана реализации продукции / 100):

148210/138812*100-100=6,7%

ΔП vрп = 14028*6,7%/100=939,8 тыс. руб.

б) влияние структурного фактора:

ΔП уд = 2440 – 939,8=1500,2 тыс. руб.

в) влияние изменения полной себестоимости:

ΔП с = - (165 798 – 148 210) = - 17 588 тыс. руб.

с) за счет отпускных цен на продукцию:

ΔП ц = 188 862 – 164 678 = 24 184 тыс. руб.

Проверка: ΔП = ΔП vрп + ΔП уд + ΔП с + ΔП ц = 939,8+1500,2-17 588+24 184= 9036 тыс. руб.

Результаты расчетов показывают, что прибыль увеличилась в основном за счет повышения среднереализационных цен и структурного фактора, а также объема реализации продукции. И повышение себестоимости продукции приведет к ее уменьшению.

Показатели эффективности продажи продукции является рентабельность продаж и производства (показатели оценки эффективности управления), так как выше было сказано, что финансовые результаты предприятия зависят и от уровня рентабельности предприятия [2].

Таблица 3 Анализ рентабельности продаж и производства ООО «Агро-Альянс»

Показатели	Алгоритм расчета	2016	2017	2018	Изменение, 2018 г. от 2016 г. (+,-)
Рентабельность продаж, %	прибыль от продажи/выручка от продажи*100%	16,3	9,2	12,2	-4,1
Рентабельность производства, %	прибыль от продажи/себестоимость продаж*100%	19,4	10,1	13,9	-5,5

По данным таблицы 3 видно, что за анализируемый период рентабельность продаж и рентабельность производства снизились, соответственно на 4,1% и 5,5%. Рентабельность продаж в сравнении 2018 года с 2017 годом увеличилась на 3%, а рентабельность производства – на 3,8%.

Следовательно, в ООО «Агро-Альянс» необходимо увеличивать рентабельность продаж за счет улучшения структуры товарной продукции снижения ее себестоимости.

Важно отметить, что экономический анализ имеет неразрывную связь с бухгалтерским учетом,

проявляя двойственный характер. С одной стороны, сведения бухгалтерского учета являются главным источником информации экономического анализа (более 70 %). Не зная методики бухгалтерского учета и содержания отчетности, очень трудно подобрать для анализа необходимые материалы и проверить их доброкачественность. С другой стороны, для того чтобы более качественно обеспечить анализ информацией, сделать ее более аналитической, правдивой, точной, доступной и понятной, постоянно совершенствуется бухгалтерская отчетность. В этом направлении значимая роль отводится управленческому учету.

Проблемы анализа формирования, а особенно использования прибыли, обусловлены состоянием учета и отчетности. Множество предприятий и в настоящее время ведут бухгалтерский учет, формируя отчетность, малопригодную для целей экономического анализа, так как она представляет собой преимущественно налоговую отчетность. Чтобы обеспечить более глубокое исследование, выявить воздействие факторов на прибыль и рентабельность, сформулировать всесторонне обоснованные выводы, разработать стратегию наращивания доходности фирмы, требуется совершенствовать бухгалтерскую отчетность и внедрять управленческий учет в организации.

Список литературы:

1. Курбанаева Л.Х., Климина К.А. Анализ отчета о прибылях и убытках предприятия. - Инновационное развитие современных социально-экономических систем: сборник материалов III Международной заочной научно-п рактической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»; ФАО ДальНИИ рынка при Министерстве регионального развития РФ. - 2016. - с. 246-248.

2. Тихонова А.Ю., Курбанаева Л.Х. Анализ отчета о прибыли и убытках предприятия как важнейший этап анализа финансовой устойчивости. - Традиции и инновации в современной науке: Материалы XVI Международной научно-практической конференции. – М.: Издательство «Олимп», 2016. – 632с. – с. 346-347.

3. Курпачёва Д.И., Курбанаева Л.Х. Динамика финансовых результатов организаций Российской Федерации. - Современное общество: наука, техника, образование: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (г.Нефтекамск, 15 декабря 2016 г.) /Гл. ред. И.Р.Кызыргулов. Т.2- Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. – с.126-130

ЛИНЕЙНОЕ УРАВНЕНИЕ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА И СОПРОВОЖДАЮЩЕЕ НЕЛИНЕЙНОЕ УРАВНЕНИЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Чочиев Тимофей Захарович
профессор Юго-Осетинского государственного университета,
кандидат физико-математических наук

THE LINEAR EQUATION OF THE THIRD ORDER AND THE ACCOMPANYING NONLINEAR SECOND ORDER EQUATION

Chochiev Timothy Z.
Professor of South Ossetian state University, candidate of physical and mathematical Sciences

В настоящей работе, методом понижения порядка производной, строим точное решение для линейного уравнения третьего порядка с переменными коэффициентами. Последнее удалось получить введением нового эффективного способа решения для сопровождающего нелинейного уравнения второго порядка.

In the present work, the method of reduction of the order of the derivative, we build the exact solution for the linear third-order equation with variable coefficients. The latter was obtained by introducing a new effective method for solving the accompanying nonlinear equation of the second order.

Ключевые слова: Решение, понижение порядка, уравнение, нелинейность, выполнимость, тождественность, класс Риккати.

Keywords: Solution, order reduction, equation, nonlinearity, feasibility, identity, Riccati class.

П.1. Линейное уравнение третьего порядка.

Упомянутое уравнение в общей форме дается

$$y''' + A(x)y'' + B(x)y' + C(x)y = f(x), \tag{1.1}$$

где $A(x), B(x)$ непрерывно дифференцируемые функции, $f(x)$ и $C(x)$ непрерывны. Доказывается теорема.

Теорема 1. Если выполнены равенства

$$\begin{cases} A_1 - l_3 = A(x), \\ A_1' - A_1 l_3 + B_1 = B(x), \\ B_1' - B_1 l_3 = C(x), \end{cases} \tag{1.2}$$

относительно A_1, B_1 и l_3, то уравнение (1.1) допускает понижение порядка производной. Пусть равенства (1.2) удовлетворяют. В уравнении (1.1) A, B и C заменяем левыми частями (1.2). После очевидной группировки легко придем к равенству

$$(y'' + A_1 y' + B_1 y)' - l_3(y'' + A_1 y' + B_1 y) = f(x)$$

являющегося относительно круглых скобок уравнением первого порядка, из которого для выражения в круглые скобки следует:

$$y'' + A_1 y' + B_1 y = e^{\int_0^x l_3 dx}\left(\gamma_1 + \int_0^x e^{-\int_0^x l_3 dx}\, dx\right) = F_1(x), \tag{1.3}$$

где γ_1 – постоянная. Согласно условию теоремы A_1, B_1 и l_3 известные функции. Полученное равенство (1.3) есть линейное уравнение второго порядка. Мы можем пойти на очередное понижение порядка в (1.3).

Допуская, что

$$\begin{cases} l + l_1 = A_1, \\ l' + l_1 l = B_1, \end{cases} \tag{1.4}$$

и в (1.3) A_1 и B_1 заменить левыми частями,

$$y'' + (l + l_1)y' + (l' + l l_1)y = F_1(x),$$

после группировки придем

$$(y' + ly)' + l_1(y' + ly) = F_1(x),$$

к линейному уравнению первого порядка относительно круглых скобок. Следовательно, для выражения в скобки строим:

$$y' + ly = e^{-\int_0^x l_1 dx}\left(\gamma_2 + \int_0^x F_1(x)\, e^{\int_0^x l_1 dx} dx\right) = F_2(x), \tag{1.5}$$

где γ_2 – постоянная. Причем,

$$\begin{cases} l_1 = A_1 - l, \\ l' - l^2 + A_1 l - B_1 = 0. \end{cases} \tag{1.6}$$

Второе уравнение (1.6) относится к классу Риккати, решение которого известно и дается [3,4]. Следовательно, в равенстве (1.5) по условию все коэффициенты известны, мы можем из (1.5) записать окончательное значение для y,

$$y = e^{-\int_0^x l dx}\left(\gamma_3 + \int_0^x F_2(x)\, e^{\int_0^x l dx} dx\right), \tag{1.7}$$

Полученная формула (1.7) формально дает общее решение линейного уравнения (1.1). Остается узаконить ее! То есть, нам необходимо из (1.2) определить A_1, B_1 и l_3, а после l и l_1 из (1.6).

Из (1.2) легко заметить, что

$$\begin{cases} l_3 = z - A, (A_1 = z) \\ B_1 = B - z' + z^2 - Az, \\ B_1' = B' - z'' + 2z'z - Az' - A'z. \end{cases} \tag{1.8}$$

Если эти значения подставить в третье равенство (1.2), то относительно z получим нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка [6,7]

$$z'' - 3zz' + z^3 + 2Az' - 2Az^2 + (A' + A^2 + B)z = AB + B' - C.$$

Или, произведя группировку, приведем его к виду

$$(z' - z^2 + Az - B)' + (A - z)(z' - z^2 + Az - B) = -C, \tag{1.9}$$

Уравнение (1.9) называется сопровождающим нелинейным уравнением линейного уравнения третьего порядка (1.1). Если z удовлетворяет уравнению (1.9), то из (1.8) найдем A_1, B_1 и l_3 и согласно теореме 1, переход из (1.1) к виду (1.3) будет законным.

П.2. Решение сопровождающего нелинейного уравнения (1.9)

В отличие от метода рассмотрения, реализуемого к вопросу решения нелинейного уравнения (1.9) [2,5], приведем более усовершенствованный способ, позволяющий построение точного решения для нелинейного уравнения. В частности, также как и в работах [2,5], в (1.9) допускается $C(x) = 0$, то есть

$$(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)' + (A - z_0)(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B) = 0. \qquad (2.1)$$

Отсюда, как легко сообразить

$$\left[(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)e^{\int_0^x (A - z_0)dx}\right]' = 0,$$

где z_0 соответствует допущению равенства нулю правой части (1.9). Из последнего следует:

$$z_0' - z_0^2 + Az_0 - B = C_0 e^{-\int_0^x (A - z_0)dx} \qquad (2.2)$$

где C_0 – постоянная.

Умножаем обе части на $e^{-\int_0^x z_0 dx}$, тогда относительно экспоненциальной функции придем к линейному уравнению второго порядка

$$\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)'' + A\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + Be^{-\int_0^x z_0 dx} = -C_0 e^{-\int_0^x A dx} \qquad (2.3)$$

Уравнение (2.3) изучено в [5] (см. §10). Однако, поскольку решение подобных уравнений в литературе не часто встречается, то думается провести его подробное исследование. Если A и B функции представить в форме [5,2,3]

$$A = l_1 + l_2\,; B = l_1' + l_1 l_2, \qquad (2.3)_1$$

то относительно l_1 и l_2 получим:

$$\begin{cases} l_1' - l_1^2 + Al_1 - B = 0, \\ l_2 = A - l_1. \end{cases} \qquad (2.4)$$

Первое уравнение (2.4) относится к классу Риккати исследованного в [5] (см. §7) или в [6] (см. с. 13-18). С учетом $(2.3)_1$, равенство (2.3) допускает следующее представление

$$\left[\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + l_1\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)\right]' + l_2\left[\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + l_1\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)\right] = -C_0 e^{-\int_0^x A dx},$$

которое относительно квадратных скобок есть линейное неоднородное уравнение первого порядка: следовательно, для выражения, заключенного внутри квадратных скобок имеем:

$$\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + l_1\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right) = e^{-\int_0^x l_2 dx}\left(\overline{l_0} + C_0\int_0^x e^{-\int_0^x (A - l_2)dx}dx\right) = \phi_1(x).$$

или, окончательно для экспоненциальной функции,

$$e^{-\int_0^x z_0 dx} = e^{-\int_0^x l_1 dx}\left(\overline{l_1} + \int_0^x \phi_1(x)e^{\int_0^x l_1 dx}dx\right), \qquad (2.5)$$

где $\overline{l_1}$и $\overline{l_0}$ – постоянные. Когда x=0, то $\overline{l_1} = 1$, а $\overline{l_0} = 1 - z_0(0)$.

Формула (2.5) определяет функцию z_0, являющейся решением нелинейного уравнения (2.1). Вернемся к уравнению (1.9) и применим к нему известный прием [1], называемый вариацией постоянного, то есть, в (2.1) постоянную C_0 будем считать $C_0 = C_0(x)$ и подставив правую часть (2.2) в равенство (1.9), для $C_0(x)$ установим:

$$C_0(x) = e^{-\int_0^x (z_0 - z)dx}\left(\gamma_1 - \int_0^x C(x)e^{\int_0^x (A - z)dx}dx\right). \qquad (2.6)$$

Таким образом, равенство (2.2) представимо

$$z_0' - z_0^2 + Az_0 - B = e^{-\int_0^x (A-z)dx}\left(\gamma_1 - \int_0^x C(x)e^{\int_0^x (A-z)dx}dx\right). \qquad (2.7)$$

где γ_1 – постоянная. Мы получили соотношение между z_0 и z, где z неизвестна. Не ограничивая z, зададим ее в форме

$$z = z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}, \qquad (2.8)$$

где $\alpha(x)$ неизвестна. Подставим (2.8) в равенство (1.9) и в правую часть (2.7),

$$\begin{cases} \left[\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + A\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right) - B\right]' + \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right) \times \\ \quad \times \left[\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right) + A\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right) - B\right] = -C(x), \\ z_0' - z_0^2 + Az_0 - B = e^{-\int_0^x \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)dx}\left(\gamma_1 - \int_0^x C(x)e^{\int_0^x \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)dx}dx\right). \end{cases} \qquad (2.8)_1$$

Первое равенство в развернутой форме есть:

$$\begin{gathered} (z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)' + (A - z_0)(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B) + \\ + \left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right]' + \\ + \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right] - \\ - \frac{C(x)}{\alpha(x)}(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B) = -C(x). \end{gathered}$$

Или, с учетом второго равенства $(2.8)_1$,

$$\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right]' + + \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right] = 0. \qquad (2.9)$$

Умножим его на $e^{\int_0^x \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)dx}$, сразу приведем к виду

$$\left(\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right]e^{\int_0^x \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)dx}\right)' = 0,$$

из которого замечаем, что

$$\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right]e^{-\int_0^x \frac{C(x)}{\alpha(x)}dx} = -\alpha_0 e^{-\int_0^x (A - z_0)dx},$$

или

$$\left(e^{-\int_0^x \frac{C(x)}{\alpha(x)}dx}\right)'' - (A - 2z_0)\left(e^{-\int_0^x \frac{C(x)}{\alpha(x)}dx}\right)' = -\alpha_0 e^{-\int_0^x (A - z_0)dx},$$

где α_0 –постоянная. Из последнего равенства имеем:

$$\left(e^{-\int_0^x \frac{C(x)}{\alpha(x)}dx}\right)' = \alpha_0 e^{-\int_0^x (A - 2z_0)dx}\left(1 + \int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}\, dx\right),$$

или

$$e^{-\int_0^x \frac{C(x)}{\alpha(x)}dx} = \gamma_1 + \alpha_0 \int_0^x e^{-\int_0^x (A-2z_0)dx} \left(1 + \int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}\, dx\right) dx.$$

Отсюда и вычисляется α_0,

$$\alpha(x) = \frac{C(x)\left[\gamma_1 - \int_0^x e^{-\int_0^x (A-2z_0)dx}\left(1 + \int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx} dx\right) dx\right]}{1 + \int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}\, dx} e^{\int_0^x (A-2z_0)dx}, \qquad (2.10)$$

где γ_1=1 при $x = 0$, а x_0 допустили равной -1.

Таким образом, построена функция z и она определяется формулой (2.8), удовлетворяет уравнению (1.9); z_0 дается формулой (2.5) и является решением уравнения (2.1); $\alpha(x)$ определяется формулой (2.10) и удовлетворяет уравнению (2.9).

По заданной функции z сразу находим неизвестные коэффициенты A_1, B_1 и l_3 (см. (1.8)) и этим теорема 1 доказана, то есть, переход из уравнения (1.1) к уравнению (1.3) является обоснованной. Поскольку второе уравнение (1.6) относится к классу нелинейных уравнений Риккати, исследованного в [5,6], то переход из уравнения (1.3) к уравнению (1.5) также является законным. Следовательно, формула (1.7) является общим решением линейного уравнения (1.1), что нисколько не подлежит сомнению. При всем вышесказанном, решающую роль сыграло построение точного решения для нелинейного уравнения (1.9); в связи с чем, оно названо сопровождающим нелинейным уравнением линейного уравнения третьего порядка (1.1).

Список литературы:

1. Бренблат Г.И. Об одном методе решения уравнения теплопроводности//ДАН СССР, Г.72 1950.
2. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. К. «Наука думка», 1970, 302 с.
3. Чочиев Т. З. Обыкновенные дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами, LAP LAMBERT Academic Rubliching, Германия 2016, 155 с.
4. Чочиев Т. З. Решение уравнения Риккати и его применение к линейным уравнениям второго порядка, XII международная научная конференция. Итоги науки в теории и практике 2015. Евразийское научное объединение ISSN 2411 – 1899. Москва, Декабрь 2015 №2.
5. Чочиев Т. З. О новом варианте решения нелинейного уравнения второго порядка, SCIENCE AND WORLD International Scientific Journal. NL (41), 2017, Vol, Volgograd, 16-19 с.
6. Чочиев Т. З. Решение уравнения Риккати и его применение к линейным уравнениям второго порядка, ЕНО. Итоги науки в теории и практике 2015, ISSN 2411-1899, Москва, 13-18 с.
7. Чочиев Т.З. О другом варианте исследования уравнения Риккати. // XII МНПК. Отечественная наука в эпоху изменений постулаты прошлого и теории нового времени. ISSN 3385-8879, 7(12) 2015.Екатеринбург, 18-24 с.

ФОТОЭЛЕКТРЕТНЫЕ ПЛЕНКИ CdTe:Ag И Sb_2Se_3 ПРИ СОБСТВЕННОМ И ПРИМЕСНОМ ПОГЛОЩЕНИИ СВЕТА

Юлдашев Носиржон Хайдарович
Докт. физ.-мат. наук, профессор кафедры физики,
Ферганский политехнический институт,
г.Фергана, Узбекистан
Ахмаджонов Мехриддин Фахриддинович
Ассистент кафедры физики,
г.Фергана, Узбекистан
Мирзаев Валижон Тулкинович
Ассистент кафедры физики,
г.Фергана, Узбекистан
Нурматов Озодбек Равшанжон угли
Ассистент кафедры физики,
г.Фергана, Узбекистан
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.4.60.72-78

Рассмотрены фотовольтаичекие свойства тонких (d≈1мкм) специально легированных пленок CdTe:Ag, в которых ярко обнаруживаются эффекты аномального фотонапряжения и фотоэлектретного состояния без внешнего поляризующего поля, образующиеся под действием лишь естественного света. Приводятся результаты экспериментальных исследований спектральных зависимостей коэффициента поглощения $\kappa(\lambda)$, аномальных фотоэлектрического $V_{АФН}(\lambda)$ и фотоэлектретного $V_{ФЭН}(\lambda)$ напряжений, а также тока короткого замыкания $I_{кз}(\lambda)$ в этих пленках.

The photovoltaic properties of thin (d≈1 μm) specially doped CdTe: Ag films are considered, in which the effects of anomalous photovoltage (APhV) and photoelectret state (PhES) without external polarizing field, which are formed only by natural light, are clearly seen. The experimental results of the study of the spectral dependences of the absorption $\kappa(\lambda)$ coefficient, anomalous photoelectric $V_{APhV}(\lambda)$ and photoelectret $V_{PhEV}(\lambda)$ voltages, and short-circuit $I_{sc}(\lambda)$ current in these films are given.

Ключивые слова: тонкие легированные пленки, аномальное фотонапряжение, фотоэлектретное состояние, ток короткого замыкания, спектральные характеристики.

Key words: thin doped films, anomalous photovoltage, photoelectret state, short circuit current, spectral characteristics.

1.Введение. Изучение спектральных характеристик тонких поликристаллических полупроводниковых пленок позволяет расширить представления о внутренней структуре, природе центров, микро неоднородностей и других дефектов образцов, дает возможность определить энергию активации примесных уровней, ответственных за фотоэлектрические и фотовольтаические эффекты в области собственного и примесного поглощения, а также сведения о спектральном распределении поглощаемой пленкой энергии [1-5]. В настоящей работе рассматриваются аномальные фотовольтаичекие (АФВ) свойства тонких (d≈1мкм) специально легированных пленок CdTe:Ag, в которых ярко обнаруживаются АФВ эффекты и фотоэлектретное состояние ($ФЭС$) без внешнего поляризующего поля, образующиеся под действием лишь естественного света. Приводятся экспериментальные результаты исследования спектральных зависимостей коэффициента поглощения $\kappa(\lambda)$, аномальных фотоэлектрического $V_{АФН}(\lambda)$ и фотоэлектретного $V_{ФЭН}(\lambda)$ напряжений, а также тока короткого замыкания $I_{кз}(\lambda)$ в этих пленках при собственном и примесном поглощении света.

2. Методика эксперимента. При анализе спектров $V_{АФН}$ исходили из того, что $V_{АФН}$ можно представить с помощью выражения

$$V_{АФН}(\lambda) = f(\lambda)\rho(\lambda)\Delta\lambda S \ , \qquad (1)$$

где $f(\lambda)$ - искомая спектральная чувствительность $V_{АФН}$; $\rho(\lambda)$- спектральная плотность энергии изучения источника света; $\Delta\lambda$ - величина спектрального интервала, проходящего через выходную щель прибора, S – площадь пленки. Значение $\rho(\lambda)$ вычислялось для $T = 2380\,K$ по таблице, приведенной в работе [6], а значение $\Delta\lambda$ равна обратной величине дисперсии монохроматора $d\lambda / d\ell$ ($\Delta\ell$-ширина выходной щели монохроматора). Произведение функций $\rho(\lambda)\,\Delta\lambda$, которая равна $\dfrac{\rho(\lambda)}{d\ell / d\lambda}$, берется из таблицы, составленной с учетом паспортных данных прибора. Для определения искомой спектральной чувствительности $V_{АФН}$ и $I_{кз}$, отнесенной к единице энергии, падающей на пленку, измеренные значения величин напряжения или тока делились на соответствующие значения функции $\rho(\lambda)\Big/\dfrac{d\ell}{d\lambda}$, которая также берется из таблицы. Полученные таким образом, значения представляют собой с точностью до постоянного множителя спектральную чувствительность $V_{АФН}$ и $I_{кз}$ $АФВ$ пленки. Для проведения спектральных исследований $V_{АФН}$, $V_{ФЭН}$ и $I_{кз}$ использованы спектрофотометры $СФ-4$, $HITACHI$, $ЭМР-2$ и др. Зависимости $V_{АФН}$, $I_{кз}$ от λ света в собственной области в основном определялись с помощью кварцевого спектрофотометра $СФ-4$, методика измерений которой описаны в работах [1-3].

Для измерения спектра примесного $АФН$ пленки $CdTe:Ag$ и температурных зависимостей $V_{АФН}$ и $I_{кз}$ была использована более чувствительная установка [2]. Исследуемый образец помещался в криостат и освещался лампой типа $КИМ$ через монохроматор $ИКМ-1$. Сигнал из электрометра $ЭД-05\ М$ пропорциональный $V_{АФН}$ или $I_{кз}$, усиливался с помощью усилителя И-37 и записывался самописцем $Н-37$. При снятии спектральной зависимости $V_{АФН}(\lambda)$ и $I_{кз}(\lambda)$ число квантов света поддерживалось постоянным регулированием тока через лампу *КИМ* и контролировалось термоэлементом, сигнал которого поступал на микровольтметр постоянного тока $Ф\ 116/1$. Измеренная термоэлементом энергия квантов пересчитывалась на число квантов.

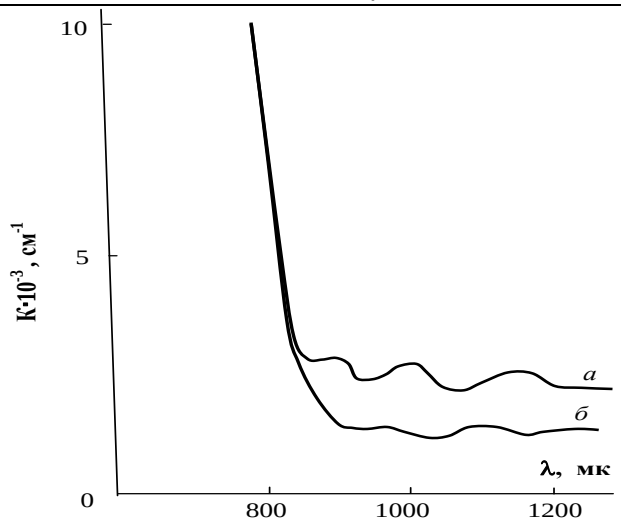


Рис. 1. Спектры поглощения $АФН$ *пленок* $CdTe:Ag$ *(а) и* $CdTe$ *(б)* ($T = 293K$).

3. Экспериментальные результаты и их обсуждения. На рис. 1 показаны кривые спектрального распределения коэффициента поглощения света $(к)$ для АФВ пленок $CdTe:Ag$ (*а*) и $CdTe$ (*б*), полученных при одинаковых технологических условиях. Видно, что спектры поглощения света активированных $CdTe:Ag$ и нелегированных $CdTe$ АФВ пленок одинаково в области собственного возбуждения $(\lambda \le 860\ нм)$, а в примесной спектральной области несколько отличаются. Наблюдаю-щиеся максимумы $k(\lambda)$ в этой области,

по-видимому, связаны с интерферен-цией света в пленке, а остаточное поглощение определяется наличием глубоких примесей, концентрации которых больше в легированном образце. Энергию активации примесных центров из данных спектров определить невозможно, но лишь можно утверждать, что она значительно меньше $0{,}9\ эВ$.

На рис. 2 приведены спектры $V_{АФН}(\lambda)$ пленок $CdTe:Ag$ (кривые 1, 2) и

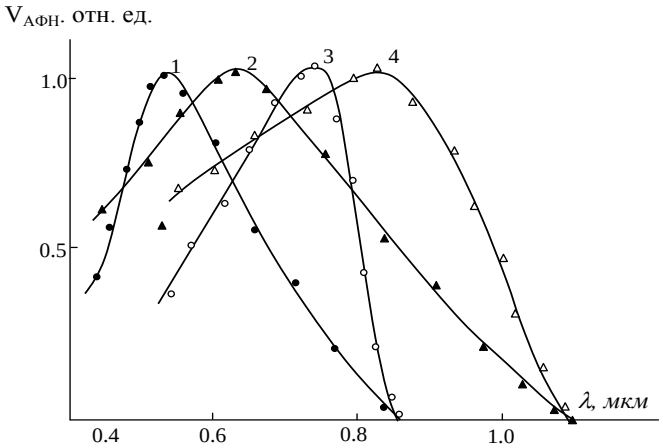


Рис.2. Спектральные характеристики $V_{АФН}$ *фотоэлектретных пленок* $CdTe:Ag$ *: (1, 3) и* $Sb_2Se_3:Se$ *(2, 4) при фронтальном (1, 2) и тыловом освещении (3, 4).*

$Sb_2Se_3:Se$ (кривые 3, 4) в области собственного поглощения, снятые при фронтальном (1, 3) и тыловом (2, 4) освещениях. Видно, что в пленках $CdTe:Ag$ и $Sb_2Se_3:Se$ спектральная чувствительность $V_{АФН}$ практически отлична от нуля вплоть до $860\ нм$ и $1100\ нм$ соответственно. Толщины этих пленок соответственно равны $1\ мкм$ и $1{,}5\ мкм$, а скорости их получения - $0{,}15\ нм/с$ и $0{,}5\ нм/с$. Эти спектры не отличались от аналогичных спектров контрольных образцов. Максимумы фоточувствитель-ности $АФН$ находятся при фронтальном фотовожбуждении в окрестности $540\ нм$ и $650\ нм$, а при тыловом освещении – $780\ нм$ и $830\ нм$. Отметим, что максимумы $V_{АФН}$, полученных с небольшой скоростью пленок $CdTe$ и Sb_2Se_3 при фронтальном освещении смещены в коротковолновую область

спектра по сравнению с соответствующими максимумами у пленок $CdTe$ и Sb_2Se_3, полученных авторами работы [1] при больших скоростях испарения. А положение максимумов при тыловом освещении практически совпадают. Этот факт наводит на мысль об изучении зависимости положения спектрального максимума $V_{АФН}$ от скорости нанесения пленок при фронтальном и тыловом освещении.

На рис. 3 представлены спектры $V_{АФН}$ пленок $CdTe:Ag$ и $Sb_2Se_3:Se$ при фронтальном фотовозбуждении в собственной области поглощения, полученных с различными скоростями $\left(нм/с\right)$ напыления для $CdTe:Ag$; $0{,}15\left(1,1'\right)$, $0{,}3\left(2,\ 2'\right)$, $0{,}55\left(3,\ 3'\right)$, для $Sb_2Se_3:Se$; $0{,}5\left(1,1'\right)$, $0{,}8\left(2,\ 2'\right)$, $1{,}2\left(3,\ 3'\right)$ Из рисунка видно, что с уменьшением скорости осаждения основного полупроводникового материла максимум $V_{АФН}$ смещается в более коротковолновую область спектра. В пленках $CdTe:Ag$ максимум смещается

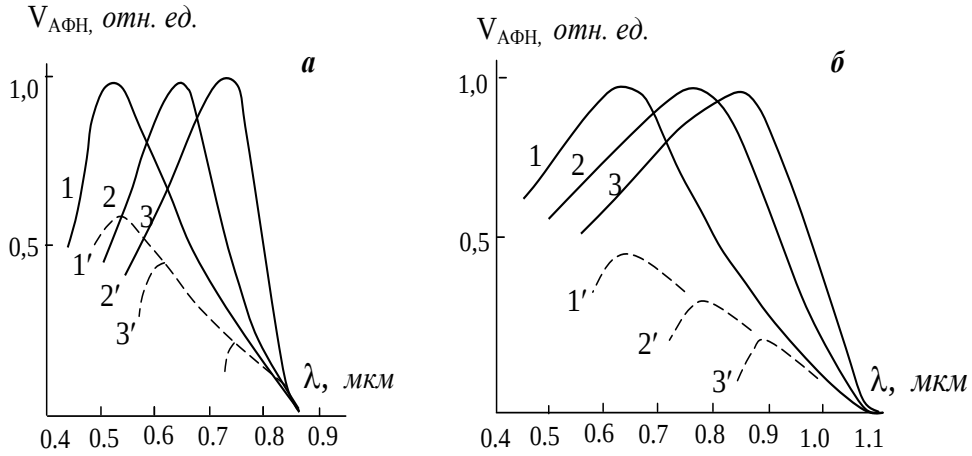


Рис. 3. Спектральные характеристики $V_{АФН}$ фотоэлектретных пленок $CdTe:Ag$ (а) и $Sb_2Se_3:Se$ (б), полученных с различными скоростями напыления: 0,15 и 0,5 (кривые 1,1′), 0,3 и 0,8 (2, 2′), 0,5 и 1,2 (3, 3′) нм/с.

от $780\ нм$ до $500\ нм$, а у пленок $Sb_2Se_3:Se$ – от $830\ нм$ до $650\ нм$. При тыловом освещении пленок $CdTe$ и Sb_2Se_3 смещение максимумов не происходит. Отметим, что абсолютная величина $АФН$ была больше при любой длине волне света в пленках, полученных медленным испарением, т.е. с увеличением скорости напыления коротковолновый спад $АФН$ проявляется сравнительно при меньших частотах падающих квантов (см. кривые $1'-3'$). Смещение максимума спектральной чувствительности $V_{АФН}$ в зависимости от скорости (или то же самое, что от температуры) испарения полупроводника, по-видимому, можно объяснить следующим образом. С уменьшением скорости нанесения материала фотовольтаически более активные слои смещаются в сторону свободной поверхности пленки, вблизи которой интенсивно поглощаются фотоны с более короткой длиной волны. Условия напыления пленки обеспечивают начальный рост пленки в виде дендритов с асимметричными контактами (приповерхностными потенциальными барьерами) между ними. При медленном испарении полупроводника образование достаточно асимметричной структуры происходит в основном по всей толщине пленки (крупно зернистость). С увеличением скорости испарения пленки выращиваются более мелко зернистыми и в некоторой степени нарушается эта закономерность. В результате некоторая часть слоя теряет генерирующего свойства $АФН$, превращая сильно поглощающий фильтр. Сквозь эту не фото активную часть пленки проходит только более длинно-волновый свет, поэтому генерируется небольшое значение $АФН$ тыловым приповерхностным слоем.

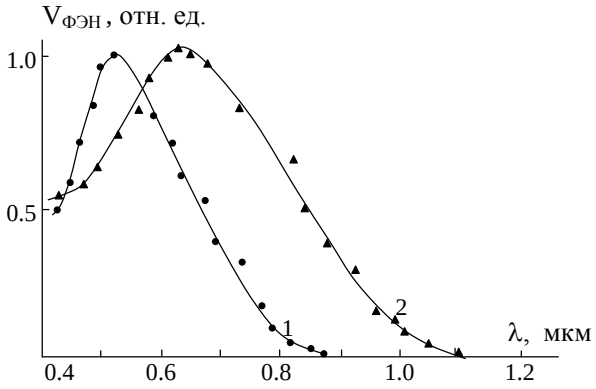


Рис.4. Спектр $V_{ФЭН}$ фотоэлектретных пленок $CdTe:Ag$ (1) и $Sb_2Se_3:Se$ (2)

Следует отметить, что спектры $V_{ФЭН}$ и $V_{АФН}$ пленок $CdTe:Ag$ и $Sb_2Se_3:Se$, полученные в собственной области спектра поглощения качественно практически не отличаются, т.е. смещение максимумов $V_{ФЭН}$ от скорости конденсации также наблюдаются, только значение $V_{ФЭН}$ относительно больше для коротковолнового излучения, чем $V_{АФН}$. На рис. 4 приведены спектральные зависимости $V_{ФЭН}$ пленок $CdTe:Ag$ (1) и Sb_2Se_3 (2), полученные со скоростью конденсации 0,15 и 0,5 нм/с, т.е. достаточно медленным испарением. Из рисунка видно, что действительно положения максимумов $V_{ФЭН}$ пленок смещены в коротковолновую область спектра по сравнению с максимумами спектров $V_{АФН}$ (сравни кривые 1(*а*), 3(*б*) из рис.3 с кривыми 1, 2 рис. 4).

Более детальное измерение и анализ длинноволнового края фоточувствительности пленки показало, что на спектральном распределении $АФН$ и $I_{кз}$ обнаруживаются некоторые закономерности структурного образования, которые также наблюдаются в легированных моно- и поликристаллических слоях A_2B_6. Известно, что в полупроводниковых соединениях этой группы поглощение света глубокими центрами хорошо описываются моделью Луковского [5]. Поэтому нами была попытка, используя его теоретические кривые определить энергии активации примесных уровней в $АФН$ пленках в зависимости от скорости конденсации.

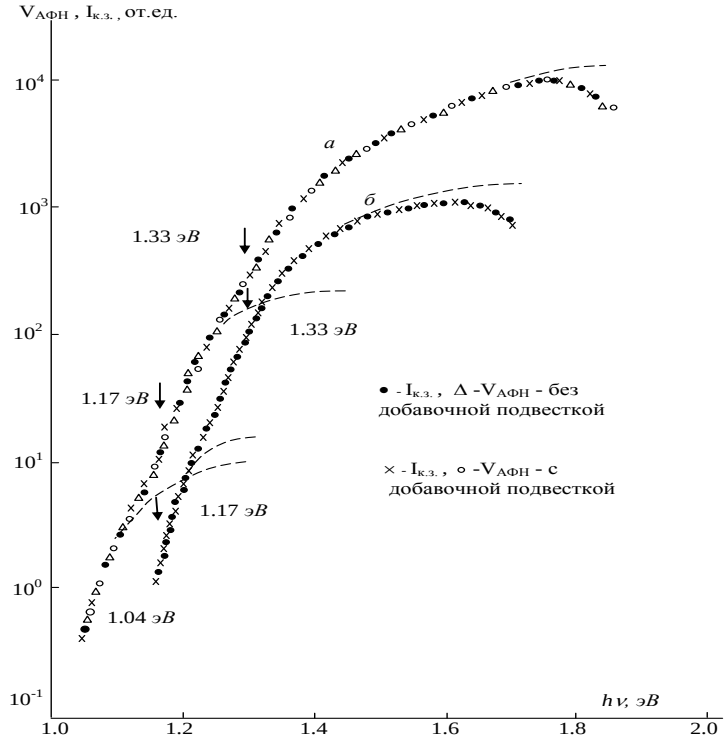


Рис.5. Спектры $V_{ФЭН}$ и $I_{к.з.}$ $АФН$ пленок $CdTe:Ag$ (со скоростью напыления 0,3 нм/с (а) и 0,55 нм/с (б)) при фронтальном освещении. T=300 K. Пунктир -теоретические кривые по модели Луковского [5].

Спектральная зависимость $V_{АФН}$ и $I_{кз}$ в пленках, полученных со скоростью напыления $0{,}3\ нм/с$ и $0{,}55\ нм/с$, показана на рис. 5. Спектральные кривые снимались при комнатной температуре. В пленках, выращенных с меньшей скоростью конденсации (кривая *а*) обнаружены примесные уровни с энергиями активации $E_1 = 1{,}04 \pm 0{,}03\ эВ$, $E_2 = 1{,}17 \pm 0{,}03\ эВ$, $E_3 = 1{,}33 \pm 0{,}03\ эВ$. Погрешность определения энергию активации E_3 была больше из-за трудности точного выделения края собственной проводимости. В более быстро напыленных пленках (кривая *б*) отсутствует уровень E_1 (видимо, концентрация её значительно мала по сравнению с другими уровнями). Спектры $V_{АФН}$ и $I_{кз}$, полученных для разных участков пленки, где изменение толщины было незначительно, показали идентичные результаты, т.е. примесные уровни оказались те же, поэтому соответствующие графики не приведены.

Рассмотрим спектральные зависимости $V_{АФН}$ при температуре $100\ K$ (рис. 6). Видно, что с уменьшением температуры спектральные зависимости $АФН$ в основном качественно сохраняются, только увеличиваются значения характерных энергий активации примесных центров в пленке, а подсветка приводит к небольшому увеличению $V_{АФН}$ во всей полосе сильного поглощения.

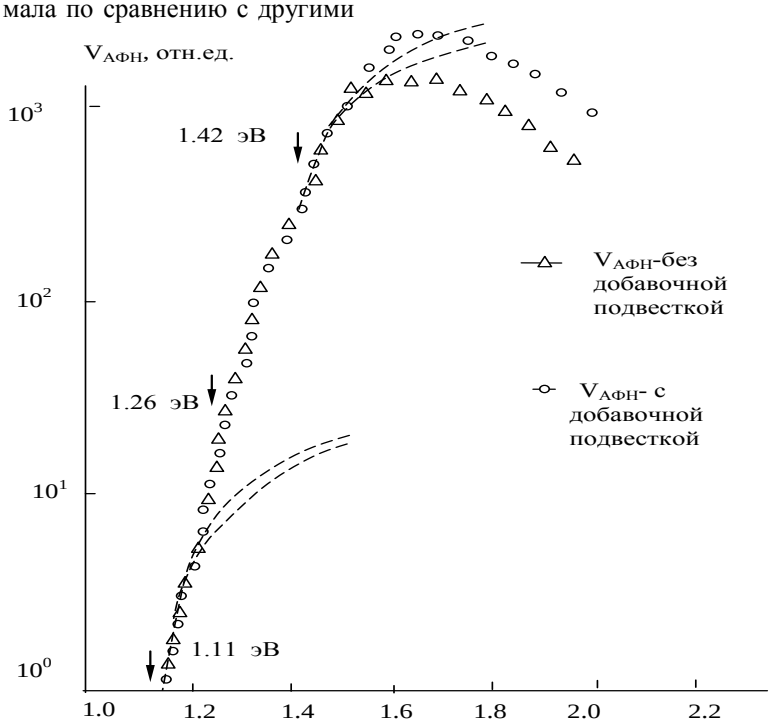


Рис. 6. Спектры $АФН$ *для пленки* $CdTe:Ag$ *(фронтальное фотовожбуждение)* $T = 100\ K$.

Увеличение энергии активации с понижением температуры указывает на то, что эти уровни привязаны к одной из разрешенных зон и возбуждение происходит в другую зону. В результате увеличения ширины запрещенной зоны полупроводника с понижением температуры также увеличивается энергии фото активности уровней. Обычно энергии активации в пределе температур $100 - 300\ K$ меняется линейно согласно выражению $E_i = E_i(T=0) - \alpha T$. Тогда изменение энергии активации в этих интервалах температур равно $\Delta E = \alpha(T_1 - T_2) = \alpha \cdot 200\ K$ и, зная ΔE для каждой характерной энергии получаем значение параметра α. Так, для уровня E_1 получим $a = 3{,}5 \cdot 10^{-4}\ эВ/K$, а для E_2 и E_3 - $a = 4{,}5 \cdot 10^{-4}\ эВ/K$. Аналогичные закономерности типичны и для других полупроводников группы A_2B_6. Например, различные уровни в пленках $CdSe$ по-разному зависит от температуры [9,10]. Поэтому предполагаем, что уровень E_1 создан комплексами, включающие доноры и акцепторы, так как он слабо зависит от температуры, как и ширина запрещенной зоны $CdTe$. Энергетические уровни E_2 и E_3 являются простыми центрами, привязанные к одной зоне. Известно, что для полупроводниковых соединений A_2B_6 термические и оптические методы определения энергии активации дают почти одинаковые результаты. Сопоставим полученные нами результаты этими методами и по исследованиям релаксации $ФЭС$. Так как ширина запрещенной зоны $CdTe$ при $T = 300\ K$ равна $E_g = 1{,}5\ эВ$, то имеем, что

уровень E_1 отстоит от ближащей зоны на энергии $(0{,}46 \pm 0{,}03)$ *эВ*, а E_2 - на $(0{,}33 \pm 0{,}03$ *эВ*$)$ и E_3 - на $(0{,}17 \pm 0{,}03)$ *эВ*. Определенный нами уровень E_2, по-видимому, соответствует центру, связанному с примесью серебра, который ранее встречался в кривых термостимулированного тока (ТСТ) *ФЭС* и релаксации фото *ЭДС*. Уровень E_3 также наблюдался в кривых *ТСТ ФЭС* и возможно он является уровнем захвата для основных носителей заряда, который проявляется при низких температурах. В фото-*ЭДС* последний уровень хорошо наблюдается тогда, когда интенсивная дополнительная подсветка обуславливает его частичное заполнение при установлении рекомбинационного равновесия.

В случае примесного возбуждения в пленках $CdTe:Ag$ отсутствует ярко выраженное насыщение $V_{АФН}$ с увеличением интенсивности света Заметим, что возможно в таких структурах не только обыкновенное примесное, но и двухступенчатое возбуждение, когда один и тот же квант света с определенной энергией возбуждает носитель на примесный уровень из одной зоны, а затем из уровня в другую зону. Этот случай имеет большую вероятность для глубоких уровней E_1 и E_2, и меньшую - для E_3 уровня. Однако, как отмечалось выше, второй этап возбуждения для последних уровней происходит более вероятным образом с помощью термического возбуждения.

Заключение. По результатам исследований настоящей работы можно сделать вывод, что глубокие уровни в пленках с АФВ свойствами четко проявляли себя в процессах образования и релаксации *ФЭС*. Вместе с тем, они участвуют и в фото генерации носителей при возбуждении в примесной области поглощения, которое приводит к возникновению примесного *АФН*.

Список литературы

1. Адирович Э.И., Мастов Э.М., Мирзамахмудов Т., Найманбоев Р., Рубинов., Шакиров Н., Юабов В.М. В сб.: «Фотоэлектрические явления и оптоэлектроника». Изд. «Фан» , Ташкент, 1972. с.143.

2. Эргашев Ж., Юлдашев Н.Х. Фотоэлектретный эффект в полупроводниковых пленочных структурах. Монография.. «Техника», Фергана-2017, 180 с.

3. Фридкин В.М. Физические основы электрофотографического процесса. М-Л.: «Энергия», 1966 г.

4. Базакуца В.А., Кулибаба В.Д. Фотоэлектреты нового типа на основе АФН слоёв $Na_2S \cdot Sb_2Se_3$. ФТП, 1975. Т.9, В.7, С. 1432.

5. Lukovsky G. On the photionization of deep impurity centers in semiconductors. Sol.St.Com, 1965. V.3. P.229.

6. Фабри Ш. Общие введения в фотометрию. М., ОНТИ, 1938. С. 138.

7. Набиев Г.А. Фотоэлектретное состояние без внешнего поляризующего поля в термообработанных пленках кремния. УкрФЖ, 2008. Т.53. В.127. С.1175.

8. Аронов Д.А., Юабов Ю.М. К теории АФН эффекта в полупроводниковых пленках с периодической р-п-р- … структурой. ФТП, 1984. Т. 18. В.7. С. 1318.

9. Каримов М.А., Хайдаров А., Юлдашев Н.Х. Роль границы раздела зеренв люкс-амперной характеристике поликристаллической пленки твердого раствора $CdSe_xS_{1-x}$. Поверхность.Рентгеновские , синхротронные и нейтронные исследования. 2006, № 5, с.88- 92.

10. Юлдашев Н.Х., Вайткус Ю.Ю., Отажонов С.М. Высоковолтная поверхностная фото-ЭДС в тонких косонапыленных пленках при собственном и примесном поглощении. УзбФЖ, 2004. Т.6. №3. С.177.

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал
№ 3 (60)/ 2019
4 часть

Редакционная коллегия:

д.п.н., профессор Аркулин Т.В. (Москва, РФ)

Члены редакционной коллегии:

- Артафонов Вячеслав Борисович, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологического и природоресурсного права (Москва, РФ);
- Игнатьева Ирина Евгеньевна, кандидат экономических, преподаватель кафедры менеджмента (Москва, РФ);
- Кажемаев Александр Викторович, кандидат психологических, доцент кафедры финансового права (Саратов, РФ);
- Кортун Аркадий Владимирович, доктор педагогических, профессор кафедры теории государства и права (Нижний Новгород, РФ);
- Ровенская Елена Рафаиловна, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой судебных экспертиз, директор Института судебных экспертиз (Москва, Россия);
- Селиктарова Ксения Николаевна (Москва, Россия);
- Сорновская Наталья Александровна, доктор социологических наук, профессор кафедры социологии и политологии;
- Свистун Алексей Александрович, кандидат филологических наук, доцент, советник при ректорате (Москва, Россия);
- Тюменев Дмитрий Александрович, кандидат юридических наук (Киев, Украина)
- Варкумова Елена Евгеньевна, кандидат филологических, доцент кафедры филологии
- (Астана, Казахстан);
- Каверин Владимир Владимирович, научный сотрудник архитектурного факультета, доцент (Минск, Белоруссия)
- Чукмаев Александр Иванович, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права (Астана, Казахстан)

Ответственный редактор
д.п.н., профессор Каркушин Дмитрий Петрович (Москва, Россия)

Художник**: Косыгин В.Т**
Верстка**: Зарубина К.Л.**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:
г.Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия
E-mail: info@euroasia-science.ru ; www.euroasia-science.ru
Учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)

Тираж 1000 экз.
Отпечатано в типографии г.Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия