

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



## НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

- ◆ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ◆ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- ◆ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ◆ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
- ◆ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
- ◆ ИНФОРМАЦИОННО - УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
- ◆ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНФЛИКТОЛОГИЯ
- ◆ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

ВЫПУСК №2 (16), 2019

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**Выпуск №2 (16)**

**Июнь, 2019**

- **СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И  
ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ**
- **ПРОБЛЕМНО - ОРИЕНТИРОВАННЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
- **ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ И  
СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ**
- **АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ.  
БАЗЫ ЗНАНИЙ**

**ВОРОНЕЖ**

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД

## НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**Учредитель и издатель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

**Территория распространения** - Российская Федерация

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

**Главный редактор** - Д.К. Проскурин, канд. физ.-мат. наук, доц.

**Зам. главного редактора** - Д.В. Сысоев, канд. техн. наук, доц.

**Ответственный секретарь** - Н.В. Акамсина, канд. техн. наук, доц.

### ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Авдеев В.П., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)

Алгазинов Э.К., д-р техн. наук, проф.(ВГУ)

Баркалов С.А., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)

Голиков В.К., канд. техн. наук, доц.(РАП)

Головинский П.А., д-р физ.-мат. наук, проф.(ВГТУ)

Зольников В.К., д-р техн. наук, проф.(ВГЛТУ)

Князева Т.Н., д-р техн. наук, проф.(ВГМУ)

Курипта О.В., канд. техн. наук, доц.(ВГТУ)

Лавлинский В.В., д-р техн. наук, доц.(ВГЛТУ)

Ряжских В.И., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)

Хаустов И.А., д-р техн. наук, проф.(ВВА)

Хвостов А.А., д-р техн. наук, проф.(ВВА)

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Материалы публикуются в авторской редакции.

© ВГТУ, 2019

Дата выхода в свет XX.XX.2019. Формат 60x84/8. Бумага писчая. Усл.печ.л. 16,3. Уч.-изд.л. 11,9.  
Тираж: 500 экз. Заказ № 131. Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский проспект, 14

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ  
394006, г.Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

*Уважаемые коллеги !*

*Научно - технический журнал, очередной номер которого Вы держите в руках, призван стать эффективным центром научной интеграции, в котором будут публиковаться ученые из всех регионов мира, а также представители науки, чьи исследования соответствуют целям и задачам журнала.*

*Основным языком журнала является язык мирового научного сообщества. Это позволит, на наш взгляд, молодым ученым быстро и эффективно интегрироваться в научное пространство всей страны и мира в целом, объединить свои усилия с учеными, проживающими за пределами России.*

*Благодарю всех членов редакционной коллегии журнала, его сотрудников за проделанную работу, а всем будущим авторам журнала желаю новых научных и творческих успехов!*

*Главный редактор журнала,  
кандидат физ.-мат. наук, доцент*



*Д.К. Проскурин*



**СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

<i>Глуценко С.В.</i> О месте конфликта в общей теории систем .....	7	<i>Gluschenko S.V.</i> On the place of conflict in general theory of systems .....	7
<i>Кононов А.Д., Кононов А.А., Иванов С.А.</i> Использование двумерных сигналов для повышения эффективности информационных систем связи и управления в гиротропной среде ....	10	<i>Kononov A.D., Kononov A.A., Ivanov S.A.</i> Use of bivariate signals for increasing effectiveness of information communication and control systems in the gyrotropic medium .....	10
<i>Стенюхин Л.В.</i> О минимальных поверхностях с ограничениями типа неравенств .....	15	<i>Stenyukhin L.V.</i> On minimum surfaces with restrictions of the type of inequalities .....	15
<i>Добринина М.В.</i> Оценка инвестиционного портфеля по критерию риска .....	22	<i>Dobrina M.V.</i> Risk criterion as the evaluation of the investment portfolio .....	22
<i>Сазонова С.А., Манохин В.Я., Кораблин С.Н.</i> Менеджмент природоохранных технологий по очистке выбросов в атмосферу от асфальтобетонных заводов .....	27	<i>Sazonova S.A., Manokhin V.Ya., Korablin S.N.</i> Management of environmental technologies for cleaning emissions in the atmosphere from asphalt concrete plants .....	27
<i>Некрасова Н.Н.</i> Построение разностных схем численного моделирования контактного взаимодействия плит переменной толщины с упругим основанием .....	35	<i>Nekrasova N.N.</i> The construction of difference schemes for numerical simulation of contact interaction of plates with variable thickness with elastic bottom .....	35
<i>Рылёва Д.А., Коробова Л.А.</i> Разработка детерминированной модели учета потерь сигнала при расчете сетей беспроводной связи .....	39	<i>Rylyova D.A., Korobova L.A.</i> Development of a determined accounting model of losses of signal when calculating wireless communication networks .....	39

**ПРОБЛЕМНО – ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<i>Смолянинов А.В., Поцбнева И.В., Барбарош А.А.</i> Программная реализация виртуального лабораторного стенда .....	41	<i>Smolyaninov A.V., Pocabneva I.V., Barbarosh A.A.</i> Program implementation of a virtual laboratory stand .....	41
<i>Глазкова М.Ю., Барсуков А.И., Гриднева И.В.</i> О замкнутости операторных матриц в гильбертовых пространствах с индефинитной метрикой .....	45	<i>Glazkova M.Yu., Barsoukov A.I., Gridneva I.V.</i> On the closure operator matrices in hilbert spaces with an indefinite metric .....	45
<i>Шипилова Е.А., Паненко А.А.</i> Математическое моделирование и программная реализация задачи поиска максимального потока через коммуникации .....	47	<i>Shipilova E.A., Panenko A.A.</i> Mathematical modelling and program implementation of the problem of search of the maximum flow through communications .....	47

<b>Сазонова С.А., Манохин В.Я., Звягинцева А.В.</b> Технико-экономическая оценка проектных вариантов технологий природоохранных мероприятий .....	53	<b>Sazonova S.A., Manokhin V.Ya., Zvyagintseva A.V.</b> Technical and economic assessment of design variants of technologies of environmental protection activities .....	53
<b>Митрофанов С.В.</b> Блокчейн технология и сфера ее применения .....	61	<b>Mitrofanov S.V.</b> Blockchen technology and its application .....	61
<b>Хвостов А.А., Журавлев А.А., Никитченко А.А., Целюк Д.И.</b> Интерполяция значений удельной теплоты парообразования азота, кислорода и их смесей .....	65	<b>Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Nikitchenko A.A., Celjuk D.I.</b> Interpolation of the values of the specific heat of vaporization nitrogen, oxygen and mixtures thereof .....	65
<b>Жидко Е.А., Кирьянов К.А.</b> Виды адаптации информационно-телекоммуникационных систем экономически важных экологически опасных объектов при информационно-технических воздействиях .....	70	<b>Zhidko E.A., Kiryanov K.A.</b> Types of adaptation of information and telecommunication systems of economically important ecologically hazardous objects for information and technical impact .....	70
<b>Давнис В.В., Добрина М.В., Чекмарев А.В.</b> Современные тенденции в развитии аппарата экономического прогнозирования .....	74	<b>Davnis V.V., Dobrina M.V., Chekmarev A.V.</b> Modern trends in the development of economic forecasting tools .....	74

### ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

<b>Сазонова С.А., Манохин В.Я., Асминин В.Ф.</b> Методика пересчета результатов холодных модельных испытаний на характеристики натурального рабочего процесса .....	79	<b>Sazonova S.A., Manokhin V.Ya., Asminin V.F.</b> Technique of transferring the results of cold model tests to the characteristics of the attractive working process .....	79
<b>Маковий К.А., Хицкова Ю.В., Соколова А.А.</b> Управление затратами на проекты в сфере информационных технологий .....	83	<b>Makoviy K.A., Khitskova Yu.V., Sokolova A.A.</b> Model of discrete systems of the process of a higher educational institution .....	83
<b>Федюнин М.Л., Арапов А.С.</b> Применение метода динамического программирования для управления качеством тылового обеспечения авиационных частей и соединений .....	87	<b>Fedyunin M.L., Arapov A.S.</b> The application of dynamic programming method for quality management of logistics and aviation parts connections .....	87
<b>Корелина Т.В., Маковий К.А., Суханов В.В.</b> Использование виртуализации рабочих столов для организации совместной работы над информационной моделью здания .....	91	<b>Korelina T.V., Makoviy K.A., Sukhanov V.V.</b> The use of desktop virtualization for the organization of joint work on the building information model .....	91
<b>Щербаков А.С.</b> Формирование целевых показателей в задаче оптимизации направления «Трейдинг сырым подсолнечным маслом» для ГК «ЭФКО» .....	95	<b>Shcherbakov A.S.</b> Formation of target indicators in the task of optimizing the trading with raw sunflower oil for the GC EFKO .....	95
<b>Добрина М.В.</b> Исследование зависимости урожайности зерновых культур от предлагаемых факторов .....	98	<b>Dobrina M.V.</b> The research of dependence the grain yield from the proposed factors .....	98

### АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ. БАЗЫ ЗНАНИЙ

<b>Жидко Е.А., Попова Е.С.</b> Логико-лингвистическая модель траектории устойчивого (антикризисного) развития экономически важного экологически опасного объекта .....	103	<b>Zhidko E.A., Popova E.S.</b> Logical-linguistic model of the trajectory of a sustainable (anti-crisis) development of economically important ecologically dangerous object .....	103
--	-----	---	-----

<p><i>Алехина А.А.</i> Процессно - ориентированная информационная модель контроля качества асфальтобетонной смеси и асфальтобетонного покрытия ..... 108</p> <p><i>Щетинина П.Ю.</i> Построение сетей Петри производственных процессов для маслозавода ООО «ЧЕРНОЗЕМЬЕ» ..... 111</p> <p><i>Волобуева Т.В.</i> Моделирование решения уравнений динамики прямолинейно-ортотропной среды с использованием базисных частных решений экспоненциального типа ..... 116</p> <p><i>Глушков А.И., Агеева А.В., Котова И.А.</i> Методические приёмы решения уравнений с помощью производной и с помощью функции Ламберта ..... 121</p> <p><i>Суханова Д.А., Суханов В.В.</i> Особенности формирования «цифровых» компетенций студентов строительных специальностей на базе подготовки в Воронежском государственном техническом университете ..... 125</p>	<p><i>Alekhina A.A.</i> Process-oriented information model of quality control of an asphalt-concrete mixture and asphalt-concrete coating ..... 108</p> <p><i>Shchetinina P.Y.</i> Construction of Petri nets of production processes for the oil factory "CHERNOZEMIE" LLC ..... 111</p> <p><i>Volobueva T.V.</i> Simulation of the solution of the equations of dynamics of a straight-orthotropic medium using the basic particular solutions of exponential type ..... 116</p> <p><i>Glushkov A.I., Ageeva A.V., Kotova I.A.</i> Methods of solving equations with the derivative and using Lambert function ..... 121</p> <p><i>Sukhanova D.A., Sukhanov V.V.</i> Features of formation of “digital” copetences of students of construction specialties on the basis of training in Voronezh state technical university ..... 125</p>
---	--



УДК 303.732

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил  
 "Военно-воздушная академия имени профессора  
 Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина"  
 канд. техн. наук, доцент С.В. Глущенко  
 Россия, г. Воронеж, E-mail: serjvladimir@rambler.ru

Military Training and Research Center of the Air Force  
 "Air Force Academy named after N.E. Zhukovsky and Gagarin"  
 Kand. tehn. Sciences, Associate Professor S.V. Gluschenko  
 Russia, Voronezh, E-mail: serjvladimir@rambler.ru

С.В. Глущенко

## О МЕСТЕ КОНФЛИКТА В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ

**Аннотация:** в статье приведены основные существующие подходы в определении общей теории систем. Показана правомерность рассмотрения с системных позиций отношений конфликта, содействия и безразличия, имеющих групповой характер

**Ключевые слова:** система, изоморфизм, полиморфизм, конфликт, симметрия, группа

S.V. Gluschenko

## ON THE PLACE OF CONFLICT IN GENERAL THEORY OF SYSTEMS

**Abstract:** The article presents the main existing approaches in determining the general theory of systems. The legitimacy of the consideration of the relations of conflict, assistance and indifference, having a group character, from a systemic point of view is shown

**Keywords:** system, isomorphism, polymorphism, the conflict, the symmetry, group

Актуальна необходимость анализировать функционирование систем на основе общесистемного подхода. Для решения этой задачи нужна общесистемная методология. Таким образом, появляется задача построения общей теории систем (ОТС).

Анализируя данное Месаровичем [1] определение системы  $S \subset X \{ V_i : i \in I \}$  ( $X$  - декартово произведение множеств  $V_i$ ) как отношения, заданного на абстрактных множествах, из [2] можно сделать вывод, что Месарович сводит понятие системы к понятиям последовательности и множества. Такое расширительное толкование системы значительно ограничивает круг решаемых задач.

Отличен подход построения ОТС А.И. Уемовым. Последний строит ОТС, исходя из принципа диалектической взаимосвязи. Цен-

тральное понятие ОТС - понятие системы - А.И. Уемов формулирует, основываясь на трех философских категориях - вещь, свойство, отношение. Тем самым к базисным характеристикам системы он относит  $m, P, R$ , т.е. субстратную основу системности, ее атрибутивный и реляционно-функциональный аспекты. Теория систем А.И. Уеова раскрывается и конкретизируется с помощью всеобщих понятий - "системных параметров" и "системных закономерностей", представляющих устойчивые сочетания системных параметров по два, три и более.

Ю.А. Урманцев [3] в качестве исходного методологического принципа использует ядро диалектики - закон единства и борьбы противоположностей и диалектику в целом как учение о развитии. Это позволяет ему развить ОТС как теорию диалектического единства противоположностей - системы и хаоса, изоморфизма и полиморфизма, сим-



метрии и ассиметрии, гармонии и дисгармонии, взаимодействия и взаимонедействия, зависимости и независимости, изменения и сохранения. Им формулируются основные законы ОТС в виде законов системогенеза - преобразования и развития систем. В результате в рамках ОТС Ю.А. Урманцева были разработаны системные концепции взаимодействия, одностороннего действия и взаимонедействия, отношений противоречия и непротиворечия; развития систем посредством учений об изоморфизме и полиморфизме; дана системная интерпретация соотношения образа и оригинала посредством закона соответствия, симметрии, системного сходства.

Изложим принципы построения систем по Ю.А. Урманцеву. Из существующего бесконечного множества объектов мира  $\{U\}$  выделяются подмножества  $\{M_i^0\}$  согласно признакам  $\{A_i^0\} : \{M_i^0\} \subseteq \{U\}$ . Такие подмножества - "множества первичных элементов" - могут быть конечными или бесконечными, размытыми или не размытыми, одинаковой или разной мощности. В качестве примера такого множества можно привести совокупность отражений в плоскости, позволяющих получить все классические симметрические преобразования, выделенные согласно признакам  $\{A_i^0\}$ .

Выделенные по признакам  $a \in \{A_i^0\}$  объекты каждого существующего множества  $\{M_i^0\}$  находятся в известных -  $i$  - х отношениях единства  $R_i$ . Например, плоскости отражения могут, согласно отношениям  $r \in \{R_i^0\}$ , пересекаться под всевозможными углами.

Необходимо учесть, что отношения единства  $R_i$  должны подчиняться требованиям определенных законов, в частности, отношения  $\{R_i\}$ , создающие симметрию - аксиомам теории групп  $z \in \{Z_i\}$ .

В силу изложенного правомерно:

1) все объекты, возникающие, благодаря отношениям единства  $R_i$  в соответствии с условиями  $Z_i$ , из ряда объектов  $\{M_i^0\}$ , назвать композициями  $\{M_i^1\}$ ;

2) законы единения (условия, ограничивающие отношения единства) - законами композиции  $Z_i$ .

В случае, если  $\{M_i^0\}$  состоит из одного первичного элемента  $\{R_i^0\} = 0$  и  $\{Z_i^0\} = 0$ .

Если  $\{M_i^0\} = 0$ , то и  $\{R_i^0\} = 0$ ,  $\{Z_i^0\} = 0$ . Такая система называется пустой или нуль-системой.

Когда множество законов композиции пустое, т.е.  $\{Z\} = 0$ , возможно определение системы, основанное только на  $\{A^0\}$  и  $\{R\}$  (по А.И. Уемову). Если же принять во внимание случай, когда и  $\{Z\} = 0$  и  $\{R\} = 0$ , то можно придти к определению системы, основанному только на  $\{A^0\}$ , данному Месаровичем [4]. По Ю.А. Урманцеву система определяется тройкой  $\{A^0\}, \{R\}, \{Z\}$ .

В математике понятие изоморфизма стало определяться как сходство довольно высокой степени главным образом по морфологическим признакам.

В силу необходимости придать ОТС максимальную общность, целесообразно ввести понятие "системный изоморфизм". По Ю.А. Урманцеву системный изоморфизм - это отношение  $R$ , обладающее следующими свойствами:

1) рефлексивность: всякий объект-система системно изоморфичен самому себе, т.е.  $(a, a) \in R$  или  $a R a$ ;

2) симметричность: если  $a$  системно изоморфичен  $b$ , то  $b$  системно изоморфичен  $a$ , т.е., если  $(a, b) \in R$ , то также  $(b, a) \in R$ , или  $a R b \rightarrow b R a$  ( $R = R^{-1}$ ).

Высшей формой системного изоморфизма является тождество. Наиболее распространенная форма его существования - неполное сходство. Частным случаем его будет отношение эквивалентности, одним из видов которого есть равенство.

Отношение эквивалентности [3] между двумя объектами - системами обладает свойствами:

1) рефлексивность: всякий объект-система  $a$  эквивалентен самому себе, т.е.  $(a, a) \in R$  или  $a R a$ ;

2) симметричность: если  $a$  эквивалентен  $b$ , то  $b$  эквивалентен  $a$ , т.е., если  $(a, b) \in R$ , то также  $(b, a) \in R$ , или  $a R b \rightarrow b R a$  ( $R = R^{-1}$ );

3) транзитивность: если  $a$  эквивалентен  $b$ , а  $b$  эквивалентен  $c$ , то  $a$  эквивалентен  $c$ ; другими словами:  $(a, b) \in R$  и  $(b, c) \in R \rightarrow (a, c) \in R$ , или  $a R b$  и  $b R c \rightarrow a R c$ .

Из определений системного изоморфизма и эквивалентности следует частный характер второй по отношению к первому. Если в последнем слово эквивалентность за-

менить словом равенство, получим определение отношения равенства.

Приведенные определения работают также в случае, если можно выделить множество признаков  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$  для соответствия между объектами - системами. Тогда можно считать равными по признакам  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$  такие объекты, которые становятся неотличимыми выделенным признакам.

От отношения равенства перейдем к отношению симметрии. В рамках ОТС симметрия предстает как системная категория, обозначающая совпадение по признакам "П" систем "С" после изменений "И" [3]. Отсюда приходим к выводу, что равенство - это симметрия (неравенство - ассиметрия) и наоборот. Это следует из того, что отношение равенства, т.е. "рефлексивность", "симметричность", "транзитивность" равнозначны трем групповым аксиомам - о нейтральном элементе, об обратных элементах, о замкнутости групп на себе (групповой характер симметрии будет показан ниже).

Нарушение изоморфизма в ходе функционирования системы приводит к образованию полиморфизма. По определению полиморфизм - это выделенное на основании какого-либо признака множество объектов, различающихся по числу и (или) отношению "строющих" их элементов.

Таким образом, если системному изоморфизму соответствует отношение симметрии, то полиморфизму - отношение ассиметрии. Часто наблюдается ситуация, когда при сравнении состояний системы в различные моменты времени в целом фиксируется равенство по некоторому интегральному признаку  $\Pi = (\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k)$ , однако по отдельным признакам  $\Pi_{i1}, \Pi_{i2}, \dots, \Pi_{in}$  ( $n \ll k$ ) наблюдается неравенство. Очевидно нарушение (хотя и незначительное) изоморфизма, а значит и симметрии. В силу того, что по  $\Pi$  равенство существует, ассиметрия незначительна. Соответствующий такой ассиметрии вид отношения называется денсиметрией. Описанная ситуация часто наблюдается при функционировании стохастических систем.

Как отмечалось выше ОТС Ю.А. Урманцева основывается на принципах диалектики. В частности, развитие системы, ее ка-

чественные и количественные изменения базируются на законе единства и борьбы противоположностей. Вследствие этого система должна обладать раздельно или виртуально существующими прямыми и обратными - взаимоположными - элементами, связанными отношениями законом композиции данной группы. Кроме того любой системе присуще некоторое количество отношений непротиворечия. Как и предыдущее это утверждение следует из симметричности, групповой природы любой системы [3] и, следовательно, наличия в ней отношения непротиворечия, но уже между взаимоположными элементами системы.

Предельная форма противоречия - конфликт. Рассмотренное отношение противоречия позволяет перейти к рассмотрению отношения конфликта, а отношение непротиворечия - к отношению содействия и отношению безразличия.

Отношения конфликта ( $>|$ ) и содействия (С) определяются взаимодействием (двусторонним или 2 - действием) и (или) односторонним действием (1 - действием - действие только одной из двух сторон). Отношение безразличия (Б) определяется взаимонедействием (0 -действием).

Было сформулировано и доказано **утверждение:** *отношения конфликта, содействия и безразличия образуют группу* [4].

#### Библиографический список

1. Месарович М. Основание общей теории систем // Общая теория систем. – М: Мир, 1966.
2. Berlinski d. On System Analysis: An Essay Concerning the limitations of Mathematical Methods in the Social, Political and Biological Sciences. Cambridge (Mass.), 1976.
3. Система, симметрия, гармония. / Под ред. В.С.Тюхтина, Ю.А.Урманцева. – М: Мысль, 1988, - 315 с.
4. Глущенко С. В. Об анализе конфликта и симметрии в системах. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. Трудов, № 5 часть 1, ВГЛТА. Воронеж, 2014. С. 95-98.

УДК 621.396.2.019.4

Воронежский государственный технический университет  
канд. физ.-мат. наук, профессор А.Д. Кононов,  
д-р техн. наук, профессор А.А. Кононов,  
канд. техн. наук, доцент С.А. Иванов  
Россия, г. Воронеж, E-mail: kniga126@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Ph. Phy.-Mat. in Engineering, Prof. A.D. Kononov,  
D. Sc. in Engineering, Prof. A.A. Kononov,  
Ph. D. in Engineering, assistant professor S.A. Ivanov  
Russia, Voronezh, E-mail: kniga126@mail.ru

А.Д. Кононов, А.А. Кононов, С.А. Иванов

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ В ГИРОТРОПНОЙ СРЕДЕ

**Аннотация:** на основе анализа трансформации поляризационной структуры информационного сигнала в анизотропном радиоканале получены некоторые статистические характеристики, влияющие на эффективность систем передачи информации, в зависимости от поляризации поля излучения и состояния гиротропной среды распространения

**Ключевые слова:** система управления, поляризационная структура, выигрыш, гиротропный канал, эффективность системы

A.D. Kononov, A.A. Kononov, S.A. Ivanov

## USE OF BIVARIATE SIGNALS FOR INCREASING EFFECTIVENESS OF INFORMATION COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEMS IN THE GYROTROPIC MEDIUM

**Abstract:** on the basis of the analysis of transformation of polarization structure of an information signal in the anisotropic radio channel, some statistical performances influencing to effectiveness of information transmission systems are obtained depending on the polarization of a radiation field and the state of the gyrotropic medium of distribution

**Keywords:** Control system, polarization structure, advantage, gyrotropic channel, system effectiveness

Для исследования свойств информационного радиоканала необходимо иметь данные о характеристиках среды распространения электромагнитных волн, структуре передаваемых по каналу сигналов, в частности их поляризации [1-3]. При решении проблемы оптимизации информационного обеспечения автоматизированного управления крупными разветвленными технологическими структурами особенно высокие требования с учетом значительного разнесения управляемых объектов предъявляются к системам обмена информацией. На основе сравнительного анализа [4-6] были определены потенциальные возможности различных способов передачи информации на большие расстояния и рассмотрены некоторые специальные вопросы оптимизации информационного обеспечения перспективных систем управления (СУ), определившие необходимость применения средств косми-

ческой радиосвязи, использующих пространственно - временные характеристики электромагнитных колебаний для сбора и обмена информацией в системах организационного управления со значительным территориальным разнесением управляемых объектов [7, 8].

При решении практических задач повышения помехоустойчивости информационных систем связи и управления для оценки достоинств различных способов передачи сообщений обычно применяется коэффициент  $\beta$  – эффективности [8-11] – так называемый выигрыш системы

$$\beta = \frac{Q_{ВЫХ}}{Q_{ВХ}}, \quad (1)$$

где  $Q_{ВХ}$  – отношение средних мощностей сигнала и помехи на входе приемника;  $Q_{ВЫХ}$  – отношение средних мощностей сигнала и помехи на выходе приемника.

Для изотропных сред распространения

характеристика В исследована с достаточной полнотой [9]. Будем рассматривать эллиптически поляризованный сигнал, прошедший анизотропный канал распространения, прием которого осуществляется двумя ортогональными антеннами, согласованными с поляризационным базисом излучаемой волны. Поляризационная структура эллиптически поляризованной волны характеризуется коэффициентом эллиптичности  $K$ , углом пространственной ориентации эллипса поляризации  $\theta$  и направлением вращения вектора напряженности электрического поля. Как известно, коэффициентом эллиптичности называется отношение амплитуд векторов напряженности электрического поля главных полуосей (малой к большой) эллипса

$$K = \frac{E_{МИН}}{E_{МАХ}}$$

поляризации. В практике такое выражение коэффициента эллиптичности не всегда является удобным, то есть обычно полуоси эллипса  $E_{МИН}$ ,  $E_{МАХ}$  связывают с системой координат  $XOY$ , поэтому в процессе изменения формы эллипса, роль проекций  $E_x$ ,  $E_y$  по отношению наименования полуосей эллипса может меняться. Поэтому вместо коэффициента  $K$  удобно пользоваться понятием угла эллиптичности  $\varphi$ , который представляет собой половинный угол между большими диагоналями прямоугольника, описанного около эллипса поляризации, главные оси которого совмещены с осями симметрии прямоугольника [10]. Угол эллиптичности представляется через коэффициент эллиптичности выражением  $\varphi = \arctg K$  и может изменяться в пределах  $-\frac{\pi}{4} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{4}$ .

В работах [10, 11] показано, что двумерный сигнал с нормированной амплитудой в ортогонально эллиптическом базисе описывается матрицей

$$\dot{E} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \theta + j \sin \varphi \sin \theta \\ \cos \varphi \sin \theta - j \sin \varphi \cos \theta \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Будем рассматривать падение на плаз-

менный слой эллиптически поляризованной волны как вхождение в гиромагнитную среду двух ортогонально поляризованных колебаний с различными фазовыми сдвигами между ними [10]. При излучении волны горизонтальной поляризации  $\theta = 0$  и выражение (2) принимает вид

$$\dot{E} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ -j \sin \varphi \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Пусть излучается волна линейной поляризации  $\dot{E}_И = E_0 e^{j(\omega_0 t + \psi_0)}$  ( $E_0$  – амплитуда сигнала,  $\omega_0$  и  $\psi_0$  – частота и фаза), несущая полезное сообщение. В анизотропном канале распространения она претерпевает трансформацию поляризационной структуры и становится эллиптически поляризованной. Деполяризация волны в этом случае может быть описана следующим преобразованием

$$\dot{E}_P = \dot{E}_И \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ -j \sin \varphi \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где  $\dot{E}_P$  – комплексный вектор распространяющегося колебания.

Пусть теперь передаваемое сообщение в условиях квазипродольного распространения проходит через гиротропную среду, характеризующуюся комплексной поляризационной матрицей пропускания [8, 11]

$$\dot{П} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} e^{j\varphi_1} + e^{j\varphi_2} & j(e^{j\varphi_2} - e^{j\varphi_1}) \\ j(e^{j\varphi_1} - e^{j\varphi_2}) & e^{j\varphi_1} + e^{j\varphi_2} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  – соответственно набег фаз необыкновенной и обыкновенной нормальных волн при распространении в магнитоактивной среде. Считая затухания ортогональных компонент соизмеримыми [12,13], прохождение сигнала представляется матричным уравнением

$$\dot{E}_P = \dot{П} \cdot \dot{E}_И. \quad (6)$$

На выходе приемных ортогональных антенн формируются выходные эффекты

$$\begin{aligned}
 e_1(t) &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{E_0}{2} \left[ (e^{j\varphi_1} + e^{j\varphi_2}) \cos \varphi + (e^{j\varphi_2} - e^{j\varphi_1}) \sin \varphi \right] e^{j(\omega_0 + \psi_0)} \right\} + \hat{n}(t), \\
 e_2(t) &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{E_0}{2} \left[ j(e^{j\varphi_1} - e^{j\varphi_2}) \cos \varphi - j(e^{j\varphi_1} + e^{j\varphi_2}) \sin \varphi \right] e^{j(\omega_0 + \psi_0)} \right\} + \hat{n}(t),
 \end{aligned} \tag{7}$$

где  $\hat{n}(t)$  - центрированная неполяризованная стационарная помеха, имеющая каноническое разложение вида

$$\sum_{n=0}^{\infty} (U_n \cos n\omega_0 t + V_n \sin n\omega_0 t), \tag{8}$$

в котором  $U_n$  и  $V_n$  - некоррелированные случайные величины с математическими ожиданиями, равными нулю, и дисперсиями, одинаковыми для каждой пары случайных величин с одним и тем же индексом  $n$ .

В соответствии с методикой расчета, изложенной в работах [9-11], получим выражение для нормированного выигрыша в виде

$$B_{0,1,2} = \frac{1}{2} [1 \pm \cos 2\varphi \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)], \tag{9}$$

где  $B_{0,1,2} = \frac{B_{1,2}}{B_{\text{ПРЕД}}}$ ;  $B_1, B_2$  - выигрыши, определяемые по выходам ортогональных приемных антенн,  $B_{\text{ПРЕД}}$  - предельная величина выигрыша без учета поляризационных федингов,  $2\theta = \varphi_2 - \varphi_1$  - поворот угла ориентации эллипса поляризации двумерного сигнала за счет эффекта Фарадея.

Обозначим  $\xi = 2\varphi$ ,  $\Phi = 2\theta$ . Пусть  $\xi$  и  $\Phi$  - случайные независимые нормально рас-

пределенные углы, характеризующиеся соответственно круговыми средними значениями (направлениями)  $m_\xi$  и  $m_\Phi$  и круговыми дисперсиями  $D_\xi$  и  $D_\Phi$ .

С учетом [14]

$$m_\xi = \operatorname{Arg} \tau_{1\xi}, \quad m_\Phi = \operatorname{Arg} \tau_{1\Phi}, \tag{10}$$

где  $\tau_{1\xi} = E \{ \exp(i\xi) \}$  и  $\tau_{1\Phi} = E \{ \exp(i\Phi) \}$  - тригонометрические моменты первого порядка случайных углов  $\xi$  и  $\Phi$ .

Дисперсии

$$D_\xi = 1 - |\tau_{1\xi}|, \quad D_\Phi = 1 - |\tau_{1\Phi}|, \tag{11}$$

причем  $0 \leq D_{\xi, \Phi} \leq 1$ ; при  $D_{\xi, \Phi} = 1$  случайные углы  $\xi$  и  $\Phi$  имеют максимальный разброс.

Определим некоторые числовые характеристики нормированной случайной величины  $B_{0,1,2}$ . Математическое ожидание рассматриваемого выигрыша определяется как

$$m_{0,1,2} = \frac{1}{2} + \cos m_\xi \cos m_\Phi \left[ \frac{1}{2} \mp (D_\xi + D_\Phi) \right], \tag{12}$$

где «+» - соответствует приему на совпадающие, а «-» - на ортогональные по поляризации антенны.

Дисперсия выигрыша по обеим приемным компонентам одинакова и равна

$$\begin{aligned}
 D_{0,1,2} &= \cos^2 m_\xi \cdot \sin^2 m_\Phi \cdot D_\Phi + \cos^2 m_\Phi \cdot \sin^2 m_\xi \cdot D_\xi + \\
 &+ \cos^2 m_\Phi \cdot \cos^2 m_\xi \cdot (D_\xi^2 + D_\Phi^2) + \sin^2 m_\xi \cdot \sin^2 m_\Phi \cdot D_\xi \cdot D_\Phi.
 \end{aligned} \tag{13}$$

В качестве иллюстрации рассмотрим излучение произвольно ориентированной линейно поляризованной волны, а прием ее на две антенны в произвольном ортогональ-

но линейном базисе. В этом случае начальные значения  $\xi = 0$ ,  $m_\xi = 1$ ,  $D_\xi = 0$  и результаты расчета представлены на рис. 1 и 2.

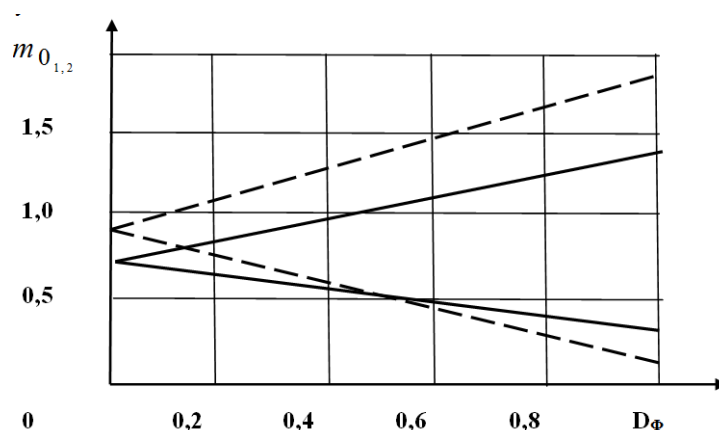


Рис. 1. Зависимость математического ожидания выигрыша от разброса угла ориентации эллипса поляризации

Графики на рис. 1 и 2 показывают зависимости среднего значения  $m_{0,1,2}$  и дисперсии  $D_{0,1,2}$  выигрыша по обеим ортогональным компонентам приемной антенны для ряда значений  $m_{\Phi}$  и  $D_{\Phi}$ , определяемых случайным характером состояния ионосферного канала передачи информации во время

сеанса связи. На этих рисунках штриховая линия соответствует значению  $m_{\Phi} = 0,5$ ; сплошная – значению  $m_{\Phi} = 1$ . На рис. 1 нижние две кривые, не превышающие значения  $m_{0,1,2} = 1$ , соответствуют приему по ортогональному, а верхние – по совпадающему каналу.

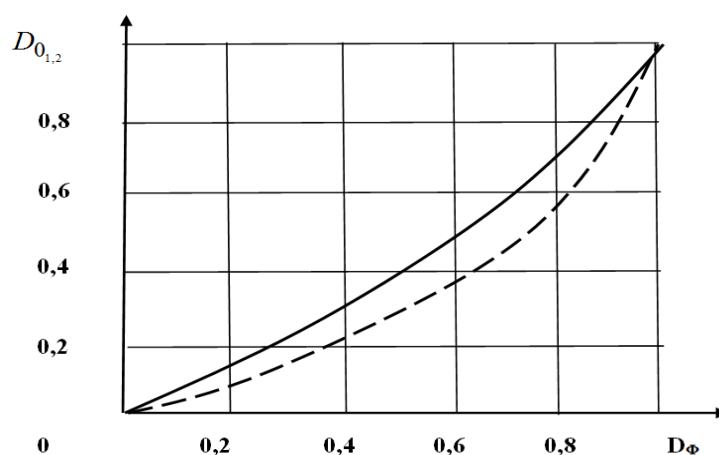


Рис. 2. Зависимость разброса выигрыша от степени флуктуации угла ориентации эллипса поляризации распространяющегося колебания

При распространении электромагнитной волны в реальных магнитоактивных средах угол поворота плоскости поляризации является случайной величиной, обусловленной наличием неоднородностей и флуктуаций в ионосфере электронной концентрации, магнитного поля Земли, геометрии слоев и траектории распространения сигнала. Из рис. 1 следует, что с ростом не-

стабильности состояния параметров ионосферного канала наряду с ухудшением качества получения информации по одной из ортогональных компонент наблюдается улучшение надежности приема по другой ортогонально поляризованной составляющей поля приемной антенны. Рис. 2 показывает, что разброс значений параметров ионосферного канала не слишком существенно отражается

на стабильности и качестве передачи информации через гиротропную среду, что также подтверждает целесообразность применения двумерных сигналов и методов поляризационной селекции с целью повышения помехоустойчивости в системах связи и управления, использующих ионосферный радиоканал.

### Библиографический список

1. Кононов А.Д. Алгоритм формирования сигналов управления в системах следящего дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / А.Д. Кононов, Ю.В. Авдеев, А.А. Кононов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – № 1(613). – С. 81 – 86.
2. Авдеев Ю.В. К вопросу исследования радиоволнового канала системы дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – № 10(622). – С. 86 – 92.
3. Кононов А.Д. К вопросу о влиянии рассогласования по поляризации информационного сигнала и характеристик антенн в магнитоактивном канале распространения на эффективность систем связи и управления / А.Д. Кононов, А.А. Кононов, А.Е. Готовцева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2018. – № 1-2 (11-12). – С. 66 – 69.
4. Маршаков В.К. Анализ систем траекторного сопровождения мобильных объектов с автоматическим управлением / В.К. Маршаков, А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Радиолокация, навигация, связь. XXI Международная научно-техническая конференция. – Воронеж. – 2015. – С. 1296–1304.
5. Авдеев Ю.В. Сравнительный анализ фазовых методов определения координат в задачах дистанционного автоматического управления машинами дорожно-строительного комплекса / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданян // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 1(661). – С. 86–93.
6. Авдеев Ю.В. Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатной системы для дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданян // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 10(634). – С. 74 – 79.
7. Кононов А.Д. Разработка алгоритма определения координат и сигнала рассогласования в задаче автоматического управления мобильными объектами в дорожном строительстве / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2014. – № 1. – С. 84 – 89.
8. Кононов А.Д. К вопросу оптимизации информационных систем передачи команд управления через анизотропные среды / А.Д. Кононов, А.А. Кононов, С.А. Иванов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2018. – №.1-2 (11-12). – С. 29 – 34.
9. Смирнов В.А. Приближенные методы расчета искажений в системах передачи информации / В.А. Смирнов // – М.: Связь. – 1975. – 432 с.
10. Поздняк С.И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн / С.И. Поздняк, В.А. Мелитицкий // – М.: Советское радио. – 1974. – 480 с.
11. Гильмутдинов В.И. Система эффективного интерфейса исходных данных с вычислительным устройством / В.И. Гильмутдинов, А.А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и эконом. системах–2018 –№3(13). –С. 6–10.
12. Авдеев Ю.В. Разработка алгоритма определения координат в задаче дистанционного управления движением машинно-тракторных агрегатов / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск. – 2012. – № 46. – С. 24–31.
13. Кононов А.Д. Обработка информации радионавигационной системы для согласования с исполнительными механизмами мобильного объекта / А.Д. Кононов, А.А. Кононов, А.Ю. Изотов // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XV международной научно-методической конференции. – Воронеж. – 2015. – С. 99–102.
14. Мардиа К. Статистический анализ угловых наблюдений / К. Мардиа // – М.: Наука. – 1978. – 270 с.

УДК 517.9

Воронежский государственный технический университет  
канд. физ.-мат. наук, доцент Л.В. Стенюхин  
Россия, г. Воронеж, E-mail: stenyuhin@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Ph. D. in Phys. –Math. Sciences, associate professor L.V. Stenyukhin  
Russia, Voronezh, E-mail: stenyuhin@mail.ru

Л.В. Стенюхин

**О МИНИМАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ТИПА НЕРАВЕНСТВ**

**Аннотация:** вводится понятие минимальной поверхности с ограничением, исследуются качественные свойства таких поверхностей

**Ключевые слова:** минимальная поверхность, бифуркация, условный экстремум

L.V. Stenyukhin

**ON MINIMUM SURFACES WITH RESTRICTIONS OF THE TYPE OF INEQUALITIES**

**Abstract:** the concept of a minimal surface with a restriction is introduced; the qualitative properties of such surfaces are investigated

**Keywords:** minimal surface, bifurcation, conditional extremum

**Введение.** Проблема минимальных поверхностей возникла в середине 19 века, когда бельгийский физик Жозеф Плато заметил, что если погрузить проволочный контур в мыльный раствор, то образуется пленка, его затягивающая. Существование такой пленки для спрямляемого контура и составляет содержание проблемы Плато размерности два, которая была решена в середине 20 века Дугласом, Радо, Курантом. Многомерная задача Плато решена А.Т. Фоменко [1].

Позднее к задаче стали применяться методы нелинейного анализа для качественного исследования поведения экстремалей. А. Тромба показал существование минимальной поверхности, используя степень фредгольмова отображения.

Менее изучена задача о бифуркациях минимальных поверхностей. В этом направлении имеются результаты А.А. Тужилина о сопряженных границах [2]. Однако, условие сопряженности границы является лишь необходимым условием для бифуркации, но не достаточным. В работе А.Ю. Борисовича [3] приводятся достаточные условия бифуркации и критические значения параметров контура, лежащего на минимальной поверхно-

сти. При этом за основу вариации используется функционал площади, что приводит к сложным вычислениям.

При этом, явление бифуркации минимальной поверхности при деформации контура наблюдалось и экспериментально. Т. Постон экспериментально исследовал бифуркацию при непрерывной деформации специального контура, и нашёл, что её можно описать сборкой Уитни.

В работах автора совместно с Ю.Г. Борисовичем [4], [5] развит новый подход к исследованию бифуркаций минимальных поверхностей, основанный на классической теории условного экстремума в линейных банаховых пространствах [6]. Это позволяет произвольно варьировать функционал Лагранжа. Данный метод позволяет также определить множество направлений вариаций, при которых существует бифуркация, а также установить разрешимость задачи минимальных поверхностей с ограничениями типа равенств. В то же время, с помощью классического экстремума невозможно исследовать бифуркации таких поверхностей. Существование минимальных поверхностей с ограничениями типа равенств установлено гладкими аппроксимациями, поведение которых неизвестно при наличии дополни-



тельного решения.

В настоящей статье установлены достаточные условия бифуркаций минимальных поверхностей с ограничениями нестрогих неравенств. При этом используется аппарат выпуклого анализа, и в частности субдифференциальная форма теоремы Куна-Таккера [7].

**1. Минимальные поверхности.** Двумерная поверхность, заданная параметрически вектор-функцией  $u(x, y)$  называется минимальной, если она является экстремалью функционала площади

$$S(u) = \int_{\Omega} \sqrt{EG - F^2} \, dx dy, \quad (1)$$

где  $E, F, G$  – коэффициенты первой квадратичной формы поверхности, интеграл берётся по области изменения локальных координат  $\Omega$ .

Если поверхность задана в конформных координатах, которые налагают на вектор-функцию условия

$$u_x^2 = u_y^2, u_x u_y = 0 \quad (2)$$

в смысле скалярного произведения в  $R^3$ , то функционал площади равен функционалу Дирихле

$$D(u) = \int_{\Omega} \frac{E + G}{2} \, dx dy = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \int_{\Omega} \left[ \left( \frac{\partial u_j}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_j}{\partial y} \right)^2 \right] \, dx dy. \quad (3)$$

Функционал Дирихле, в силу его упрощённой структуры, значительно проще линейризовывать, однако при этом следует акцентировать условия конформности координат (2). Таким образом, минимальная поверхность в конформных координатах, как экстремаль функционала Дирихле,

описывается уравнением Лапласа с заданным условием на границе.

В качестве примеров минимальных поверхностей можно привести следующие: катеноид  $u(x, y) = (x, x \cos y, x \sin y), \Omega = R^2$ ; геликоид  $u(x, y) = (x \cos y, x \sin y, y), \Omega = R^2$ ;

поверхность Шерка  $u(x, y) = \left( y, \frac{x}{\cos y}, \frac{1}{2} \ln^2(x + \cos^2 y) \right), \Omega = \{-\infty < x < +\infty, -\frac{\pi}{2} < y < \frac{\pi}{2}\}$ ;

поверхность Эннепера  $u(x, y) = \left( -xy^2 + \frac{1}{3}x^3 - x, -\frac{1}{3}y^3 + x^2y + y, y^2 - x^2 \right), \Omega = R^2$ .

**2. Минимальные поверхности с ограничениями типа неравенств.** Задача двумерных минимальных поверхностей в конформных координатах с ограничениями типа неравенств задаётся функционалом Дирихле (3), условиями конформности координат (2) и дополнительным терминальным ограничением в виде неравенства

$$u(x_0, y_0) \leq c_0 = const, \quad (4)$$

где  $(x_0, y_0) \in \text{int}\Omega$  фиксированная точка,  $c_0$  – фиксированная константа.

Введём обозначения. Пусть  $F_1(u) = u_x^2 - u_y^2$ ,  $F_2(u) = u_x u_y$ ,  $f(u) = u|_{(x_0, y_0)} = u(x_0, y_0)$ . Из [4] известно, что отображения  $F_1$  и  $F_2$ , порождённые условиями конформности координат, действуют в пространствах

$$F_1, F_2 : W_4^2(\Omega) \rightarrow W_2^1(\Omega).$$

Поэтому задача сводится к Дирихле на множестве исследованию на экстремум функционала

$$M = \{u \in W_4^2(\Omega) | F_1(u) = 0, F_2(u) = 0, f(u) \leq c_0\}. \tag{5}$$

Для удобства положим  $F(u) = F_1(u) \oplus F_2(u)$ ,

$$F: W_4^2(\Omega) \rightarrow W_2^1(\Omega) \oplus W_2^1(\Omega)$$

и множество (5) представится

$$M = \{u \in W_4^2(\Omega) | F(u) = 0, f(u) \leq c_0\}. \tag{6}$$

Утверждение. Функционал Дирихле  $D(u)$  и отображение  $f(u)$  выпуклые.

Для доказательства достаточно проверить для них неравенство Иенссена, то есть выполнение неравенств

$$D\left(\frac{u_1 + u_2}{2}\right) \leq \frac{D(u_1) + D(u_2)}{2}, f\left(\frac{u_1 + u_2}{2}\right) \leq \frac{f(u_1) + f(u_2)}{2}.$$

Это обстоятельство позволяет далее применить теорему Куна-Таккера [7], в

частности, её субдифференциальную форму. Образуем функцию Лагранжа

$$L(u, \lambda^*, \lambda, \lambda_0) = \lambda_0 D(u) + (\lambda^*, F(u)) + \lambda(f(u) - c_0), \tag{7}$$

где  $\lambda^* = \lambda^{1*} \oplus \lambda^{2*} \in W_2^{1*}(\Omega) \oplus W_2^{1*}(\Omega), \lambda, \lambda_0 \in R$  – множители Лагранжа. Если минимальная поверхность  $u$  регулярна для отображения  $F(u)$ , то  $\lambda_0 = 1$ . Нетривиальные минимальные поверхности (не плоскость),

например поверхности, приведённые в примерах параграфа 1, обладают этим свойством. Поэтому будем считать, что множитель Лагранжа  $\lambda_0$  равен единице. Тогда

$$L(u, \lambda^*, \lambda) = D(u) + (\lambda^*, F(u)) + \lambda(f(u) - c_0). \tag{8}$$

По теореме Куна-Таккера, если функция  $u$  из множества (6) является условным экстремумом функционала Дирихле, то имеет место включение

$$0 \in \partial D(u) + (\lambda^*, \partial F(u)) + \lambda \partial f(u), \tag{9}$$

где  $\partial$  – субдифференциал отображений  $D, F$  и  $f$ . Рассмотрим его сечение

$$\partial D(u) + (\lambda^*, \partial F(u)) + \lambda \partial f(u) = 0. \tag{10}$$

Функционал Дирихле является гладким, поэтому  $\partial D(u) = \Delta u$ ,  $\Delta$  – лапласиан. Отображение  $F$  гладкое на  $W_4^2(\Omega)$ , следовательно оператор  $\partial F(u)$  имеет вид

$$\partial F(u) = F_1'(u) \oplus F_2'(u) = \left( 2u_x \frac{\partial}{\partial x} - 2u_y \frac{\partial}{\partial y} \right) \oplus \left( u_x \frac{\partial}{\partial y} + u_y \frac{\partial}{\partial x} \right). \tag{11}$$

Найдём  $\partial f(u)$ . Для любого возмущения  $h \in W_4^2(\Omega)$  имеем

$$f(u+h) - f(u) = (u+h)(x_0, y_0) - u(x_0, y_0) = h(x_0, y_0) \geq (u^*, h) = \int_{\Omega} u^* h dx dy.$$

В качестве  $u^*$  можно взять малую по норме  $W_4^2(\Omega)$  функцию. Таким образом, уравнение (9) имеет вид

$$\Delta u + F'^*(u)\lambda^* + \lambda u^* = 0, \quad (12)$$

где  $F'^*(u)$  – сопряжение отображения  $F'(u)$ ,  $u^*$  – малая по норме  $W_4^2(\Omega)$  функция.

$$\{(1-2\lambda^{1*})u_{xx} + (1+2\lambda^{1*})u_{yy} - 2\lambda^{2*}u_{xy} - (2\lambda_x^{1*} + \lambda_y^{2*})u_x + (2\lambda_y^{1*} - \lambda_x^{2*})u_y = -\lambda u^*, u|_{\partial\Omega} = \varphi(s). \quad (14)$$

Согласно результатам из [8] имеет место следующая теорема.

**Теорема 1.** *Если выполнено условие строгой эллиптичности старших коэффициентов уравнения из (14), то существует и единственно решение задачи (14)  $u = u(\lambda^*, \lambda)$  из пространства  $W_4^2(\Omega)$ .*

Решение задачи (14) зависит от выбора множителей Лагранжа, порождаемых условиями конформности координат (2) и ограничением типа неравенства (4). Это объясняет эффект "неединственности" мыльной плёнки, затягивающий проволочный контур.

**3. О бифуркациях минимальных поверхностей с ограничениями типа неравенств.** На минимальной поверхности  $u(x', y')$ , заданной в конформных координатах  $(x', y')$ , меняющихся в области  $\Xi \subset R^2$  рассмотрим контур, заданный краевым условием  $u|_{\partial\bar{\Omega}_\mu} = \varphi(s)$  где  $\Omega_\mu$  — двумерный диск радиуса  $\mu$ ,  $\Omega_\mu = \{(x', y') : x'^2 + y'^2 \leq \mu^2\} \subset \Xi \subset R^2, s \in \partial\bar{\Omega}_\mu$ .

Изучается бифуркация минимальных поверхностей от данной  $u$ , проходящей через данный контур  $\Gamma_\mu = \{u(x', y') : (x', y') \in \partial\bar{\Omega}_\mu\}$ . Область на поверхности, ограниченная контуром  $\Gamma_\mu$ ,

Граничный контур фиксируется условием

$$u|_{\partial\Omega} = \varphi(s). \quad (13)$$

После преобразований, аналогичных [5], задача (12) – (13) записывается системой

как функция, является условной критической точкой функционала Дирихле

$$D_\mu(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega_\mu} |\nabla u|^2 dx' dy', \quad (15)$$

где  $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x'}, \frac{\partial}{\partial y'})$ , при условиях

$$F_{1\mu}(u) = u_x^2 - u_y^2 = 0, F_{2\mu}(u) = u_x u_y = 0.$$

$F_{1\mu}, F_{2\mu}$  — функциональные отображения, и  $F_{1\mu}, F_{2\mu} : W_4^2(\Omega_\mu) \rightarrow W_2^1(\Omega_\mu)$ .

С помощью замены независимых переменных

$$x' = \mu x, y' = \mu y \quad (16)$$

с диска  $\Omega_\mu$  перейдем на диск единичного радиуса  $\Omega = \{(x, y) : x^2 + y^2 \leq 1\}$ . Функционал Дирихле инвариантен относительно замены (16). Запишем условия конформности координат в новых координатах  $(x, y)$ :

$$F_{1\mu}(u) = u_x^2 - u_y^2 = \frac{1}{\mu^2} (u_x^2 - u_y^2) = \frac{1}{\mu^2} F_1(u);$$

$$F_{2\mu}(u) = u_x u_y = \frac{1}{\mu^2} u_x u_y = \frac{1}{\mu^2} F_2(u).$$

Таким образом

$$F_\mu(u) = F_{1\mu}(u) \oplus F_{2\mu}(u) = \frac{1}{\mu^2} (F_1(u) \oplus F_2(u)).$$

Рассмотрим терминальное ограничение  $f_\mu(u) = u(x'_0, y'_0) \leq c_0$ .

$$f_\mu(u) = u(x'_0, y'_0) = u(\mu x_0, \mu y_0) = \tilde{u}(x_0, y_0) = \tilde{f}(u),$$

$$f_\mu(u+h) - f_\mu(u) \geq (u^*, h) = \int_{\Omega_\mu} u^* h dx' dy' = \mu^2 \int_{\Omega} \tilde{u}^* h dx dy = (\mu^2 \tilde{u}^*, h).$$

Образуюем функцию Лагранжа

$$L_\mu(u, \lambda^*, \lambda) = D_\mu(u) + (\lambda^*, F_\mu(u)) + \lambda(f_\mu(u) - c_0).$$

С учётом вышеизложенного, на области  $\Omega$  функция Лагранжа имеет вид

$$L(u, \lambda^*, \lambda) = D(u) + \frac{1}{\mu^2} (\lambda^*, F(u)) + \lambda(f(u) - c_0). \tag{17}$$

Дифференцируя функцию Лагранжа по  $u$  и по  $\lambda^*$ , получим оператор Плато-Лагранжа в координатах  $(x, y)$ , который выглядит следующим образом

$$\Phi(u, \lambda^*, \mu) = \left( \Delta u + \frac{1}{\mu^2} F'^*(u) \lambda^*, \frac{1}{\mu^2} F(u) \right). \tag{18}$$

Исследуем на существование точек бифуркации задачу

$$\left\{ \Phi(u, \lambda^*, \mu) = 0, u|_{\partial\bar{\Omega}} = \varphi(s). \right. \tag{19}$$

Линеаризованная по  $(u, \lambda^*)$  в точке  $(u_0, \lambda_0^*)$  задача имеет вид

$$\left\{ \left( \Delta h + \frac{1}{\mu^2} F'^*(h) \lambda_0^* + \frac{1}{\mu^2} F'^*(u_0) \xi^*, \frac{1}{\mu^2} F'(u_0) h \right) = (0, 0), h|_{\partial\bar{\Omega}} = 0, \right. \tag{20}$$

где  $h \in W_4^2(\Omega)$ ,  $\xi^* \in W_2^{1*}(\Omega) \oplus W_2^{1*}(\Omega)$ . После преобразований система (20) приобретает вид

$$\left\{ \begin{aligned} & \left( \left( 1 - \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^{1*} \right) h_{xx} + \left( 1 + \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^{1*} \right) h_{yy} - \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^{2*} h_{xy} - \frac{1}{\mu^2} (2\lambda_{0x}^{1*} + \lambda_{0y}^{2*}) h_x + \frac{1}{\mu^2} (2\lambda_{0y}^{1*} - \lambda_{0x}^{2*}) h_y = \right. \\ & = \frac{1}{\mu^2} (2u_{0x} \xi^{1*} + u_{0y} \xi^{2*})_x - \frac{1}{\mu^2} (2u_{0y} \xi^{1*} - u_{0x} \xi^{2*})_y, \\ & \left. u_{0x} h_x - u_{0y} h_y = 0, u_{0x} h_y + u_{0y} h_x = 0, h|_{\partial\bar{\Omega}} = 0. \right. \end{aligned} \right. \tag{21}$$

Чтобы применить теорему Крэндалла-Рабиновича из [9] надо вычлнить ядро линеаризованного оператора, порожденного задачей (20). Для этого необходимо и достаточно установить разрешимость

системы уравнений (21). В начале исследуем на разрешимость относительно  $h$  задачу, определяемую первым и последним уравнениями системы (21), то есть задачу

$$\left\{ \begin{aligned} & \left( \left( 1 - \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^{1*} \right) h_{xx} + \left( 1 + \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^{1*} \right) h_{yy} - \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^{2*} h_{xy} - \frac{1}{\mu^2} (2\lambda_{0x}^{1*} + \lambda_{0y}^{2*}) h_x + \frac{1}{\mu^2} (2\lambda_{0y}^{1*} - \lambda_{0x}^{2*}) h_y = \right. \\ & = \frac{1}{\mu^2} (2u_{0x} \xi^{1*} + u_{0y} \xi^{2*})_x - \frac{1}{\mu^2} (2u_{0y} \xi^{1*} - u_{0x} \xi^{2*})_y, h|_{\partial\bar{\Omega}} = 0. \end{aligned} \right. \tag{22}$$

Первое уравнение системы (22) является уравнением вида:

$$\frac{\partial}{\partial x}(a_{11}(x, y)h_x + a_{12}(x, y)h_y + a_1(x, y)h) + \frac{\partial}{\partial y}(a_{21}(x, y)h_x + a_{22}(x, y)h_y + a_2(x, y)h) + b_1(x, y)h_x + b_2(x, y)h_y + a(x, y)h = \frac{\partial f_1}{\partial x} + \frac{\partial f_2}{\partial y} + f,$$

где

$$a_{11}(x, y) = 1 - \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^*, a_{22}(x, y) = 1 + \frac{2}{\mu^2} \lambda_0^*, a_{12}(x, y) = a_{21}(x, y) = -\frac{1}{\mu^2} \lambda_0^{2*},$$

$$a_1(x, y) = a_2(x, y) = b_1(x, y) = b_2(x, y) = 0, f_1 = \frac{1}{\mu_2} (2u_{0x} \xi^{1*} + u_{0y} \xi^{2*}),$$

$$f_2 = -\frac{1}{\mu^2} (2u_{0y} \xi^{1*} - u_{0x} \xi^{2*}), f = 0.$$

Для разрешимости задачи (22) воспользуемся теоремами существования и единственности из [8]. Для выполнения этих теорем требуется ограниченность старших коэффициентов  $a_{11}, a_{22}, a_{12}, a_{21}$ ; справедливость неравенства строгой эллиптичности уравнения, т.е.

$$v \xi^{2*} \leq a_{ij}(x, y) \xi_i \xi_j \leq \mu \xi^{2*}, v, \mu = const > 0; \quad (23)$$

неравенства на коэффициенты  $a_1, a_2, b_1, b_2, a$ :

$$P \sum_{i=1}^3 a_i^2, \sum_{i=1}^3 b_i^2 P_{\frac{q}{2}, \Omega}, PaP_{\frac{q}{2}, \Omega} \leq \mu, q > 2. \quad (24)$$

Неравенство (24) выполнено, поскольку коэффициенты  $a_1, a_2, b_1, b_2, a$  в задаче (22) нулевые. Таким образом, имеет место следующие теоремы.

$$\{u_{0x}(h(\xi^*))_x - u_{0y}(h(\xi^*))_y = 0, u_{0x}(h(\xi^*))_y + u_{0y}(h(\xi^*))_x = 0, \quad (26)$$

Неизвестные  $\xi^*$  определяются системой (26). Из теоремы 2 следует, что  $h$  однозначно определяется  $\xi^*$ , т.е. решениями системы (26).

Теперь вернемся к линейаризованной задаче (20) и сформулируем теорему о бифуркации.

**Теорема 3.** Пусть выполнены следующие условия:

(i)  $\xi_0^*$  фиксирован и является решением системы (26);

**Теорема 2.** Пусть старшие коэффициенты в задаче (22) ограничены и выполнено неравенство (23). Тогда для любого  $\xi^*$  существует и единственно решение задачи (22)

$$h = h(\lambda_0^*, \mu, \xi^*) \quad (25)$$

из пространства  $W_{4,0}^2(\Omega)$ .

**Замечание.** Ограниченность старших коэффициентов в системе (22) следует из того, что для двумерной области  $\Omega$ , если  $\lambda^* \in W_2^{1*}(\Omega)$ , то  $\lambda^* \in C^0(\Omega)$ .

Подставляя это решение в уравнения

$$\{u_{0x} h_x - u_{0y} h_y = 0, u_{0x} h_y + u_{0y} h_x = 0,$$

получим

(ii)  $\mu_0, \lambda_0^*$  такие, что выполнено условие (23);

(iii)  $(\lambda_0^*, F(h_0)) \neq 0$ , где  $h_0$  — решение задачи (22), соответствующее множителю  $\xi_0^*$ .

Тогда  $(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)$  — точка бифуркации минимальной поверхности, определённой задачей (19).

**Доказательство.** Линейаризованный оператор (20) на элементе  $\xi_0^*$  действует следующим образом

$$\Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)(h, \xi_0^*) : W_{4,0}^2(\Omega) \times \{\xi_0^*\} \rightarrow L_4(\Omega) \times W_2^1(\Omega).$$

По теореме 2, существует и единственный  $h_0$ , то есть ядро линеаризованного оператора (3.6) порождается элементом  $(h_0, \xi_0^*)$ .

Таким образом,  $\dim \text{Ker} \Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0) = 1$ .

Покажем, что  $\text{codim} \text{Im} \Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0) = 1$ .

Пусть элемент  $(\psi_1, \psi_2) \in \text{Im} \Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)$ .

Рассмотрим скалярное произведение

$$\begin{aligned} ((\psi_1, \psi_2), (h_0, \xi_0^*)) &= (\psi_1, h_0) + (\psi_2, \xi_0^*) = \left( \Delta h + \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(h) \lambda_0^* + \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(u_0) \xi_0^*, h_0 \right) + \\ &+ \left( \frac{1}{\mu_0^2} F'(u_0) h, \xi_0^* \right) = (\Delta h, h_0) + \left( h, \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(h_0) \lambda_0^* \right) + \\ &+ \left( \xi_0^*, \frac{1}{\mu_0^2} F'(u_0) h_0 \right) + \left( h, \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(u_0) \xi_0^* \right). \end{aligned}$$

Заметим, что  $\left( \xi_0^*, \frac{1}{\mu_0^2} F'(u_0) h_0 \right) = 0$ , поскольку  $h_0$  — компонента ядра, а

$$F'(h_0)h = (2h_{0x}h_x - 2h_{0y}h_y) \oplus (h_{0x}h_y + h_{0y}h_x) = F'(h)h_0,$$

поэтому

$$\left( \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(h) \lambda_0^*, h_0 \right) = \left( \lambda_0^*, \frac{1}{\mu_0^2} F'(h) h_0 \right) = \left( \lambda_0^*, \frac{1}{\mu_0^2} F'(h_0) h \right) = \left( h, \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(h_0) \lambda_0^* \right).$$

Тогда

$$((\psi_1, \psi_2), (h_0, \xi_0^*)) = \left( h, \Delta h_0 + \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(h_0) \lambda_0^* + \frac{1}{\mu_0^2} F'^*(u_0) \xi_0^* \right) = 0,$$

так как  $(h_0, \xi_0^*) \in \text{Ker} \Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)$ .

$$(h_0, \xi_0^*) \perp \text{Im} \Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0),$$

Из этих вычислений, в частности, следует самосопряженность линеаризованного оператора

$\Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)$ . Итак,

откуда и следует, что соразмерность равна единице. Теперь покажем выполнение последнего условия теоремы Крэндалла-Рабиновича, то есть

$$\Phi_{(u,\lambda^*)\mu}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)(h_0, \xi_0^*, 1) \notin \text{Im} \Phi_{(u,\lambda^*)}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0).$$

Имеем

$$\begin{aligned} \Phi_{(u,\lambda^*)\mu}(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)(h_0, \xi_0^*, 1) &= \left( -\frac{2}{\mu_0^3} F'^*(h_0) \lambda_0^* - \frac{2}{\mu_0^3} F'^*(u_0) \xi_0^*, -\frac{2}{\mu_0^3} F'(u_0) h_0 \right) = \\ &= -\frac{2}{\mu_0^3} (F'^*(h_0) \lambda_0^* + F'^*(u_0) \xi_0^*, 0), \end{aligned}$$

$$((F'^*(h_0) \lambda_0^* + F'^*(u_0) \xi_0^*, 0), (h_0, \xi_0^*)) = (F'^*(h_0) \lambda_0^* + F'^*(u_0) \xi_0^*, h_0) =$$

$$= (\lambda_0^*, F'(h_0)h_0) + (\xi_0^*, F'(u_0)h_0) = (\lambda_0^*, F'(h_0)h_0) = (\lambda_0^*, 2F(h_0)) \neq 0,$$

в силу условия (iii) теоремы. Таким образом,  $(u_0, \lambda_0^*, \mu_0)$  – точка бифуркации минимальной поверхности. Теорема доказана.

Примеры бифуркаций катеноида и геликоида показаны в [4]. При наличии ограничения типа нестрогого неравенства бифуркации и критические значения параметров контура будут аналогичны.

### Библиографический список

1. Фоменко А.Т. Вариационные методы в топологии / Наука, М., 1982.
2. Тужилин А.А. Индексы типа Морса двумерных минимальных поверхностей в  $R^3$  и  $H^3$ , / Изв. АН СССР. Матем., №3, 1991, С. 581-607.
3. Борисович А.Ю. Оператор Плато и бифуркации двумерных минимальных поверхностей / Глобальный анализ и математическая физика. Воронеж, ВГУ, 1987, С. 142-155.

4. Стенюхин Л.В. О минимальных поверхностях с ограничениями типа неравенств / Известия вузов. Математика, том 11, 2012. С. 51-59.

5. Стенюхин Л.В. Бифуркационный анализ задачи капиллярности с круговой симметрией / Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование, том 7:2, 2014. С. 77-83.

6. Иоффе А.Д., Тихомиров В.М. Теория экстремальных задач / Наука, М., 1974.

7. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление / ФИЗМАТЛИТ, М., 2007.

8. Ладыженская О.А., Уральцева Н.Н. Линейные и квазилинейные уравнения эллиптического типа / Наука, М., 1973.

9. Ниренберг Л. Лекции по нелинейному функциональному анализу / Мир, М., 1977.

УДК 330.43

Воронежский государственный университет  
преподаватель, аспирант М.В. Добринина  
Россия, г. Воронеж, E-mail: nice.smirnova@yandex.ru

Voronezh State University  
Lecturer, postgraduate M.V. Dobrina  
Russia, Voronezh, E-mail: nice.smirnova@yandex.ru

М.В. Добринина

### ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ ПО КРИТЕРИЮ РИСКА

**Аннотация:** в данной работе изучена оценка инвестиционного портфеля по критерию риска. В процессе исследования были рассмотрены и проанализированы такие важные показатели, как совокупный риск инвестиционного портфеля, дисперсия портфеля, показатель уровня риска, а также коэффициенты риска

**Ключевые слова:** риск, инвестиционный портфель, совокупный риск инвестиционного портфеля, дисперсия портфеля, показатель уровня риска, коэффициенты риска

M.V. Dobrina

### RISK CRITERION AS THE EVALUATION OF THE INVESTMENT PORTFOLIO

**Abstract:** the author studied the risk criterion as the assessment of investment portfolio in this paper. The author considered and analyzed such important indicators as the total risk of the investment portfolio, portfolio variance, risk level indicator, as well as risk coefficients in process of this research

**Keywords:** risk, the investment portfolio, the total risk of the investment portfolio, variance of portfolio, risk level indicator, risk coefficients

Проблемы формирования портфеля ценных бумаг и его оценки занимают одно

из ведущих мест в современной экономике, что обусловлено их актуальностью в условиях развитого рынка. Однако условия российской экономики не позволяют в полной мере

© Добринина М.В., 2019

применять общие положения теории портфельного инвестирования и существующий на Западе арсенал инвестиционных стратегий.

В связи с этим при определении основ формирования фондового портфеля неизбежно приходится ограничиваться использованием лишь тех аспектов портфельной теории, которые могут быть в какой-то степени адаптированы к российской действительности, и учитывать специфические формы проявления различных факторов, воздействующих на выбор ценных бумаг для портфельного инвестирования в российской экономике.

Цель работы – изучить оценку инвестиционного портфеля по критерию риска.

Оценка инвестиционного портфеля по критерию риска производится с учетом коэффициентов риска и объемов вложений в соответствующие виды инвестиций. Вначале по каждому виду инвестиций рассчитываются конкретные значения показателей риска. Совокупный риск инвестиционного портфеля предприятия определяется как соотношение сумм инвестиций по различным направлениям, взвешенным с учетом риска, и общей суммы инвестиций по формуле [3]:

$$R = \frac{\sum_i I_i R_i}{\sum I}, \quad (1)$$

где  $R$  — совокупный риск;  $I_i$  — инвестиционные вложения по  $i$ -му направлению;  $R_i$  — показатель риска по  $i$ -му направлению;  $I$  — общий объем инвестиций.

Данная формула используется в случае, когда динамика доходности различных инвестиций в портфеле инвестиций предприятия взаимонезависима или малозависима. При подборе альтернативных инвестиций, находящихся в обратной корреляционной зависимости, совокупный риск портфеля может быть уменьшен. Так, если доля  $i$ -го вида инвестиций в портфеле составляет  $X_i$ , а доля

инвестиций  $j$ -го вида  $X_j$ , то при ковариации величин  $I_i$  и  $I_j$ , обозначаемой  $KB_{ij}$ , дисперсия инвестиционного портфеля определяется по формуле [1]:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m KB_{ij} X_i X_j, \quad (2)$$

При величине  $KB$ , не равной 0, коэффициенты корреляции  $i$ -го и  $j$ -го видов инвестиций  $KK_{ij}$  могут быть исчислены по формуле:

$$KK_{ij} = KB_{ij} / (\sigma_i, \sigma_j), \quad (3)$$

Тогда определение дисперсии портфеля принимает вид [2]:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{(\sigma_i X_i)(\sigma_j X_j) KK_{ij}\}, \quad (4)$$

При значениях  $KK_{ij}$ , приближающихся к  $-1$ , значения  $\sigma$  и вариации портфеля стремятся к 0, совокупный риск портфеля уменьшается. Это объясняется тем, что при падении доходности одного вида инвестиций доходность другого вида инвестиций растет, компенсируя это падение.

Совокупный риск инвестиционного портфеля в существенной мере зависит от уровня риска портфеля ценных бумаг, поскольку последний в отличие от портфеля реальных инвестиционных проектов характеризуется повышенным риском, распространяющимся не только на доход, но и на весь инвестированный капитал. При росте количества разнообразных ценных бумаг в портфеле уровень риска портфеля ценных бумаг может быть уменьшен, но не ниже уровня систематического риска.

Вместе с тем следует учитывать, что это положение справедливо лишь для случая независимости ценных бумаг в портфеле; если ценные бумаги в портфеле взаимозависимы, то возможны по меньшей мере два варианта. В случае прямой корреляционной



зависимости при увеличении количества ценных бумаг в портфеле уровень риска не изменяется, так как доходность всех ценных бумаг падает или растет с одинаковой вероятностью. В случае обратной корреляционной зависимости, как уже отмечалось по инвестиционному портфелю в целом, наименее рискованный портфель ценных бумаг может быть сформирован при определении в нем оптимальных долей ценных бумаг разного типа.

При оценке инвестиционного портфеля банков с точки зрения ликвидности и процентного риска можно использовать показатель уровня риска, который рассчитывается как соотношение между инвестиционными активами и источниками финансирования, взвешенными по объемам и срокам [4]:

$$\sigma = \sum_t Ia_t - \sum_t Ip_t, \quad (5)$$

где  $\sigma$  — показатель уровня риска;  $Ia_t$  — инвестиционные вложения, взвешенные по срокам;  $Ip_t$  — источники финансирования инвестиционных вложений, взвешенные по срокам.

Меньшее значение показателя  $\sigma$  свидетельствует о снижении соответствующих рисков. Важным условием снижения риска инвестиционного портфеля является обеспечение устойчивости его структуры. Это предполагает соответствие инвестиционных вложений и источников их финансирования не только по объемам и срокам, но и по таким ключевым параметрам, как уровень рискованности инвестиционных активов и степень устойчивости ресурсов банка, предназначенных для финансирования инвестиций. Чем выше уровень риска инвестиционных вложений, тем большую долю в структуре пассивов должны занимать стабильные средства.

Игнорирование этого положения может повлечь за собой использование для финан-

сирования высокорисковых долгосрочных вложений недостаточно устойчивых источников, которые могут быть привлечены и на долгосрочной основе [6].

Для определения степени стабильности инвестиционного портфеля можно использовать коэффициент, исчисляемый по формуле:

$$k_s = \sum_r Ia_r / \sum_s Ip_s, \quad (6)$$

где  $\sum_r Ia_r$  - инвестиционные активы, взвешенные с учетом риска;  $\sum_s Ip_s$  - источники их финансирования, взвешенные с учетом стабильности.

Для присвоения коэффициентов риска определенным группам инвестиционных активов может быть использована методика Центрального банка РФ. Стабильность пассивов рассматриваемой методикой не оценивается. Результаты расчета коэффициента стабильности инвестиционного портфеля по группе финансово-устойчивых банков свидетельствуют о том, что его рекомендуемое значение составляет 0,9-1,2. Более низкое значение коэффициента свидетельствует о недостаточной эффективности использования источников финансирования инвестиций, а более высокое — о повышенном риске и неустойчивости структуры инвестиционного портфеля. Данный коэффициент может быть рассчитан для оценки стабильности не только совокупного инвестиционного портфеля, но и отдельных инвестиционных активов.

Вследствие специфики деятельности банка как финансового посредника собственный капитал банка занимает незначительную долю в его общей ресурсной базе по сравнению с нефинансовыми предприятиями, для которых характерна более высокая доля собственных средств, чем за-

емных. Это обстоятельство обуславливает различие подходов к определению стабильности инвестиционного портфеля банка и предприятия. Так, при оценке стабильности инвестиционного портфеля предприятия объем инвестиций целесообразнее соотносить с собственными источниками их покрытия.

Исходя из этого, оценить стабильность инвестиционного портфеля предприятия можно путем расчета соотношения между суммами вложений по различным направлениям инвестирования и объемом собственных средств (капитала) предприятия  $K$  по формуле:

$$k_s = \sum_i IiR_i / K. \quad (7)$$

Рассмотренные соотношения позволяют оценить соответствие инвестиционной деятельности принципам доходности, ликвидности и надежности [5].

При формировании смешанного инвестиционного портфеля необходимо произвести сравнение итоговых оценочных показателей субпортфелей, по результатам которого инвестиционные ресурсы банка могут быть перераспределены для более эффективной реализации инвестиционного портфеля в целом.

Управление первоначально сформированным инвестиционным портфелем предполагает постоянный мониторинг эффективности портфеля в целом, а также его отдельных составляющих по мере изменения рыночной конъюнктуры и основных параметров конкретных инвестиционных объектов. Для оптимизации состава портфеля могут использоваться диверсификация инвестиционных активов, пересмотр отдельных составляющих портфеля, приобретение и продажа различных инвестиционных активов, работа с реальными инвестиционными проектами и пр.

### Общие выводы:

1. Портфельное инвестирование направлено на улучшение возможностей инвестирования путем придания определенной комбинации объектов инвестирования заданных инвестиционных качеств, которые не могут быть достигнуты с позиций отдельных инвестиционных объектов. Под инвестиционным портфелем понимают целенаправленно сформированную в соответствии с определенной инвестиционной стратегией совокупность вложений в инвестиционные объекты. Основной целью формирования инвестиционного портфеля является обеспечение реализации разработанной инвестиционной политики путем подбора наиболее эффективных и надежных инвестиционных вложений. В качестве специфических целей выступают: максимизация роста капитала, максимизация роста дохода, минимизация инвестиционных рисков, обеспечение требуемой ликвидности инвестиционного портфеля. В связи с альтернативностью специфических целей при формировании инвестиционного портфеля определяются приоритеты или предусматривается его сбалансированность.

2. Различие объектов в составе инвестиционного портфеля, целей инвестирования и других условий обуславливает многообразие типов инвестиционных портфелей. Их классификация может осуществляться по различным признакам: направления инвестиционной деятельности, цели инвестирования, степень соответствия целям инвестирования и др. К основным принципам формирования инвестиционного портфеля относятся: обеспечение реализации инвестиционной политики; обеспечение соответствия объема и структуры инвестиционного портфеля объему и структуре формирующих его источников; достижение оптимального соотношения доходности, риска и ликвидности; диверсификация инвестиционного портфеля;

обеспечение управляемости инвестиционным портфелем.

3. Портфель ценных бумаг характеризуется, с одной стороны, более высокой степенью ликвидности и управляемости, а с другой стороны - повышенными инфляционными рисками и ограниченным воздействием на доходность. К основным факторам, определяющим формирование фондового портфеля, относят: приоритеты целей инвестирования, степень диверсификации инвестиционного портфеля, необходимость обеспечения требуемой ликвидности портфеля, уровень и динамику процентной ставки, уровень налогообложения доходов по различным финансовым инструментам. В соответствии с современной портфельной теорией учет принципа диверсификации (по отраслям, регионам, эмитентам) портфеля предполагает подбор ценных бумаг с разнонаправленной динамикой движения курсовой стоимости (дохода). В условиях отечественного фондового рынка, характеризующегося незначительным количеством обращающихся ценных бумаг приемлемого качества и соответствующей спецификой формирования фондового портфеля, могут использоваться лишь некоторые аспекты портфельной теории с учетом их адаптации к существующим реалиям.

4. Моделирование инвестиционного портфеля и оценка инвестиционных решений могут осуществляться на основе различных методов (правило Парето, правило Борда, выбор по удельным весам показателей, ранжированных по степени значимости, комбинированные методы, методы линейного программирования и пр.). Выбор метода оценки инвестиционных решений и формирования инвестиционного портфеля определяется целями инвестора. Сформированный портфель ценных бумаг подлежит совокупной оценке по критериям доходности, риска и ликвидности.

### Библиографический список

1. Давнис В.В., Тинякова В.И. Основы эконометрического моделирования. Учебное пособие. Воронеж, 2003.

2. Давнис В.В., Добрина М.В. Эконометрический подход к алгоритмическому формированию портфеля ценных бумаг. Научный журнал Современная экономика: проблемы и решения. Воронежский государственный университет. Выпуск № 12 (96). Воронеж, 2017. Статья входит в перечень ВАК.

3. Давнис В.В., Добрина М.В. Модели доходности финансовых активов и их применение в моделях портфельного инвестирования. Материалы XII международной научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы. Воронежский государственный университет, 2016. – с. 197-200.

4. Добрина М.В. Алгоритмы управления портфелем в режиме онлайн. Электронный бизнес: проблемы, развитие и перспективы. Материалы XIV Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Воронеж, 27-28 апреля 2017.

5. Добрина М.В. Проблема выбора портфеля ценных бумаг. Статья в Научном вестнике Воронежского государственного технического университета. Серия: Экономика в инвестиционно-строительном комплексе и ЖКХ, 2018. – с. 162-165.

6. Добрина М.В. Оценка и интерпретация рисков на фондовом рынке: основные подходы. Научный журнал Современная экономика: проблемы и решения. Воронежский государственный университет. Выпуск № 2 (110). Воронеж, 2019. Статья входит в перечень ВАК.

УДК 574:331.45

Воронежский государственный технический университет  
Канд. техн. наук, доцент С.А. Сазонова  
E-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,

Доктор техн. наук, профессор В.Я. Манохин  
E-mail: manohinprof@mail.ru,

Магистрант группы зМ553 С.Н. Кораблин  
Россия, г. Воронеж

Voronezh State Technical University  
Ph. D. in Engineering, associate professor S.A. Sazonova  
E-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,

Doctor of Engineering Sciences, professor V.Ya. Manokhin  
E-mail: manohinprof@mail.ru,

Undergraduate group zM553 S.N. Korablin  
Russia, Voronezh

С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, С.Н. Кораблин

## МЕНЕДЖМЕНТ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ОЧИСТКЕ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ОТ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАФОДОВ

**Аннотация:** С точки зрения экологического и экономического эффекта рассматривается целесообразность установки природоохранных мероприятий. Достижение экологического эффекта обеспечивается снижением количества вредных выбросов в атмосферу, уменьшением негативного влияния на окружающую среду, связанного с ухудшением здоровья людей, влиянием на климатические параметры. За счет выбора наиболее экономически эффективных из инженерно-технических решений обеспечивается максимальная выгода для инвестора. В качестве критерия экономической оценки эффективности инвестиций в природоохранное мероприятие принимается максимум показателя чистого дисконтированного дохода. Рассматривается эффект от внедрения природоохранных мероприятий в виде суммы предотвращенного ущерба, равного снижению платы за вредные выбросы в сумме, снижения стоимости топлива, снижения стоимости используемого сырья вследствие утилизации уловленных загрязнений

**Ключевые слова:** менеджмент, экологическая безопасность, технологические процессы, безопасность труда, асфальтобетонные заводы

S.A. Sazonova, V.Ya. Manokhin, S.N. Korablin

## MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES FOR CLEANING EMISSIONS IN THE ATMOSPHERE FROM ASPHALT CONCRETE PLANTS

**Abstract:** From the point of view of the ecological and economic effect, the feasibility of the installation of environmental measures is considered. The achievement of the environmental effect is ensured by reducing the amount of harmful emissions into the atmosphere, reducing the negative impact on the environment associated with the deterioration of human health, the impact on climatic parameters. By choosing the most cost-effective engineering solutions, the maximum benefit for the investor is ensured. As a criterion for the economic evaluation of the effectiveness of investments in environmental protection measures, a maximum net present value indicator is taken. The effect of the implementation of environmental protection measures is considered in the form of a sum of prevented damage equal to a reduction in the charge for harmful emissions in the sum, a reduction in the cost of fuel, a decrease in the cost of the raw materials used due to the utilization of collected pollution

**Keywords:** management, environmental safety, technological processes, labor safety, asphalt concrete plants

Менеджмент природоохранных технологий предполагает принятие решений по выбору эффективных вариантов оборудования для очистки промышленных выбросов от вредных примесей. В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды», природные богатства страны являются национальным достоянием народов России. Природоохранительное законодательство предназначено для формирования и укрепления экологического правопорядка и обеспечения экологической безопасности на территории

РФ в результате регулирования отношений в сфере взаимодействия общества и природы, предотвращения экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, улучшения качества окружающей среды и др. [1, 2].

Хозяйственная деятельность предприятий – источник негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, но вместе с тем и основа общественного прогресса. Изменения в экономике страны, связанные с переходом к рыночным отношениям, рассматриваются как вариант преодоления кризиса, но не могут решить экологиче-

ских проблем. Поэтому Закон ставит задачу, целью которой является «экологизация» экономики и «экономизация» экологии. Однако директивные указания, направленные на внедрение природоохранных мероприятий, административно-правовые методы в виде запретов, ограничений и наказаний не приносят ожидаемого эффекта. Охрана окружающей среды может стать надежной только в том случае, если будет задействован механизм экономической оценки и выбора мероприятий по очистке вредных выбросов [1, 2].

Предусматриваются следующие формы экологического взаимодействия с экономикой: экономическое стимулирование охраны окружающей среды; нормирование хозяйственного воздействия на окружающую среду в результате использования системы нормативов качества окружающей природной среды, устанавливающих пределы вредного воздействия и разработанных по трем средам: воздуху, воде, почвам; экологическая экспертиза, экологические требования при размещении, проектировании, эксплуатации производственно-хозяйственных объектов, экологический контроль, ответственность и возмещение вреда.

Позитивные средства экономического стимулирования включают финансирование экологических программ, установление налоговых льгот, льгот по кредитам, повышение цен на экологически чистую продукцию, и наоборот, налог на продукцию, производимую с применением экологически опасных технологий.

Негативные факторы экономического стимулирования связаны с изъятием части средств хозяйствующего субъекта в виде платы за использование природных ресурсов, подразделяемые на два вида: за пользование природными ресурсами (землей, недрами, водами, лесами, животным миром); за выбросы, сбросы, захоронение вредных веществ.

Средства в виде платы за пользование природными ресурсами поступают в бюджет и используются на реализацию мер по вос-

производству природных ресурсов. Средства от платежей за выбросы, сбросы, размещение отходов поступают в размере 10 % в государственный бюджет для оплаты расходов на содержание территориальных органов охраны среды, а 90 % - на специальные счета экологических фондов.

Принятие решений о внедрении природоохранных мероприятий представляет собой цель менеджмента инновационных технологий, в том числе по очистке воздуха, удаляемого от промышленных источников, проводится в рамках экологической составляющей проектного анализа инвестиционных проектов и основано на расчетах экономической эффективности капитальных вложений в природоохранные мероприятия. Проектный анализ представляет собой методологию оценки финансовых и экономических достоинств проектов, альтернативных путей использования ресурсов с учетом макро- и микроэкономических последствий.

Эффективность варианта принятого решения, подлежащего внедрению, предполагает определение положительного результата, который он обеспечивает по сравнению с состоянием системы, функционирующей без данного проекта.

Развитие и совершенствование сети автодорог представляет средство для роста экономики страны в целом. При этом неизбежно наращивание мощностей действующих асфальтобетонных заводов (АБЗ), которые могут быть объектом вложения инвестиций. Эффект от использования продукции АБЗ в масштабе страны будет определяться эффектом от развития сети автодорог. С точки зрения инвестора требуется анализ инвестиционных проектов реализации варианта АБЗ, обеспечивающего максимальную прибыль при заданных ограничениях финансовых, временных и других ресурсов. Целесообразность установки природоохранных мероприятий в этом случае может быть рассмотрена с точки зрения экологического и экономического эффекта.

Достижение экологического эффекта обеспечивается снижением количества вред-

ных выбросов в атмосферу, уменьшением негативного влияния на окружающую среду, связанного с ухудшением здоровья людей, влиянием на климатические параметры. Экологический эффект может определяться количеством загрязняющих веществ, распространение которых предотвращено в результате установки технологического оборудования, специально предназначенного для этих целей [1, 2].

Экономический эффект предполагает, что внедрение природоохранных мероприятий принесет выгоду в денежном выражении при сравнении проектов с вариантом очистки выбросов и без такого оборудования. При сравнении нескольких альтернативных инженерно-технических решений наиболее экономически эффективным из них будет тот вариант, который обеспечит максимальную выгоду инвестору по сравнению с проектом без такого оборудования или по сравнению с вариантом, принятым базовым.

Если на предприятии не устанавливается очистное оборудование, не затрачиваются средства на очистку вредных выбросов, то такое предприятие наносит ущерб по факторам восприятия, которыми являются: количество людей, подвергаемых несанкционированному воздействию вредных выбросов; количество гектаров угодий для сельского и лесного хозяйства; количество основных фондов для промышленности и др.

Механизмом определения стоимости экономического ущерба, наносимого окружающей среде промышленными источниками выбросов в атмосферу, водоемы или почву, стала годовая плата за выбросы, определяемая по нормативам (утверждены Постановлением Правительства РФ «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления»). Величина платы зависит от вида выбрасываемых веществ, их количества, а также от экологических факторов и уровня охраняемости тер-

риторий. Нормативы платы определяются для массы выбросов, не превышающих установленных нормативов по предельно допустимым выбросам, находящихся в пределах установленных лимитов и превышающих пределы установленных лимитов.

Установка очистного оборудования на предприятиях требует инвестиций, способствует увеличению себестоимости выпускаемой продукции и снижению прибыли инвестора, поскольку потребуются дополнительные единовременные капитальные вложения на приобретение и монтаж соответствующего оборудования. Следовательно, увеличится сумма налога на имущество предприятия, а также ежегодные эксплуатационные затраты на его обслуживание и содержание, амортизационные отчисления.

Условие экономической целесообразности предполагает, что средства, затрачиваемые на предприятиях для установки и эксплуатации оборудования по очистке вредных выбросов, должны быть меньше, чем суммарная плата за удаляемые вредности, которую предприятию надлежит платить при отсутствии такого оборудования.

Природоохранные мероприятия могут обеспечить снижение количества выбрасываемых вредностей в натуральных единицах измерения, но в денежном выражении эта величина может быть значительно меньше, чем инвестиции на их реализацию. Возникает необходимость сопоставления затрат и результатов от внедрения энергосберегающих мероприятий в сопоставимых показателях или в денежном эквиваленте.

Обоснование установки и внедрения природоохранных мероприятий предназначено для определения объема и целесообразности затрат, необходимых для их реализации в течение жизненного цикла, включая инвестиции на этапах проектирования, строительства и эксплуатации, средства для возврата взятых кредитов.

Затраты, необходимые для установки очистного оборудования, сопоставляются с величиной эффекта, который обеспечивается в результате их внедрения. Эффектом от внед-

рения природоохранных мероприятий может быть предотвращенный ущерб, равный эквивалентной сумме платы за количество уловленных загрязнений, и сопутствующие эффекты, например, снижение стоимости используемого топлива, стоимость сырья, взамен которого используются утилизированные вещества и др.

Критерием экономической оценки эффективности инвестиций в природоохранное мероприятие может быть принят максимум

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=1}^I \left( \sum_{j=1}^J \sum_{t=0}^T \frac{(R_{ij} - Z_{ij})}{(1 + e)^t} - \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \frac{1}{(1 + e)^t} \right), \quad (1)$$

где  $R_{ij}$  - положительный результат по видам затрат  $j$ , за шаг расчета периода  $t$  (годовой эффект) от внедрения природоохранного мероприятия  $i$ , тыс. р.;  $Z_{ij}$  - дополнительные годовые затраты  $j$  за шаг расчета периода  $t$  от внедрения природоохранного мероприятия  $i$ , тыс. р.;  $K_{iht}$  - единовременные капитальные затраты на установку оборудования для природоохранного мероприятия  $i$  в начале периода ( $t=0$ ) или до начала периода ( $t=-T$ ) и дополнительные инвестиции вида  $h$  (на замену деталей, конструкций и др.) на шагах расчета  $t$ , тыс. р.;  $e$  - ставка дисконтирования, равная 0,1-0,3;  $t$  - период расчета, принимается равным сроку службы оборудования или системы в целом; состоит из шагов расчета, которые принимаются равными одному году; при осуществлении инвестиций до начала эксплуатации период расчета  $t$  равен сумме периода монтажа оборудования ( $-T < t < 0$ ), кото-

показателя чистого дисконтированного дохода (ЧДД). ЧДД показывает величину положительного результата в денежном выражении (экономического эффекта) от внедрения одного или нескольких проектных решений, направленных на снижение вредных выбросов, по сравнению с базовым вариантом без этих проектов.

ЧДД [1] от внедрения природоохранных мероприятий можно определить по формуле

рый принимает отрицательное значение, и сроку службы оборудования или системы в целом;  $j$  - виды платежей и годовых затрат на эксплуатацию оборудования, тыс. р., для природоохранного оборудования ими могут быть годовые затраты на электроэнергию, на обслуживание, на топливо или теплоту, плата за выбросы и т.д. Сумма отрицательных отклонений затрат от базового варианта (превышений над базовым вариантом) образует  $Z_{ij}$ , а сумма положительных отклонений затрат (снижений по сравнению с базовым вариантом) равна величине эффекта  $R_{ij}$ .

При сравнении альтернативных вариантов экономически целесообразным будет вариант, обеспечивающий максимальное значение чистого дисконтированного дохода. Чистый дисконтированный доход для каждого варианта  $i$  определяется по формуле

$$\text{ЧДД}_i = \sum_{j=1}^J \sum_{t=0}^T \frac{(R_{ij} - Z_{ij})}{(1 + e)^t} - \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \frac{1}{(1 + e)^t} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Внедрение природоохранного мероприятия (или комплекса мероприятий), обеспечивающего снижение вредных выбросов в натуральных измерителях, может иметь следующие последствия в стоимостном измерении:

1. Эффект от внедрения природоохранного мероприятия больше затрат на внедрение этого природоохранного мероприятия за период учета.

Эффект состоит из суммы снижения платы за выбросы, предотвращенные с по-

мощью установленного оборудования ( $\Delta P_{it}$ ); стоимости сырья, которое замещается утилизированными выбросами ( $S_{it}$ ); снижения

расхода топлива (газа или мазута,  $\Delta T_{it}$ ). Соблюдается условие

$$\sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t > \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \cdot \alpha_t + \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \cdot \alpha_t, \quad (3)$$

где  $\Delta P_{itn}$  - годовая плата за выбросы вида n, предотвращенные в результате внедрения природоохранных мероприятий, вида i, в t году эксплуатации, тыс. р.;  $\Delta S_{itm}$  - годовая стоимость сырья, которое замещается утилизированными выбросами в результате внедрения природоохранного мероприятия, тыс. р.;  $\Delta T_{it}$  - снижение расхода топлива за год в результате внедрения природоохранного мероприятия;  $\Delta Z_{ij}$  - дополнительные годовые эксплуатационные затраты вида j, необходимые для осуществления природоохранного мероприятия, тыс. р.;  $K_{iht}$  - единовременные капитальные вложения вида h, приведенные к началу эксплуатации  $t=0$ , руб., осуществляемые в году t до периода эксплуатации при  $-T < t < 0$  и после эксплуатации при  $t > 0$  (при сроке службы оборудования или его отдельных конструктивных частей меньше срока

службы оборудования в целом; системы, в которой работает оборудование; здания в целом, в котором функционирует система);  $\alpha_t$  - коэффициент дисконтирования, или приведения разновременных затрат, результатов и эффектов к базисному периоду (как правило, принимается равным  $t=0$ ), определяется по формуле

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + e)^t}, \quad (4)$$

где e - норма дисконта, принимаемая равной норме дохода на капитал или банковской ставке по депозиту.

Если условие (3) соблюдается, то внедрение природоохранного мероприятия экономически целесообразно и приносит экономический эффект (чистый дисконтированный доход), определяемый по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} - \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \right) \alpha_t - \sum_{t=-T}^T K_{iht} \cdot \alpha_t > 0, \quad (5)$$

2. Эффект от внедрения природоохранного мероприятия равен затратам на внедре-

ние этого природоохранного мероприятия за период учета. Соблюдается условие

$$\sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \cdot \alpha_t + \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \cdot \alpha_t, \quad (6)$$

Если соблюдается условие (6), то внедрение природоохранного мероприятия экономически в денежном выражении не прино-

сит ни выгоды, ни убытка. Экономический эффект (чистый дисконтированный доход) будет равен нулю

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} - \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \right) \alpha_t - \sum_{t=-T}^T K_{iht} \cdot \alpha_t = 0, \quad (7)$$



3. Эффект от внедрения природоохранного мероприятия меньше затрат на внедрение этого природоохранного мероприятия за период учета. Соблюдается условие

$$\sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t < \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \cdot \alpha_t + \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \cdot \alpha_t \quad (8)$$

Если условие (8) соблюдается, то внедрение природоохранного мероприятия экономически не целесообразно и приносит экономические убытки в сумме, равной величине чистого дисконтированного дохода, который имеет отрицательное значение

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} - \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \right) \alpha_t - \sum_{t=-T}^T K_{iht} \cdot \alpha_t < 0, \quad (9)$$

Во всех трех случаях в результате внедрения природоохранного мероприятия  $i$  достигается экологический эффект ( $\mathcal{E}_{\text{эк}}^i$ ) в виде суммы предотвращенного ущерба, равного снижению платы за вредные выбросы в сумме, снижения стоимости топлива, снижения стоимости используемого сырья вследствие утилизации уловленных загрязнений и определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эк}}^i = \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t \quad (10)$$

Если предусматривается несколько мероприятий в одном проекте, то выражения (3, 5 и 7) имеют вид - для случая 1

$$\sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t \right) > \sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \cdot \alpha_t + \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \cdot \alpha_t \right), \quad (11)$$

где  $i$  – количество природоохранных мероприятий в проекте.  
- для случая 2

$$\sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t \right) = \sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \cdot \alpha_t + \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \cdot \alpha_t \right), \quad (12)$$

- для случая 3

$$\sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t \right) < \sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \Delta Z_{ij} \cdot \alpha_t + \sum_{t=-T}^T \sum_{h=1}^H K_{iht} \cdot \alpha_t \right), \quad (13)$$

Во всех трех случаях в результате внедрения нескольких природоохранных мероприятий ( $i$ ) достигается суммарный экологический эффект ( $\mathcal{E}_{\text{эк}}^{\Sigma}$ ) в виде суммы предотвращенного ущерба, равного суммарному снижению платы за вредные выбросы, сни-

жения стоимости топлива, снижения стоимости используемого сырья вследствие утили-

зации уловленных загрязнений и определяется по формуле

$$\Xi_{\text{эк}}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^I \left( \sum_{t=0}^T \left( \sum_{n=1}^N \Delta P_{itn} + \sum_{m=1}^M \Delta S_{itm} + \Delta T_{it} \right) \alpha_t \right). \quad (14)$$

При оценке эффективности природоохранных мероприятий возможны следующие ситуации:

- предлагается один вариант природоохранного мероприятия, определяется эффект (экологический и/или экономический) и сравнивается с базовым вариантом «без проекта»;

- рассмотрению подлежат два, три или другое количество альтернативных вариантов природоохранного мероприятия, из которых выбирают вариант с большим эффектом по сравнению с вариантом «без проекта» или с вариантом, принятым базовым;

- рассматриваются все возможные варианты природоохранных мероприятий при заданных ограничениях параметров систем и ресурсов, выбирается оптимальный вариант, определяется эффект и сравнивается с вариантом «без проекта» или с вариантом, принятым базовым.

Сравниваемые варианты должны удовлетворять условиям сопоставимости по времени вложения средств и получения эффекта, по используемым ценам и тарифам, по режиму работы сравниваемого оборудования, количеству смен работы и другим показателям.

Выбор экономически целесообразного природоохранного варианта представляет собой трудоемкую задачу, алгоритм решения которой включает расчет капитальных вложений, годовых эксплуатационных расходов, платы за выбросы и др. в сопоставимом уровне цен в соответствии с различными методиками расчетов. Возможные изменения, характеризующие прогнозные значения исходных показателей для расчета, значительно увеличивают генерацию рассматриваемых вариантов и могут быть учтены при расчетах с использованием ЭВМ.

В условиях неопределенности, особенно в период инфляции и разброса цен в зависимости от производителя, поставщика, качества и других факторов, особое значение имеет определение области экономически целесообразного применения лучшего варианта, возможность моделировать прогнозные ситуации и оценивать результаты таких изменений.

В заключение отметим, что решение задач экологической безопасности [1, 2] технологических процессов связаны с задачами обеспечения безопасности труда [3, 4, 5, 6, 7] на опасных и вредных производствах. При обеспечении требуемого уровня безопасности на предприятии необходимо дополнительно учитывать возможные опасности от других факторов, таких как производственный шум, примеры уменьшения вредного воздействия от которого рассмотрены в работах [8, 9, 10, 11, 12]. Так же необходимо решать целый ряд смежных задач для обеспечения комплексной безопасности [13, 14, 15, 16, 17, 18] с использованием информационных технологий [19, 20, 21]. Комплексное решение рассмотренных задач с последующей оценкой результатов и принятием необходимых мер по улучшению условий труда и обеспечению безопасности труда на вредных и опасных производствах является направлением дальнейших исследований.

#### Библиографический список

1. Манохин, В.Я. Научно-практические и методологические основы экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах / В.Я. Манохин // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 2004.

2. Манохин, М.В. Охрана труда и расчет рассеивания параметров выброса вред-

ных веществ на промышленной площадке асфальтобетонного завода / Манохин М.В., Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2016. - № 1 (12). - С. 104-107.

3. Сазонова, С.А. Безопасность труда при эксплуатации машин и оборудования на асфальтобетонных и цементобетонных заводах / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2016. - № 1. - С. 28-33.

4. Сазонова, С.А. Обеспечение безопасности труда на асфальтобетонных и цементобетонных заводах при эксплуатации машин и оборудования / Сазонова С.А., Манохин М.В., Николенко С.Д. // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 63-66.

5. Сазонова, С.А. Требования к безопасности труда на асфальтобетонных заводах при погрузочно-разгрузочных работах / С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, С.Д. Николенко // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 57-60.

6. Манохин, М.В. Требования к безопасности труда и пожаровзрывобезопасность при эксплуатации асфальтобетонных заводов / М.В. Манохин, В.Я. Манохин, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2016. - № 1. - С. 16-21.

7. Головина Е.И. Интегральная балльная оценка тяжести труда операторов смесителей асфальтобетонных заводов в условиях высокой запыленности рабочей зоны / Е.И. Головина, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, М.В. Манохин, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2016. - № 1 (12). - С. 95-98.

8. Павлова, У.Ю. Теоретическое представление процесса распространения автотранспортного шума для разработки про-

граммного комплекса проектирования сооружений остановочных пунктов общественного транспорта с функцией шумозащитного экранирования / У.Ю. Павлова, В.Ф. Асмнин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2016. - № 2 (42). - С. 123-130.

9. Асмнин, В.Ф. Noise reduction in circular woodworking machines in the production of wood components / В.Ф. Асмнин, Д.С. Осмоловский // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2012. - № 4 (16). - С. 69-79.

10. Осмоловский, Д.С. Экспериментальное исследование диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с фрикционным трением для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асмнин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2011. - № 5 (323). - С. 59-63.

11. Асмнин, В.Ф. Об одном из путей снижения шума в сложившейся жилой застройке, прилегающей к остановочным пунктам общественного автотранспорта / В.Ф. Асмнин, У.Ю. Корда // Безопасность жизнедеятельности. - 2011. - № 4. - С. 21-24.

12. Осмоловский, Д.С. Акустическая эффективность от применения вибродемпфирующих прокладок с сухим трением для снижения шума от пильного диска круглопильных деревообрабатывающих станков / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асмнин // Безопасность жизнедеятельности. - 2012. - № 8. - С. 14-19.

13. Асмнин, В.Ф. Использование акустических характеристик речевых пожарных оповещателей для расчёта звуковых полей помещений / В.Ф. Асмнин, А.И. Антонов, Е.Н. Епифанов // Технологии техносферной безопасности. - 2014. - № 1 (53). - С. 13.

14. Asminin, V.F. The method of sound designing of a single voice fire alarm / V.F. Asminin, A.I. Antonov, S.N. Kuznetsov // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2014. - № 2 (22). - С. 67-75.

15. Асмнин, В.Ф. Методика акустического проектирования одиночного пожарного речевого оповещателя / В.Ф. Асмнин,

Е.Н. Епифанов, А.И. Антонов, С.Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 3 (31). - С. 121-127.

16. Osmolovsky, D.S. Reducing noise from round woodworking machines by applying vibration damping friction pads between the saw blade and the clamping flange / D.S. Osmolovsky, V.F. Asminin, E.V. Druzhinina // Akustika. - 2019. - Т. 32. - № 1. - С. 138-140.

17. Молодая, А.С. Моделирование высокотемпературного нагрева сталефибробетона / А.С. Молодая, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018. - Т. 6. - № 2 (21). - С. 323-335.

18. Николенко, С.Д. Обеспечение безопасности земляных работ с применением расчетов прикладной механики / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование си-

стем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 4. - С. 47-51.

19. Квасов, И.С. Синтез систем сбора данных для распределительных гидравлических сетей / И.С. Квасов, В.Е. Столяров, С.А. Сазонова // В сборнике: Информационные технологии и системы Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. - 1999. - С. 113-115.

20. Квасов, И.С. Оценка параметров трубопроводных систем на основе функционального эквивалентирования / И.С. Квасов, С.А. Сазонова // В книге: Понтрягинские чтения - X 1999. - С. 219.

21. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

УДК 624.073.2.04

*Воронежский государственный технический университет  
Канд. тех. наук, доцент Н.Н. Некрасова  
Россия, г. Воронеж, E-mail: Nekrasova-N@yandex.ru*

*Voronezh state technical University  
Kand. Techn. associate Professor N.N. Nekrasova  
Russia, Voronezh, E-mail: Nekrasova-N@yandex.ru*

Н.Н. Некрасова

## ПОСТРОЕНИЕ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛИТ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ С УПРУГИМ ОСНОВАНИЕМ

**Аннотация:** рассматриваются типы аппроксимации функций жесткости, входящие в конечно-разностную систему интегро-дифференциальных уравнений. Проводится сравнительная оценка типов осреднения жесткостных коэффициентов в сеточных узлах для численных расчетов прямоугольной плиты

**Ключевые слова:** плита переменной толщины, упругое основание, разностная схема, конечно-элементное моделирование

N.N. Nekrasova

## THE CONSTRUCTION OF DIFFERENCE SCHEMES FOR NUMERICAL SIMULATION OF CONTACT INTERACTION OF PLATES WITH VARIABLE THICKNESS WITH ELASTIC BOTTOM

**Abstract:** the types of approximation of stiffness functions included in the finite-difference system of integro-differential equations are considered. A comparative evaluation of the types of averaging of stiffness coefficients in grid nodes for numerical calculations of a rectangular plate is carried out

**Keywords:** plate of variable thickness, elastic base, Difference scheme, finite element modeling

В теории расчета плитных фундаментов основные результаты получены для плит постоянной жесткости (толщины). Однако в

практике строительства широко применяются плиты, изменение жесткостей (толщин) которых обуславливается расположением технологического оборудования, изменением нагрузки на отдельных участках плиты и в ряде других случаев. В имеющихся анали-

тических решениях рассматривается ограниченный класс нагрузок и сравнительно простые законы изменения жесткости, как правило, по ступенчатому закону. Отсутствуют работы по расчету как изотропных, так и ортотропных плит переменной жесткости, находящихся на упругих основаниях различных типов (кроме полупространства). Поэтому теория изгиба плит переменной жесткости (толщины), расположенных на упру-

гих неклассических основаниях требует дальнейшего развития с целью применения ее к более широкому классу практических задач.

Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности ортотропной плиты переменной жесткости, находящейся под действием поперечной нагрузки и опирающейся на упругое основание имеет вид

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ D_x \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu_2 \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) \right] + 4 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left( D_K \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[ D_y \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu_1 \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) \right] = q(x, y) - p(x, y), \quad (1)$$

где  $W(x, y)$  – вертикальное перемещение срединной плоскости плиты,  $q(x, y)$  – интенсивность внешней нагрузки,  $p(x, y)$  – контактное давление;  $E_1, E_2, \nu_1, \nu_2$  – модули упругости и коэффициенты Пуассона материала плиты соответственно;  $G$  – модуль сдвига,  $h$  – толщина плиты;  $D_K = Gh^3 / 12$  – жесткость кручения;  $D_x = E_x h^3 / 12(1 - \nu_1 \nu_2)$  и  $D_y = E_y h^3 / 12(1 - \nu_1 \nu_2)$  – цилиндрические жесткости изгиба. Для главных направлений

упругости жесткости изгиба  $D_x, D_y$  и жесткость кручения  $D_K$  связаны соотношениями:  $D_3 = D_x \nu_2 + 2D_K = D_y \nu_1 + 2D_K$ .

В данной постановке трение в области контакта не учитывается, плита полностью примыкает к основанию. Вертикальные перемещения плиты и поверхности основания равны между собой. Зависимость между интенсивностью реактивного давления и вертикальным перемещением выражается уравнением

$$W(x, y) = \bar{W}(x, y) + A + Bx + Cy = \frac{1 - \nu_0^2}{\pi E_0} \iint_S \omega(x, y, \xi, \eta) p(\xi, \eta) d\xi d\eta, \quad (2)$$

где  $A, B, C$  – параметры перемещения плиты как жесткого целого;  $E_0, \nu_0$  – модуль упругости и коэффициент Пуассона основания. Функция  $\omega(x, y, \xi, \eta)$  выбирается в зависимости от принятой модели основания. Граничные условия

на контуре плиты классические: защемление, шарнирное опирание или свободный край [1].

Замыкает задачу система уравнений равновесия для плиты, нагруженной внешней распределенной нагрузкой  $q(x, y)$ :

$$\iint_S p(\xi, \eta) d\xi d\eta = \iint_F q(\xi, \eta) d\xi d\eta, \quad \iint_S p(\xi, \eta) \xi d\xi d\eta = \iint_F q(\xi, \eta) \xi d\xi d\eta, \\ \iint_S p(\xi, \eta) \eta d\xi d\eta = \iint_F q(\xi, \eta) \eta d\xi d\eta, \quad (3)$$

где  $S$  – область контакта плиты и основания,  $F$  – область действия внешней распределенной нагрузки.

Нахождение точных решений сформулированной пространственной контактной задачи для любой модели упругого основа-

ния представляет значительные трудности. Для численного решения поставленной задачи предлагается расчет на основе сочетания метода сеток и метода граничных элементов. Причем рассматривается конечно-разностная схема (типа сквозного счета), которая характеризуется тем, что граница областей с различными механическими свойствами явно не выделяется. Для жесткостей, входящих в выражения коэффициентов конечно-разностных уравнений в узлах сетки применяем принцип сглаживания [2].

При замене дифференциального уравнения (1) конечно-разностными выражениями используем известный 13-точечный шаблон для построения разностного уравнения во внутренних узлах прямоугольной сетки. Кроме того, в дальнейшем для составления конечно-разностных уравнений потребуется использовать дополнительные точки

$\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ , расположенные в центрах соответствующих клеток [3].

Таким образом, полученная в результате дискретизации система линейных уравнений относительно прогибов узловых точек плиты в матричной записи примет вид

$$[H]\{W\} = \{q\} - \{p\}, \quad (4)$$

где  $[H]$  – матрица дифференциального оператора относительно вектора прогибов  $\{W\}$ ;  $\{q\}$  и  $\{p\}$  – векторы внешней нормальной нагрузки и реактивного давления, рассматриваемые в узлах конечно-разностной сетки. Матрица  $[H]$  содержит коэффициенты жесткости  $D_x, D_y, D_K$ , которые в каждом узле сетки равны среднему арифметическому значению жесткостей в полуполных узлах (промежуточные узлы, расположенные в серединах отрезков между узлами основной сетки) [4]

$$\begin{aligned} (\hat{D}_x)_{i,j} &= \frac{1}{2} \cdot [(D_x)_{i,j+1/2} + (D_x)_{i,j-1/2}]; & (\hat{D}_y)_{i,j} &= \frac{1}{2} \cdot [(D_y)_{i-1/2,j} + (D_y)_{i+1/2,j}]; \\ (\hat{D}_x)_{i,j-1} &= \frac{1}{2} \cdot [(D_x)_{i,j-1/2} + (D_x)_{i,j-3/2}]; & (\hat{D}_y)_{i-1,j} &= \frac{1}{2} \cdot [(D_y)_{i-1/2,j} + (D_y)_{i-3/2,j}]; \\ (\hat{D}_x)_{i,j+1} &= \frac{1}{2} \cdot [(D_x)_{i,j+1/2} + (D_x)_{i,j+3/2}]; & (\hat{D}_y)_{i+1,j} &= \frac{1}{2} \cdot [(D_y)_{i+1/2,j} + (D_y)_{i+3/2,j}]; \\ (\hat{D}_K)_\alpha &= \frac{1}{4} \cdot [(D_K)_{i+1/2,j-1/2} + (D_K)_{i+1/2,j} + (D_K)_{i,j-1/2} + (D_K)_{i,j}]; \\ (\hat{D}_K)_\beta &= \frac{1}{4} \cdot [(D_K)_{i+1/2,j+1/2} + (D_K)_{i+1/2,j} + (D_K)_{i,j+1/2} + (D_K)_{i,j}]; \\ (\hat{D}_K)_\gamma &= \frac{1}{4} \cdot [(D_K)_{i-1/2,j-1/2} + (D_K)_{i-1,j} + (D_K)_{i,j-1/2} + (D_K)_{i,j}]; \\ (\hat{D}_K)_\sigma &= \frac{1}{4} \cdot [(D_K)_{i-1/2,j+1/2} + (D_K)_{i-1/2,j} + (D_K)_{i,j+1/2} + (D_K)_{i,j}]. \end{aligned}$$

Сравнение типов аппроксимации жесткостей проанализированы на примере изотропной плиты, защемленной по контуру со стороной  $a = 16\text{м}$  и взаимодействующей с упругим полупространством. В расчетах изменение жесткости плиты обусловлено изменением ее толщины.

Причем, скачок толщины происходит по окружности радиуса  $R = 4\text{м}$  с центром, совпадающим с центром плиты (рис. 1). Анализируются два случая: 1) толщина плиты в круге  $h_1 = 1\text{м}$ , а вне круга  $h_2 = 1,5\text{м}$ ; 2) толщина плиты в круге  $h_1 = 2,548$ , вне круга  $h_2 = 1\text{м}$  (объем плиты при

таким законом изменения толщины остается постоянным и равен  $V = 384 \text{ м}^3$ ).

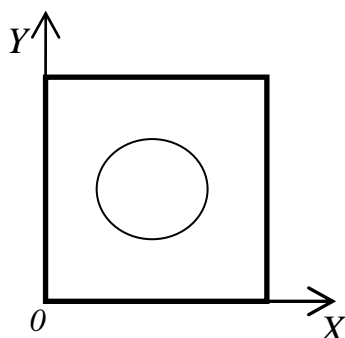


Рис. 1 - Плита со скачкообразным изменением толщины по окружности с радиусом  $R=4 \text{ м}$

Для учета свойств ортотропии плиты полагаем:  $E_1 = 2,5E$ ,  $\nu_1 = 2,5\nu$ ,  $E_2 = E$ ,  $\nu_2 = \nu$ ,  $G = 0,429 \cdot E$ ,  $E = 2 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ,  $\nu = 0,167$ . Характеристики основания:  $E_0 = 29,1 \text{ МПа}$ ,  $\nu_0 = 0,25$ . Показатель гибкости для изотропной плиты  $r = \frac{3}{2} \cdot \pi E_0 a^3 \cdot (1 - \nu^2) / Eh^3 \cdot (1 - \nu_0^2) = 29,12$ . На плиту действует равномерно распределенная нагрузка  $q = 10^5 \text{ Н/м}^2$ .

Как показали проведенные расчеты, для первого случая изменения жесткостей (внутри круга толщина плиты меньше, чем вне круга) все три типа осреднения жесткостей приводят к качественно подобному распределению прогибов. В этом случае изолинии прогибов плиты симметричны относительно ее центра и в центральной области плиты практически не отличаются от окружностей. Если толщина плиты в круге больше, чем за его пределами использование типа осреднения жесткостей существенно сказывается на картине изолиний прогибов. Осреднение жесткостей по первому и, особенно, по второму типу приводит к неравномерному распределению прогибов жесткой части плиты относительно центра квадрата, что невозможно при симметричном нагружении и симметричных граничных условиях. В то же время, аппроксимация жесткостей с

использованием полуцелых узлов не искажает картину прогибов, как для более жесткой части плиты, так и для менее жесткой ее части.

Проведенные методические расчеты при различных законах изменения функции жесткости показали, что осреднение жесткостей при формировании конечно-разностных уравнений с использованием полуцелых узлов наиболее эффективна. Повышается точность расчетов напряженно-деформированного состояния плиты с кусочно-постоянной функцией жесткости.

Разработанный программный комплекс может быть применен при исследовании более сложных случаев нагружения и других возможных сочетаниях граничных условий на контуре плиты. Кроме того, использование контактной модели упругого основания реализовано отдельным блоком и не требует перестройки всего алгоритма для любой другой контактной модели. А так же, предлагаемая методика может быть эффективно применяться при решении задач оптимального проектирования по весу плит переменной толщины, расположенных на упругих основаниях.

#### Библиографический список

1. Варвак, П.М. Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций / П.М. Варвак., Л.П. Варвак. М.: Стройиздат, 1977. – 154 с.
2. Ээк, Р.Н. Расчет ортотропных пластинок переменной толщины методом сеток / Р.Н. Ээк, Р.К. Рязмет // Тр. Таллинский политех. ин-та. – 1984. – № 575. – С. 13 – 21.
3. Бурковский, В.Л. Численная реализация модели цилиндрического изгиба ортотропных плит переменной жесткости на упругом основании / В.Л. Бурковский, Н.Н. Некрасова // Вестник Воронеж. гос. технического ун-та, 2009г. – т.5. – №10. – С. 101-107.
4. Самарский, А.А., Теория разностных систем / А.А. Самарский. – М.: Наука, 1977. – 656 с.

УДК 621.396.67

Воронежский государственный университет инженерных технологий, Канд. техн. наук, доцент Л.А. Коробова,  
Магистр Д.А.Рылёва  
Россия, г.Воронеж, E-mail: dashaklim.95@mail.ru

Voronezh State University of Engineering Technologies  
Cand. tech. Sciences, Associate Professor LA Korobova  
Master's degree D.A. Rylyova  
Russia, Voronezh, E-mail: dashaklim.95@mail.ru

Д.А. Рылёва, Л.А. Коробова

## РАЗРАБОТКА ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ МОДЕЛИ УЧЕТА ПОТЕРЬ СИГНАЛА ПРИ РАСЧЕТЕ СЕТЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

**Аннотация:** Проведен анализ необходимых мероприятий на начальной стадии проектирования беспроводной сети. Модернизирована, детерминированная модель Ксия — Бертони расчёта затухания сигнала

**Ключевые слова:** беспроводная сеть, модель Ксия-Бертони, зона покрытия, затухание сигнала

D.A. Rylyova, L.A. Korobova

## DEVELOPMENT OF A DETERMINED ACCOUNTING MODEL OF LOSSES OF SIGNAL WHEN CALCULATING WIRELESS COMMUNICATION NETWORKS

**Abstract:** The analysis of the necessary measures at the initial stage of designing a wireless network. Upgraded. deterministic model of Xia - Bertoni calculation of signal attenuation

**Keywords:** wireless network, Xia-Bertoni model, coverage area, signal attenuation

На промышленном предприятии существует много объектов автоматизации, где сложно обойтись без беспроводных сетей: С точки зрения требований к промышленным сетям беспроводные сети уступают проводным по некоторым характеристикам: помехозащищенность, ограниченная дальность, резкое падение пропускной способности. В совокупности, причинами являются интерференция, дифракция, преломление, отражение, рассеяние и снижение плотности мощности излучения при увеличении расстояния от источника, а также невозможность локализации радиоволн в ограниченном пространстве. Поэтому размещение точек доступа для подключения и осуществления безопасности беспроводной сети является главной проблемой при построении беспроводной сети. Из этого при построении сетей возникает задача расчета сети с учетом потерь сигнала. В основе задачи лежит модель,

позволяющая определить зону покрытия рабочей станции при заданном ее расположении на местности. Для эффективного радиочастотного планирования в сетях беспроводной связи необходимо использовать наиболее точные методы и модели расчета затухания радиоволн. Детерминированным модели являются высокоточными, но требуют значительных временных затрат на расчет. Одна из таких моделей Ксия – Бертони.

Модель Ксия — Бертони позволяет оценить средний уровень потерь. Данная модель предлагает простой и удобный способ получения предварительных оценок уровня средних потерь в канале связи. Данная модель не учитывает поглощение сигнала при прохождении через препятствие. Добавим в базовую модель коэффициент изменения уровня сигнала при прохождении через определенный материал и коэффициент количества препятствий, получаем

$$L = -10 \lg \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 - 10 \lg \left[ \frac{\lambda}{2\pi^2 r} \left( \frac{1}{Q} - \frac{1}{2\pi + Q} \right)^2 \right] - 10 \lg \left[ 2,35^2 \left( \frac{\Delta h_b}{R} \sqrt{\frac{d}{\lambda}} \right) \right] - \sum (Rwlan_i \cdot S_i), \quad (1)$$

где  $Rwlan_i$  коэффициент потерь прохожде-

ния сигнала через препятствие,  $S_i$ - количество препятствий,  $\lambda$  – длина волны (м),  $R$  – расстояние между приемником и передатчи-



ком ( $R = 0,1-1,5$  км с шагом  $0,05$  км),  $\Delta h_b = h_{BC} - h_0$  (м) (разность высоты антенны и среднего уровня крыш),  $Q = \text{tg}^{-1}(h_M/x)$ , где  $\Delta h_M = h_0 - h_{AC}$  (м) – разность высот среднего уровня крыш и антенны мобильной станции;  $x$  – расстояние между антенной мобильной станции и кромкой крыши (на которой дифрагирует волна) по горизонтали. В большинстве случаев  $x = \omega/2$ , где  $\omega$  – средняя ширина улиц (15 м);  $d$  – среднее расстояние между кварталами (40 м). Из графика видно, что при введении коэффициентов модель стала более приближенной к среднестатистическим данным. (рисунок 1)

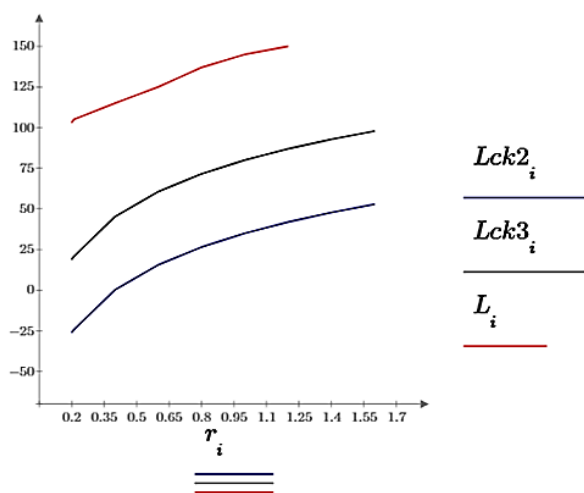


Рис. 1 - График затухания сигнала по моделям Ксия-Бертони(Lck2) и модели с введенными коэффициентами(Lck3) среднестатистические затухания(Lck)

### Библиографический список

1. Клименко Д. А, Коробова Л.А К вопросу о качестве предоставления связи / Д. А Клименко, Л. А Коробова // Материалы II Международной научно – технической конференции «Стандартизация, управление ка-

чеством и обеспечение информационной безопасности в перерабатывающих отраслях АПК и машиностроении». – Воронеж: ВГУ-ИТ, 2016. – С. 25-27

2. Клименко Д. А, Коробова Л.А Алгоритм определения расположения точек беспроводной связи на местности / Д. А Клименко, Л. А Коробова // Сборник статей V международной научно-практической интернет - конференции «Моделирование энергоинформационных процессов». – Воронеж: ВГУИТ, 2017. – С. 53-54

3. Клименко Д. А, Коробова Л.А Факторы распространения беспроводной связи  $W_i - F_i$  / Д. А Клименко, Л. А Коробова // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год. Часть I. Технические науки – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – С. 402.

4. Клименко Д. А, Коробова Л.А Факторы распространения беспроводной связи  $W_i - F_i$  / Д. А Клименко, Л. А Коробова //Сборник научных трудов по материалам XXV международной научно – практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий». Часть 5. Технические науки – Белгород: 2017. – С. 147.

5. Акамсина, Н.В. Подходы к разрушению сложных систем [Текст] / Н.В. Акамсина, О.А. Коновалов, Л.А. Коробова, Ю.С. Сербулов // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 2 (22). С. 189-195.

6. Офиснал, Т.И. Анализ безопасности и защищенности информационных систем [Текст] / Т.И. Офиснал, Л.А. Коробова // В сборнике: Моделирование энергоинформационных процессов Сборник материалов VII национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 498-50



УДК 681.5.033

Воронежский государственный технический университет  
кандидат технических наук, доцент А.В. Смольянинов  
E-mail: a.v.smolyaninov@yandex.ru

кандидат технических наук И.В. Поцбнева  
E-mail: ipocbneva@vgasu.vrn.ru

Студент А.А. Барбарош  
Россия, г.Воронеж

Voronezh State Technical University  
Candidate of Eng. Sciences, Associate Professor A. V. Smolyaninov  
E-mail: a.v.smolyaninov@yandex.ru

Candidate of Engineering Sciences I. V. Pochbneva  
E-mail: ipocbneva@vgasu.vrn.ru

Student A. A. Barbarosh.  
Russia, Voronezh

А.В. Смольянинов, И.В. Поцбнева, А.А. Барбарош

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и внедрением в учебный процесс виртуальных лабораторий, предназначенных для дистанционного выполнения лабораторных работ по курсам «Теория автоматического управления» и/или «Автоматизация технологических процессов в строительстве» и т.д.

**Ключевые слова:** виртуальная лаборатория, алгоритм управления, многосвязный объект, компенсатор возмущений

A.V.Smolyaninov, I.V. Pochbneva, A.A. Barbarosh

## PROGRAM IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL LABORATORY STAND

**Abstract:** The article deals with issues related to the development and implementation of virtual laboratories in the educational process, designed for remote laboratory work in the Theory of Automatic Control and / or Automation of Technological Processes in Construction, etc.

**Keywords:** virtual laboratory, control algorithm, multiply connected object, perturbation compensator

Развитие информационных технологий в образовательной деятельности диктует необходимость внедрения в процесс обучения новых образовательных практик, к числу которых, в первую очередь следует отнести электронные формы обучения. Это обеспечивает удовлетворение растущего спроса на образовательные услуги, а так же интеграцию в международное научное сообщество, что позволяет стать субъектами межкультурной коммуникации и международного культурного обмена [1]. В настоящее время при разработке электронных образовательных ресурсов все большее внимание уделяется средствам мультимедиа, что в значительной степени способствует повышению

их наглядности и, как следствие, эффективности их использования. Ярким примером подобных ресурсов являются виртуальные лаборатории (лабораторные стенды), позволяющие дистанционно реализовать, такую важную форму обучения, как лабораторные работы. Можно выделить два вида виртуальных лабораторий [2]. В первом случае под виртуальной лабораторией понимается физически существующая лабораторная установка с дистанционным доступом, во втором случае, речь идет о программном обеспечении, позволяющем моделировать процессы, протекающие в реальном объекте.

В настоящей статье рассматривается виртуальный лабораторный стенд второго типа, позволяющий моделировать процессы, протекающие в аппарате, представляющем собой четыре соединенных резервуара [3], предназначенный для исследования и синте-

© Смольянинов А.В., Поцбнева И.В.,  
Барбарош А.А., 2019

за систем автоматического управления многосвязными объектами. Главное окно приложения выполнено в виде интерактивной

функциональной схемы автоматизации многосвязного объекта состоящего из четырех резервуаров (рис.1).

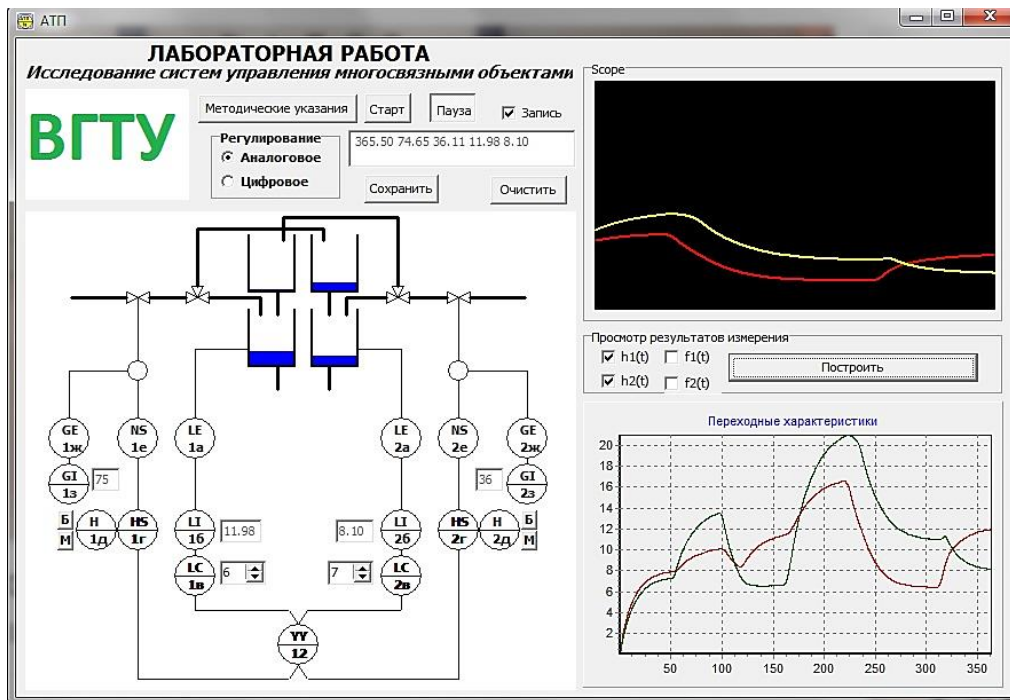


Рис. 1 - Главное окно приложения

Кнопка «**Старт**» позволяет начать или продолжить, а кнопка «**Пауза**» приостановить процесс моделирования. Активизация переключателя «**Запись**» приводит к регистрации во временном файле основных технологических параметров: времени, угол поворота регулирующих вентилях и уровней воды в резервуарах *1* и *2*. Кнопка «**Сохранить**» предназначена для сохранения записанных данных на диск, а при нажатии на кнопку «**Очистить**» происходит очистка временного файла.

Панель «**Регулирование**» позволяет выбрать аналоговый или цифровой способ моделирования регулирующих устройств.

Кнопка «**Методические указания**» запускает скомпилированный файл справки, содержащий методические указания по выполнению лабораторных работ (рис.2).

Окно «**Score**» предназначено для непрерывного отображения графической информации об уровне жидкости в резервуарах *1* и *2*.

Окно «**Просмотр результатов измерения**» позволяет в графическом виде просматривать записанные во временном файле

графики изменения уровня воды в резервуарах и углов поворота регулирующих вентилях. Выбор интересующих зависимостей осуществляется активизацией переключателей  $h_1(t)$ ,  $h_2(t)$ ,  $f_1(t)$  и  $f_2(t)$ , а их построение – нажатием на кнопку «**Построить**».

Программой реализуются два контура управления, любой из которых может быть переведен в ручной или автоматический режим работы. Для переключения режима работы первого контура (датчик уровня *LE-1a*, показывающий прибор *LI-1б*, регулятор уровня *LC-1в*, компенсатор *YY-12*, переключатель режима работы *HS-1г*, магнитный пускатель *NS-1е*, исполнительный механизм вентиля регулирования *В1*) используется переключатель режима работы *HS-1г* на условное обозначение которого необходимо навести указатель мыши и нажать левую кнопку. После перевода контура в режим ручного управления рядом с условным обозначением кнопочной станции *Н-1д* появятся кнопки «**Б**» и «**М**», нажимая на которые можно управлять углом открытия регулирующего вентиля *В1*. Переключение режима работы второго контура (датчик уровня *LE-2a*, пока-

зываются прибор *LI-2б*, регулятор уровня *LC-2в*, компенсатор *YY-12*, переключатель режима работы *HS-2г*, магнитный пускатель

*NS-2е*, исполнительный механизм вентиля регулирования *B2*) осуществляется аналогично.

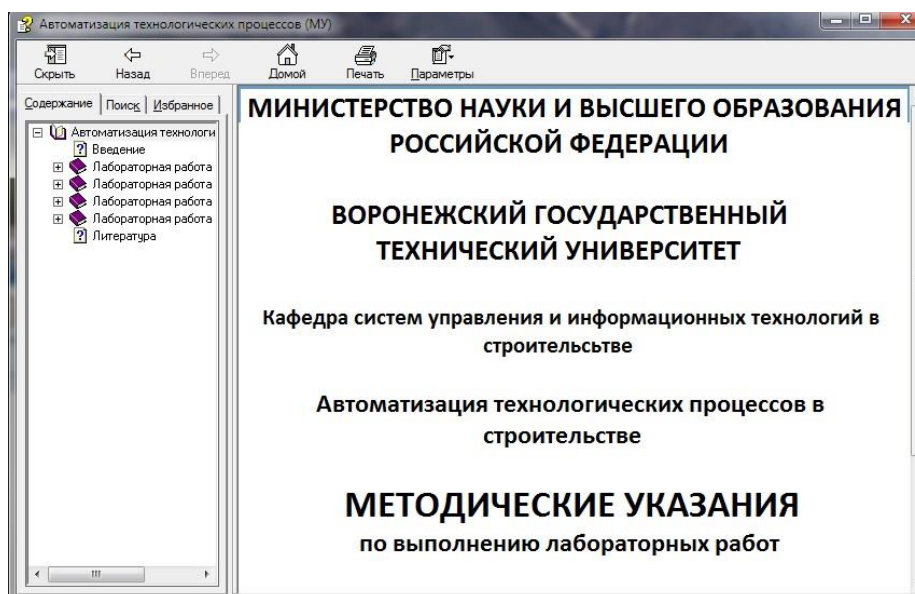


Рис. 2 - Методические указания к лабораторным работам

Помимо вышеизложенного, программой предусмотрена возможность учета влияния исполнительных механизмов на процесс регулирования. Для реализации этой возможности необходимо навести указатель мыши на условное обозначение исполнительного механизма, и нажать на левую кнопку мыши. Это приведет к появлению окна, приведенного на рис.3, где необходимо активизировать переключатель «Учитывать влияние ИМ» и установить коэффициент передачи  $K_{ИМ} = \frac{100}{T_{ИМ}}$ , где  $T_{ИМ}$  – время поворота вала исполнительного механизма на **100%**, после чего нажать на кнопку «Ввод».

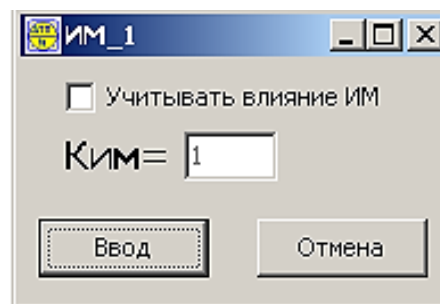


Рис.3 - Окно ввода параметров исполнительного механизма

Структурная схема замкнутой системы, реализуемой программой, приведена на рис.4.

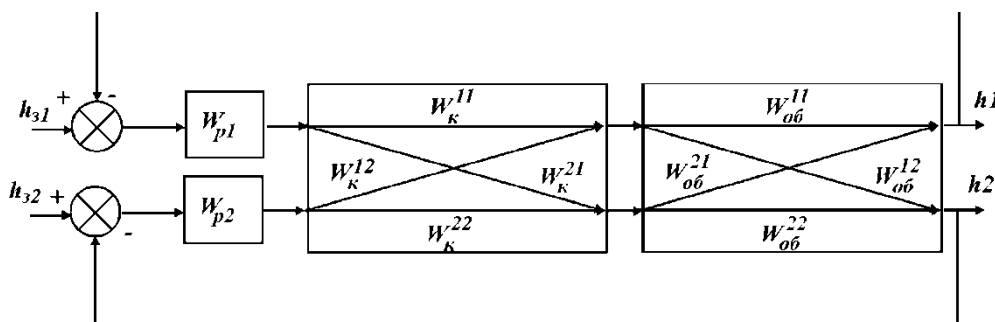
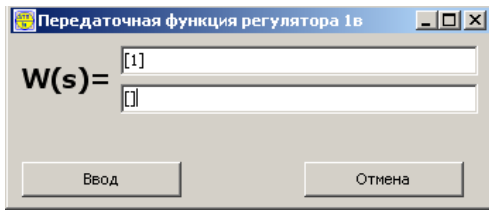


Рис. 4 - Структурная схема замкнутой системы

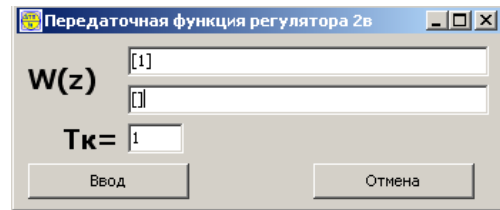
По умолчанию регуляторы **LI-1б** ( $W_{p1}$ ) и **LI-2б** ( $W_{p2}$ ) реализуют пропорциональные законы регулирования с единичным коэффициентом передачи, а компенсатор **YU-12** – матричную передаточную функцию вида  $\begin{bmatrix} W_k^{11} & W_k^{12} \\ W_k^{21} & W_k^{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ , что исключает его влияние на работу замкнутых систем.

Для изменения передаточных функций



а)

регуляторов необходимо подвести указатель мыши на условное обозначение регулятора **LI-1б** или **LI-2б** и нажать левую кнопку мыши. Это приведет к появлению окна ввода передаточной функции, вид которого определяется выбором на панели «**Регулирование**». Для аналоговой системы ввода передаточной функции приведено на рис. 5а, а для цифровой – на рис. 5б.



б)

Рис. 5 - Окна ввода передаточной функции регулятора

Приложение позволяет вводить передаточные функции регуляторов вида

$$W(s) = \frac{\sum_{i=0}^n b_i s^i}{\sum_{i=0}^m a_i s^i} \quad \text{и} \quad W(z) = \frac{\sum_{i=0}^n b_i z^{-i}}{\sum_{i=0}^m a_i z^{-i}},$$

где  $s$  – оператор дифференцирования,  $z = e^{sT_k}$ ,  $T_k$  – период квантования,  $b_i$  и  $a_i$  – коэффициенты полиномов числителя и знаменателя,  $n \leq m$  – порядки числителя и знаменателя.

Коэффициенты числителя и знаменателя передаточной функции вводятся в квадратных скобках через пробел в порядке убывания индекса. В качестве десятичного разделителя используется точка.

Для ввода передаточной функции пропорционального звена необходимо в числителе указать коэффициент передачи, заключенный в квадратные скобки [K], а в знаменателе пустые квадратные скобки [].

Для ввода передаточной функции вида  $W(s) = \frac{1}{T_u s}$ , где  $T_u$  – постоянная времени интегрирования, необходимо в числителе записать [1], а в знаменателе [T<sub>u</sub> 0].

Для изменения матричной передаточной функции компенсатора необходимо подвести указатель мыши на условное обозначение **YU-12** и нажать левую кнопку мыши, что приведет к появлению на экране окна ввода передаточной функции компенсатора.

Приложение позволяет вводить передаточные функции компенсатора вида

$$W(s) = \frac{\sum_{i=0}^n b_i s^i}{\sum_{i=0}^m a_i s^i} e^{-s\tau} \quad \text{и} \quad W(z) = \frac{\sum_{i=0}^n b_i z^{-i}}{\sum_{i=0}^m a_i z^{-i}} z^{-k}$$

где  $\tau$  – время запаздывания,  $k$  – число периодов задержки. Ввод коэффициентов передаточных функций аналогичен рассмотренному ранее.

Программа имеет встроенный лексический анализатор, который в случае недопустимого ввода выдает сообщение пользователю, где указываются правила ввода коэффициентов передаточной функции.

Для управления заданными значениями уровней жидкости в резервуарах рядом с УГО регуляторов **LC-1в** и **LC-2в**, расположены элементы, позволяющие изменять эти величины.

Следует отметить, что разработанное приложение позволяет проводить полноценные лабораторные работы выполняемые при изучении таких курсов как «Теория автоматического управления», «Автоматизация технологических процессов» и т.д.

### Библиографический список

1. Лебедева Т.Е., Охотникова Н.В., Потапова Е.А. Электронная образовательная среда вуза: требования, возможности, опыт и

перспективы использования // Интернет-журнал «Мир науки» 2016, Том 4, номер 2 <http://mir-nauki.com/PDF/57PDMN216.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

2. А.В. Трухин. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании // Открытое и дистанционное образование. - 2002. - № 4 (8)

3. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления // Гудвин Г.К., Гребне С.Ф., Сальгадо М.Э. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

4. Поцбенева И.В., Иванова А.В.,

Иварлак К.Д., Ермакова О.В. Анализ программ имитационного моделирования для совершенствования процессов и конструкций // Современные инновации в науке и технике Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 162-166.

5. Барбарош А.А., Смольянинов А.В., Поцбенева И.В. Моделирование бизнес-процессов при реинжиниринге производства // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2018. № 3 (13). С. 59-63.

УДК 517.98

*Воронежский государственный технический университет*

*Канд. физ. – мат. наук, доцент М.Ю. Глазкова,*

*Канд. физ. – мат. наук, доцент А.И. Барсуков*

*Воронежский государственный аграрный университет*

*им. императора Петра I*

*Канд. физ. – мат. наук, доцент И.В. Гриднева*

*Россия, г. Воронеж*

*Voronezh state technical University*

*Cand. Phys.-Math. Sciences, associate Professor M.Yu. Glazkova,*

*Cand. Phys.-Math. Sciences, associate Professor A. I. Barsukov*

*Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I*

*Cand. Phys.-Math. Sciences, associate Professor I. V. Gridneva*

*Russia, Voronezh*

М.Ю. Глазкова, А.И. Барсуков, И.В. Гриднева

## О ЗАМКНУТОСТИ ОПЕРАТОРНЫХ МАТРИЦ В ГИЛЬБЕРТОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ С ИНДЕФИНИТНОЙ МЕТРИКОЙ

**Аннотация:** Статья посвящена замкнутости операторных матриц, возникающих при исследовании гидродинамических моделей в гильбертовых пространствах с индефинитной метрикой

**Ключевые слова:** аккретивные операторы, самосопряженные операторы, равномерно аккретивные операторы, операторные матрицы

M.Yu. Glazkova, A.I. Barsoukov, I.V. Gridneva

## ON THE CLOSURE OPERATOR MATRICES IN HILBERT SPACES WITH AN INDEFINITE METRIC

**Abstract:** The article is devoted to the closure of operator matrices arising in the study of hydrodynamic models in Hilbert spaces with an indefinite metric

**Keywords:** accretive operators, self-adjoint operators, uniformly accretive operators, operator matrices

В гидродинамике основной задачей математического исследования является модель ньютоновской жидкости, которая описывает течение при умеренных скоростях большинства вязких несжимающих жидкостей. Модели таких жидкостей были рассмотрены Дж. Максвеллом, В. Фойгом, Дж. Олдройтом. Математическая модель состоит из системы уравнений и начальных и краевых условий.

При исследовании класса интегро – дифференциальных операторных уравнений в гильбертовом пространстве, порожденных начально–краевой и спектральной задачами о малых движениях вязкоупругой жидкости в полностью заполненном контейнере, возникает вопрос о замкнутости операторов, оператор–функций. Одной из таких моделей и является модель Олдройта, которая при  $m=1$  исследовалась в работах А.И. Милославского [1]– [3]:

© Глазкова М.Ю., Барсуков А.И., Гриднева И.В., 2019

$$\frac{du}{dt} + Au + \int_0^t e^{-\mu(t-s)} Bu(s) ds - f(t), \quad u(0) = u_0,$$

где  $H$  – гильбертово пространство,  $u: [0; \infty) \rightarrow H$ ,  $f: [0; \infty) \rightarrow H$ ,  $\mu$  – положительное число,  $u_0 \in H$ ,  $A$  и  $B$  – самосопряженные равномерно положительные операторы на  $H$  с одинаковыми областями определения.

В работе Т.Я. Азизова, Н.Д. Копачев-

$$\frac{du}{dt} + Au + \int_0^t e^{-\mu(t-s)} Bu(s) ds - f(t), \quad u(0) = u_0,$$

где  $f: [0; \infty) \rightarrow H$ ,  $\mu$  – положительное число,  $u_0 \in H$ ,  $A$  и  $B$  – самосопряженные равномерно положительные операторы на  $H$  с одинаковыми областями определения.

Положим

$$v(t) = \int_0^t e^{-\mu(t-s)} B^{1/2} u(s) ds - f(t).$$

Тогда получаем

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} A & B^{1/2} \\ -B^{1/2} & \mu I \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f(t) \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} u(0) \\ v(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Оператор

$$\tilde{A} := \begin{bmatrix} A & B^{1/2} \\ -B^{1/2} & \mu I \end{bmatrix}$$

является равномерно аккретивным.

Если оператор  $\tilde{A}$  – максимальный равномерно аккретивный, то задача имеет единственное сильное решение, которое обеспечивает единственное сильное решение исходной задачи. В действительности, максимальным равномерно аккретивным оператором является его замыкание, но сам  $\tilde{A}$  – незамкнутый оператор.

Введем в гильбертовом пространстве

ского, Л.Д. Орловой [4] доказано, что она имеет единственное сильное решение при обычных условиях на  $f$ .

Эту задачу можно привести к стандартному виду линейной дифференциальной задачи в пространстве  $H^2 = H \oplus H$ .

Пусть  $H$  – гильбертово пространство. Рассмотрим задачу Коши для функции  $u: [0; \infty) \rightarrow H$ :

$H = H_1 \oplus H_2$  индефинитную  $J$ -метрику.

**Теорема.** Пусть  $A_1: H_1 \rightarrow H_1$  – ограниченный снизу самосопряженный оператор, пусть  $B: H_2 \rightarrow H_1$  – плотно определенный, допускающий замыкание оператор, такой что  $dom B^* \supset dom |A|^{1/2}$ , и пусть  $C_1: H_2 \rightarrow H_2$  – ограниченный самосопряженный оператор. Тогда

$$\tilde{A}_1 = \begin{bmatrix} A_1 & B \\ -B^* & C_1 \end{bmatrix}: H \rightarrow H$$

– незамкнутый в существенном  $J$ -самосопряженный оператор в  $H = H_1 \oplus H_2$ .

**Доказательство.**

По предположению  $\tilde{A}_1$  –  $J$ -симметрический оператор. Пусть  $c_A > \max\{c_{A_1}, \|C_1\|\}$ . Тогда оператор  $\tilde{A} = \tilde{A}_1 + c_A I$  также  $J$ -симметрический и выполнены условия теоремы. Таким образом, он незамкнутый оператор, но его замыкание ограничено обратимо на всем пространстве  $H$ .

Следовательно, оператор  $\tilde{A}$  –  $J$ -самосопряженный в существенном. Таким образом,  $\tilde{A}_1$  – незамкнутый и в существен-

ном  $J$ –самосопряженный оператор.

**Следствие.** Пусть  $A_1: H_1 \rightarrow H_1$  – ограниченный снизу самосопряженный оператор, пусть  $B: H_2 \rightarrow H_1$  – плотно определенный, допускающий замыкание оператор, такой что  $dom B^* \supset dom |A|^{1/2}$ , и пусть  $C_1: H_2 \rightarrow H_2$  – ограниченный самосопряженный оператор. Тогда

$$\tilde{A}_2 = \begin{bmatrix} A_1 & B \\ B^* & C_1 \end{bmatrix}: H \rightarrow H$$

– незамкнутый в существенном самосопряженный оператор в  $H = H_1 \oplus H_2$ .

**Доказательство.**

$\tilde{A}_2 = J\tilde{A}_1$ , где  $\tilde{A}_1$  из следствия 1 с  $-C_1$  вместо  $C_1$ .

### Библиографический список

1. Милославский, А.И. Спектр малых колебаний вязкоупругой жидкости в открытом сосуде. / А.И. Милославский. – УМН. – Т. 44 №4, 1989
2. Милославский, А.И. Спектр малых колебаний вязкоупругой наследственной среды. / А.И. Милославский. – ДАН СССР. – Т. 309.3, 1989 – С. 532– 536.
3. Милославский, А.И. Спектр одной оператор–функции, возникающей в гидродинамике. / А.И. Милославский. – Тезисы докладов 14 школы по теории операторов в функциональных пространствах, Новгород, 1989.
4. Азизов, Т.Я. Эволюционная и спектральная задачи, порожденные проблемой малых движений вязкоупругой жидкости. / Т.Я. Азизов, Н.Д. Копачевский, Л.Д. Орлова.– Труды Санкт-Петербургского математического общества – №6, 1998 – С. 5–33.

УДК 004.021

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
Канд. техн. наук, доцент Е.А. Шпилова,  
курсант 1 курса А.А. Паненко  
Россия, г. Воронеж, E-mail: elen\_ship@list.ru

Military Educational and Scientific Center of the Air Force  
«N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»  
Ph.D. in Engineering, associate professor E.A. Shipilova,  
cadet of 1 course A.A. Panenko  
Russia, Voronezh, E-mail: elen\_ship@list.ru

Е.А. Шпилова, А.А. Паненко

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ КОММУНИКАЦИИ

**Аннотация:** Рассматривается решение задачи поиска максимального потока в сети с помощью теории графов. В качестве метода решения используется метод Форда-Фалкерсона. Приводятся алгоритмы поиска прямого пути и «обратных» дуг. Разработана программная реализация выбранного метода решения

**Ключевые слова:** граф, максимальный поток, вершина источник, вершина-сток, прямой путь, «обратные» дуги

Е.А. Shipilova, А.А. Panenko

## MATHEMATICAL MODELLING AND PROGRAM IMPLEMENTATION OF THE PROBLEM OF SEARCH OF THE MAXIMUM FLOW THROUGH COMMUNICATIONS

**Abstract:** The solution of a problem of search of the maximum flow in network by means of the graph theory is considered. As a method of a solution Ford-Falkerson's method is used. Search algorithms of a direct path and the "return" arcs are provided. Program implementation of the selected solution method is developed

**Keywords:** graph, maximum flow, top source, top drain, direct path, "return" arcs

В последние десятилетия, с развитием средств коммуникации, локальных и гло-

бальных компьютерных сетей, актуальность решения задач на графах невероятно возросла, поскольку теоретической основой передачи информации в сетях являются понятия и определения теории графов. Однако, даже



и при наличии ЭВМ реализация алгоритмов, использующих понятия из теории графов, представляет существенную сложность из-за трудоемкости самих алгоритмов, большого числа операций и различных других ограничений, накладываемых на используемые ресурсы.

Предположим, в пункте  $A$  имеется логистический центр (источник), а в пункте  $B$  – тыловой объект (приемник, сток), нуждающийся в продуктах логистического центра (рис. 1). Из логистического центра продукты перевозятся к потребителю на грузовиках ограниченной грузоподъемности. Поскольку

грузовики едут по заранее определенным маршрутам (ребрам) между поставщиком ( $A$ ) и потребителем ( $B$ ) (вершинами), из логистического центра в день может быть отправлено не более  $C(A,B)$  единиц продуктов. Логистический центр не может повлиять на маршруты и пропускную способность транспортной сети. Необходимо определить, какое наибольшее количество единиц продукта в день можно отгрузить и затем планировать на последующую отгрузку, или, если данного количества недостаточно, искать дополнительные пути снабжения.



Рис. 1 – Схема размещения логистического центра и потребителя

Задачи дискретной математики часто относятся к задачам оптимизации, в которых задан критерий, позволяющий выделить решения с некоторыми заданными свойствами. Требуется найти множество таких решений, называемых оптимальными. Подобные задачи, как правило, сводятся к задачам максимизации или минимизации [1]. Одними из наиболее удобных способов решения подобных задач стали способы, в основе которых лежит интерпретация задачи в терминах теории графов.

Граф может быть графически представлен диаграммой, на которой узлам соответствуют точки плоскости, а каждая дуга  $(v_i, v_j)$  изображается стрелкой, направленной из точки  $v_i$  в точку  $v_j$ . Представим транспортную сеть в виде графа (рис. 2). Источником является вершина 1, приемником – вершина 6. Анализируя имеющуюся транспортную сеть, каждой дуге была присвоена пропускная способность  $C(i,j)$ , определяющая максимальное значение потока, который может протекать по данной дуге (рис. 2).

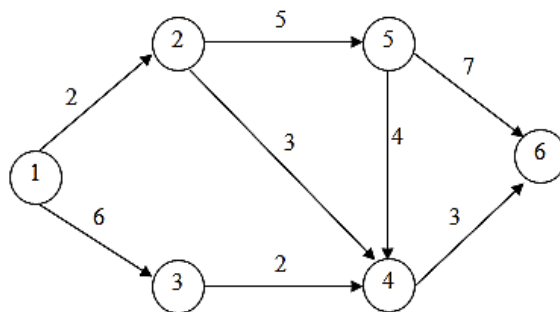


Рис. 2 – Схема транспортной сети в виде графа с пропускными способностями дуг

Метод решения задачи о максимальном потоке от  $A$  (1) к  $B$  (6) был предложен Фордом и Фалкерсоном [2], и их «техника меток» составляет основу других алгоритмов решения многочисленных задач, являющихся обобщениями или расширениями указанной задачи. «Техника меток» Форда-Фалкерсона заключается в последовательном (итерационном) построении максимального потока путем поиска на каждом шаге увеличивающейся цепи, то есть пути (последовательности дуг), поток по которому можно увеличить. При этом узлы (вершины графа) специальным образом помечаются.

Суть «техники меток» Форда и Фалкерсона [2]:

1. На каждой итерации вершины сети могут находиться в одном из трех состояний: вершине присвоена метка, и она просмотрена; вершине присвоена метка и она не просмотрена, то есть не все смежные с ней вершины обработаны; вершина не имеет метки.

2. На каждой итерации мы выбираем помеченную, но не просмотренную вершину  $n_i$  и пытаемся найти вершину  $n_j$ , смежную с  $n_i$ , которую можно пометить. Помеченные

вершины, достижимые из вершины источника, образуют множество вершин сети  $G$ . Если среди этих вершин окажется вершина стока, то это означает успешный результат поиска цепочки, увеличивающей поток, при неизменности этого множества работа заканчивается – поток изменить нельзя.

При алгоритмизации и программировании задачи необходимо предусмотреть возможность сохранения информации о исходном, принимающем узлах и потоке, который может быть передан между ними, с учетом пропускных способностей предыдущих дуг, по которым передавался поток. Такую информацию удобно хранить в виде одномерного массива (рис. 3), номер элемента которого будет соответствовать узлу-приемнику, а значение элемента формируется следующим образом:

- количество десятков двузначного числа содержит информацию о узле-источнике;
- количество единиц двузначного числа соответствует величине передаваемого по ветви потока.

Номер элемента массива	1	2	3	4	5	6
Содержимое ячейки массива	0	12	0	22	0	41

Номер узла-источника
Номер узла-приемника

Номер узла-источника
Величина потока по ветви

Рис. 3 – Пример массива для хранения информации о найденном пути

Исходя из примера, приведенного на рис. 3 поток, величиной 2 единицы будет передаваться из узла 1 в узел 2. Далее этот же поток передастся из узла 2 в узел 4, и поток в 1 единицу поступит в узел 6 из узла 4. Благодаря такому способу хранения информации можно легко восстановить путь от узла-источника до узла-стока и величину самого пропускаемого по сети потока.

После каждой итерации, т.е. поиска пути от источника до стока, необходимо кор-

ректировать матрицу пропускных способностей дуг, с учетом уже израсходованных единиц потока, и новую итерацию начинать с измененной матрицей.

Алгоритм поиска прямого пути от узла-источника до узла-стока приведен на рис. 4,а. При поиске «обратных дуг» необходимо сначала провести поиск прямого пути и зафиксировать вершину, в которой поток прервался, далее на основе этих данных проанализировать соседние узлы с этой вершиной,

за исключением той, из которой к ней подходил поток. Далее ведется поиск пути из «обратной» вершины до узла стока. Поиск «обратных дуг» возможен только после того, как будет найдена прямым методом вершина, в которой поток прерывается. Поиск прекращается, когда пропускная способность всех соседних с узлом, в котором прервался

поток дуг, исчерпана. Алгоритм поиска «обратных дуг» приведен на рис. 4,б.

Из рис. 4 видно, что алгоритмы, реализующие предлагаемый метод включают в себя стандартные вычислительные процессы такие как линейный, разветвляющийся, циклический с параметром и с условием.

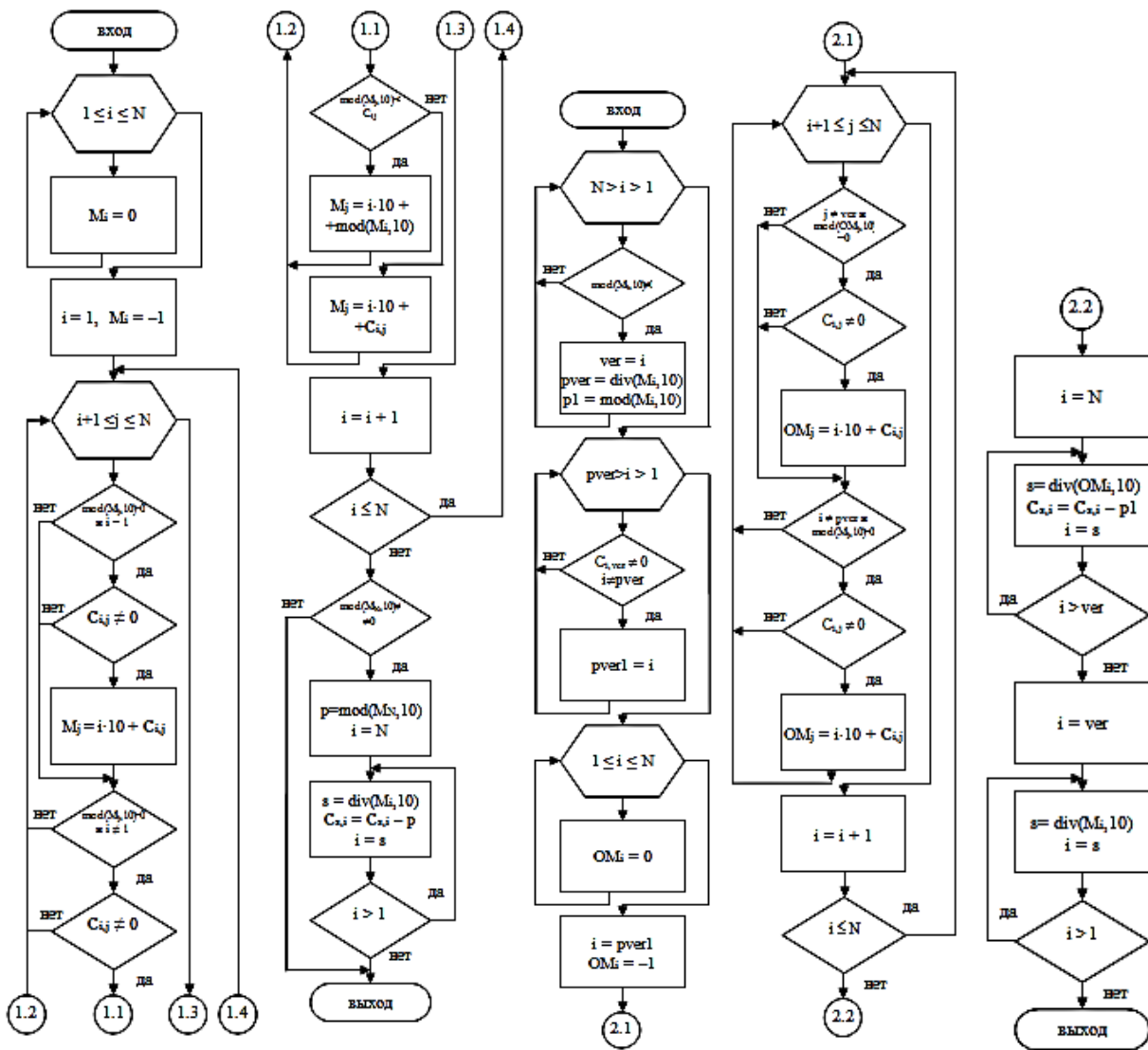


Рис. 4 – Алгоритмизация поиска максимального потока методом Форда-Фалкерсона:

а) поиск прямых ветвей, б) поиск обратных ветвей

Для программной реализации рассматриваемого метода поиска максимально возможного потока в сети воспользуемся возможностями интегрированной среды разработки Borland C++ Builder версии 6.0 [3]. Программный пакет

пользуемся возможностями интегрированной среды разработки Borland C++ Builder версии 6.0 [3]. Программный пакет

включает в себя три модуля.

Первый модуль включает в себя заголовочную форму, поясняющую назначение программного пакета, содержащую информацию о разработчиках продукта, и запрашивающую предварительную информацию о количестве узлов сети (рис. 5,а).

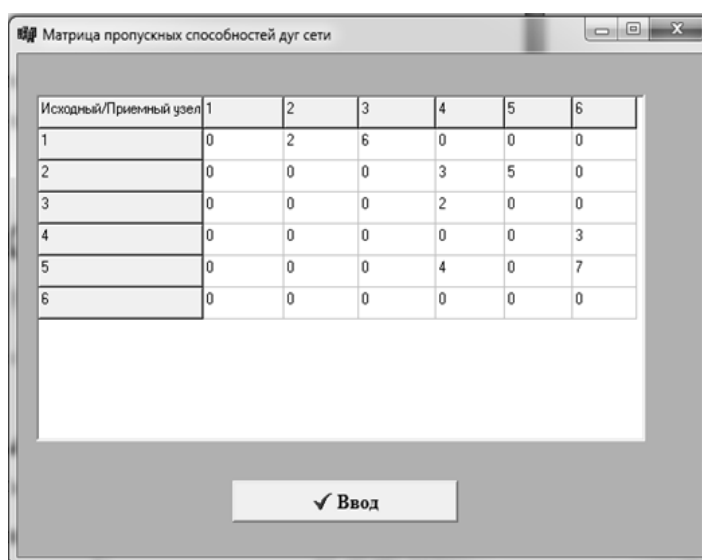
После ввода необходимого количества узлов сети в соответствующее поля и нажатия кнопки «Ввод» на выполнение запускается второй модуль программного пакета (рис. 5,б). Форма содержит таблицу для

ввода пропускных способностей дуг сети, для удобства дальнейшего использования, ячейки таблицы по умолчанию заполнены нулями.

В соответствующие ячейки таблицы вводятся пропускные способности соответствующих дуг: номер строки соответствует исходящему узлу, номер столбца – узлу-приемнику. После заполнения таблицы (рис. 5,б) нажимается кнопка «Ввод» и управление передается третьему модулю программного продукта (рис. 6).



а)



б)

Рис. 5 – Формы модулей программного продукта:

а) заголовочная форма (модуль 1); б) форма ввода исходных данных (модуль 2)

Данный модуль позволяет запустить поиск прямого пути и «обратных дуг». Как уже отмечалось, поиск «обратных дуг» не возможен без предварительного поиска прямого пути. Т.е. вначале, нажав на кнопку «Запуск» осуществляем поиск возможных прямых путей (рис. 6), при этом, в соответствующее поле выводится значение общего потока в сети, которое вычисляется путем накапливания проходящего потока по сети. Этот поиск осуществляется итерационно, до тех пор, пока не выведется сообщение о том, что прямого по-

тока нет (рис. 6,а).

Т.к. прямых путей уже нет, необходимо проанализировать наличие «обратных дуг», для чего запустим поиск кнопкой «Запуск» (рис. 6). Результат расчета выведется в таблице поиска обратных дуг, суммарный поток увеличится на найденное значение. Данный процесс также является итерационным, с тем дополнением, что предварительно необходимо осуществлять поиск прямого пути, а уже потом поиск обратных дуг (рис. 6,б).

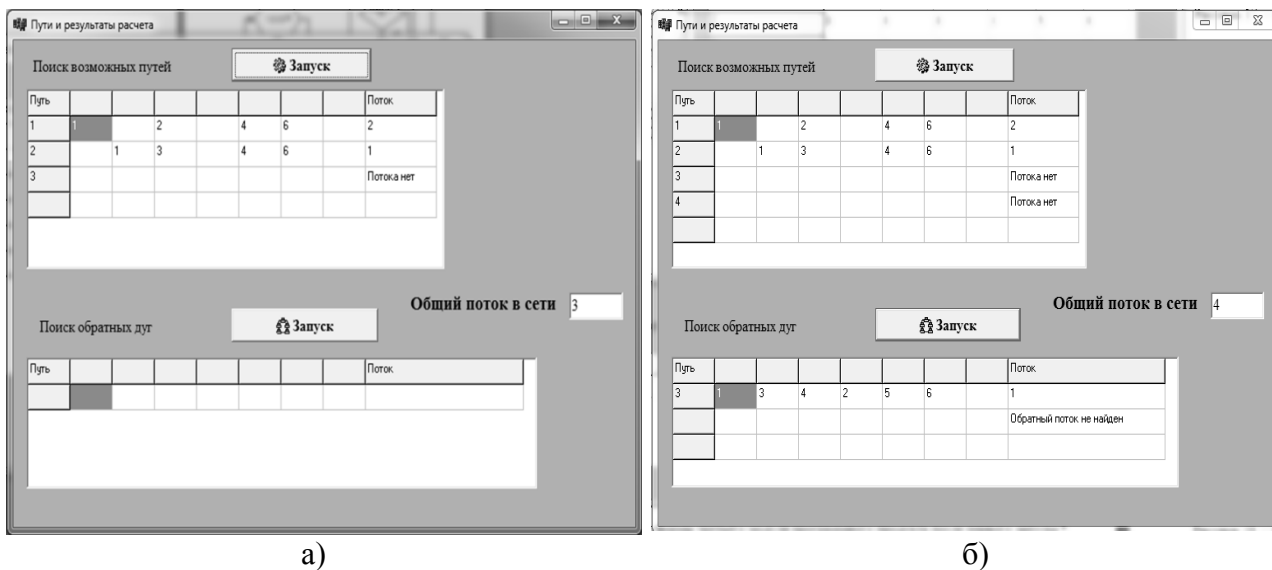


Рис.6 – Вид формы третьего модуля:

а) форма программного продукта после завершения нахождения прямых путей; б) форма программного продукта после завершения процесса поиска обратных дуг

Анализируя результаты работы программы можно сделать вывод, что программный продукт работает правильно, расчеты выполняются верно, полученные значения совпадают с аналитическими расчетами. Выход из режима выполнения программы осуществляется нажатием кнопки с изображением креста в правом верхнем углу форм.

Разработанный программный продукт обладает следующими достоинствами:

- позволяет осуществить автоматический поиск максимального потока в сети и путей обеспечивающих этот максимальный поток;
- является универсальным средством расчета, т.к. позволяет вести вычисления для различных топологий сети и численных значений пропускных способностей сети;
- обеспечивает высокую скорость расчета;

- имеет интуитивно понятный интерфейс;
- может использоваться на персональных компьютерах с ОС Windows любой версии;
- прост и понятен в использовании;
- устойчив к сбоям и заикливаниям.

#### Библиографический список

1. Балалаев А.С., Кочемасова А.В., Третьяк С.Н. Транспортное и складское обеспечение логистики / Учебное пособие для ВУЗов. Хабаровск: ДВГУПС, 2008.
2. Окулов С.М. Программирование в алгоритмах / С.М. Окулов. – 3-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 383 с.
3. Архангельский А.Я. Программирование в С++ Builder 6. – М.: «Издательство БИНОМ», 2010 г. – 1152 с.: ил.

УДК 574:331.45

Воронежский государственный технический университет  
Канд. техн. наук, доцент С.А. Сазонова  
E-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,

Доктор техн. наук, профессор В.Я. Манохин  
E-mail: manohinprof@mail.ru,

Канд. техн. наук, доцент А.В. Звягинцева  
Россия, г. Воронеж

Voronezh State Technical University  
Ph. D. in Engineering, associate professor S.A. Sazonova  
E-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,

Doctor of Engineering Sciences, professor V.Ya. Manokhin  
E-mail: manohinprof@mail.ru,

Ph. D. in Engineering, associate professor A.V. Zvyagintseva  
Russia, Voronezh

С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, А.В. Звягинцева

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

**Аннотация:** Рассмотрены альтернативные варианты проектов схем асфальтосмесительных установок с пылеулавливающими устройствами. Для оценки экономической эффективности пылеулавливающего оборудования на асфальтобетонных заводах принята асфальтобетонная установка с одноступенчатым пылеуловителем. Рассмотрены номенклатура, количество загрязнений и плата за выбросы загрязняющих веществ по сравниваемым трем вариантам очистки. Получены графические зависимости: показателей чистого дисконтированного дохода от ставки дисконтирования; показателей ЧДД от снижения стоимости топлива по вариантам; чистого дисконтированного дохода по третьему варианту от дополнительных инвестиций; для области экономической целесообразности третьего варианта в зависимости от платы за предотвращенные выбросы

**Ключевые слова:** пылеулавливающие устройства, асфальтобетонные заводы, технологические процессы, экологическая безопасность, безопасность труда

S.A. Sazonova, V.Ya. Manokhin, A.V. Zvyagintseva

## TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF DESIGN VARIANTS OF TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ACTIVITIES

**Abstract:** The alternative variants of draft schemes for asphalt mixing plants with dust collecting devices are considered. To assess the economic efficiency of dust-collecting equipment at asphalt plants, an asphalt-concrete installation with a single-stage dust collector was adopted. The nomenclature, the amount of pollution, the charge for pollutant emissions under the three treatment options compared are considered. The following graphic dependencies were obtained: net present value indicators on the discount rate; NPV of fuel cost reduction options; net present value of the third option from additional investments; for the field of economic feasibility of the third option, depending on the payment for prevented emissions

**Keywords:** dust removal devices, asphalt concrete plants, technological processes, environmental safety, labor safety

Рассмотрим альтернативные варианты проектов схем асфальтосмесительных установок с пылеулавливающими устройствами. В отечественных и зарубежных асфальтосмесительных установках применяются следующие типы пылеулавливающих устройств: пылеосадительные камеры, циклоны большого размера, групповые батарейные циклоны, мокрые пылеуловители, тканевые фильтры, гравийные фильтры, электрофильтры. Установки оборудованы одно-, двух- и трехступенчатыми обеспыливающими установками. В эксплуатации также находится значительно количество старых установок, не оборудованных системами пылеочистки [1].

В пылеочистительных установках асфальтобетонных заводов (АБЗ) в качестве первой ступени очистки используются циклоны сухой очистки типа СДК ЦН-33, ЦН-15У, СУН-40, а второй ступени – мокрые пылеуловители типа СИОТ и ротоклон.

Асфальтобетонные установки Д-597А, Д-508-2, Д617-2, Д-645-3, ДС-75 и ДС-95 укомплектованы групповыми циклонами, установки Д-508-2, Д-645-3 имеют в качестве второй ступени пылеуловителя циклон-промыватель типа СИОТ, установки Д-617-2, Д-645-2, ДС-79, ДС-95 и ДС-84-2 – мокрые пылеуловители типа ротоклонов.

Базовым вариантом для оценки экономической эффективности пылеулавливающего оборудования принята асфальтобетонная установка с одноступенчатым пылеуловителем типа ДС-117-2Е, характеристики которого приведены в табл. 1.

Таблица 1.  
Характеристика пылеуловителя ДС-117-2Е

Показатели, ед. изм.	Значение
Производительность вентиляторов, м <sup>3</sup> /час	20000
Производительность оборудования, т/час	25
Тип циклонов	СДК-ЦН-33
Количество циклонов, ед.	4
Диаметр, мм	800
Тип дымососа вентилятора,	НИИОГАЗ
Мощность электродвигателя, КВт	30
Количество электродвигателей, ед.	1
Расход топлива, кг/час	225

Единовременные затраты на установку оборудования для первого варианта пылеочистки составляют около 30000 тыс. р. (на основании данных Перечня поставляемых запасных частей и узлов для ремонта ас-

фальтосмесительных установок ДС-117-2Е ООО «Кредмаш» по состоянию на 1.01.2019 г.). Состав и количество вредных выбросов в год, а также ежегодная плата за выбросы представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Номенклатура, количество загрязнений и плата за выбросы загрязняющих веществ по сравниваемым вариантам очистки

Наименование вредных веществ в удаляемом воздухе	Количество, т/год			Годовая плата за выбросы загрязняющих веществ, тыс. р.		
	Варианты			Варианты		
	1	2	3	1	2	3
Пыль неорганическая	200	180	160	328	287	246
Азота диоксид	1500	1350	1200	3120	2730	2340
Окись углерода	22500	20250	18000	5400	472,5	405
Сернистый газ	75	67,5	60	123	107,6	92,2
Угледород	3750	3375	3000	180	157,5	135
Сажа	0,195	0,1755	0,156	0,32	0,28	0,24
Бенз(а)пирен	0,0000765	0,00006885	0,0000612	6,36	5,569	4,77
Итого:				4297,7	3760,45	3223,2

Годовые затраты на электроэнергию составляют 630 тыс. р., стоимость топлива (мазута) равна 11790 тыс. р. (тариф на электроэнергию принят равным 14,2 р./кВт·ч, цена мазута 35000 р./т).

Второй вариант отличается от первого наличием очистки оборудования от пыли вручную, что снижает количество загрязнений на 10 % и соответственно плату за

предотвращенные выбросы, но требует дополнительных затрат на проведение этого вида работ; возможностью вторичного использования утилизированной пыли вместо исходного сырья в количестве 16 т по цене 3000 р./т. Кроме того, КПД использования топлива во втором варианте повышается по сравнению с первым с 0,7 до 0,85, что соответственно требует меньшего расхо-

да топлива.

Практика эксплуатации АБЗ в России часто предполагает возврат в технологический процесс уловленной пыли в качестве заменителя минерального порошка (частично или полностью). В связи с этим утилизация пыли АБЗ представляет собой проблему экологически и экономически очевидную.

В табл. 3 представлены основные показатели плотной мелкозернистой смеси марки 1 типа А для устройства верхнего слоя покрытия (4 дорожно-климатическая зона) магистрали «Дон» (591-595 км, техническая категория –1-б), испытания образцов с полной заменой минерального порошка утилизованной пылью проводились в лаборатории ДРСУ г. Бобров, ЗАО «Евродорстрой».

Анализ данных табл. 3 показывает, что основные показатели образцов асфальтобетона соответствуют ГОСТ 9128-97, но необходимы испытания образцов при 0 °С.

На АБЗ ДСУ-3 УС-1 были успешно проведены технические мероприятия по устройству подачи уловленной пыли из бункера шнеком в асфальтобетонную смесь для частичной замены минерального порошка [1], что обеспечило значительную экономию сырья. Исходные компоненты асфальтобетона соответствовали нормативным требованиям: битум ГОСТ 6617-76, щебень и гравий ГОСТ 8267-93, ГОСТ 8269.0-97, ГОСТ 8269.1-97, минеральный порошок ГОСТ 16557-78. Смеси асфальтобетонные соответствовали ГОСТ 9128-97 и ГОСТ 23558-94.

Таблица 3.

## Показатели утилизованной пыли

Наименование показателей	Значения	
	По ГОСТ 9128-97	Фактические
Плотность, г/см	-	2,39-2,44
Пористость минеральной части, % по объему, не более	19,0	12,45-14,61
Остаточная плотность, % по объему	2,5-5,0	3,24-4,0
Водонасыщение, % по объему, не более	2-5	1,68-2,63
Предел прочности при сжигании, МПа, при температуре 20 °С, не менее 50 °С, не менее 0 °С, не менее	2,5	4,95-5,31
	1,1	1,94-2,24
	13	
Коэффициент водостойкости, не менее	0,85	0,98-1,0
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, не менее	0,75	0,92-0,96
Сцепление битума с минеральной частью асфальтобетонной смеси	-	Выдерживает

Третий вариант отличается от первых двух второй степенью очистки, что требует дополнительных единовременных капитальных вложений в сумме 5 млн. р., вдвое больше электроэнергии на сумму 1260 тыс. р., но и вдвое больше количество пыли, подлежащей утилизации (32 т за год по цене 3000 р./т). Техничко-экономические показатели по сравниваемым вариантам представлены в табл. 4.

Значение чистого дисконтированного дохода при значении ставки дисконта  $e=0,1$  для второго варианта в 1,57 раза больше, чем для третьего варианта и составляет соответственно 14482,7 тыс. р. и 9224,6 тыс. р. (табл. 5 и 6). Зависимости показателей чистого дисконтированного дохода от ставки дисконтирования представлены на графиках рис. 1.



Таблица 4.  
Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов  
очистки выбросов смесителей АБЗ

Показатели	1 вариант	2 вариант	$\Delta_{1-2}$	3 вариант	$\Delta_{1-3}$
Капитальные вложения, тыс.р.	30000	30000	-	35000	-5000
Годовые эксплуатационные затраты, тыс. р., в т.ч.					
-электроэнергия	630	630	-	1260	-630
-плата за топливо	11795	9720	2075	9720	2075
-обслуживание	-	306	-306	306	-306
-плата за выбросы	4300	3760	540	3220	840
-стоимость утилизированной пыли	-	48	48	96	96

Анализ зависимостей показывает, что эффект от внедрения второго варианта снижается в 1,46 раза (с 14480 до 9880 тыс. р.) при увеличении  $e$  с 0,1 до 0,2. При дальнейшем увеличении ставки дисконтирования чистый дисконтированный доход (ЧДД) продолжает снижаться, но более низкими темпами и нулевого значения практически не достигает, следовательно, при заданных условиях этот вариант эффективен, по сравнению с первым.

Эффект от внедрения третьего варианта меньше, чем от второго, на сумму 5260 тыс. р. При увеличении ставки дисконтирования  $e$  с 0,1 до 0,2 ЧДД снижается в 1,96 раза и составляет 4700 тыс. р. При увеличении ставки дисконтирования до 0,45 эффект становится равным нулю, следовательно, третий вариант экономически целесообразен при значении  $e < 0,45$ , а область его экономической целесообразности более жестко ограничена.

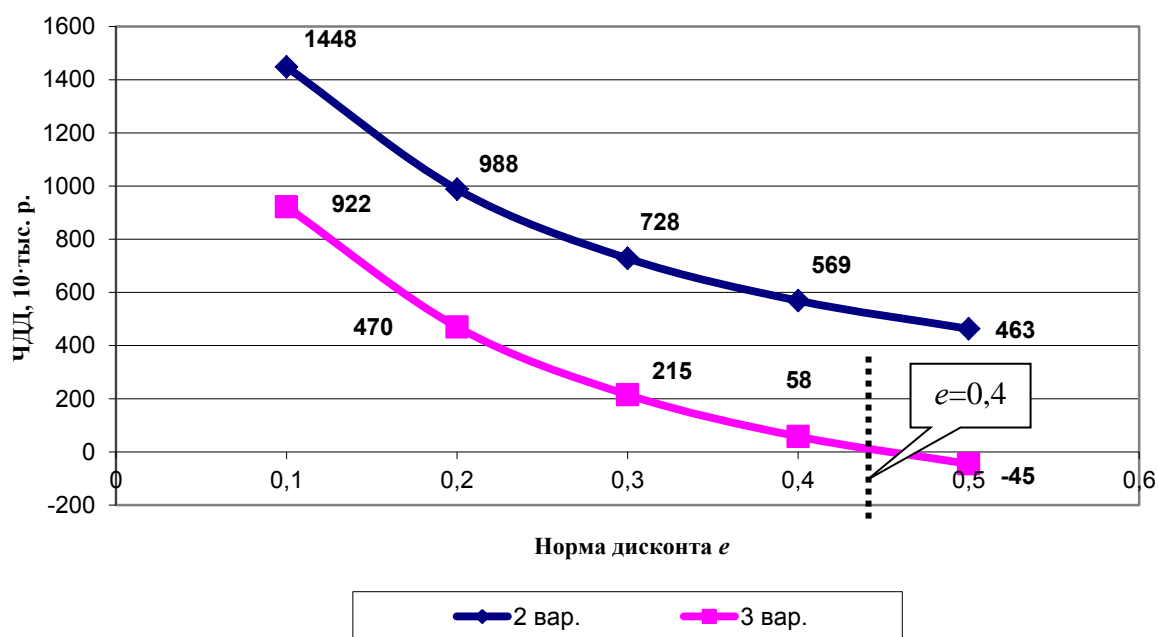


Рис.1 - Зависимости показателей чистого дисконтированного дохода от ставки дисконтирования

Наиболее значительной статьёй, образующей величину дохода в обоих вариантах, является снижения расхода топлива на 2070 тыс. р. при увеличении КПД с 0,7 до 0,85. На рис. 2 представлены зависимости показателей ЧДД от этой величины, которые показывают, что второй вариант будет иметь положительный эффект при любом значении стоимости снижения расхода топлива, так как все значения зависимости находятся в зоне выше 0. А третий вариант эффективен при снижении стоимости расхода топлива больше 570 тыс. р., что показывает значительный запас эффективности по этому показателю,

так как его расчетное значение значительно больше и составляет 2070 тыс. р.

Преимущество второго варианта по сравнению с третьим объясняется тем, что второй вариант не требует дополнительных инвестиций. График зависимости показателя чистого дисконтированного дохода третьего варианта от величины дополнительных инвестиций показан на рис. 3.

Область экономической целесообразности для инвестиций ограничивается суммой 14220 тыс. р., что значительно превышает реальную стоимость второй ступени очистки 5000 тыс. р.

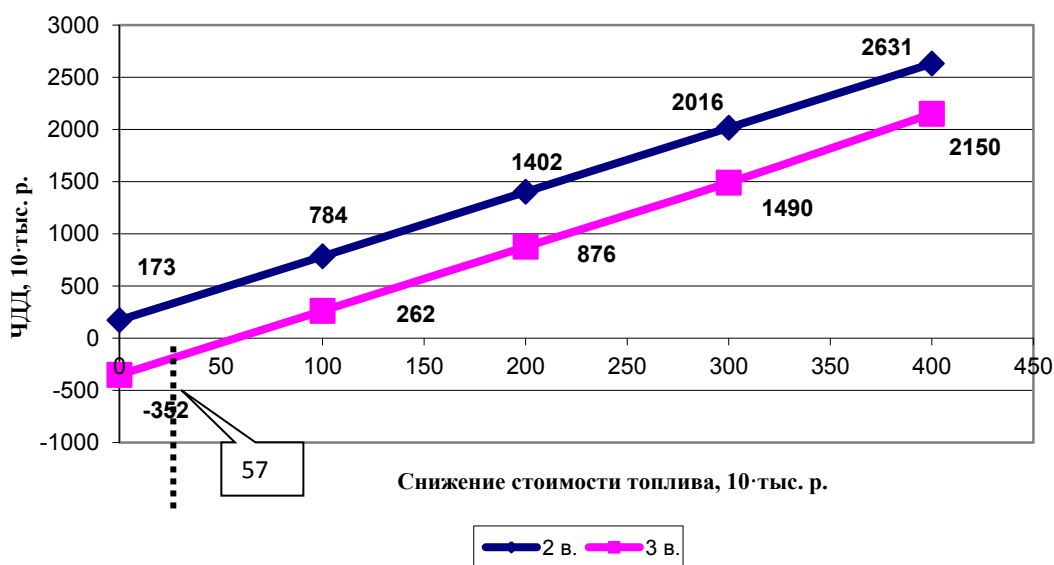


Рис. 2 - Зависимости показателей ЧДД от снижения стоимости топлива по вариантам

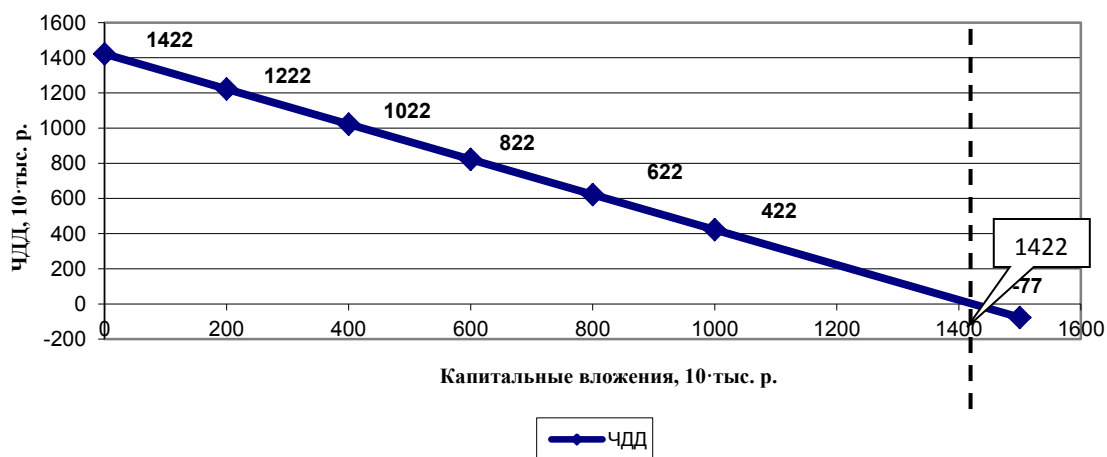


Рис. 3 - Зависимость чистого дисконтированного дохода по третьему варианту от дополнительных инвестиций

Поскольку инвестиции в третий вариант предназначены для дополнительной очистки вредностей, то целесообразно выявить степень дополнительной очистки, обеспечивающей эффективность этих инве-

стиций. На графике рис. 4 представлена область экономической целесообразности второго и третьего вариантов в зависимости от платы за предотвращенные выбросы.

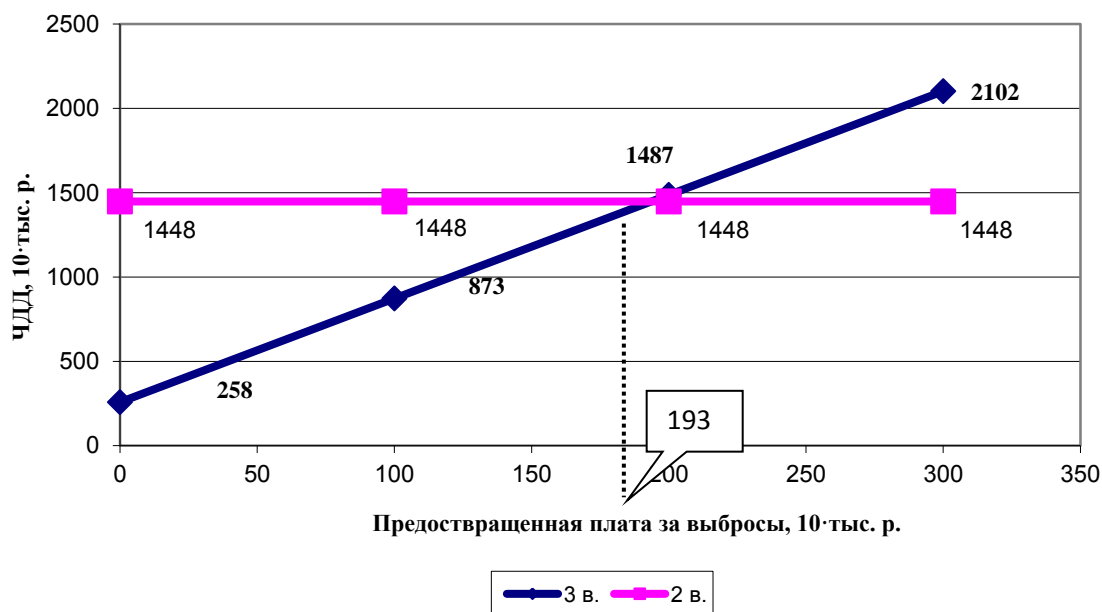


Рис. 4 - Область экономической целесообразности третьего варианта в зависимости от платы за предотвращенные выбросы

Независимо от величины платы за предотвращенные выбросы показатели ЧДД для обоих вариантов имеют положительные значения, следовательно, оба варианта экономически целесообразны. Но при плате до 1930 тыс. р. экономически целесообразным является второй вариант, т.к. значения ЧДД =14480 тыс. р. превышают аналогичные показатели для третьего варианта. А при плате больше 1930 тыс. р. экономически целесообразным становится третий вариант, так как значения ЧДД превышают аналогичный показатель второго варианта, равного 14480 тыс. р. Результаты расчетов в значительной мере зависят от ставок платы за выбросы в атмосферу, которые значительно снижены в соответствии с Нормативами 2018 г.

В целом по стране насчитывается 2500 смесителей разной мощности. Исходя из показателей среднестатистического смесителя, приведенных в табл. 4., экономический эффект в целом по стране может составить от

23060 млн. р. по третьему варианту до 36200 млн. р. по второму варианту (за десять лет службы). Но при инвестировании средств по второму варианту будет достигнуто дополнительное ежегодное снижение вредных выбросов в атмосферу в количестве 100000 т пыли по сравнению с базовым вариантом и 50000 т по сравнению со вторым вариантом в результате установки дополнительной ступени очистки. Экологический эффект будет дополнен снижением расхода топлива и сырья (в количестве 40000 т и 80000 т по второму и третьему вариантам) на производственные потребности.

В заключение отметим, что решение задач экологической безопасности [1, 2] технологических процессов связаны с задачами обеспечения безопасности труда [3, 4, 5, 6, 7] на опасных и вредных производствах. При обеспечении требуемого уровня безопасности на предприятии необходимо дополнительно учитывать возможные опасности от

других факторов, таких как производственный шум, примеры уменьшения вредного воздействия от которого рассмотрены в работах [8, 9, 10, 11, 12]. Так же необходимо решать целый ряд смежных задач для обеспечения комплексной безопасности [13, 14, 15, 16, 17, 18] с использованием информационных технологий [19, 20, 21]. Комплексное решение рассмотренных задач с последующей оценкой результатов и принятием необходимых мер по улучшению условий труда и обеспечению безопасности труда на вредных и опасных производствах является направлением дальнейших исследований.

### Библиографический список

1. Манохин, В.Я. Научно-практические и методологические основы экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах / В.Я. Манохин // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 2004.
2. Манохин, М.В. Охрана труда и расчет рассеивания параметров выброса вредных веществ на промышленной площадке асфальтобетонного завода / Манохин М.В., Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2016. - № 1 (12). - С. 104-107.
3. Сазонова, С.А. Безопасность труда при эксплуатации машин и оборудования на асфальтобетонных и цементобетонных заводах / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2016. - № 1. - С. 28-33.
4. Сазонова, С.А. Обеспечение безопасности труда на асфальтобетонных и цементобетонных заводах при эксплуатации машин и оборудования / Сазонова С.А., Манохин М.В., Николенко С.Д. // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 63-66.
5. Сазонова, С.А. Требования к безопасности труда на асфальтобетонных заводах при погрузочно-разгрузочных работах / С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, С.Д. Николенко // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 57-60.
6. Манохин, М.В. Требования к безопасности труда и пожаровзрывобезопасность при эксплуатации асфальтобетонных заводов / М.В. Манохин, В.Я. Манохин, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2016. - № 1. - С. 16-21.
7. Головина Е.И. Интегральная балльная оценка тяжести труда операторов смесителей асфальтобетонных заводов в условиях высокой запыленности рабочей зоны / Е.И. Головина, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, М.В. Манохин, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2016. - № 1 (12). - С. 95-98.
8. Павлова, У.Ю. Теоретическое представление процесса распространения автотранспортного шума для разработки программного комплекса проектирования сооружений остановочных пунктов общественного транспорта с функцией шумозащитного экранирования / У.Ю. Павлова, В.Ф. Асмнин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2016. - № 2 (42). - С. 123-130.
9. Асмнин, В.Ф. Noise reduction in cir-

cular woodworking machines in the production of wood components / В.Ф. Асминин, Д.С. Осмоловский // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2012. - № 4 (16). - С. 69-79.

10. Осмоловский, Д.С. Экспериментальное исследование диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с фрикционным трением для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2011. - № 5 (323). - С. 59-63.

11. Асминин, В.Ф. Об одном из путей снижения шума в сложившейся жилой застройке, прилегающей к остановочным пунктам общественного автотранспорта / В.Ф. Асминин, У.Ю. Корда // Безопасность жизнедеятельности. - 2011. - № 4. - С. 21-24.

12. Осмоловский, Д.С. Акустическая эффективность от применения вибродемпфирующих прокладок с сухим трением для снижения шума от пильного диска круглопильных деревообрабатывающих станков / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин // Безопасность жизнедеятельности. - 2012. - № 8. - С. 14-19.

13. Асминин, В.Ф. Использование акустических характеристик речевых пожарных оповещателей для расчёта звуковых полей помещений / В.Ф. Асминин, А.И. Антонов, Е.Н. Епифанов // Технологии техносферной безопасности. - 2014. - № 1 (53). - С. 13.

14. Asminin, V.F. The method of sound designing of a single voice fire alarm / V.F. Asminin, A.I. Antonov, S.N. Kuznetsov // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2014. - № 2 (22). - С. 67-75.

15. Асминин, В.Ф. Методика акустического проектирования одиночного пожар-

ного речевого оповещателя / В.Ф. Асминин, Е.Н. Епифанов, А.И. Антонов, С.Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 3 (31). - С. 121-127.

16. Osmolovsky, D.S. Reducing noise from round woodworking machines by applying vibration damping friction pads between the saw blade and the clamping flange / D.S. Osmolovsky, V.F. Asminin, E.V. Druzhinina // Akustika. - 2019. - Т. 32. - № 1. - С. 138-140.

17. Молодая, А.С. Моделирование высокотемпературного нагрева сталефибробетона / А.С. Молодая, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018. - Т. 6. - № 2 (21). - С. 323-335.

18. Николенко, С.Д. Обеспечение безопасности земляных работ с применением расчетов прикладной механики / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 4. - С. 47-51.

19. Квасов, И.С. Синтез систем сбора данных для распределительных гидравлических сетей / И.С. Квасов, В.Е. Столяров, С.А. Сазонова // В сборнике: Информационные технологии и системы Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. - 1999. - С. 113-115.

20. Квасов, И.С. Оценивание параметров трубопроводных систем на основе функционального эквивалентирования / И.С. Квасов, С.А. Сазонова // В книге: Понтрягинские чтения - X 1999. - С. 219.

21. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

УДК 65.01

Воронежский государственный университет  
Ведущий инженер технического отдела С.В. Митрофанов  
Россия, г.Воронеж, E-mail: serge777@nxt.ru

Voronezh State University  
Lead Technical Engineer S.V. Mitrofanov  
Russia, Voronezh, E-mail: serge777@nxt.ru

С.В. Митрофанов

## БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯ И СФЕРА ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

**Аннотация:** В данной статье анализируются блокчейн технологии, раскрываются особенности их реализации. Основной уклон в статье делается на децентрализованность блокчейн технологии, и следующий из этого высокий уровень безопасности технологии. Для более лучшего понимания работы блокчейн, в статье широко освещаются криптовалюты, в частности, Ethereum

**Ключевые слова:** блокчейн, криптовалюта, децентрализация, биткоин, безопасность, эфириум

S.V. Mitrofanov

## BLOCKCHEN TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION

**Abstract:** This article discusses the Blockchain technology, reveals the features of its structure and construction. The main bias in the article is on the decentralization of the Blockchain technology, and the next high level of security technology. For a better understanding of the work of the Blockchain, the article widely covers cryptocurrencies, in particular, Ethereum

**Keywords:** blockchain, cryptocurrency, decentralization, bitcoin, security, Ethereum

Блокчейн — это новая технология организации непрерывных цепочек блоков информации, которая имеет довольно сложную организацию. По сути, это база данных, ценность, которой подтверждается большим сообществом людей, а не каким-то конкретным центральным органом. Это набор записей, который контролируется и поддерживается этим сообществом, а не полагается на единственный управляемый орган, такой как банк или правительство страны, который, скорее всего, хранит все данные на определенном сервере. Физическая база данных, хранящаяся на бумаге, никогда не сможет управляться десятками тысяч людей, но благодаря современным технологиям это становится возможным [1].

В последнее время все больше становятся распространены криптовалюты. Рассмотрим особенности криптовалют на примере Ethereum.

Ethereum — это платформа, на которой любой может создавать неограниченные, децентрализованные приложения. Он, также, как и биткойн, базируется на технологии блокчейн.

Ethereum — это стек из нескольких

слоев, построенных друг на друге. Первый, базовый уровень, который делает большую часть работы, — это крупная сеть компьютеров, которые обрабатывают транзакции и поддерживают общую базу данных, обновляемую с течением времени (блокчейн Ethereum).

Второй, это программный уровень, который позволяет разработчикам запускать программы под названием «умные контракты» (смарт-контракты) на блокчейне Ethereum, используя язык программирования Solidity.

Третий уровень состоит из приложений, которые предлагают разные сервисы для пользователей Ethereum. Примечательной особенностью этой платформы является то, что благодаря использованию аппаратных и программных слоев Ethereum — эти приложения децентрализованы, не имеют центральной точки и никогда не останавливают своё выполнение [2].

Первый уровень, блокчейн Ethereum.

Эфирный уровень представляет собой одноранговую сеть компьютеров, которые вычисляют транзакции и сохраняют их в общей базе, которую можно назвать книгой. Это позволяет им создавать распределенную базу данных, которая в состоянии хранить

записи о всей информации, то есть она хранит данные обо всех транзакциях.

Каждый компьютер в сети называется нодом (узлом). Он проверяет входящие транзакции и организует их в блоки, которые затем передаются во всю сеть Ethereum.



Рис. 1 - Различные слои платформы Ethereum

Транзакции могут содержать данные о стоимости, и другую информацию. Транзакции должны быть корректными, для того, чтобы общее состояние Эфириума могло переходить из одного состояния в другое. По сути движение в Эфириуме происходит благодаря сменам состояний. Корректной транзакция считается тогда, когда она проходит процесс майнинга, в результате которого ноды, используя свои вычислительные возможности, создают новые блоки. В качестве награды, майнер, компьютер создающий новый блок, получает внутри эфирную валюту, называемую эфиром [2].

Если происходит одновременное появление новых блоков, то по правилам, необходимо выбрать только один блок, поскольку множество разветвлений не отвечает принципу одноранговой сети. Данный процесс регулируется с помощью протокола GHOST (Greedy Heaviest Observed Subtree). Согласно ему, выбирается тот блок, на кото-

ром было произведено наибольшее количество вычислений (рисунок 2).

Необходимо выбрать тот путь, по которому система будет дальше вести вычисления. За основу принимается номер последнего блока, так называемый листовой блок. Чем выше находится блок, тем длиннее путь и тем больше обоснований должны предоставить майнеры. Исходя из таких соображений, принимается единственно верная версия для текущего состояния [3].

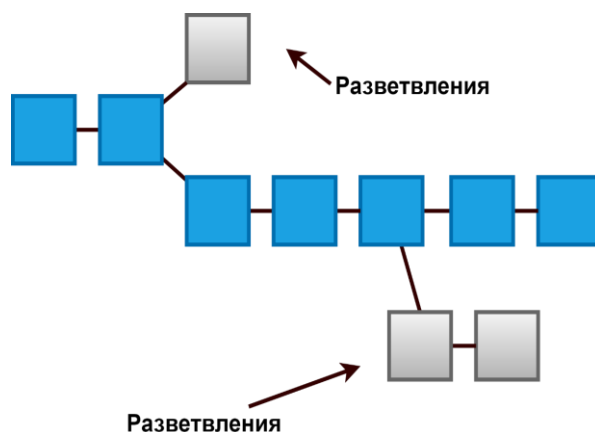


Рис. 2 - Выбор нужного блока с большими вычислениями

Программный уровень Ethereum, Solidity.

Ethereum был разработан для расширения использования технологии биткойна и создания более широкой сети блокчейна. Ethereum расширил биткойн за пределами своей валютной природы. Для этого был создан совершенно новый язык программирования, он называется Solidity, который очень похож на JavaScript. Используя Solidity, становится возможным создавать простые программы, разнообразные «умные контракты», которые могут реализовывать логику основных транзакций.

Например, смарт-контракт может реализовать следующую логику: если Иван, и Дима посылают пять эфиров Коле, то автоматически отправляется два эфира от Коли к Анне.

Благодаря этому высокоуровневому языку создается возможность взаимодей-

ствия с виртуальной машиной Эфириума, которая является частью протокола участвующей в транзакциях. Он компилируется в байт-код, который понятен виртуальной машине [3].

Виртуальная машина Эфириума является машиной Тьюринга.

Кроме того, ВМЭ присущи все особенности стековой архитектуры. Стековая машина – это компьютер, в котором применяется алгоритм LIFO (последним пришёл первым ушёл).

Размер любого элемента стека в ВМЭ равен 256 битам, а максимальный размер стека достигает 1024 битов.

Ethereum предоставляет возможность любому участнику создавать новые цифровые валюты (или, более конкретно, «токены»), которые могут быть обменены всеми пользователями Ethereum. Это позволяет использовать широкий спектр приложений: от цифровых точек оплаты за напиток в кафе, до создания совершенно новых систем экономики на определенных рынках.

Сложность блока используется для обеспечения согласованности времени, необходимого для проверки блоков. Изначально сложность составляет 131 072 единиц.

Зависимость одного параметра от другого, можно представить в виде формулы 1.

$$n \leq \frac{2^{256}}{H_d} \quad (1)$$

где  $H_d$  — сложность блока

По данной формуле протокол определяет сколько времени необходимо для проверки текущего блока.

Для того, чтобы доказать процесс выполнения работы используется алгоритм, представленный формулой 2.

В Эфириум практикуется использование алгоритма PoW (Proof of Work), под названием Etlash.

$$(m, n) = PoW(H_n, H_n, d) \quad (2)$$

где  $m$  – это mixHash;  $n$  – nonce;  $H_n$  – заголовок нового блока (nonce и mixHash не входят сюда, поскольку данные значения долж-

ны высчитываться);  $H_n$  – nonce для заголовка блока;  $d$  – комплект данных DAG.

Выше перечисленные элементы — это сущности, входящие в заголовок блока.

Время блокировки в Эфириуме составляет примерно 15 секунд, что значительно ниже, чем в биткоине, в котором оно равно примерно 10 минутам. Таким образом, скорость транзакций в Эфириуме гораздо выше. Однако, это имеет под собой и ряд минусов. Например, появление оммеров (англ. ommer), блоков, родителем, которого является текущий блок. Их появление обусловлено мощной конкуренцией между майнерами, в виду того, что время блокировки крайне мало.

Благодаря оммаерам майнеры могут получить награду, даже несмотря на то, что эти блоки, по сути без родителей. Подобная награда конечно является менее ценной, чем оплата за цельные блоки [4].

Эфирный прикладной уровень, децентрализованные приложения.

Сочетание описанных выше уровней аппаратного и программного обеспечения позволяет Ethereum работать, как глобальный децентрализованный суперкомпьютер, на котором могут быть выполнены сторонние приложения.

Благодаря открытому и прозрачному характеру Ethereum разработчики по всему миру собрались вместе и создали сильное и крупное сообщество, которое в настоящее время работает над расширением функциональных возможностей и приложений этой платформы.

Создание публичных децентрализованных приложений имеет ряд преимуществ по сравнению с частными централизованными приложениями:

#### 1. Прозрачность.

Любой может прочитать код и убедиться, что приложение выполняет то, что оно обещает. Все транзакции также являются общедоступными и могут отслеживаться.

#### 2. Надежность.

Трудно или практически невозможно остановить эти приложения, когда-либо за-



пущенные на Ethereum.

### 3. Лучший код.

Поскольку код является общедоступным, и любой хакер может его прочитать, ошибки должны быть исправлены быстро и эффективно, что приводит к более качественному и надежному коду [4].

Существуют криптовалюты, в которых основной уклон делается на безопасность, например Dash.

Dash-coin, также используют обозначение DSH, была ранее известна как Darkcoin и Xcoin — одна из первых криптовалют, ориентированных на конфиденциальность. Одной из причин популярности этой криптовалюты является то, что она обеспечивает гибкость, как анонимного, так и публичного использования транзакций [5].

Помимо строгих протоколов конфиденциальности, dash монеты также характеризуются высокой скоростью транзакций. Операции dash завершаются в течение четырех секунд.

Dash монеты работают так же, как биткойны, но, в отличие от одноуровневых сетей Bitcoin, используются двухуровневые сети.

Первый уровень разработан по тому же принципу, что и в биткойне, где пользовательские транзакции ретранслируются в сеть, а затем майнеры помещают эти транзакции в блокировку. Инновация и быстрота dash монет выявляется с внедрением второго уровня, который содержит мастерноды. Это специальные серверы, которые добавляют скорость, конфиденциальность и децентрализацию в сети.

Чтобы стать мастернодом нужно внести залог в 1000 монет. Однако при этом, они получают 50% от найденного майнером блока. Сервер должен работать 24 часа в сутки. Возможна потеря, но менее чем на час. Децентрализованная система мастернодов обеспечивает необходимую конфиденциальность транзакций. Каждый пользова-

тель может выступать в качестве аудитора для обеспечения целостности публичных транзакций без ущерба для конфиденциальности других. Используя подход цепочки, пассивное смешивание времени и наименования, используемые мастернодами, достигается высокая безопасность и анонимность транзакций Dash.

InstantX — это функция в мастере, которая генерирует блокировку после совершения транзакции в сети. Эта блокировка в основном гарантирует, что монеты Dash, участвующие в транзакциях, не могут быть потрачены дважды и отвергает любые попытки потратить заблокированные транзакции. Эта функция позволяет подтвердить транзакции Dash в течение четырех секунд.

Также в Dash вместо алгоритма SHA-256, используется последовательность из 11 функций хеширования.

Таким образом, Dash выигрывает у биткойна или эфириума анонимностью и высокой скоростью транзакций.

### Библиографический список

1. Investopedia [Электронный ресурс]. How does Blockchain work? Режим доступа <https://www.investopedia.com/tech/how-does-blockchain-work/>
2. Акст Руслан Что такое Смарт-контракт или Ethereum за час. — Издательские решения, 2017. — 39 с.
3. White A. Cryptocurrency: Mining, Investing and Trading in Blockchain, including Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Ripple, Dash, Dogecoin, Emercoin, Putincoin, Auroracoin and others (Fintech). — CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. — 233 p.
4. Antonopoulos A. Mastering Bitcoin, Programming the Open Blockchain. — O'Reilly Media, 2017. — 416 p.
5. Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. — Princeton University Press, 2016. — 308 p.

УДК 536.71

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессор Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Доктор техн. наук, профессор А.А. Хвостов, Кандидат техн. наук, доцент А.А. Журавлев, Кандидат техн. наук, доцент А.А. Никитченко, Курсант Д.И. Целюк  
Россия, г. Воронеж, E-mail: zhuraa1@rambler.ru

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»  
Doctor of technical Sciences, professor A.A. Khvostov, Candidate of technical Sciences, Associate professor A.A. Zhuravlev, Candidate of technical Sciences, Associate professor A.A. Nikitchenko Cadet D.I. Celjuk  
Russia, Voronezh, E-mail: zhuraa1@rambler.ru

А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.А. Никитченко, Д.И. Целюк

## ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПАРООБРАЗОВАНИЯ АЗОТА, КИСЛОРОДА И ИХ СМЕСЕЙ

**Аннотация:** представлены интерполяционные многочлены для расчета удельной теплоты парообразования азота и кислорода в зависимости от температуры насыщения. Приведена методика расчета удельной теплоты парообразования смесей азота и кислорода

**Ключевые слова:** разделение воздуха, ректификация, азот, кислород, фазовое равновесие, удельная теплота парообразования

A.A. Khvostov, A.A. Zhuravlev, A.A. Nikitchenko, D.I. Celjuk

## INTERPOLATION OF THE VALUES OF THE SPECIFIC HEAT OF VAPORIZATION NITROGEN, OXYGEN AND MIXTURES THEREOF

**Abstract:** interpolation polynomials are presented to calculate the specific heat of vaporization of nitrogen and oxygen depending on the saturation temperature. The method of calculation of specific heat of vaporization of nitrogen and oxygen mixtures is given

**Keywords:** air separation, rectification, nitrogen, oxygen, phase equilibrium, specific heat of vaporization

Современные типы воздушных судов РФ снабжены бортовыми газовыми системами, играющими важную роль в обеспечении полетов. Основными газовыми системами являются кислородные и азотные системы. В авиации РФ для производства азота и кислорода используются воздухоразделительные установки АКДС-70М, СКДС-70, ТКДС-100, в которых разделение атмосферного воздуха на азот и кислород производится методом низкотемпературной ректификации.

В ходе ректификации протекают тепло- и массообменные процессы между паровой и жидкой фазами, заключающиеся в непрерывном перераспределении продуктов ректификации по фазам. Следствием этого является изменение термодинамических свойств паровой и жидкой смесей азота и кислорода.

К числу важнейших термодинамических свойств жидкой фазы, находящейся в состоянии насыщения, относится ее удельная теплота парообразования, зависящая от состава фазы, ее температуры и давления [1]. В этой связи для эффективного управления процессом разделения воздуха, а также мо-

делирования и оптимизации низкотемпературной ректификации воздуха необходимо располагать надежными данными о величине удельной теплоты парообразования чистых азота, кислорода а также их смесей в зависимости от состава и термодинамических условий ректификации.

Удельную теплоту парообразования  $r_{ucn}$  (кДж/кг) жидкой смеси азота и кислорода определяют по условию аддитивности [1]:

$$r_{ucn} = r_{ucn1}x_1 + r_{ucn2}x_2, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2$  – соответственно, массовая доля азота и кислорода в жидкой смеси;  $r_{ucn1}$  и  $r_{ucn2}$  – соответственно, удельная теплота парообразования азота и кислорода, кДж/кг.

Имеющиеся литературные данные (в табличной или графической форме) об удельной теплоте парообразования чистых азота и кислорода в зависимости от температуры или давления насыщения зачастую противоречивы, представлены в различных единицах измерения и для весьма узких диапазонов варьирования давления и температуры, что усложняет их анализ и обобщение. Предложенные рядом авторов аналитические зависимости (в виде уравнений состояния)

© Хвостов А.А., Журавлев А.А., Никитченко А.А., Целюк Д.И., 2019

сложны по своей форме и содержат большое количество эмпирических коэффициентов. Некоторые из предлагаемых уравнений предусматривают только численное решение по итерационным алгоритмам [1 – 5].

В этой связи для проведения инженерных расчетов целесообразно использование интерполяционных уравнений в виде многочленов  $k$ -го порядка, обеспечивающих при-

емлемую точность вычисления [6].

Для построения интерполяционных многочленов, аппроксимирующих зависимость удельной теплоты парообразования азота и кислорода в зависимости от температуры насыщения использовали литературные данные [2] (рис. 1). В качестве интерполяционного многочлена принят многочлен  $k$ -го порядка

$$\tilde{y}_k(x) = a_0 + \sum_{j=1}^k a_j x^j = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_{k-1} x^{k-1} + a_k x^k, \quad (2)$$

где  $k$  – степень многочлена;  $j$  – порядковый номер степени многочлена;  $a_j$  – коэффициент многочлена степени  $k$  ( $j=0, \dots, k$ );  $x$  – температура, К;  $\tilde{y}_k(x)$  – удельная теплота парообразования, кДж/кг.

Коэффициенты многочлена  $k$ -го поряд-

ка (2) определяли согласно методу наименьших квадратов (МНК) из условия минимизации критерия  $F$ , представляющего собой сумму квадратов отклонений аппроксимирующего многочлена (2) от заданных табличных значений

$$F = \sum_{i=1}^N (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + \dots + a_{k-1} x_i^{k-1} + a_k x_i^k - y_i)^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

где  $N$  – количество заданных табличных значений (узлов таблицы);  $i$  – порядковый номер узла таблицы ( $i=1, \dots, N$ );  $y_i$  – табличное значение удельной теплоты парообразования продукта при температуре  $x_i$ .

Для определения степени многочлена  $k$ , обеспечивающего аппроксимацию табличных данных с приемлемой точностью, использовали итерационный алгоритм [6], в

ходе которого для заданной степени многочлена  $k$ , используя МНК, определяли коэффициенты  $a_j$  ( $j=0, \dots, k$ ) и остаточную дисперсию

$$S_{ocm,k}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{y}_k(x_i) - y_i)^2}{N - (k + 1)}. \quad (4)$$

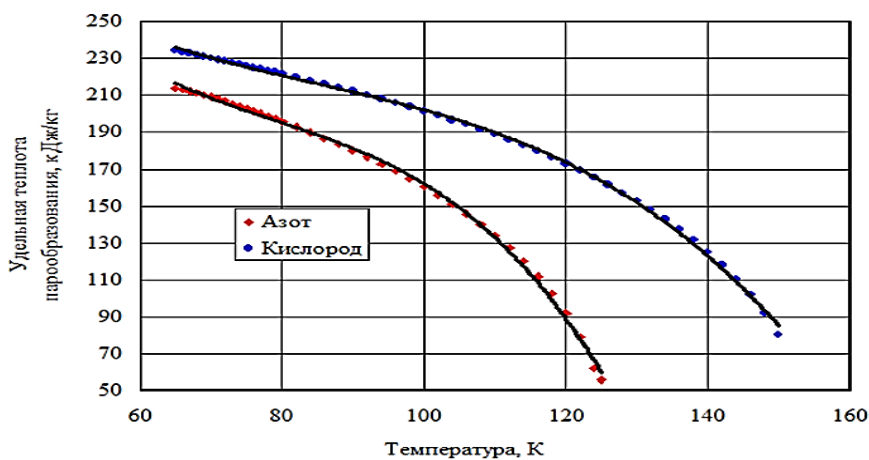


Рис. 1 - Зависимость удельной теплоты парообразования азота и кислорода от температуры насыщения [2]

Статистическую значимость различия между остаточными дисперсиями  $S_{ocm,k}^2$  и  $S_{ocm,k+1}^2$  для многочленов порядка, соответственно,  $k$  и  $k+1$ , устанавливали по критерию Фишера

$$F = \frac{S_{ocm,k}^2}{S_{ocm,k+1}^2} < F_{кр}(p, f_1, f_2), \quad (5)$$

где  $F_{кр}(p, f_1, f_2)$  – критическое значение критерия Фишера для принятого уровня значимости  $p = 0,05$  и числе степеней свободы остаточной дисперсии числителя  $f_1$  и знаменателя  $f_2$ .

Расчеты показали (рис. 2), что увеличение степени аппроксимирующего многочле-

на (2) приводит к уменьшению величины остаточной дисперсии и снижению критерия Фишера (5). При степени многочлена  $k = 3$  и выше различия между остаточными дисперсиями, в соответствии с критерием (5), оказываются статистически незначимыми. Это позволяет рекомендовать для расчета удельной теплоты парообразования азота и кислорода использовать интерполяционную формулу в виде многочлена 3-го порядка

$$r_{исп} = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3, \quad (6)$$

где  $r_{исп}$  – удельная теплота парообразования продукта, кДж/кг;  $T$  – температура насыщения, К;  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – эмпирические коэффициенты (табл. 1).

Таблица 1.  
Значения коэффициентов уравнения (7)

Продукт	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
Азот	702,07	-16,598	0,1933	-0,000815
Кислород	454,02	-6,6338	0,0678	-0,000268

Оценкой качества интерполяционных формул вида (6) является средняя относительная ошибка аппроксимации

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \tilde{y}_k(x_i)}{y_i} \right| 100, \quad (7)$$

максимальное значение которой составило 1,46 % (рис. 3, табл. 2).

Значения коэффициентов парной корреляции  $R_{xy}$  (см. табл. 2) указывают на тесную корреляционную связь между удельной теплотой парообразования азота и кислорода и температурой насыщения.

Таблица 2.  
Показатели интерполяционного многочлена вида (6)

Продукт	Коэффициент парной корреляции $R_{xy}$	Средняя относительная ошибка $\Delta$ , %	Температура, К (давление, МПа)
Азот	0,9984	1,46	65 ÷ 125 К 0,0174 ÷ 3,205 МПа
Кислород	0,9992	1,34	65 ÷ 150 К 0,0023 ÷ 4,215 МПа

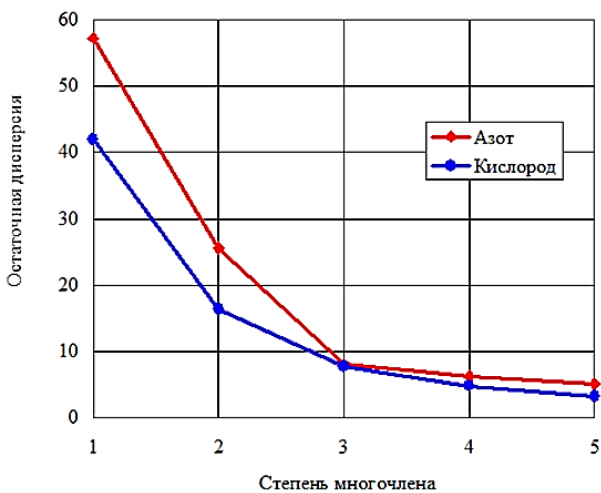


Рис. 2 - Зависимость остаточной дисперсии от степени многочлена (2)

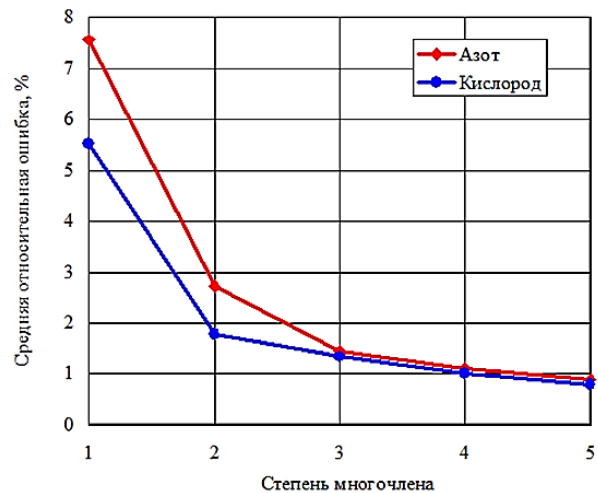


Рис. 3 - Зависимость средней относительной ошибки аппроксимации от степени многочлена (2)

Состав жидкой и паровой фаз азотно-кислородной смеси может быть рассчитан на основании объединенного закона Рауля-Дальтона по известной концентрации одного из компонентов, например азота, и балансовым соотношениям [5, 7]:

$$y_1 = \frac{\alpha_{12}x_1}{1 + (\alpha_{12} - 1)x_1}; \quad (8)$$

$$x_1 = \frac{y_1}{\alpha_{12} - (\alpha_{12} - 1)y_1}; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1; \quad \sum_{i=1}^n y_i = 1, \quad (10)$$

где  $x_1$ ,  $y_1$  — соответственно, массовая доля азота в жидкой и паровой смесях;  $\alpha_{12}$  — коэффициент относительной летучести, зависящий от давления в ректификационной колонне [7].

Для азота и кислорода связь между давлением насыщенного пара и их температурой насыщения имеет вид уравнения Антуана [8]

$$\ln P_{01} = 6,7358 - \frac{698,22}{T}; \quad (11)$$

$$\ln P_{02} = 7,0771 - \frac{846,26}{T}, \quad (12)$$

где  $T$  — температура насыщения, К;  $P_{01}$ ,  $P_{02}$  — соответственно, давление насыщенных паров азота и кислорода, МПа.

Температура насыщения азотно-кислородной смеси заданного состава может быть рассчитана по уравнению Дальтона [9]

$$\sum_{i=1}^n P_{0i}x_i = P, \quad (13)$$

где  $P$  — давление в ректификационной колонне, МПа.

Представленные математические соотношения были реализованы на ЭВМ в виде подпрограммы расчета удельной теплоты парообразования смесей азота и кислорода в зависимости от температуры насыщения при моделировании теплообменных процессов, протекающих в испарителе и на контактных устройствах воздуходелительной установки [10, 11].

### Библиографический список

1. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. — Л.: Химия, 1982. 592 с.
2. Теплофизические свойства криопр-

дуктов / Л.А. Акулов, Е.И. Борзенко, В.Н. Новотельнов, А.В. Зайцев. СПб.: Политехника, 2012. 243 с.

3. Вассерман А.А. Уравнения для описания фазового равновесия жидкость-пар в бинарных смесях / А.А. Вассерман, А.Г. Слынько, В.Н. Галкин // Журн. физ. химии. 2014. Т. 88. №12. С. 1881–1884.

4. Борзенко Е.И. Расчет теплофизических свойств криопродуктов на линии насыщения с повышенной точностью / Е.И. Борзенко, А.В. Зайцев, Н.В. Кудашова // Научный журнал СПбГУНиПТ, 2011. №2. С. 2–5.

5. Комиссаров Ю.А. Химическая технология: научные основы процессов ректификации. В 2 ч. Часть 1 : учеб. пособие для академического бакалавриата / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Издательство Юрайт, 2018. 270 с.

6. Хвостов А.А. Итерационный алгоритм поиска оптимальной аппроксимирующей функции / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, Д.И. Целюк // Некоторые вопросы анализа, алгебры, геометрии и математического образования: материалы второй международной молодежной научной школы «Актуальные направления математического анализа и смежные вопросы». Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. Вып. 8. С. 336–337.

7. Ряжских В.И. Модель фазового перехода в испарителе кубовой жидкости ректификационной колонны воздухоразделительной установки при переменных теплофизических характеристиках / В.И. Ряжских, А.А. Хвостов, А.В. Ряжских, А.А. Журавлев, С.Г. Тихомиров // Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях: сб. ма-

тер. междунар. науч. конф. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. С. 280–292.

8. Ряжских В.И. Расчет давления насыщенных паров криопродуктов по экспериментальным данным / В.И. Ряжских, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.В. Ряжских А.В. // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сб. науч. статей 3-й Всерос. науч.-техн. конф. с межд. участием. / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск: ЮЗГУ, 2018. С. 293–296.

9. Хвостов А.А. Уравнение кипения бинарных смесей азота, кислорода и аргона / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.А. Богер, Д.И. Целюк // Качество в производственных и социально-экономических системах: сб. науч. тр. 6-ой Международной научно-технической конференции: Юго-Зап. гос. ун-т, В 2-х томах, Том 2, Курск: ЗАО «Университетская книга», 2018. С. 237–239.

10. Ряжских В.И. Модель испарителя кубовой жидкости ректификационной колонны воздухоразделительной установки с переменными теплофизическими характеристиками / В.И. Ряжских, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.В. Ряжских, О.А. Семенихин // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 1 / под общ. ред. А.А. Большакова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. С. 92–95.

11. Хвостов А.А. Математическая модель массообмена на контактных устройствах воздухоразделительной установки / А.А. Хвостов, В.И. Ряжских, А.А. Журавлев, И.А. Казьмин, А.А. Никитченко // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 1 / под общ. ред. А.А. Большакова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. С. 102–105.

УДК 621.96:681.327.8

*Воронежский государственный технический университет*  
Канд. техн. наук, доцент Е.А. Жидко, E-mail: lenag66@mail.ru  
*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил*  
*«Военно-воздушная академия имени профессора*  
*Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*  
доцент К.А. Кирьянов  
Россия, г. Воронеж, E-mail: konst63224@mail.ru

*Voronezh State Technical University*  
Ph. D. in Engineering, associate professor E.A. Zhidko,  
E-mail: lenag66@mail.ru

*Military training and scientific center of the air force «Air force*  
*Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»*  
assistant professor K.A. Kiryanov  
Russia, Voronezh, E-mail: konst63224@mail.ru

Е.А. Жидко, К.А. Кирьянов

## ВИДЫ АДАПТАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭКОНОМИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

**Аннотация:** Нарушения нормальной устойчивой работы экономически важных экологически опасных объектов является преднамеренное деструктивное информационно-техническое воздействие на их системы связи и управления. Для безопасного и устойчивого функционирования этих объектов необходимо предусмотреть подходы к организации адаптационных процессов в информационно-телекоммуникационных системах

**Ключевые слова:** информационно-техническое воздействие, подсистема безопасности и защиты информации, адаптация информационно-телекоммуникационных систем

Е.А. Zhidko, K.A. Kiryanov

## TYPES OF ADAPTATION OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS OF ECONOMICALLY IMPORTANT ECOLOGICALLY HAZARDOUS OBJECTS FOR INFORMATION AND TECHNICAL IMPACT

**Abstract:** Disruption of the normal sustainable operation of economically important environmentally hazardous facilities is the deliberate destructive information and technical impact on their communication and control systems. For the safe and sustainable operation of these facilities, it is necessary to provide approaches to the organization of adaptation processes in information and telecommunication systems

**Keywords:** information and technical impact, security and information protection subsystem, adaptation of information and telecommunication systems

Одной из причин возможного нарушения нормальной устойчивой работы современных экономически важных экологически опасных (ЭВЭО) объектов является преднамеренное деструктивное информационно-техническое воздействие (ИТВ) на их системы связи и управления [1,2]. К таким объектам относятся энергетические, транспортные, коммуникационные, строительные, промышленные, горнодобывающие, оборонные комплексы.

Защита информации от несанкционированного доступа представляет собой важную составляющую для обеспечения безопасности информации в повседневной деятельности ЭВЭО объектов.

Задача должна решаться в свете требований нормативных и правовых документов,

действующих в информационной сфере. При этом необходимо учитывать [1-3]:

1. Цель защиты – обеспечение безопасного и устойчивого развития ЭВЭО объектов как функции их конкурентоспособности на внешних и внутренних рынках в меняющихся условиях. Конкурентоспособность рассматривается как функция ценности её информационного обеспечения. Под информационным обеспечением понимаются макро и микро условия бизнеса, отраслевые и рыночные условия. Ценность такой информации определяется своевременностью ее получения, достоверностью, полнотой и точностью, а также полезностью для достижения целей развития ЭВЭО объектов [4-7].

2. Влияние целенаправленной деятельности человека на реально складывающиеся и прогнозируемые отношения между злоумышленниками (далее сторона А) и лицами, принимающими решения (ЛПР) об адекват-

ной реакции (далее сторона *B*) на их действия. В качестве таких отношений рассматриваются информационные конфликты между сторонами *A* и *B*. Они возникают из-за различий в интересах сторон, проявляются в виде противоборства на политической арене и конкурентной борьбы в социально-эколого-экономической сфере в условиях информационно-психологической войны [4]. Сущность ИК сводится к созданию стороной *A* угроз нарушения информационной безопасности (воздействия на информацию и на информационный ресурс) стороны *B*. При этом эффективность достижения целей каждой из сторон, участвующих в ИК, возрастает с увеличением возможностей не только по добыванию информации о противнике, но и защите информации от аналогичных действий с его стороны.

Анализ базовых технологий построения и динамики развития средств ИТВ позволяет сделать вывод о неуклонном увеличении в их составе адаптивных к складывающейся ситуации компонентов.

Адаптация ИТС представляет собой процедуру приспособления их аппаратных и программных средств к изменяющимся условиям функционирования для реализации целевых функций при наличии конфликтного взаимодействия со средствами ИТВ.

В настоящее время для ИТС теоретически проработаны следующие виды адаптации [4,8]:

- эволюция;
- привыкание;
- обучение и самообучение;
- организация и самоорганизация.

Функционирование и развитие сложной системы является процессом взаимной опережающей многоуровневой адаптации ее компонентов друг к другу, а также системы с внешней средой [8,9].

В настоящее время определились и успешно развиваются два подхода к организации адаптационных процессов в ИТС:

Первый подход – адаптация управления, при которой реализуются процессы поддержания системы или ее элементов в состоянии, определяемом целью и задачами функционирования.

Второй подход – адаптация процессов

функционирования, при которой достигается максимальная эффективность функционирования отдельных элементов и ИТС в целом.

В адаптивных системах управления ИТС информация об объекте и внешних ИТВ собирается в ходе эксплуатации, обрабатывается и используется для выработки управляющих воздействий. Это позволяет снизить до минимальных значений время реакции ИТС на изменение условий функционирования и повысить качество управления при неопределенности параметров и нестабильности состояний объекта и среды [10,11].

Модель объекта адаптации устанавливает взаимосвязи между параметрами исходной задачи (входными данными) *X*, решения *Y*, состояния объекта *S*, адаптирующего воздействия *U*. Для построения процедуры адаптации по параметрам *X* определяется адаптирующее воздействие *U*, которое должно перевести объект адаптации в требуемое состояние при выполнении ограничений, определенных для *X* и *U* [4].

При адаптации компонентов ИТС решение данной задачи сводится к определению управляющего воздействия, при котором достигается максимальная эффективность их функционирования при предъявляемых требованиях по защите и безопасности информации. Объект адаптации рассматривается как обучающаяся система [12] в среде, характеризующейся вероятностной реакцией на изменение состояния объекта и ИТВ.

В зависимости от наличия или отсутствия модели объекта адаптации все виды адаптации делятся на два класса:

- адаптация с моделью;
- адаптация без модели (поисковая адаптация).

При малом числе условий обстановки, которые могут сложиться в процессе адаптации, задачу адаптации целесообразно решить предварительно и заготовить массив (таблицу) адаптирующих воздействий. В этом случае процесс адаптации сводится к оценке складывающейся обстановки, выбору оптимального (по критерию обеспечения безопасности ИТС) адаптирующего воздействия и его реализации в управляемой системе. Такого рода адаптацию является априорной, т.к. ситуация *X* и адаптирующие воздействия *U* заготавливаются заранее.

Если прогнозирование условий, в кото-



рых окажется система, затруднено, синтез адаптирующего воздействия следует производить после анализа входного задания  $X$ , т.е. выполнять апостериорную адаптацию. Ряд этапов адаптационного процесса может выполняться наборами альтернативных процедур и их последовательностей. Выбор процедуры осуществляется на основе информации, полученной в ходе анализа исходного задания [13].

Для построения механизма адаптации системы при минимально возможных потерях целевой функции применяются два варианта адаптации.

Первый вариант – управляющее воздействие синтезируется полностью после анализа исходного задания.

Второй вариант – управляющее воздействие синтезируется последовательно, с учетом результатов, полученных на этапах функционирования ИТС.

В обстановке, когда прогнозирование закономерностей изменения объекта во времени и его состояния в определенный момент времени затруднено, требуется расширить функции адаптирующего устройства идентификацией, заключающейся в синтезе адекватной модели объекта [14]. Такого рода адаптацию называют адаптацией с идентификатором или с самонастраивающейся моделью.

Для ЭВЭО типа оборонного комплекса в ряде практически важных случаев построение адекватных моделей затруднено. Поэтому целесообразно выполнять поисковую адаптацию [15], которая в отличие от адаптации с моделью включает специально организованную процедуру определения адаптирующего воздействия без формализованного описания существенных сторон объекта.

В процессе синтеза адаптирующего воздействия устанавливается его влияние на эффективность функционирования объекта. Структура и параметры воздействия задаются и уточняются в соответствии со степенью достижения целевой функции объекта.

Таким образом, процесс поисковой адаптации имеет последовательный многоэтапный характер, на каждом этапе принимаются меры по повышению эффективности объекта при его адаптации к изменениям условий функционирования.

По характеру изменения объекта адаптирующее воздействие подразделяется на

две разновидности:

- параметрическая адаптация, суть которой заключается в изменении параметров объекта с сохранением его структуры и функциональных взаимосвязей между элементами;

- структурная адаптация, суть которой заключается в изменении структуры объекта и перераспределении функциональных взаимосвязей между его элементами.

Структурная адаптация, как правило, сопровождается параметрической адаптацией, поскольку изменение структуры приводит к необходимости обновления ее параметров в соответствии с целью адаптации. В зависимости от типа значений изменяемых параметров, параметрическая адаптация подразделяется на непрерывную, дискретную и бинарную.

К числу основных способов структурной адаптации относятся:

- эволюционная адаптация, заключающаяся в осуществлении незначительных изменений структуры объекта;

- альтернативная адаптация, представляющая собой процесс выбора альтернативных разновидностей структуры объекта.

В процессе эволюционной адаптации изменениям может подвергаться непосредственно структура объекта или ее коды. Разновидность структурной адаптации, состоящей в изменении кодов структуры, представляет собой генетическую адаптацию [16]; при ее осуществлении информация о структуре представляется в виде хромосом, которые подвергаются эволюционным изменениям [16].

Альтернативная адаптация может выполняться по отношению к одному объекту и множеству объектов, взаимодействующих друг с другом. При коллективной адаптации состояние объекта в среде определяется как собственной структурой, так и структурой взаимодействующих с ним объектов.

Если объект перед принятием решения о своих действиях прогнозирует и учитывает возможные действия других объектов, включенных в общее с ним множество, имеет место адаптация с рефлексией, в противном случае – без рефлексии.

Для ИТС со сложной многоуровневой иерархической структурой возможны ситуации, когда изменения на одном уровне, связанные с выбором альтернативных структур,

приводят к эволюционным изменениям на другом уровне. В этом случае целесообразно организовывать работу подсистемы безопасности защиты информации (ПБЗИ) на основе комбинированной многоуровневой адаптации, обобщенная схема которой может быть представлена в виде набора базовых элементов с классификаторами на базе нейронных сетей, сопряженными с системой нечетких предикатных правил.

**Вывод.** Синтез ПБЗИ ИТС ЭВЭО объектов необходимо выполнять с применением методов адаптации, построенных на проверке альтернативных гипотез по выбору параметров и структуры объекта, исходя из условий совместного обеспечения требуемой эффективности его функционирования, безопасности и защиты.

### Библиографический список

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации: утв. Президентом РФ 9 сентября 2000 г., № Пр-1895 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html>.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 ноября 2012 г. № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». Российская газета, 2012, 7 ноября.
3. Об информации, информационных технологиях и о защите информации. Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ// СПС «Консультант Плюс».
4. Жидко Е.А. Логико вероятностно-информационный подход к моделированию информационной безопасности объектов защиты. Воронеж.- 2016. - 123 с.
5. Жидко Е. А., Попова Л. Г. Информационная безопасность инновационной России: проблема кадров // Информация и безопасность. -2011. -Т. 14.-№ 2. -С. 201-208.
6. Жидко Е.А. Методические основы системного моделирования информационной безопасности // Науковедение, 2014. – № 3 (22). – С. 102.
7. Жидко Е.А. Методология системного математического моделирования информационной безопасности // Науковедение, 2014. – № 3 (22). – С. 101.
8. Губсков Ю.А. Аналитический и процедурные модели для информационной поддержки эргатических комплексов: дисс. канд. тех.наук. – Тамбов: ТГТУ, 2012. – 145 с.
9. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Информационная безопасность: концепция, принципы, методология исследования. – Воронеж: ВГАСУ, 2013. – 183 с.
10. Нестерук Г. Ф., Осовецкий Л. Г., Нестерук Ф. Г. Адаптивная модель нейросетевых систем информационной безопасности // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. 2003, №3 (15).
11. Жданов А.А. Метод автономного адаптивного управления и его приложения. // Прикладные информационные технологии и интеллектуальные системы, 2004. – №6. – С. 56-61.
12. Бочков М. В. Реализация методов обнаружения программных атак и противодействия программному подавлению в компьютерных сетях на основе нейронных сетей и генетических алгоритмов оптимизации // Сборник докладов VI Международной научно-технической конференции SCM'2003. – СПб.: СПГЭТУ, 2003. – Т. 1. – С. 376-378.
13. Жидко Е. А., Разиньков С. Н. Модель подсистемы безопасности и защиты информации системы связи и управления критически важного объекта // Системы управления, связи и безопасности, 2018. – № 1. – С. 122-135.
14. Разиньков С.Н., Жидко Е. А. Эффективность коллективной идентификации объектов при неточно заданных значениях однотипных параметров // Информационно-измерительные и управляющие системы, 2018. – Т. 16. – № 8. – С. 64-68.
15. Лебедев Б. К. Методы поисковой адаптации для решения оптимизационных задач // Прикладные информационные технологии и интеллектуальные системы, 2003. – № 3. – С. 24-30.
16. Антипов О.И. Фрактальные методы анализа и прогнозирования для самоорганизованных технических, биологических и экономических систем: дисс. д-ра физ.-мат. наук. – Самара: ПГУТИ, 2011. – 300 с.

УДК 330.43

*Воронежский государственный университет*  
Д.э.н., профессор В.В. Давнис, E-mail: vdavnis@mail.ru  
Преподаватель, аспирант М.В. Добрина  
E-mail: nice.smirnova@yandex.ru  
Аспирант А.В. Чекмарев, E-mail: art6211@yandex.ru  
Россия, г. Воронеж

*Voronezh State University*  
doctor of Economics, Professor V.V. Davnis, E-mail: vdavnis@mail.ru  
Lecturer, postgraduate M. V. Dobrina,  
E-mail: nice.smirnova@yandex.ru  
Postgraduate A.V. Chekmarev, E-mail: art6211@yandex.ru  
Russia, Voronezh

В.В. Давнис, М.В. Добрина, А.В. Чекмарев

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ АППАРАТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

**Аннотация:** в данной работе отмечено, что основной тенденцией в развитии современного аппарата прогнозирования является реализация возможности конструирования моделей со сложным механизмом формирования альтернативного образа будущего, в котором найдет отражение не только прошлое в своей динамике, но и замыслы новых ожиданий

**Ключевые слова:** прогностика, риск, прогноз социально-экономического развития регионов, экспертные оценки, бустрэн технологии

V.V. Davnis, M.V. Dobrina, A.V. Chekmarev

## MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ECONOMIC FORECASTING TOOLS

**Abstract:** in this paper, the author noted that the main trend in the development of modern forecasting tool is the design of models with a complex mechanism for the formation of an alternative future image, which will reflect not only the past in its dynamics, but also the ideas of new expectations

**Keywords:** prognostics, risk, forecast of socio-economic development for regions, expert assessments, boost technology

Вопросы предсказания будущего интересовали людей на всех этапах развития цивилизации. Актуальный сегодня термин прогностика возник в глубокой древности. В настоящее время, как и в древние времена, под этим термином понимается специальная область, в рамках которой осуществляется познание будущего на основе прогноза. Именно такое понимание прогноза было дано в книге «Прогностика», написанной более двух тысячелетий назад древнегреческим врачом и исследователем Гиппократом. В этой книге под прогнозированием понимали искусство предвидения будущего, которое в процессе исторического развития превратилось в науку.

Цель данной работы – выявить современные тенденции в развитии аппарата экономического прогнозирования.

Экономическое прогнозирование выросло из общего направления прогностики и стало актуальным в двадцатом столетии.

Именно в прошлом столетии прогнозные расчеты интересовали как регулирующую рынок экономику, так и управляемую плановыми заданиями экономику. В рыночном формате оценивались ожидаемые результаты, в плановом формате оценивалась возможность нарушения сроков выполнения плана.

В настоящее время наибольший интерес вызывают прогнозы, в которых оцениваются ожидаемые результаты объемов производства, а также наиболее вероятные финансовые результаты. Особо пристальное внимание уделяется прогнозам темпов роста или снижения практически всех показателей, характеризующих социально-экономическое развитие на региональном и государственном уровне.

Обычно от прогнозирования требуется многовариантное представление ожидаемых изменений в исследуемом объекте, которые с той или иной вероятностью могут произойти в будущем при выполнении определённых условий и допущений. Прогнозы, явля-

ьясь альтернативой неопределенности будущего, обеспечивают своевременное обнаружение рисков и угроз, предоставляя тем самым время для их эффективной нейтрализации. В силу этих возможностей прогностика является обязательным элементом обоснования принимаемых решений.

В российской экономике роль прогноза не только возросла, но и изменилась в силу того, что сама экономика из планово-управляемой превратилась в рыночно регулируемую. В той, еще не очень далекой экономике прошлого, существовало естественное разделение функций. Прогностика выполняла дескриптивную функцию, а планирование - нормативную. В настоящее время при абсолютной ориентации на рыночное регулирование директивность в реализации нормативного подхода полностью исключена.

В 1995 году появился закон Российской Федерация 115-ФЗ «О Государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации», в котором предусматривалась разработка прогнозов сначала на один год, а затем горизонт прогнозирования был увеличен до 3 лет. Шло время, накапливался опыт, и пришло понимание того, что Россия такая страна, которая не может существовать без перспективных взглядов в будущее, без стратегических замыслов. Это понимание было реализовано в «Федеральном законе о стратегическом планировании» №172-ФЗ от 28.06.2014 г. Согласно данному закону предусмотрена многоуровневая разработка прогнозов.

На федеральном уровне разрабатываются:

- а) прогноз научно-технологического развития Российской Федерации;
- б) стратегический прогноз Российской Федерации;
- в) бюджетный прогноз Российской Федерации на долгосрочный период;
- г) прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период [2].

Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период разрабатывается каждые шесть лет на двенадцать и более лет федеральным органом исполнительной власти.

С долгосрочными прогнозами согласуются среднесрочные прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации, разрабатываемые ежегодно на вариативной основе. федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере анализа и прогнозирования социально-экономического развития, на основе анализа внешних и внутренних условий.

На уровне субъектов Российской Федерации разрабатываются:

- а) прогноз социально-экономического развития субъекта Российской Федерации на долгосрочный период;
- б) бюджетный прогноз субъекта Российской Федерации на долгосрочный период [3].

На основе долгосрочного прогноза разрабатывается прогноз социально-экономического развития субъекта Российской Федерации на среднесрочный период.

Для муниципальных образований в законе предусмотрена разработка стратегии их социально-экономического развития на основе долгосрочных или среднесрочных прогнозов.

Даже краткое знакомство с законом позволяет сделать вывод о том, что самый большой объем работы над документами, которые предусмотрено разрабатывать в рамках этого закона, ориентирован на специалистов по прогнозированию, владеющих соответствующим аппаратом. Чтобы оценить потенциал этого аппарата, на основе которого смогут быть решены задачи, обозначенные в законе, проведем анализ возможностей его практического применения.

Анализируя эти возможности, заметим, что взгляд на роль прогнозирования существенно изменился и те возможности, кото-

рые, образно говоря, вчера устраивали, сегодня оказываются не пригодными для практических расчетов.

Кроме новых подходов и новых оригинальных моделей, в Российской прогностике появились новые прикладные области для прогнозирования, которые ранее не представляли практической ценности. Имеется в виду задачи по оценке ожидаемых рисков и ожидаемой доходности финансовых активов. Нужно отметить, что в начале в этих работах явно недоставало оригинальности, чувствовалось некоторое заимствование из иностранных публикаций. Это был естественный процесс освоения новых прикладных областей и, соответственно, нового аппарата моделирования. В настоящее время процесс освоения завершён, стали появляться собственные результаты, обсуждаться проблемы прогнозирования и упреждающего анализа в этих новых областях.

Особый интерес вызывают исследования по оценке ожидаемых рисков. Получившее обоснование в работах Марковица на финансовом рынке, понятие «риск» уверенно вошло в теоретические основы менеджмента, а также, в практику экономической деятельности. Риски оценивают и минимизируют, прогнозируют и хеджируют. В настоящее время все чаще и чаще прогноз делается многовариантным. В некоторых случаях вопрос о предпочтительности того или иного варианта удобно определять с помощью риска. Для этого в дополнение к модели, с помощью которой осуществлялся многовариантный прогнозный расчет, строится модель, позволяющая определить вероятность реальности того или иного варианта.

Основным инструментом для этих целей является аппарат созданной МакФадденом, доступное описание которого с примерами возможных вариантов практического использования приведено в [4]. Модель, предложенная МакФадденом - это развитие идей регрессионного анализа, но в пространстве, в котором зависимая переменная измеряется дискретно. Результатам расчетов по такой модели является вероятность возмож-

ного наступления дискретного события. Нужно признать, что такая возможность является, по сути, эффективным инструментом при формировании альтернативного образа неопределенности будущего. Говорить о точности детерминированного образа будущего абсурдно, а оценивать адекватность вероятностного описания будущего вполне разумно, если в качестве критерия, например, использовать энтропийную меру неопределённости.

Еще одна проблема недостаточно освещена в современном аппарате прогностики. Это проблема касается комплексного подхода к разработке прогнозов социально-экономического развития регионов. Модели, которые должны присутствовать в этом комплексном подходе, должны демонстрировать эффективность в случаях коротких временных рядов и многомерности прогнозных процессов. Именно с таким набором данных приходится иметь дело при разработке прогноза социально-экономического развития регионов. В настоящее время расчёты осуществляются с применением комбинированного подхода, в котором недостающая информация воспроизводится с помощью экспертных оценок. Причём экспертные оценки часто оказываются доминирующими. Возражать против такой методики не имеет смысла, но совершенствование ее в настоящее время является актуальной задачей. Причем совершенствованию необходимо подвергать весь комплексный подход, а не отдельные его составляющие.

Привлечение экспертов, по сути, только частично решает проблему коротких временных рядов, оставляя без рассмотрения проблему многомерности. В некоторых ситуациях применима, так называемая, бустрэн технология, предусматривающая увеличение размера выборочной совокупности за счёт специального применения имитационных процедур [1]. И экспертные оценки, и бустрэн технологии вполне применимы к многомерным временным рядам, но проблема многомерности, которую необходимо решать в процессе прогнозных расчетов, оста-

ётся не затронутой.

Смысл этой проблемы в том, что процессы, описывающие динамику социально-экономического развития Федерации или региона, между собой взаимодействуют, и это взаимодействие должно быть отражено в прогнозных моделях. Сложность отражения в том, что показателей, характеризующих социально-экономическое развитие, чрезвычайно много, например, развитие региона описывают более 80 показателей.

Обращают на себя внимание исследования по методам, которые принято относить к нетрадиционному подходу по экономическому прогнозированию. Основные идеи этого подхода были сформулированы и практически реализованы специалистами, имеющими большой запас знаний в смежных областях. Опубликованные работы, в которых нашли отражение исследования по фрактальной теории, долговременной экономической памяти, теории нечетких множеств и ряде других современных подходов, демонстрируют высокую заинтересованность в поиске новых решений по созданию альтернативных образов неопределенности. Примеры практических расчетов достаточно убедительно показывали возможности и преимущества предлагаемых процедур. Основное достоинство этих новых подходов, по преимуществу, основывалось на достаточно высокой интерполяционной точности. Однако общим недостатком этих нетрадиционных подходов, по мнению специалистов, является то, что они не позволяют получить содержательную интерпретацию получаемых результатов. А для экономики содержательная интерпретация является одной из главных характеристик при выборе аппарата моделирования.

Вопрос интерпретации, как правило, связан с механизмом, с помощью которого вообразимое будущее связано с прошлым или теми фактами, которые известны на момент разработки прогнозных вариантов. Саму природу этих механизмов можно принять за классификационный фактор прогнозных методов.

В соответствии с этой идеей в качестве первого классификационного механизма следует признать время. Сразу заметим, что время присутствует практически во всех моделях, с помощью которых рассчитываются прогнозные значения. Поэтому в группу моделей, выделяемых по этому признаку, будем относить только те, в которых время используется в явном виде. Это линейные и нелинейные модели, отражающие в явном виде зависимость прогнозируемого показателя от времени. Несмотря на свою простоту, в практике прогнозирования такие модели успешно используются для описания динамики изменения прогнозируемого показателя.

Во второй класс отнесем модели, в которых используется механизм, в соответствии с которым будущее вырастает из прошлого. На формальном языке это авторегрессионные модели. Простейшим вариантом модели этого класса является авторегрессионная модель первого порядка. Образно говоря, будущее вырастает из прошлого, а также позапрошлого и т.д.

Третий класс формируется в соответствии с присутствием модели факторного механизма формирования будущего. По сути, это модели регрессионного типа: однофакторные и многофакторные. Кроме того модели могут быть линейные и нелинейные.

Следующий четвертый класс это модели с сезонным механизмом формирования будущего. Особенность этих моделей в том, что на будущее переносится идентифицированная на прошлых наблюдениях периодичность в появлении некоторых событий.

Пятый класс - это модели с вероятностным механизмом появления в будущем дискретных событий. К этому классу относятся модели, получившие обоснования в результате дальнейшего развития регрессионного анализа. Их применение в основном рекомендуется для прогнозирования ожидаемых качественных изменений.

Шестой класс образует модели, реализующие механизм подобия. Их применения рекомендуется для предсказания возможных

результатов от реализации инвестиционных проектов, предусматривающих создания новых объектов экономической деятельности.

Седьмой класс - модели с имитационным механизмом формирования будущего. Для этой модели на исторических данных определяются средние характеристики прогнозируемых показателей, а также распределения случайных величин, характеризующих отклонения фактических значений от средних.

Восьмой класс - модели с механизмом сохранения групповой динамики. Модели этого класса используется при прогнозировании многомерных экономических процессов с целью получения системно согласованных прогнозных оценок.

Наконец девятый класс - это класс моделей, наделенных адаптивным механизмом формирования ожидаемого будущего. В принципе моделью этого класса может быть любая модель из предыдущих классов, но дополнительно наделенная к уже имеющимся свойствам адаптивным механизмом [4].

Есть точка зрения, в соответствии с которой адаптивные модели применяются только в краткосрочном прогнозировании. Такое утверждение не совсем корректно. Действительно, первые адаптивные модели были аппаратом краткосрочного прогнозирования. Но в настоящее время разработано много модификаций, которые значительно расширили возможности практического применения данных моделей.

На практике более эффективно проявляют себя модели, в которых используются комбинированные механизмы формирования будущего из прошлого.

Подводя итог можно сделать **вывод**, что основной тенденцией в развитии современного аппарата прогнозирования является реализация возможности конструирования моделей со сложным механизмом формирования альтернативного образа будущего, в котором найдет отражение не только прошлое в своей динамике, но и замыслы новых ожиданий.

### Библиографический список

1. Давнис В.В., Тинякова В.И. Основы эконометрического моделирования. Учебное пособие. Воронеж, 2003.
2. Давнис В.В., Добрина М.В., Чекмарев А.В. Адаптивно-имитационные модели и их применение в таргет - имитировании целевых значений. Материалы международной научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы». Воронежский государственный университет, 2018.
3. Добрина М.В., Чекмарев А.В. Основы адаптивного таргетирования в прогнозировании экономических процессов. Материалы международной научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы». Воронежский государственный университет, 2018.
4. Давнис В.В., Добрина М.В., Чекмарев А.В. Основы моделирования адаптивно - таргетированных прогнозных траекторий и анализ их устойчивости. Научный журнал Современная экономика: проблемы и решения. Воронежский государственный университет. Выпуск № 9 (105). Воронеж, 2018. Статья входит в перечень ВАК.



УДК 574:331.45

*Воронежский государственный технический университет**Канд. техн. наук, доцент С.А. Сазонова**E-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,**Доктор техн. наук, профессор В.Я. Манохин**E-mail: manohinprof@mail.ru,**Доктор техн. наук, профессор В.Ф. Асминин**Россия, г. Воронеж**Voronezh State Technical University**Ph. D. in Engineering, associate professor S.A. Sazonova**E-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,**Doctor of Engineering Sciences, professor V.Ya. Manokhin**E-mail: manohinprof@mail.ru,**Doctor of Engineering Sciences, professor V.F. Asminin**Russia, Voronezh*

С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, В.Ф. Асминин

## МЕТОДИКА ПЕРЕСЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ ХОЛОДНЫХ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАТУРНОГО РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

**Аннотация:** Рассмотрены проблемы организации высокоэффективных процессов смесеобразования и горения. Оценка качества смесеобразования проводится на основе гидродинамической модели процесса горения. Выполнен выбор метода моделирования процесса смесеобразования. Приведена методика пересчета результатов холодных модельных испытаний на характеристики натурального рабочего процесса на асфальтобетонных заводах

**Ключевые слова:** истечение струй, газозвушнные топки, компоненты топлива, технологические процессы, экологическая безопасность, безопасность труда

S.A. Sazonova, V.Ya. Manokhin, V.F. Asminin

## TECHNIQUE OF TRANSFERRING THE RESULTS OF COLD MODEL TESTS TO THE CHARACTERISTICS OF THE ATTRACTIVE WORKING PROCESS

**Abstract:** The problems of the organization of highly efficient processes of mixing and burning are considered. The quality assessment of the mixture formation is carried out on the basis of the hydrodynamic model of the combustion process. The choice of the method for modeling the blending process has been made. The methodology for recalculating the results of cold model tests on the characteristics of a full-scale working process at asphalt concrete plants is presented

**Keywords:** jet outflow, air-gas fireboxes, fuel components, technological processes, environmental safety, labor safety

В предположении об определяющей роли гидродинамических факторов над кинематическими в совокупном процессе горения, будем исследовать возможность определения параметров смесеобразования методами гидроанalogии и газодинамического подобия газовых струй и струй воздуха.

Представляется нецелесообразным использование модели затопленной осесимметричной струи в связи со значительным расхождением результатов расчетов с экспе-

риментальными данными в зоне гидродинамической неустойчивости в условиях преобладающего действия объемной конвекции над градиентной диффузией, но использование модели Абрамовича Г.Н. все же целесообразно для сечений топок основного участка.

На начальном участке диффузионная модель имеет более высокую сходимость с результатами эксперимента. Можно предположить, что при оценке коэффициента тепловыделения топок по коэффициенту перемешивания  $\varphi_{\beta x}^*$  она будет более точной, т.к.,



учитывая дополнительную турбулентность, генерированную в факеле, зависимость  $\varphi_{\beta x}^* = f(H)$  расположится. В этом убеждают результаты огневых модельных испытаний, проведенные на оптической установке с использованием интерферометра «Маха-Цандера» и стенде для огневых испытаний.

Как показывают результаты испытаний, фронт факела в поперечном сечении больше на 10-15% фронта струй. При испытании использовалась модельная форсунка с  $d_c=0,6$  мм, в качестве горючего использовался пропан. Фронт светимости факела примерно соответствовал фронту изотермической струи при «холодных» испытаниях.

Экспериментальные данные согласуются с аналогичными результатами Н.А.Замятиной и И.Б. Палатника для форсунок  $d_c=3,18-6,36$  мм при таком же параметре спутности  $m=0$ . Полученные данные позволяют предположить, что дисперсии и средние радиусы факела превышают соответствующие характеристики струи за счет «автотурбулизации в пламени» и дают возможность прогнозировать эффективность процессов тепловыделения по результатам продувок [1]. Это подтверждают огневые эксперименты модельных топков.

Полученные результаты показывают, что как в «холодном» эксперименте (при продувках), так и в огневом показатели тепловыделения выше у смесительных головок с «шахматным» расположением форсунок.

Полученные сведения позволяют рекомендовать диффузионную модель статистической теории турбулентной диффузии для определения коэффициентов тепловыделения топков асфальтобетонных заводов, определять  $\varphi_{\beta x}^*$  по результатам пересчета холодных модельных испытаний [1].

Пересчет результатов холодных модельных испытаний на характеристики натурального рабочего процесса производился при допущении, что поле концентраций, скоростей и плотностей потока импульса совпадают в холодном и огневом экспериментах. Отклонения текущих значений этих величин от средних по расходу для течений в модели

и натуре одинаковы.

В случае исследования перемешивания разнотемпературных потоков определение концентраций в различных точках топки производилось по следующей зависимости:

$$v_{Mi} = \frac{T_{ГМ} - T_{Mi}}{T_{Mi} - T_{ОМ}} \quad (1)$$

где:  $T_{ГМ}$  и  $T_{ОМ}$  - температура потока газов, моделирующих горючее, и окислитель соответственно;  $T_{Mi}$  - температура, измеренная в  $i$ -ой точке топки при модельных продувках.

При моделировании процесса перемешивания компонентов топлива разнородными газами (азотом и воздухом) определение концентраций производится по содержанию кислорода в смеси по следующей формуле:

$$v_{Mi} = \frac{K_{Mi} - K_{МГ}}{K_{МО} - K_{Mi}}, \quad (2)$$

где:  $K_{Mi}$ ,  $K_{МГ}$ ,  $K_{МО}$  - концентрация кислорода в  $i$ -ой точке, азота и воздуха соответственно.

Пересчет соотношения компонентов топлива осуществлялся при этом по зависимости:

$$v_i = v_{Mi} \frac{v_H}{v_M}, \quad (3)$$

где  $v_H$  - среднее (камерное) весовое соотношение компонентов: окислителя и горючего при натуральных испытаниях;  $v_M$  - среднее (камерное) весовое соотношение компонентов: окислителя и горючего при модельных испытаниях.

Аналогично пересчитывается скорость  $W_i$

$$W_i = \frac{W_{cp}}{W_{cpM}} \cdot W_{Mi} \quad (4)$$

где  $W_{Mi}$  - скорость модельной смеси в  $i$ -ой точке объема топки;  $W_{cp}$  - средняя скорость смешения при натуральных испытаниях;  $W_{cpM}$  - средняя скорость смешения при модельных испытаниях.

Определяется по величине скоростного напора, измеряемого в процессе эксперимента, удельный вес смеси в  $i$ -ой точке рассчитывается по следующей формуле:

$$\gamma_i = \frac{\gamma_{\Gamma} G_{\Gamma} + \gamma_0 G_0}{G_{\Sigma}}, \quad (5)$$

где  $\gamma_0$ ,  $\gamma_{\Gamma}$  - удельные веса окислителя и горючего.

Определение расходов в  $i$ -х точках производилось по уравнению неразрывности в виде

$$G_i = W_i \cdot F_i \cdot \gamma_i.$$

Коэффициент полноты удельного импульса давления в топке определялся по зависимости вида (коэффициент перемешивания  $\varphi_{\beta x}$  при  $\varphi_{\text{гор}} = 1$  определяется в соответствии с уравнением (7)

$$\varphi_{\beta x} = \frac{\sum \beta_{Ti} \cdot G_i}{\beta_T \sum G_i}, \quad (6)$$

где  $\beta_{Ti}$  - удельный импульс давления, определенный по весовому соотношению компонентов в  $i$ -ой точке  $v_i$ ;  $\beta_T$  - удельный импульс давления, определенный по весовому соотношению компонентов топки  $v_H$ .

Коэффициент перемешивания определялся в соответствии с уравнением

$$\varphi_{\text{перх}} = \frac{\varphi_{\text{рх}} - \varphi_{\beta H}}{1 - \varphi_{\beta H}} \quad (7)$$

где  $\varphi_{\beta H}$  - коэффициент полноты удельного импульса давления в начале топки. Для схем без предварительной газификации компонентов и их подогрева  $\varphi_{\beta H} = 0$ .

По аналогичной методике производился пересчет результатов модельных испытаний в работе [1]. При этом получена удовлетворительная сходимость параметров огневых испытаний и параметров, полученных при "холодных" продувках.

В заключение отметим, что решение задач экологической безопасности [1, 2] технологических процессов связаны с задачами обеспечения безопасности труда [3, 4, 5, 6, 7] на опасных и вредных производствах. При обеспечении требуемого уровня безопасности на предприятии необходимо дополнительно учитывать возможные опасности от других факторов, таких как производственный шум, примеры уменьшения вредного

воздействия от которого рассмотрены в работах [8, 9, 10, 11, 12]. Так же необходимо решать целый ряд смежных задач для обеспечения комплексной безопасности [13, 14, 15, 16, 17, 18] с использованием информационных технологий [19, 20, 21]. Комплексное решение рассмотренных задач с последующей оценкой результатов и принятием необходимых мер по улучшению условий труда и обеспечению безопасности труда на вредных и опасных производствах является направлением дальнейших исследований.

### Библиографический список

1. Манохин, В.Я. Научно-практические и методологические основы экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах / В.Я. Манохин // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт - Петербург, 2004.

2. Манохин, М.В. Охрана труда и расчет рассеивания параметров выброса вредных веществ на промышленной площадке асфальтобетонного завода / Манохин М.В., Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико - химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2016. - № 1 (12). - С. 104-107.

3. Сазонова, С.А. Безопасность труда при эксплуатации машин и оборудования на асфальтобетонных и цементобетонных заводах / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2016. - № 1. - С. 28-33.

4. Сазонова, С.А. Обеспечение безопасности труда на асфальтобетонных и цементобетонных заводах при эксплуатации машин и оборудования / Сазонова С.А., Манохин М.В., Николенко С.Д. // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 63-66.

5. Сазонова, С.А. Требования к безопасности труда на асфальтобетонных заводах при погрузочно-разгрузочных работах / С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, С.Д. Николен-

ко // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 57-60.

6. Манохин, М.В. Требования к безопасности труда и пожаровзрывобезопасность при эксплуатации асфальтобетонных заводов / М.В. Манохин, В.Я. Манохин, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2016. - № 1. - С. 16-21.

7. Головина Е.И. Интегральная балльная оценка тяжести труда операторов смесителей асфальтобетонных заводов в условиях высокой запыленности рабочей зоны / Е.И. Головина, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, М.В. Манохин, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2016. - № 1 (12). - С. 95-98.

8. Павлова, У.Ю. Теоретическое представление процесса распространения автотранспортного шума для разработки программного комплекса проектирования сооружений остановочных пунктов общественного транспорта с функцией шумозащитного экранирования / У.Ю. Павлова, В.Ф. Асминин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2016. - № 2 (42). - С. 123-130.

9. Асминин, В.Ф. Noise reduction in circular woodworking machines in the production of wood components / В.Ф. Асминин, Д.С. Осмоловский // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2012. - № 4 (16). - С. 69-79.

10. Осмоловский, Д.С. Экспериментальное исследование диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с фрикционным трением для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2011. - № 5 (323). - С. 59-63.

11. Асминин, В.Ф. Об одном из путей снижения шума в сложившейся жилой застройке, прилегающей к остановочным пунктам общественного автотранспорта / В.Ф. Асминин, У.Ю. Корда // Безопасность

жизнедеятельности. - 2011. - № 4. - С. 21-24.

12. Осмоловский, Д.С. Акустическая эффективность от применения вибродемпфирующих прокладок с сухим трением для снижения шума от пильного диска круглопильных деревообрабатывающих станков / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин // Безопасность жизнедеятельности. - 2012. - № 8. - С. 14-19.

13. Асминин, В.Ф. Использование акустических характеристик речевых пожарных оповещателей для расчёта звуковых полей помещений / В.Ф. Асминин, А.И. Антонов, Е.Н. Епифанов // Технологии техносферной безопасности. - 2014. - № 1 (53). - С. 13.

14. Asminin, V.F. The method of sound designing of a single voice fire alarm / V.F. Asminin, A.I. Antonov, S.N. Kuznetsov // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2014. - № 2 (22). - С. 67-75.

15. Асминин, В.Ф. Методика акустического проектирования одиночного пожарного речевого оповещателя / В.Ф. Асминин, Е.Н. Епифанов, А.И. Антонов, С.Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 3 (31). - С. 121-127.

16. Osmolovsky, D.S. Reducing noise from round woodworking machines by applying vibration damping friction pads between the saw blade and the clamping flange / D.S. Osmolovsky, V.F. Asminin, E.V. Druzhinina // Akustika. - 2019. - Т. 32. - № 1. - С. 138-140.

17. Молодая, А.С. Моделирование высокотемпературного нагрева сталефибробетона / А.С. Молодая, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018. - Т. 6. - № 2 (21). - С. 323-335.

18. Николенко, С.Д. Обеспечение безопасности земляных работ с применением расчетов прикладной механики / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 4. - С. 47-51.

19. Квасов, И.С. Синтез систем сбора данных для распределительных гидравлических сетей / И.С. Квасов, В.Е. Столяров, С.А. Сазонова // В сборнике: Информационные технологии и системы Материалы III Всероссийской научно-технической конферен-

ции. - 1999. - С. 113-115.

20. Квасов, И.С. Оценивание параметров трубопроводных систем на основе функционального эквивалентирования / И.С. Квасов, С.А. Сазонова // В книге: Понтрягинские чтения - X 1999. - С. 219.

21. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потоков распределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

УДК 0.00.005.5

*Воронежский государственный технический университет  
Ст. преп. К.А. Маковий, E-mail: makkatya@mail.ru  
канд. экон. наук, доцент Ю.В. Хицкова,  
магистрант А.А. Соколова  
Россия, г. Воронеж, E-mail: prosvetovau@list.ru*

*Voronezh State Technical University  
senior lecturer K.A. Makoviy, E-mail: makkatya@mail.ru  
cand. of economic Sciences, associate Professor Y.V. Khitskova,  
master's student A.A. Sokolova  
Russia, Voronezh, E-mail: prosvetovau@list.ru*

К.А. Маковий, Ю.В. Хицкова, А.А. Соколова

### УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ НА ПРОЕКТЫ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Аннотация:** Проводится анализ формирования затрат на проекты в сфере информационных технологий, рассматриваются различные методы их формирования, анализируются этапы управления затратами

**Ключевые слова:** затраты на ИТ-проекты, управление затратами информационной сфере, планирование ресурсов, оценка стоимости проекта, этапы оценки стоимости

К.А. Makoviy, Yu.V. Khitskova, A.A. Sokolova

### MODEL OF DISCRETE SYSTEMS OF THE PROCESS OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

**Abstract:** The analysis of the formation of costs for projects in the field of information technologies is carried out, various methods of their formation are considered, the stages of cost management are analyzed

**Keywords:** costs of IT projects, cost management of the information sphere, resource planning, project cost estimation, cost estimation steps

В рыночной экономике эффективное управление производственной деятельностью экономических агентов рынка все более зависит от уровня его информационного обеспечения. Особенно важна оперативность указанного управления в связи с экспансией развитых рыночных экономик в экономики развивающиеся. Эта тактическая и стратегическая оперативность принятия управленческих решений во многом определяется качеством показателей бухгалтерской отчетности как публичной финансовой, так и внутренней управленческой.

Инновационные методы управления запасами и затратами позволяют устранить типичные недостатки традицион-

ных, а именно:

- относительную точность калькуляционных расчетов при выборе базы распределения косвенных затрат, учитывающих лишь поведение одного из факторов (прямой оплаты труда производственного персонала, общей суммы затрат, нормативного времени работы оборудования и т. п.);

- искажение финансового результата от продажи готовой продукции из-за неточного определения ее фактической себестоимости;

- поверхностное отражение экономических показателей производственного процесса, обусловленное спецификой расчета цеховой, производственной или полной себестоимости, а также оперирование исключительно учетной информацией безотносительно данных о вмененных и релевантных

издержках. [1]

Управление затратами проекта чрезвычайно важно, на всех стадиях реализации проекта, поскольку именно от адекватной и точной оценки затрат на реализацию проекта зависит по большей части принятие решения инициатора проекта о возможности реализации. Именно финансовые средства обеспечивают реализацию проекта, особенности которой могут отличаться в рамках утвержденного бюджета [2,3]. Управление затратами проекта включает этапы, которые отличаются у разных авторов, но в основном включают следующие этапы:

1) планирование человеческих, материальных и производственных ресурсов, которые необходимы для выполнения работ по проекту;

2) оценка стоимости необходимых для реализации проекта ресурсов;

3) бюджетирование проекта;

4) управление изменением статей бюджета проекта.

Виды оценки стоимости проекта связаны с его особенностями, лежащими в основе каждого отдельно взятого проекта и потому сложностью разработки унифицированной системы оценок стоимости различных проектов [4,5,]. Нами выделены основные виды оценки стоимости, которыми можно воспользоваться как последовательно, так и каждым самостоятельно, независимо от других видов.

1. Приблизительная оценка стоимости проекта на основе сочетания стоимостного и доходного методов оценки.

2. Оценка концепции проекта с помощью сравнительного метода.

3. Предварительная оценка проекта с помощью стоимостного метода.

4. Окончательная оценка, которую желательно проводить, используя различные методы.

Все это приближает участников проек-

та к пониманию ситуации с его стоимостью.

Стоимость на разработку окончательной оценки для большинства проектов составляет, как правило, от 5 до 10 процентов от стоимости проекта, поэтому проведение окончательной оценки на этапе согласования возможности реализации проекта с заказчиком, как правило, не целесообразно по причине большой вероятности отказа заказчиком от реализации проекта.

Распределение затрат на реализацию проекта в течение его жизненного цикла также неравномерно и обычно имеет следующую структуру:

Подавляющая часть расходов происходит на инвестиционной стадии проекта (стадии реализации), основные решения, обуславливающие показатели стоимости проекта, принимаются на прединвестиционной фазе проекта.

Следовательно, управление стоимостью проекта также происходит неравномерно на протяжении всего срока реализации проекта.

На стадии концентрации проекта проводится предварительная оценка жизнеспособности (реализуемости) проекта с целью оценки жизнеспособности и финансовой реализуемости проекта. Погрешность на данной стадии максимальна.

На стадии обоснования инвестиций производится более укрупненный расчет стоимости проекта (разрабатывается предварительная смета). Оценка проекта на стадии обоснования инвестиций проводится с целью сопоставления планируемых затрат с ограничениями, которые заложены в бюджете и является основой для формирования предварительного бюджета.

На стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) и стадии тендеров и переговоров происходит приближенная оценка затрат на реализацию проекта, а также составляется окончательный сметно-

финансовый отчет.

На стадии разработки документации для проекта оценка приобретает свой окончательный вид, разрабатывается сметная документация, которая является основой для расчета и управления стоимостью проекта.

На стадии реализации проекта оценка носит характер «пост-фактум» по конкретным результатам проведенных работ касаясь законченных этапов, по тем же этапам работы, которые еще предстоит выполнять, происходит прогнозный анализ и оценка возможных результатов работ, которые могут быть выполнены в будущем.

На стадии сдачи в эксплуатацию происходит оценка фактически достигнутых результатов по проекту, формируются выводы, и происходит анализ причин достижений или не достижения, поставленный целей проекта.

Существует ряд известных методов расчета оценок затрат на реализацию проекта. Инициатор проекта имеет право выбрать метод, обеспечивающий максимальную точность оценки и минимальный уровень временных и финансовых затрат на осуществление самой этой оценки.

Вертикальный метод оценки «сверху-вниз». Данный метод используется для оценки затрат по проекту на его начальных стадиях, в условиях ограниченности информации. Здесь речь идет об укрупненной экспертной оценке по одному или двум показателям, данная оценка относительно проста в своем выполнении, однако достоверность и точность ее также недостаточно высока.

Вертикальный метод оценки «снизу-вверх». Данный метод основан на принципе декомпозиции работ проекта, и суммирования затрат на детальных уровнях проекта по определенным работам с последующим синтезом и суммированием затрат на более низких уровнях и более высоких уровнях. Данный метод позволяет выработать согла-

сованную базовую цену в качестве окончательной оценки затрат на реализацию проекта.

Данный метод достаточно точен в своих расчетах, что составляет определенное преимущество, а также степень точности окончательной оценки прямо пропорциональна степени разветвления и детализации при оценке затрат нижних уровней. Существенным недостатком данного метода является увеличение затрат средств и времени при увеличении детализации оценки на нижних уровнях.

Метод аналогий. Суть метода состоит в предварительных оценках стоимости проекта по результатам фактических данных об уже реализуемых аналогичных проектах. Проекты должны быть похожи друг на друга по основным параметрам (отраслевая принадлежность, объемы финансирования, срок реализации и прочее). От степени сходства зависит точность и достоверность оценки затрат на реализацию проекта.

Методы параметрических оценок. Данные методы имеют определенное сходство с методами аналогий и вертикальным методом «сверху-вниз». Суть метода параметрической оценки по параметру состоит в нахождении параметра проекта, изменение которого влечет изменение стоимости проекта. Математически параметрическая модель строится на основе одного или более параметров. После ввода значений параметров в модель в результате расчетов получается оценка стоимости проекта.

Таким образом, данный порядок оценок стоимости проекта последовательно приближает заказчика и рабочую группу проекта к достоверной и максимально точной оценки возможных затрат ресурсов на реализацию конкретного проекта. [2]

В момент разработки концепции информационных технологий необходимо обратить внимание на возможность совме-

ния различных бизнес-приложений. В некоторых случаях гораздо выгоднее заменить действующее программное приложение на подобное, поскольку доработка может стоить больших затрат для предприятия. Эффективной можно назвать такую программную среду предприятия, которая способна обеспечить необходимый уровень взаимодействия различных бизнес-приложений.

Безусловно, различные бизнес-приложения и их требования могут противоречить между собой. В данном случае, вопрос оптимизации предприятия можно решить с помощью разработки системного проекта, направленного на развитие информационных технологий предприятия.

Разработка системного проекта не подразумевает его реализацию целиком и сразу, должна быть предусмотрена поэтапная работа. Подобный вид проекта имеет ряд преимуществ. Во-первых, будет обеспечена сохранность единства платформы информационных технологий, но при этом, будут учитываться требования каждого из видов программного обеспечения. Во-вторых, по мере внедрения новых бизнес-приложений, платформа информационных технологий будет становиться все более масштабной и полезной для предприятия.

Значительная часть затрат приходится на альтернативные затраты, просчитать которые довольно затруднительно. Существует распространенная ошибка, связанная с внедрением информационных технологий на предприятии. Она заключается в том, что закупки осуществляются по минимальной цене, в надежде на то, что оборудование находится на гарантии, и, в случае чего, его заменят. Но, такой подход может привести к серьезным последствиям, которые связаны с простым системом. Как правило, продукция высокого качества имеет высокую начальную стоимость, что обусловлено дополнительными затратами на разработку, тестиро-

вание, применение новейших технологий и компонентов [2].

На данный момент, существующие технологии позволяют внедрить информационный проект практически в любой сфере, но следует учитывать специфику конкретного предприятия и особенности используемого программного обеспечения. Успешность проекта будет обеспечена тогда, когда будут выстроены конкретные задачи предприятия, где информационные технологии будут применяться в качестве инструментов для их решения. Информационные технологии напрямую влияют на успешность, качество функционирования и темпы развития предприятия в целом.

#### Библиографический список

1. Говдя В. В., Дегальцева Ж. В. Инновационные методы управления затратами в учетно-аналитическом кластере аграрных формирований // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №. 1 (37), С. 1-6
2. Астаркина Н. Р. Эффективные способы оптимизации затрат на предприятии (Практические аспекты) // Бизнес и стратегии. – 2017. – №. 2. – С. 6-9.
3. Mahmood, M. Niazi, A. Hussain, "Identifying the challenges for managing component-based development in global software development," Preliminary results, 2015 Science and Information, Conference (SAI) IEEE pp. 933-938.
4. Дегальцева Ж.В. Сравнительная характеристика различных методов учета затрат и калькулирования себестоимости // Научный журнал КубГАУ. 2014. №104 (10). С – 1-11.
5. Клейменова Т.И. Методы учета затрат на производство: JIT, SCA, LCC / Т.И. Клейменова, Е.А. Тюхова, О.А. Шапорова // Научные записки ОРЕЛГИЭТ. – 2010. - №1. - С. 255-257.

УДК 78.21.13

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
Канд. техн. наук М.Л. Федюнин,  
Канд. техн. наук А.С. Арапов  
Россия, г.Воронеж, E-mail: nobodi1@yandex.ru

Military training and research center of the air Force "air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin"  
Ph. D. in Engineering, associate professor M. L. Feduynin,  
Ph. D. in Engineering, associate professor A.S. Arapov  
Russia, Voronezh, E-mail: nobodi1@yandex.ru

М.Л. Федюнин, А.С. Арапов

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЫЛОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ЧАСТЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

**Аннотация:** Рассматривается оптимизационная задача, поставленная на основе теории вероятностного управления качеством, целью которой является выявление оптимального набора мероприятий тылового обеспечения авиационных частей и соединений. Приведены варианты ее решения, разработан алгоритм решения поставленной задачи методом динамического программирования

**Ключевые слова:** управление качеством, метод динамического программирования, тыловое обеспечение

M.L. Feduynin, A.S. Arapov

## THE APPLICATION OF DYNAMIC PROGRAMMING METHOD FOR QUALITY MANAGEMENT OF LOGISTICS AND AVIATION PARTS CONNECTIONS

**Abstract:** We consider the optimization problem set on the basis of the theory of probability quality management, the purpose of which is to identify the optimal set of measures of logistics of aviation units and connections. The variants of its solution are given, the algorithm for solving the problem by the method of dynamic programming is developed

**Key words:** quality management, dynamic programming method, logistics

Принцип системного подхода к исследованию эффективности функционирования тылового обеспечения авиационных частей и соединений предполагает выявление таких факторов, которые оказывают на этот процесс наибольшее влияние.

Рассмотрим процесс осуществления тылового обеспечения авиационных частей и соединений, как процесс, состоящий из нескольких этапов (операций)  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , где для каждой  $i$ -той операции определена степень вероятности  $p_i^0$  ( $i = 1 \dots N$ ) ее качественного завершения. При этом существует возможность повышения степени вероятности ( $p_i^0$ ) качественного завершения  $i$ -той операции на величину  $\Delta p_{ij}$  ( $i = 1 \dots N, j = 1 \dots n_i$ ) при осуществлении для каждой из них комплекса определенных мероприятий  $M_{i1}, M_{i2} \dots M_{in}$  из набора  $n_i$ . Очевидно, что проведение вспомо-

гательных мероприятий с целью повышения текущей вероятности на  $\Delta p_{ij}$ , приведет к дополнительным затратам  $c_{ij}$ . Таким образом, рассматривая поставленную задачу, и полагая, что дополнительные затраты  $c_{ij}$  не зависят от начального значения вероятности  $p_i^0$ , приходим к  $n_i$ - мерным векторам: вектору вероятностей  $\Delta p_i = (\Delta p_{i1}, \Delta p_{i2}, \dots, \Delta p_{in})$  и вектору стоимостей  $c_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{in})$ .

Целью проектирования является выявление оптимального набора мероприятий для каждой операции. Такого, который потребует минимума затрат для выполнения этих мероприятий, и при этом их выполнение позволит добиться достаточного уровня вероятности ( $P_{пред}$ ) качественного завершения многостадийного процесса осуществления тылового обеспечения авиационных частей и соединений.

Таким образом, задача сводится к тому, чтобы найти комплект мероприятий с



наименьшими общими затратами, проведение которых обеспечит необходимую степень качества проектирования этого процесса.

В процессе решения, для  $i$ -той опера-

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-е мероприятие проводится для } i\text{-й операции} \\ 0, & \text{не проводится} \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} c_{ij} \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\prod_{i=1}^N (p_i^0 + \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \Delta p_{ij}) \geq p_{\text{пред}} \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, (i = 1 \dots N, j = 1 \dots n_i) \quad (4)$$

где  $N$  – количество стадий процесса тылового обеспечения;  $n_i$  – количество выполняемых мероприятий;  $x_{ij}$  – вектор со значениями 0 или 1;  $c_{ij}$  – стоимость мероприятия;  $p_i^0$  – начальная вероятность качественного завершения  $i$ -ой стадии;  $\Delta p_{ij}$  – приращение начальной вероятности  $i$ -ой стадии для  $j$ -го мероприятия;  $p_{\text{пред}}$  – достаточный уровень вероятности всего многостадийного процесса.

Для существующего множества мероприятий тылового обеспечения авиационных

ци создадим вектор  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ , каждая координата которого является двоичной цифрой, т.е. может принимать значение 0 или 1.

частей и соединений  $M = \{M_i\}$ , введем понятие обобщенного мероприятия  $k$ -го порядка ( $M_k^*$ ) - любое подмножество множества  $M$ , состоящее из  $k$  элементов.

Сформировав все возможные обобщенные мероприятия для каждого специального вида МТО, получаем матрицу  $2^n$  строк на  $N$  столбцов (где  $n$  – количество мероприятий,  $N$  – количество специальных видов МТО), которая содержит значения вероятностей качественного завершения  $i$ -го процесса  $p_i^0 + \Delta p_{ij}$  и суммарные затраты проведения соответствующих мероприятий  $\sum c_{ij}$  (таблица 1).

Результатом расчета является значение конечной вероятности качественного завершения всего процесса тылового обеспечения, как произведения полученных вероятностей качественного завершения каждой стадии процесса после проведения соответствующих мероприятий, а также значение суммарных затрат выполнения этих мероприятий.

Таблица 1.  
Обобщенные мероприятия

Обобщенное мероприятие	Мероприятия	Стадия $S_1$		...		Стадия $S_N$	
		$p_1$	$c_1$			$p_n$	$c_n$
M1	нет	$p_1^0 + \Delta p_{00}$	$\sum c_{00}$			$p_n^0 + \Delta p_{0N}$	$\sum c_{0N}$
M2	M1	$p_1^0 + \Delta p_{10}$	$\sum c_{10}$			$p_n^0 + \Delta p_{1N}$	$\sum c_{1N}$
...	...	...	...			...	...
M( $2^n$ )	M1+M2+...+Mn	$p_n^0 + \Delta p_{n0}$	$\sum c_{n0}$			$p_n^0 + \Delta p_{nN}$	$\sum c_{nN}$

Обозначим через  $x_k$  управление на  $k$ -ом шаге:

$$X_k = \{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_i}\}, \quad (5)$$

где  $x_{ki}$  принимает значение 1, если  $j$ -ое мероприятие проводится, и 0 в противном случае.

Задача набора управлений  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$  заключается в переводе системы из состояния  $S_0$  в состояние  $\hat{S}$  (рисунок 3).

Начальное значение вероятности качественного завершения процесса рнач равно:

$$p_{нач} = \prod_{i=1}^N p_i^0. \quad (6)$$

В свою очередь вероятность качественного завершения процесса для  $k$ -ого состояния равна:

$$p = \prod_{i=1}^K \left( p_i^0 + \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \Delta p_{ij} \right). \quad (7)$$

Показатель эффективности (целевая функция) зависит от начального состояния и управления:

$$Z = F(S_0, X). \quad (8)$$

В данном случае целевая функция принимает вид:

$$z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} c_{ij}. \quad (9)$$

Для задачи в такой постановке выполняется положение: состояние  $S_k$  системы в конце  $k$ -ого шага зависит только от предшествующего состояния  $S_{k-1}$ , и управления на  $k$ -ом шаге -  $X_k$ .

Запишем систему ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} c_{ij} \rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \Delta p_{ij} \geq p_{пред} \\ x_{ij} \geq 0 \quad j = 1..n_i, i = 1..N \end{array} \right. \quad (10)$$

Пошаговое представление системы представлено на рис.1.

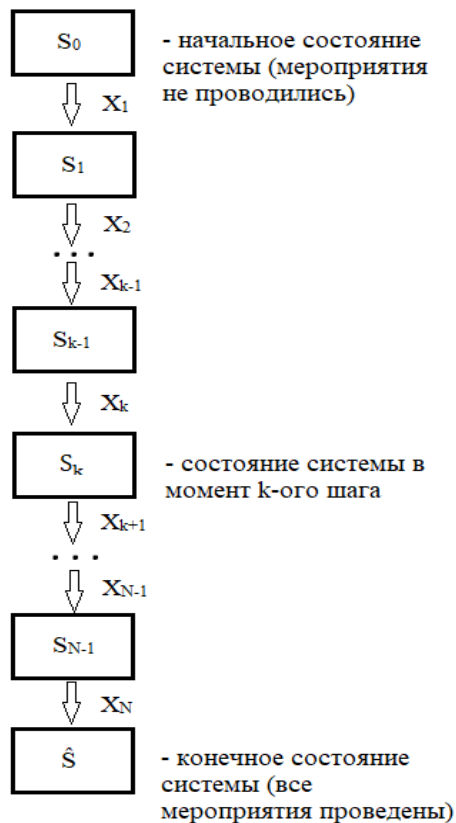


Рис.1 - Пошаговое представление системы

Запишем уравнение Беллмана.

Обозначим через  $Z_N^*(Z_{N-1})$  минимум целевой функции при условии, что к началу  $N$ -ого шага система была в произвольном состоянии  $S_{N-1}$ , а на последнем шаге управление было оптимальным, тогда минимум целевой функции равен:

$$Z_N^*(Z_{N-1}) = \min_{\{X_N\}} \left\{ \sum_{j=1}^{n_N} x_{Nj} c_{Nj} \right\}. \quad (11)$$

- минимизация ведется по всем допустимым управлениям  $X_N$ .

Управление  $X_N$  называется допустимым если выполняется условие:

$$\prod_{i=1}^N \left( p_i^0 + \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \Delta p_{ij} \right) \geq p_{пред}. \quad (12)$$

Исходя из вышеизложенного запишем условно оптимальные управления.

Условно оптимальное управление для шага номер N будет иметь вид:

$$Z_N^*(Z_{N-1}) = \min_{\{X_N\}} \left\{ \sum_{j=1}^{n_N} x_{Nj} c_{Nj} \right\}. \quad (13)$$

На (N-1) шаге:

$$Z_{N-1}^*(Z_{N-2}) = \min_{\{X_{N-1}\}} \left\{ \sum_{j=1}^{n_{N-1}} x_{N-1j} c_{N-1j} + Z_N^*(S_{N-1}) \right\}. \quad (14)$$

На k-ом шаге:

$$Z_k^*(Z_{k-1}) = \min_{\{X_k\}} \left\{ \sum_{j=1}^{n_k} x_{kj} c_{kj} + Z_{k+1}^*(S_k) \right\}. \quad (15)$$

На 1-ом шаге:

$$Z_1^*(Z_0) = \min_{\{X_1\}} \left\{ \sum_{j=1}^{n_1} x_{1j} c_{1j} + Z_2^*(S_1) \right\}. \quad (16)$$

Таким образом, последовательно решив уравнения 13-16, проводя условную оптимизацию каждого шага, получаем оптимальное решение задачи динамического программирования:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}. \quad (17)$$

### Библиографический список

1. Клячкин В.Н. Статистические методы в управлении качеством. Компьютерные технологии / В.Н. Клячкин. М.: Финансы и статистика, Инфра-М, 2016.
2. Тебекин Ю.Б., Говорский А.Э., Кравец О.Я. Концепция вероятностного конвейерного подхода к управлению качеством в среде автоматизации проектирования многокомпонентных систем // Современные проблемы информатизации в анализе и синтезе технологических и про-

граммно - телекоммуникационных систем: сборник трудов. Вып. 15. – Воронеж: «Научная книга», 2010. С. 360–364.

3. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике: учеб. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, БА. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман / под ред. проф. Н.Ш. Кремера. М.: ЮНИТИ, 2005. С. 245-253.

4. Поваляев А.Д., Кравец О.Я., Абсатаров Р.А. Управление распределенными организационными системами на основе вероятностного подхода к оценке качества // Информационные технологии моделирования и управления: сборник международных научных трудов. Вып.15. 2004. С.76-82.

5. Орлов Е.В. Управление качеством продукции: учебное пособие. Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2006. С.33-37.

УДК 004.94:692

Воронежский государственный технический университет  
Канд. тех. наук, доцент Т.В. Корелина,  
старший преподаватель К.А. Маковий,  
магистрант В.В. Суханов  
Россия, г. Воронеж, E-mail: tkorelina75@gmail.ru

Voronezh State Technical University,  
Ph. D. in Technical T.V. Korelina,  
senior teacher K.A. Makoviy,  
undergraduate V.V. Sukhanov  
Russia, Voronezh, E-mail: tkorelina75@gmail.ru

Т.В. Корелина, К.А. Маковий, В.В. Суханов

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧИХ СТОЛОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАД ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ ЗДАНИЯ

**Аннотация:** рассмотрена возможность применения виртуализации рабочих столов для организации взаимодействия участников проекта по созданию информационной модели здания, выделены группы пользователей для создания различных виртуальных машин, описаны ограничения применения такой схемы работы

**Ключевые слова:** информационная модель здания, инфраструктура виртуальных рабочих столов, совместная работа, виртуализация

T.V. Korelina, K.A. Makoviy, V.V. Sukhanov

## THE USE OF DESKTOP VIRTUALIZATION FOR THE ORGANIZATION OF JOINT WORK ON THE BUILDING INFORMATION MODEL

**Abstract:** the possibility of using desktop virtualization to organize the interaction of project participants to create an information model of a building is considered, user groups for creating various virtual machines are selected, the limitations of using such a scheme of work are described

**Keywords:** BIM, VDI (Virtual Desktop Infrastructure), Design Collaboration, Virtualization

Появление технологии создания информационной модели здания (Business Information Model – BIM) в строительстве привнесло изменения во многие уже существующие процессы в этой сфере. Существующие на сегодняшний день инструменты коммуникаций позволяют дизайнерам и конструкторам общаться и взаимодействовать в пределах строительной отрасли, с помощью разнообразия программной среды [1].

В марте 2014 года по результатам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (Протокол №2 от 04 марта 2014 г.) Минстрою России, Росстандарту, совместно с Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации и институтам развития было поручено разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства [2]. В декабре 2014г. соответствующий План был утвержден Министерством строи-

тельства и жилищно-коммунального хозяйства РФ (Приказ № 926/пр от 29.12.2014 г., затем приказом №151/пр от 04.03.2015 г. были утверждены корректировки Плана) [3,4]. Данный План предусматривает комплекс мероприятий, направленных на создание условий внедрения BIM-технологий от инфраструктурных (модернизация нормативной базы, создание возможности прохождения экспертизы проектов в соответствующих органах) до вопросов кадрового обеспечения (подготовка специалистов, способных работать в технологии информационного моделирования), а также вопросов мотивации участников отрасли к применению инновационных технологий через госзаказ. Реализация данного Плана ожидаемо должна способствовать сокращению сроков реализации проекта, общему повышению качества проектной документации и выполняемых на ее основе строительно-монтажных работ, а также снижению стоимости проекта.

После того как здание построено, использование информационного моделирования не заканчивается. С его помощью могут выполняться следующие функции: управле-

ние технической документацией здания, сопровождение арендного бизнеса и договоров на коммунальные услуги; эксплуатация и обслуживание здания и всей его инфраструктуры; контроль за расходом электричества, воды, тепла и других ресурсов; мелкий ре-

монт некоторых элементов сооружения; интеграция с системой управления зданием «умный дом»; оценка эффективности управления, аудит всех технических систем; планирование годового бюджета для эксплуатации объекта [5].

Таблица 1.

Проблемы при внедрении информационной модели здания

<b>Проблемы, возникающие при внедрении BIM:</b>
Отсутствие стандарта и руководства
Совместимость между собой различных BIM-приложений
Проблемы с процессом фиксации BIM
Нехватка профессиональных инструментов работы с BIM
Значительные первоначальные затраты на внедрение технологии BIM

Огромный плюс, который предоставляет BIM, – это возможность командной работы даже на расстоянии. Каждый отдел работает над своей задачей и при этом имеет возможность свериться с планом коллег, даже если они находятся в другом городе или стране. Вот почему большинство европейских компаний делают выбор в пользу BIM-технологий. В условиях современного ритма жизни скорость работы и оптимизация деятельности становятся главными ценностями.

В создании единой информационной модели здания принимают участие несколько групп сотрудников. Важнейшими из них являются BIM-проектировщики. Это специалисты в области информационного проектирования зданий и объектов. В отличие от обычных проектировщиков они разрабатывают весь жизненный цикл объекта строительства: архитектурно-конструкторская разработка, проектирование, строительство, отделка, эксплуатация, утилизация. Также немаловажными участниками проекта по созданию единой информационной модели здания являются BIM-специалисты, которые являются техподдержкой для проектировщиков. BIM-специалисты не выпускают проекты, не вносят изменений в модель. Их задача сделать так, чтобы проектировщик мог реализовать BIM-модель с наименьшими трудозатратами, подготовить среду для создания всех элементов информационной модели здания и обеспечить взаимодействие различ-

ных участников проекта. Также в группу участников проекта по созданию единой информационной модели здания входят BIM-менеджеры. Обязанности данных сотрудников включают в себя разработку плана выполнения BIM-проекта, контроль за уровнем владения программным обеспечением сотрудниками организации, в случае необходимости их обучение, проверка соответствия информационных моделей стандарту, отслеживание качественного выполнения работы каждого сотрудника, который работает над проектом, координация процесса проведения совещаний о текущем этапе работ и обеспечение комфортных условий труда, а также создание резервных копий проекта BIM [6].

Всем участникам создания единой информационной модели здания необходимо обмениваться данными между собой. К данным для обмена относятся технические задания, СНиПы, BIM-модели зданий, планы коммуникаций и т.д. В связи с этим требуется реализовать область организации совместной работы участников проекта по созданию единой информационной модели здания.

Один из возможных вариантов организации совместной работы – использование инфраструктуры виртуальных рабочих столов (Virtual Desktop Infrastructure – VDI). VDI – это комплексное решение для создания виртуальных настольных ПК на базе сервера, предоставляющее улучшенный контроль и

управление, а также среду настольных ПК, привычную конечным пользователям. Операционная система пользователя в виде виртуальной машины выполняется на специальном сервере, а образ экрана доставляется на клиентские устройства с помощью специальных протоколов, таких как RDP, Vast, HDX. Эта технология позволяет пользователям подключаться к своему рабочему столу в любое время и в любом месте при помощи связанного с сетью устройства. В случае, если инфраструктура виртуальных рабочих столов реализована у Интернет-провайдера, то такое решение принято рассматривать как облачное, Desktop-as-a-Service (рабочий стол как услуга – DaaS), являющееся подмножеством модели Infrastructure-as-a-Service (инфраструктура как услуга – SaaS) [7].

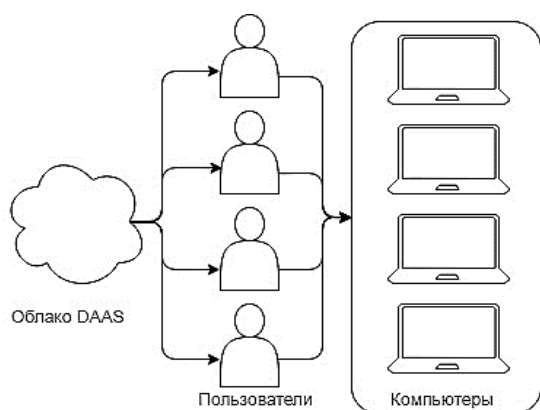


Рис. 1 – Виртуальный рабочий стол как решение для подключения к облаку

Причиной внедрения VDI в информационное моделирование является его способность создавать среду, позволяющую обрабатывать задачи из любой точки, как будто вы работаете на своем собственном компьютере. Основные функции участников проекта приведены на рисунке 2, они включают: BIM-моделирование, анализ запросов предложений по поиску контрагентов, оценку строительных чертежей, обзор дизайн-планов, управление коммуникациями между участниками проекта, отправку отчетов, контроль выполнения заданий. В проектах BIM на основе VDI работают клиенты или поль-

зователи, которых можно разделить на три группы. Первая группа включает в себя практиков, выполняющих высокопроизводительные задачи по моделированию. Вторая группа — это пользователи, которые выполняют менее сложные задачи, такие как презентация и разметка. Третий тип – это пользователи, которые получают доступ к частному облаку только для загрузки уже готовых моделей. Основываясь на этой классификации, можно улучшить производительность обработки данных. Для этого нужно определить условия их рабочей среды и выделить сферу влияния каждого из них в процессе создания модели. Таким образом, можно также использовать ресурсы более эффективно, предоставляя участникам каждой группы виртуальные машины разной производительности и с различным набором программного обеспечения. Учитывая характер строительных проектов, есть несколько возможностей работать совместно с партнерами, вовлекая два типа данных: таких, которые необходимо использовать совместно и данных, которые требуют защиты от несанкционированного доступа [8].

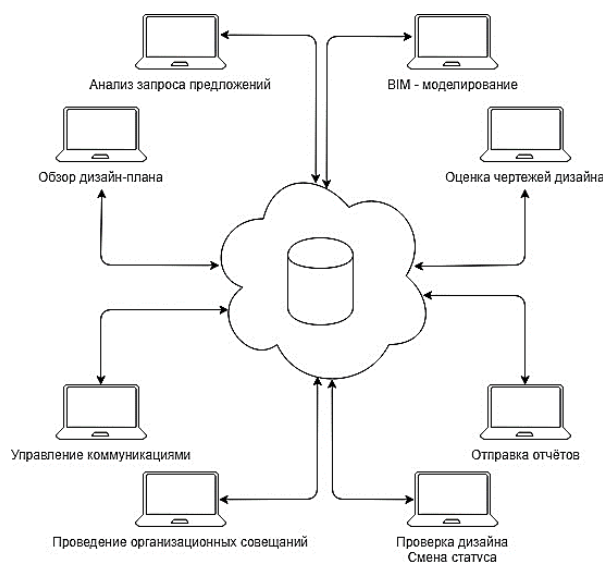


Рис. 2 – Функциональные роли участников проекта

Основная проблема при использовании VDI для обеспечения доступа к высоконагруженным графическим приложениям, к

которым можно отнести все программное обеспечение, используемое в информационном моделировании зданий, является недостаточность процессорной мощности серверов и неудовлетворительная скорость работы. В результате время реакции удаленного рабочего стола на действия пользователя возрастает до такой степени, что работать с моделями BIM крайне затруднительно. При всем удобстве технологии производительность виртуальных машин ограничена возможностями обработки графических объектов, имеющимися у сервера. Существуют решения для аппаратного ускорения графической обработки, например, использование технологии NVIDIA GPU [9,10]. Такие решения являются эффективным, но дорогостоящим способом улучшения производительности

Внедрение виртуализации рабочих столов в процессы информационного моделирования зданий – это следующий шаг в направлении создания среды совместной работы участников проекта в области BIM, который открывает новые возможности для обмена информацией, снимает ограничения на использование определенных рабочих мест, гарантирует высокую скорость работы специализированного программного обеспечения на различных клиентских устройствах. Но для удовлетворительной работы пользователей на графических приложениях необходимо использование специального графического процессора GPU, что требует значительных расходов на его приобретение.

#### Библиографический список

1. Jung, T.H., Kim, S.W. The construction management of BIM-based small building remodeling / Jung, T.H. // Architectural Institute of Korea, volume 12(1): 2017. – 191-192 с.
2. Решения по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (протокол заседания президиума Совета от 04 марта

2014 №2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/orders/11022/>, свободный. – Загл. с экрана.

3. Всероссийское совещание, посвященное внедрению технологий информационного моделирования (BIM) в строительную отрасль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exp.mos.ru/presscenter/news/detail/2537504.html>, свободный. – Загл. с экрана.

4. До конца года в Градостроительном кодексе будет закреплено понятие BIM-моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblastipromyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva/>, свободный. – Загл. с экрана.

5. Талапов В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов // М.: ДМК Пресс, 2017. – 410 с.

6. Корелина Т. В., Маковий К. А., Копытина А. А. Использование информационной модели здания в строительном производстве // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно - строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2016. – №. 1. – С. 67-70.

7. Гульятеев, А. К. Виртуальные машины: несколько компьютеров в одном / А. К. Гульятеев. – СПб.: Питер, 2018. – 224 с.

8. Грахов, В. П. Развитие систем BIM-проектирования как элемент конкурентоспособности / В. П. Грахов, С. А. Мохначев, А. Х. Иштряков. // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – 1-1. – С. 45-46..

9. Li J. Y. et al. The Implementation of a GPU-Accelerated Virtual Desktop Infrastructure Platform // 2017 International Conference on Green Informatics (ICGI). – IEEE, 2017. – С. 85-92.

10. Park, J. Chimera: Collaborative preemption for multitasking on a shared GPU / J. Park. // Proceedings of the 20th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems. – 2015. – 1. – С. 593-606.

УДК 658.6

Воронежский государственный технический университет  
Студент М 432 Щербаков А.С.  
Россия, г. Воронеж, E-mail: chshas@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Student M 432 Shcherbakov A.S.  
Voronezh, Russia, E-mail: chshas@mail.ru

А.С. Щербаков

## ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ НАПРАВЛЕНИЯ «ТРЕЙДИНГ СЫРЫМ ПОДСОЛНЕЧНЫМ МАСЛОМ» ДЛЯ ГК «ЭФКО»

**Аннотация:** Проводится анализ экспортного рынка подсолнечного масла из РФ. Описывается методика расчета целевых показателей направления трейдинг сырым подсолнечным маслом компании

**Ключевые слова:** подсолнечное масло, конкуренция, перевалка, оптимизация, модель, маржа, свободный рынок, логистика, трейд, поставка, целевой показатель

A.S. Shcherbakov

## FORMATION OF TARGET INDICATORS IN THE TASK OF OPTIMIZING THE TRADING WITH RAW SUNFLOWER OIL FOR THE GC EFKO

**Abstract:** The analysis of the export market of sunflower oil from the Russian Federation. The method of calculation of target indicators of the trade direction by crude sunflower oil of the company is described

**Keywords:** sunflower oil, competition, transshipment, optimization, model, margin, free market, logistics, trade, supply, target indicator

В современном мире растительные масла - важнейшие пищевые продукты. Их питательная ценность определяется высоким содержанием триглицеридов высших жирных кислот, фосфатидов, стероидов, токоферолов. Производство растительных масел осуществляется на предприятиях масложировой промышленности. Масложировая промышленность также производит маргарин, майонез, глицерин, мыла и моющие средства на жировой основе, олифы и некоторые другие продукты, использующие в качестве сырья растительные масла.

Растительные масла получают из семян или плодов растений путем отжима или экстрагирования. Различают масла растительные высушающие (льняное, конопляное), полувывсушающие (подсолнечное, хлопковое) и невысушающие (касторовое, кокосовое). Сырьем для производства растительных масел являются семечки подсолнечника, соя, оливки, кукуруза и др. [1].

В потреблении растительных масел в

России преобладает подсолнечное масло, которое используется населением как один из основных продуктов питания, а также выступает в качестве ингредиента для получения различной продукции (майонеза, консервов и др.). Следует отметить, что 90% населения России отдают предпочтение именно подсолнечному маслу. Еще в советское время большинство россиян привыкли к нерафинированному маслу желтого, почти оранжевого оттенка с запахом жареных семечек. Эту традицию поддерживает и российский ГОСТ, серьезно отличающийся от мирового стандарта: два важнейших показателя - кислотное и перекисное число - в России выше в несколько раз.[2]

Характерными особенностями рынка масложировой продукции на современном этапе, являются:

–высокий уровень конкуренции, который подталкивает лидеров рынка к географической и ассортиментной диверсификации производства. Это способствует проявлению тенденции перехода от общего динамичного развития к интенсивной внутриотраслевой



конкуренции, консолидации и качественным изменениям;

–продукция масложирового рынка относится к основным товарам потребительской корзины;

–инвестиционная привлекательность рынка, главным образом за счет наличия полного перерабатывающего цикла от возделывания семян масличных культур до получения готовой продукции.

В качестве лидера пищевой промышленности, занимающимся в том числе подсолнечным маслом выступает Группа Компаний «ЭФКО», которая была основана в 1994 году в г. Алексеевке Белгородской области – на родине российского подсолнечного масла. На сегодняшний день «ЭФКО» входит в тройку крупнейших компаний пищевой промышленности России, в тройку крупнейших компаний АПК России и является крупнейшим масложировым холдингом на рынке стран Евразийского экономического союза.

ГК «ЭФКО» - это вертикально-интегрированная холдинговая структура, которая включает предприятия, производящие сырье, предприятия по хранению и переработке сырья, выпуску и реализации готовых к употреблению продуктов. Подразделения ГК «ЭФКО» самостоятельно обеспечивают выполнение полного цикла работ: от закупки и переработки сырья до реализации готовой продукции. Инновационная деятельность Группы компаний осуществляется на основе программы по разработке новых продуктов и технологий производства, внедрению и совершенствованию системы управления качеством, а также автоматизации бизнес-процессов [3].

Основные виды деятельности группы – переработка масличных культур, производство специализированных жиров и маргаринов, бутилированного масла, майонеза, кетчупа, молочной и кисломолочной продук-

ции. География экспорта ГК «ЭФКО» включает в себя более 50 стран мира.

Экспорт - вывоз за границу товаров, проданных иностранному покупателю или предназначенных для продажи на иностранном рынке.

Преимущества экспортной деятельности для Компании:

- Эффективный инструмент развития Компании;
- Увеличение объема продаж за счет новых рынков;
- Уменьшение себестоимости единицы продукции;
- Регулирование сезонных колебаний на внутреннем рынке;
- Увеличение прибыли и валютных ресурсов предприятия.

Для достижения максимальной экономической эффективности экспортного направления трейдинг подсолнечным маслом, внутри компании принимаются целевые показатели на маркетинговый год (сентябрь-август).

Определение целевого показателя используется для определения: физического объема продаж, уровня цен, которые обеспечивали бы максимальный уровень чистого (маржинального) дохода по продукту.

К целевым показателям направления трейдинг подсолнечным маслом в ГК «ЭФКО» относят:

- 1) показатели объемов реализации готовой продукции на экспорт;
- 2) маржинальная прибыль за единицу реализуемой продукции;
- 3) объем закупок подсолнечного масла на внутреннем рынке у производителей для дальнейшей реализации на экспорт.

Для принятия целевых показателей строится математическая модель, с помощью которой определяется оптимальное значение целевых показателей.

За критерий оптимальности принято

максимальное значение валовой прибыли ГК «ЭФКО» направления трейдинг подсолнечным маслом на экспорт в рамках ограниченной сложившейся конъюнктуры рынка.

Для модели расчета целевых показателей определяются такие показатели, как:

1) баланс подсолнечника в РФ (валовой сбор, экспорт, импорт, потребление, ресурс к переработке);

2) прогнозный баланс подсолнечного масла в РФ (производство, потребление внутри страны, импорт, экспорт);

3) объем производства подсолнечного

масла крупными и мелкими производителями;

4) логистические затраты на транспортировку готовой продукции компаний-конкурентов до канала реализации;

5) рыночные цены реализации.

В России рынок масложировой продукции является одним из самых емких, насыщенных и высоко конкурентных. Экспорт подсолнечного масла из РФ за последние три маркетинговых года вырос более чем в 1.6 раза. Доли основных компаний экспортеров приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Доли основных компаний экспортеров сырого подсолнечного масла из РФ за последние 3 маркетинговых года

Маркетинговый год	15/16	16/17	17/18
Всего экспорт из РФ, тыс. т	1 135	1 712	1 851
Доли компании экспортеров			
Астон	22%	24%	21%
ЭФКО	12%	16%	20%
Юг Руси	14%	12%	7%
НМЖК	11%	7%	9%
Солнечные Продукты	8%	9%	5%
Остальные	33%	32%	37%

Таким образом математическая модель позволяет определить целевые показатели показывающие оптимальное соотношение объемов закупок подсолнечного масла со внутреннего рынка в условия высокой конкурентной среды и обеспечить максимальную прибыль от реализации на экспортный рынок за единицу продукции.

Использование модели расчета оптимальных целевых показателей в ГК «ЭФКО» позволили за три года укрепить позиции компании на экспортном рынке, увеличив объемы реализации и долю в общем экспорте из РФ.

### Библиографический список

1. Корнева Е.П. Растительные масла: технология отрасли: учебник. – М.: АСТ, 2016. – 280 с.

2. Масложировой союз России [Электронный ресурс].– Режим доступа: URL: <http://mjsr.ru/> (дата последнего обращения: 13.06.2019)

3. Переверзев Д.Г. К вопросу о выборе стратегии развития рынка масложировой отрасли АПК [Текст] / Д.Г. Переверзев // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 7 (49) Часть 1. – С. 49-53.

УДК 330.43

Воронежский государственный университет  
Преподаватель, аспирант М.В. Добринина  
Россия, г. Воронеж, E-mail: nice.smirnova@yandex.ru

Voronezh State University  
Lecturer, postgraduate M.V. Dobrina  
Russia, Voronezh, E-mail: nice.smirnova@yandex.ru

М.В. Добринина

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ФАКТОРОВ

**Аннотация:** в данной работе был произведен множественный регрессионный анализ зависимости урожайности зерновых культур от определенных факторов сельскохозяйственного производства в среде Microsoft Excel. В результате была построена пригодная для целей прогнозирования модель

**Ключевые слова:** множественный регрессионный анализ, вектор оценок коэффициентов регрессии, остаточная дисперсия, вектор остатков, парные коэффициенты корреляции

M.V. Dobrina

## THE RESEARCH OF DEPENDENCE THE GRAIN YIELD FROM THE PROPOSED FACTORS

**Abstract:** the author made a multiple regression analysis of the dependence of grain yield on certain factors of agricultural production in the Microsoft Excel. As a result, the author built the forecast model

**Keywords:** multiple regression analysis, the vector of estimated regression coefficients, residual variance, residual vector, pair correlation coefficients

В данной работе в качестве предмета анализа выбрана зависимость урожайности зерновых культур от определенных факторов сельскохозяйственного производства.

Актуальность данной темы обосновывается тем, что сельское хозяйство остается одной из немногих отраслей общественного производства, демонстрирующей устойчивое наращивание объемов производства и повышение качества экономического роста. Принятие национального проекта «Развитие АПК», трансформировавшегося в дальнейшем в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы, а затем и на 2013–2020 годы, позволило существенно повысить инвестиционную привлекательность сельскохозяйственного производства и создать условия технико-технологической модернизации аграрного сектора.

Инструментом исследования зависимости урожайности зерновых культур от опре-

деленных факторов сельскохозяйственного производства выбран регрессионный анализ, так как он дает возможность выявить факторы, наиболее влияющие на результирующий показатель и оценить их влияние для дальнейшей корректировки, при необходимости.

Цель работы – провести регрессионный анализ зависимости урожайности зерновых культур от определенных факторов сельскохозяйственного производства.

Соответственно, в качестве  $y$  была взята урожайность зерновых культур (ц/га), а в качестве независимых переменных  $x$  были взяты:  $x_1$  – число тракторов на 100 га;  $x_2$  – число зерноуборочных комбайнов на 100 га;  $x_3$  – число орудий поверхностной обработки почвы на 100 га;  $x_4$  – количество удобрений, расходуемых на гектар (т/га);  $x_5$  – количество химических средств защиты растений, расходуемых на гектар (ц/га). [3].

Исходные данные для 20 районов области выглядят следующим образом:

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Районы области	y	x0	x1	x2	x3	x4	x5	
2		1	9,70	1,00	1,59	0,26	2,05	0,32	0,14
3		2	8,40	1,00	0,34	0,28	0,46	0,59	0,66
4		3	9,00	1,00	2,53	0,31	2,46	0,30	0,31
5		4	9,90	1,00	4,63	0,40	6,44	0,43	0,59
6		5	9,60	1,00	2,16	0,26	2,16	0,39	0,16
7		6	8,60	1,00	2,16	0,30	2,69	0,32	0,17
8		7	12,50	1,00	0,68	0,29	0,73	0,42	0,23
9		8	7,60	1,00	0,35	0,26	0,42	0,21	0,08
10		9	6,90	1,00	0,52	0,24	0,49	0,20	0,08
11		10	13,50	1,00	3,42	0,31	3,02	1,37	0,73
12		11	9,70	1,00	1,78	0,30	3,19	0,73	0,17
13		12	10,70	1,00	2,40	0,32	3,30	0,25	0,14
14		13	12,10	1,00	9,36	0,40	11,51	0,39	0,38
15		14	9,70	1,00	1,72	0,28	2,26	0,82	0,17
16		15	7,00	1,00	0,59	0,29	0,60	0,13	0,35
17		16	7,20	1,00	0,28	0,26	0,30	0,09	0,15
18		17	8,20	1,00	1,64	0,29	1,44	0,20	0,08
19		18	8,40	1,00	0,09	0,22	0,05	0,43	0,20
20		19	13,10	1,00	0,08	0,25	0,03	0,73	0,20
21		20	8,70	1,00	1,36	0,26	0,17	0,99	0,42

Рис. 1 – Исходные данные

Теперь перейдем непосредственно к множественному регрессионному анализу. Произведем его в программе Microsoft Excel.

Вспомогательные расчеты, необходимые для осуществления анализа, представлены на рисунке 2.

	I	J	K
	урасч	e=у-урасч	(у-урасч)2
1	8,7924921	0,91	0,82
2	8,6194941	-0,22	0,05
3	9,0208925	-0,02	0,00
4	10,60483	-0,70	0,50
5	9,0556566	0,54	0,30
6	9,3930561	-0,79	0,63
7	9,302809	3,20	10,22
8	8,3047055	-0,70	0,50
9	7,9557614	-1,06	1,11
10	12,633121	0,87	0,75
11	11,284911	-1,58	2,51
12	9,5442276	1,16	1,34
13	11,569867	0,53	0,28
14	11,274935	-1,57	2,48
15	7,6395457	-0,64	0,41
16	7,5497219	-0,35	0,12
17	8,8304222	-0,63	0,40
18	8,2764437	0,12	0,02
19	10,082953	3,02	9,10
20	10,764154	-2,06	4,26

Рис. 2 – Вспомогательные расчеты для выполнения регрессионного анализа

Все результаты расчетов основных показателей, выполненные в рамках регрессионного анализа, представлены на рисунках 3-7.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data points for the regression analysis:

Row	Column	Value
23	A	Хтрансп
24	B	1,59
24	C	0,34
24	D	2,53
24	E	4,63
24	F	2,16
24	G	2,16
24	H	0,68
24	I	0,35
24	J	0,52
24	K	3,42
24	L	1,78
24	M	2,4
24	N	9,36
24	O	1,72
24	P	0,59
24	Q	0,28
24	R	1,64
24	S	0,09
24	T	0,08
24	U	1,36
30	A	Хтрансп*Х
31	B	37,68
31	C	156,841
31	D	12,4682
31	E	189,4162
31	F	18,975
31	G	12,8711
31	H	0,23
31	I	0,08
31	J	0,08
31	K	0,75
31	L	0,17
31	M	0,14
31	N	0,38
31	O	0,17
31	P	0,35
31	Q	0,15
31	R	0,08
31	S	0,2
31	T	0,2
31	U	0,42
37	A	Хтрансп*Х обр
37	B	11,48319
37	C	-0,420855
37	D	-45,163161
37	E	0,90969378
37	F	-1,28563
37	G	3,768771
37	H	-0,2914953
37	I	-15,783335
37	J	0,388438
37	K	-1,1114
37	L	3,730323
44	A	Хтрансп*Х обр*Хтрансп
44	B	1,052706
44	C	0,8417378
44	D	-0,5616781
44	E	-1,0014535
44	F	0,898266
44	G	-0,29844
44	H	-0,90938
44	I	0,0070583
44	J	0,91531109
44	K	-0,219554495
44	L	-0,210778996
44	M	-0,770865165
44	N	0,880033173
44	O	-0,24399
44	P	-0,16468
44	Q	0,345445
44	R	-0,85
44	S	1,755834
44	T	0,001263
44	U	-0,36684
51	A	b=(Хтрансп*Х обр*Хтрансп)Y
51	B	3,514595
51	C	-0,006131
51	D	15,54246
51	E	0,109899
51	F	4,474575
51	G	-2,892511

Рис. 3 – Регрессионный анализ в Excel

The screenshot shows the continuation of the regression analysis with the following data points:

Row	Column	Value
58	A	етрансп
58	B	0,907508
58	C	-0,2194941
58	D	-0,0208925
58	E	-0,7048304
58	F	0,544343
58	G	-0,79306
58	H	3,197191
58	I	-0,704705
58	J	-1,055761357
58	K	0,866879168
58	L	-1,58491132
58	M	1,155772426
58	N	0,530133329
58	O	-1,57484
58	P	-0,63955
58	Q	-0,34972
58	R	-0,63042
58	S	0,123556
58	T	3,017047
58	U	-2,06415
60	A	етрансп*е
60	B	35,79551
60	C	2,556822
62	A	Ковариационная матрица
62	B	29,36047
62	C	-1,0760515
62	D	-115,47417
62	E	2,32592526
62	F	-3,28714
62	G	9,636077
63	B	-1,076051
63	C	0,86801
63	D	4,54644956
63	E	-0,7184268
63	F	-0,21337
63	G	-0,7453
64	C	-115,4742
64	D	4,5464496
64	E	462,383815
64	F	-9,61469
64	G	11,25148
64	H	-40,3552
65	D	2,325925
65	E	-0,7184268
65	F	-9,61469
65	G	0,69313046
65	H	0,044401
65	I	0,993167
66	E	-3,287136
66	F	-0,2133665
66	G	11,2514829
66	H	0,04440094
66	I	2,382251
66	J	-2,84166
67	F	9,636077
67	G	-0,7453018
67	H	-40,355182
67	I	0,99316691
67	J	-2,84166
67	K	9,537773
69	A	b2
69	B	5,418531
69	C	0,931671
69	D	21,50311
69	E	0,832545
69	F	1,543454
69	G	3,088329

Рис. 4 – Продолжение регрессионного анализа в Excel

Отметим, что  $X'$  – транспонированная матрица;  $X' * X$  – произведение транспонированной матрицы на исходную;  $(X' * X)^{-1}$  – обратная матрица от произведения транспонированной матрицы на исходную;  $(X' * X)^{-1} * X'$  – произведение обратной матрицы на транспонированную матрицу;  $b = (X' * X)^{-1} * X' * Y$  – вектор оценок коэффициентов регрессии [7];  $e$  – матрица векто-

ра остатков;  $e'$  – транспонированная матрица вектора остатков;  $e' * e$  – произведение транспонированной матрицы вектора остатков на исходную матрицу вектора остатков [8];  $S_{ост}$  – остаточная дисперсия;  $R_{yx1}, R_{yx2}, R_{yx3}$  – парные коэффициенты корреляции;  $F_{расч}$  – расчетное значение дисперсионного отношения Фишера (F-критерий);  $F_{табл}$  – табличное значение дисперсионного отношения Фишера (F-критерия) [2].

В нашей случае  $F_{расч.}=3,00076$ ,  $F_{табл5;14}=2,96$ , а значит модель адекватна ( $F_{расч.}>F_{табл.}$ )

Заметим, что ковариационная матрица векторной оценки определяется следующим образом:

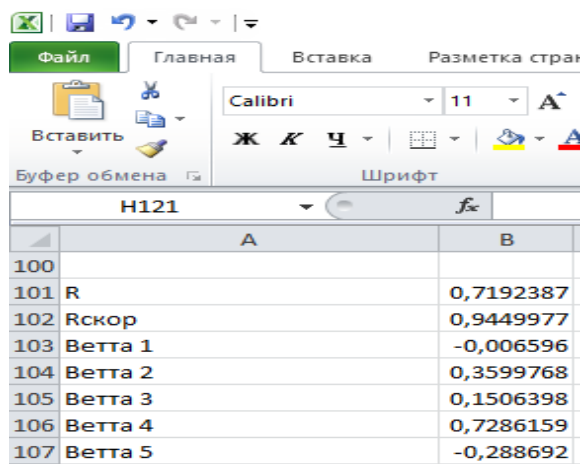
$$S_b^2 = \hat{\sigma}^2 * (X' * X)^{-1}$$

При этом стандартные ошибки коэффициентов регрессии  $S_{b_0}, S_{b_1}, \dots, S_{b_m}$  – это квадратные корни из элементов главной диагонали ковариационной матрицы.

$R_{yx1x2x3}$  – множественный индекс корреляции;  $R_{скор}$  – скорректированный множественный индекс корреляции;  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  – бетта-коэффициенты [6].

114	гyx1	0,3170267
115	гyx2	0,2756371
116	гyx3	0,29706
117	гyx4	0,425386
118	гyx5	0,2447324

Рис. 5 – Продолжение регрессионного анализа в Excel



	A	B
100		
101	R	0,7192387
102	Rскор	0,9449977
103	Ветта 1	-0,006596
104	Ветта 2	0,3599768
105	Ветта 3	0,1506398
106	Ветта 4	0,7286159
107	Ветта 5	-0,288692

Рис. 6 – Продолжение регрессионного анализа в Excel

Полученные значения бетта - коэффициентов позволяют проранжировать факторы по степени их влияния на моделируемый показатель следующим образом:

1)  $x_4$  – количество удобрений, расходуемых на гектар (т/га);

2)  $x_2$  – число зерноуборочных комбайнов на 100 га;

3)  $x_5$  – количество химических средств защиты растений, расходуемых на гектар (ц/га);

4)  $x_3$  – число орудий поверхностной обработки почвы на 100 га;

5)  $x_1$  – число тракторов на 100 га.

Определим t-статистики Стьюдента (см. рисунок 6).

122	tbo	0,6486251	Незначимо
123	tb1	-0,00658	Незначимо
124	tb2	0,7228003	Незначимо
125	tb3	0,1320042	Незначимо
126	tb4	2,8990655	Значимо
127	tb5	-0,949546	Незначимо
128	tтабл	2,145	

Рис. 7 –Расчет t-статистик Стьюдента в Excel

Отметим, что  $t_{b_0}, t_{b_1}, t_{b_2}$  и  $t_{b_3}, t_{b_4}$  – t-статистики Стьюдента;  $t_{табл}$  – табличное значение распределения Стьюдента [5].

Сравнение полученных t-статистик с табличным значением подтверждает значимость коэффициента регрессии  $b_4$  и незначимость коэффициентов  $b_0, b_1, b_2, b_3$  и  $b_5$ .

Построим с помощью пакета анализа линейное регрессионное уравнение, исключив  $x_0, x_1, x_2, x_3$  и  $x_5$ .

Для этого воспользуемся встроенной функцией анализа данных в Надстройках.

Для ее подключения необходимо пройти следующие итерации: Файл→ Параметры→ Надстройки→ Пакет анализа→ Перейти→ ОК.

А для непосредственного осуществления регрессионного анализа выбрать опции: Данные→ Анализ данных→ Регрессия→ Внести входные данные, подтвердить уровень надежности и задать выходной интервал→ ОК[5].

В итоге получилось следующее (см. рис. 7):

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,5773096
R-квадрат	0,3332864
Нормированный R-квадрат	0,2962467
Стандартная ошибка	1,6573375
Наблюдения	20

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	значимость F
Регрессия	1	24,7156844	24,7156844	8,99809832	0,007691
Остаток	18	49,4418156	2,74676754		
Итого	19	74,1575			

Коэффициент стандартной остатков P-Значение нижние 95% верхние 95% нижние 95% верхние 95,0%								
Y-пересечение	7,8746287	0,66335398	11,87093	6,005E-10	6,480974	9,268284	6,480974	9,2682837
Переменная X 1	3,5453734	1,18191601	2,99968304	0,00769071	1,06226	6,028487	1,06226	6,0284868

Рис. 8 – Регрессионный анализ с применением Пакета анализа без  $x_0$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_5$ .

Таким образом, пригодная для целей прогнозирования модель будет выглядеть следующим образом:

$$y = 3,5 * x_4$$

**Вывод:** множественный индекс корреляции достаточно высокий, что свидетельствует о существенной зависимости урожайности зерновых культур от рассмотренных факторов сельскохозяйственного производства. В данной работе был произведен множественный регрессионный анализ в среде Microsoft Excel. В ходе анализа была выявлена незначимость коэффициентов  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_5$ , поэтому, в результате, переменные  $x_0$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_5$  были исключены.

### Библиографический список

1. Тинякова В.И. Эконометрика: задачи и компьютерные решения. Учебное пособие. Воронеж, 2006.
2. Давнис В.В., Тинякова В.И. Основы эконометрического моделирования. Учебное пособие. Воронеж, 2003.
3. Давнис В.В., Добрина М.В.

Эконометрический подход к алгоритмическому формированию портфеля ценных бумаг. Научный журнал Современная экономика: проблемы и решения. Воронежский государственный университет. Выпуск № 12 (96). Воронеж, 2017. Статья входит в перечень ВАК.

4. Добрина М.В. Множественный регрессионный анализ зависимости прибыли компании от предлагаемых факторов. Статья в Научно-техническом журнале Воронежского государственного технического университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. Выпуск № 1-2 (11-12). Воронеж, 2018.

5. Добрина М.В. Линейный регрессионный анализ и прогноз посещаемости киноновинок. Статья в научном журнале ВЕСТНИК Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. Выпуск № 2. Воронеж, 2017.



УДК 338.2

*Воронежский государственный технический университет  
канд. техн. наук, доцент, профессор Е.А. Жидко  
Россия, г. Воронеж, E-mail: lenag66@mail.ru*

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
канд. экон. наук, доцент Е.С. Попова  
Россия, г. Воронеж, E-mail: evg83@inbox.ru*

*Voronezh State Technical University  
Ph. D. in Engineering, associate professor, Professor E.A. Zhidko  
E-mail: lenag66@mail.ru*

*Military training and scientific center of the air force "air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin"  
Kand .Ekon. Sciences, associate Professor E.S. Popova  
E-mail: evg83@inbox.ru  
Russia, Voronezh*

Е.А. Жидко, Е.С. Попова

## ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАЕКТОРИИ УСТОЙЧИВОГО (АНТИКРИЗИСНОГО) РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ ВАЖНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

**Аннотация:** в статье рассмотрена логико-лингвистическая модель траектории устойчивого (антикризисного) развития экономически важного экологически опасного объекта в новых условиях XXI века на основе информатизации, мониторинга поля проблемных ситуаций, инновационного и инвестиционного проектирования, системного планирования

**Ключевые слова:** проектное управление, устойчивое развитие, информатизация, моделирование

Е.А. Zhidko, E.S. Popova

## LOGICAL-LINGUISTIC MODEL OF THE TRAJECTORY OF A SUSTAINABLE (ANTI-CRISIS) DEVELOPMENT OF ECONOMICALLY IMPORTANT ECOLOGICALLY DANGEROUS OBJECT

**Abstract:** The article considers the logical-linguistic model of the trajectory of sustainable (crisis) development of an economically important environmentally dangerous object in the new conditions of the XXI century based on: informatization, monitoring the field of problem situations, innovation and investment design, system planning

**Keywords:** project management, sustainable development, informatization, modeling

Согласно проведенным исследованиям [1-6], научно-методическое обеспечение антикризисного развития экономически важного экологически опасного (ЭВЭО) объекта в новых условиях XXI века предназначается для своевременного принятия правильных управленческих решений. К таким объектам относятся энергетические, транспортные, коммуникационные, строительные, промышленные, горнодобывающие, оборонные комплексы.

Это значит, что решения должны быть:

- оптимальными или близкими к ним в статике и динамике;

- адаптивными к реально складывающейся и прогнозируемой обстановке в меняющихся условиях долгосрочного периода XXI века.

Логико-лингвистическую модель траектории устойчивого (антикризисного) развития ЭВЭО объекта можно представить логической схемой рис. 1.

Рассматриваемая модель базируется на своевременной и полной адаптации деятельности и развития ЭВЭО объекта к меняющимся целевым функциям, задачам функционирования и внешним и внутренним условиям XXI века. Это значит, что при разработке схемы приняты за основу [3, 6]:

- алгоритм оптимизации устойчивости



развития ЭВЭО объекта на основе информатизации и моделирования ее процессов функционирования (рис. 2);

- факторы, влияющие на качество управленческих решений ЭВЭО объекта

(рис. 3);

- алгоритм управления проектами устойчивого (антикризисного) развития ЭВЭО объекта (рис. 4).



Рис. 1. Логико-лингвистическая модель траектории устойчивого (антикризисного) развития экономически важного экологически опасного объекта, развивающегося в новых условиях XXI века

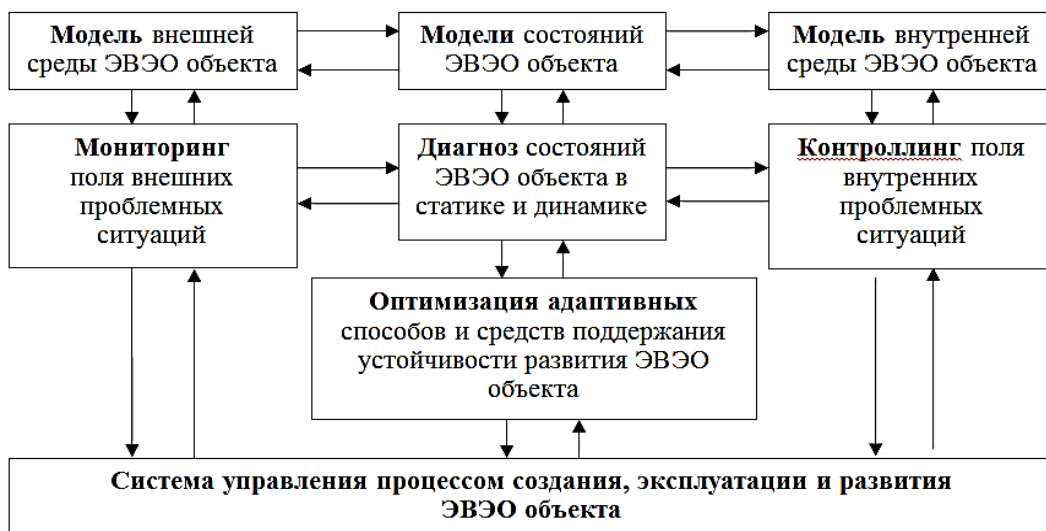


Рис. 2. Алгоритм оптимизации устойчивости развития ЭВЭО объекта на основе информатизации и моделирования

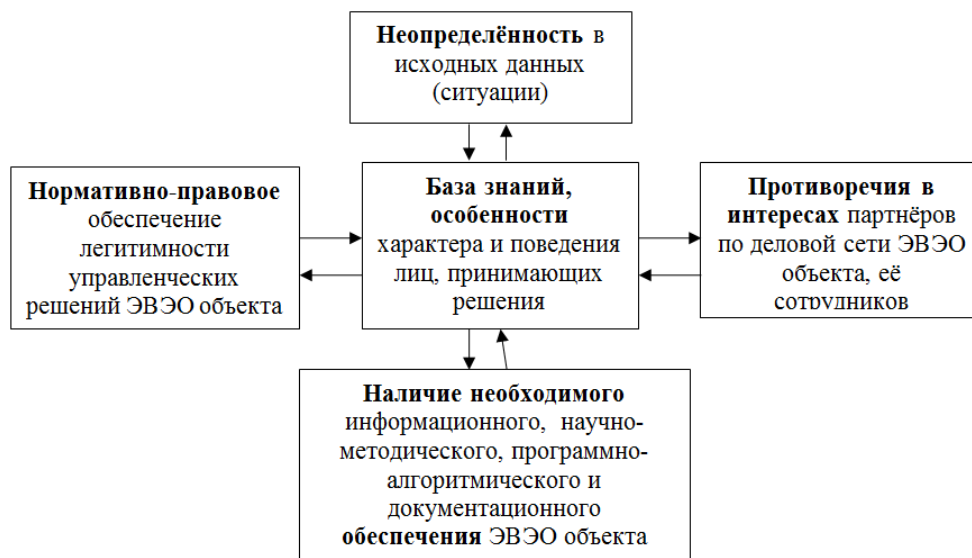


Рис. 3. Факторы, влияющие на качество управленческих решений ЭВЭО объекта в статике и динамике XXI века



Рис. 4. Алгоритм управления проектами в процессе формирования траектории антикризисного развития ЭВЭО объекта

Для реализации данного подхода необходимо прибегнуть к услугам системы поддержки управления ЭВЭО объекта на основе консалтинга. В этих условиях возможны различные варианты формирования системы поддержки управления.

Например:

- для консультаций по общим вопросам

целесообразно воспользоваться услугами внешних консалтинговых организаций, специализирующихся по проблеме. Это не исключает и создание собственного подразделения, если позволяет ресурс ЭВЭО объекта [8];

- для консультаций по специальным вопросам (защита информации и безопас-

ность функционирования, системы связи и управления ЭВЭО объекта) лучше иметь собственную систему поддержки управления. Это диктуется пакетом законов о защите государственной, военной и других тайн [9];

- комплексирование услуг внешнего и внутреннего консалтинга с учётом возможности их интеграции с внешним и внутренним аудитом результатов финансово-хозяйственной деятельности ЭВЭО объекта.

Сократить затраты на них возможно за счёт:

- повышения квалификации лиц, принимающих решения, в интересах приобретения ими качеств руководителей узкого и/или широкого профиля мирового уровня конкурентоспособности менеджеров;

- внедрения в практику интегрированного менеджмента высоких интеллектуальных и информационных технологий, базирующихся на последних достижениях образования, науки, техники и технологий, управления [10,11];

Подводя итоги вышеизложенному, приходим к следующим выводам.

1. Новые условия, в рамках которых происходит развитие ЭВЭО объекта и системы его поддержки, требуют подхода, который базируется на эвентологических исследованиях. Это значит, что современная теория и практика управления должна строиться на анализе проблемных для ЭВЭО объекта ситуаций и синтезе путей их разрешения с учётом влияния человеческого и природного факторов. Такие пути должны быть рациональными, оптимальными и адаптироваться по ситуации и результатам современных условий.

2. В современной обстановке достижение и сохранение требуемого уровня безопасного и устойчивого развития ЭВЭО объекта должно достигаться за счёт формирования траектории его антикризисного развития в меняющихся условиях долгосрочного периода XXI века. В основе формирования такой траектории лежат: Стратегическое видение, Концептуальное проектирование и Системное планирование, Оперативное

управление антикризисным функционированием ЭВЭО объекта в статике и Стратегическое управление проектами устойчивого (антикризисного) развития по ситуации и результатам в статике и динамике с учётом данных мониторинга, контроллинга и консалтинга.

3. Анализ принципов формирования траектории антикризисного развития показал, что в ней можно выделить четыре периода жизненного цикла ЭВЭО объекта (Становление, Рост, Развитие и Реорганизация) и в каждом из них четыре этапа. Ими являются: Намерения; Проектирование и планирование; Внедрение проекта и оперативное управление антикризисным функционированием ЭВЭО объекта; Экспертиза результатов и стратегическое управление проектами его устойчивого (антикризисного) развития.

Особенность формирования траектории ЭВЭО объекта состоит в том, что:

- вновь создаваемый ЭВЭО объект приходит на смену действующему тогда, когда он ещё находится в фазе зрелости (возможно и раньше по ситуации);

- в этом процессе выделяются фазы консолидации и трансформации.

Сущность фазы консолидации состоит в том, что действующий ЭВЭО объект может быть подвергнут (частично или полностью) реинжинирингу и реструктуризации, а его часть, не востребованная в новом проекте, аннулируется (продаётся, сдаётся в аренду или лизинг, утилизируется). Вырученные средства консолидируются и направляются на трансформацию ЭВЭО объекта, т.е. на создание новой бизнес системы по приоритетному проекту. Причём новая бизнес система также проходит периоды становления и роста. Очевидно, что действующая система должна продолжать эффективно функционировать до тех пор, пока новая не войдёт в фазу динамического роста.

Особенность фаз трансформации в различные периоды жизненного цикла ЭВЭО объекта состоит в том, что в процессе формирования траектории антикризисного развития могут меняться [12-14]:

- его организационно-правовая форма: от индивидуального предпринимателя до транснациональной или многонациональной компании, различных видов союзов и групп (в перспективе: научно-финансово-промышленно-торговые группы);

- стратегии роста и сокращений: от локальных рынков к глобальным и обратно, от адаптации к сложившейся на них конъюнктуре до создания новых ниш;

- стратегии развития: от узкой специализации до внутриотраслевой и межотраслевой диверсификации; от интеграции и сетизации до дезинтеграции к независимости по ситуации и результатам;

- стратегии конкурентной борьбы: от наступления к обороне; от поддержания стратегического паритета с конкурентами до интеграции с ними, в том числе на основе слияний и поглощений;

- стратегии идеологической и информационной войны: от защиты информации о своих намерениях и действиях до обмена имеющейся разведывательной информацией; от восстановления закрытой информации с помощью прогнозирования до создания геоинформационного поля.

Кроме того, в периоды реинжиниринга действующего ЭВЭО объекта антикризисное управление осуществляется на основе внедрения новаций (т.е. новых знаний, технологий и оборудования), перехода на производство нового или модернизированного продукта [15].

Всё это приводит к:

- различному целевому и функциональному назначению управленческих решений ЭВЭО объекта;

- наращиванию их масштабов и сложности, адекватно природе ЭВЭО объекта управления;

- появлению неопределённости и риска в условиях принятия и реализации управленческих решений ЭВЭО объекта;

- необходимости эффективного управления деятельностью и развитием ЭВЭО объекта.

Также, в периоды реинжиниринга дей-

ствующего ЭВЭО объекта в нестандартных и чрезвычайных ситуациях, форс-мажорных обстоятельствах.

4. Ошибки в принятии решений на 15% – 20% в рассматриваемых условиях являются недопустимыми, так как приводят к неприемлемым негативным последствиям. Поэтому для их предотвращения должны применяться методы количественного и качественного обоснования управленческих решений ЭВЭО объекта. Многогранность задач управления и многоальтернативность решений требуют использования высоких интеллектуальных и информационных технологий, базирующихся на современном программном и алгоритмическом обеспечении автоматизированных систем управления. Для их реализации и должна существовать система поддержки управления ЭВЭО объекта.

#### Библиографический список

1. Жидко Е.А. Экологический менеджмент как фактор эколого-экономической устойчивости предприятия в условиях рынка: монография / Е.А. Жидко.- Воронеж: гос.арх.- строит. ун-т, 2009.-160 с.

2. Жидко Е. А., Попова Л. Г. Информационная безопасность инновационной России: проблема кадров // Информация и безопасность. -2011. -Т. 14. -№ 2. -С.201-208.

3. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Информационная безопасность: концепция, принципы, методология исследования. – Воронеж: ВГАСУ, 2013. – 183 с.

4. Жидко Е.А. Методические основы системного моделирования информационной безопасности // Наукоеведение, 2014. – № 3 (22). – С. 102.

5. Жидко Е.А. Методология системного математического моделирования информационной безопасности // Наукоеведение, 2014. – № 3 (22). –С. 101.

6. Жидко Е.А. Логико вероятностно-информационный подход к моделированию информационной безопасности объектов защиты. Воронеж.- 2016. - 123 с.

7. Международный стандарт ISO / ИЕС

(серия стандартов информационной безопасности)

8. Майер Э. Контроллинг как система мышления и управления: Пер. с нем. Ю.Г. Жукова и С.Н. Зайцева / под ред. С.А. Николаевой. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 96 с.

9. Об информации, информационных технологиях и о защите информации. Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ// СПС «Консультант Плюс».

10. Просветов Г.И. Управление проектами: Задачи и решения: Учебно-практическое пособие. – М.: Издательство «Альфа – Пресс», 2008. – 200с.

11. Рапопорт Б.М. Оптимизация управленческих решений. – М.: ТЕИС, 2001. – 264 с.

12. Ефремов В.С. Стратегическое планирование в бизнес – системах. – М.: Издательство «Финпресс» 2001. – 240 с.

13. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Под ред. Л.А. Волковой, Ю.Н. Каптуревского. СПб: Питер, 2000. – 752 с.

14. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент: учебник. – 9-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство «Дело» АНХ, 2008. – 448с.

15. Валдайцев С.В. Антикризисное управление на основе инноваций: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2001. – 232 с.

УДК 004

*Воронежский государственный технический университет  
студентка М 432 А.А. Алехина  
Россия, г. Воронеж, E-mail: ovsyannikova\_lina@mail.ru*

*Voronezh State Technical University  
Student M432 A.A. Alekhina  
Russia, Voronezh, E-mail: ovsyannikova\_lina@mail.ru*

А.А. Алехина

## ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ И АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

**Аннотация:** в статье представлены проектные решения ИС поддержки принятия решений при проведении контроля качества асфальтобетонной смеси и асфальтобетонного покрытия

**Ключевые слова:** контроль качества, информационный процесс, контекстная диаграмма, диаграмма состояний, диаграмма прецедентов

A.A. Alekhina

## PROCESS-ORIENTED INFORMATION MODEL OF QUALITY CONTROL OF AN ASPHALT-CONCRETE MIXTURE AND ASPHALT-CONCRETE COATING

**Abstract:** The article presents the design decisions of the decision support IC during the quality control of asphalt concrete mix and asphalt concrete pavement

**Keywords:** quality control, information process, contextual diagram, state diagram, use case diagram

Контроль качества асфальтобетонных смесей является актуальной задачей, так как от него напрямую зависит качество дорожного покрытия и, как следствие, безопасность дорожного движения. Обеспечение качества дорожного покрытия осложняется тем, что технологические процессы производства асфальтобетонных смесей весьма сложны. И, несмотря на накопленный

опыт в этой области, проблема далека от разрешения.

Срок службы асфальтобетонных покрытий в нашей стране существенно ниже аналогичных показателей промышленно развитых стран. Низкий срок службы асфальтобетонных покрытий связан с высокой вариацией качества асфальтобетона. Это происходит из-за нестабильности характеристик компонентов, неконтролируемых изменений

© Алехина А.А., 2019

свойств смеси при ее транспортировке, нестабильности параметров ее укладки и уплотнения. Особо остро эта проблема встает при использовании местных материалов. Основные слагаемые успешной реализации программы качества при устройстве дорожных покрытий состоят в создании эффективной системы контроля качества, как на стадии устройства покрытия, так и на предприятиях-изготовителях, производящих асфальтобетонные смеси. Наличие сбоев и выход из строя оборудования характерны даже для самых современных и высокоточных отраслей промышленности. В этом случае крайне

важной становится проблема оценки качества произведенной продукции на возможно более ранней стадии.

Предметом исследования является анализ информационных процессов работы отдела строительного контроля ООО «Центр-Дорсервис», а именно система расчёта показателей асфальтобетона и сравнения его показателей по ГОСТ 9128-2013, ГОСТ 31015-2011.

На рис. 1 представлена разработанная контекстная диаграмма «Деятельность отдела строительного контроля».



Рис. 1. Контекстная диаграмма «Деятельность отдела строительного контроля»

На рис. 2 представлена декомпозиция диаграммы. Целесообразность разработки функциональных моделей обусловлена

необходимостью представить процесс в наиболее понятном виде для дальнейшей работы с ним.

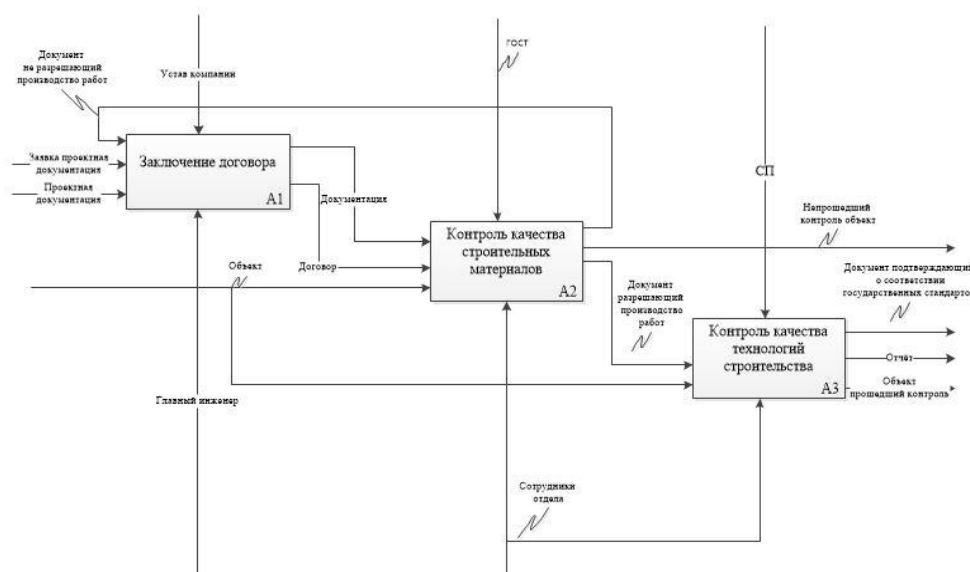


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции «Деятельность отдела строительного контроля»

На рис. 3 представлена модель информационных потоков процесса контроля качества асфальтобетонной смеси и асфальтобетонного покрытия.

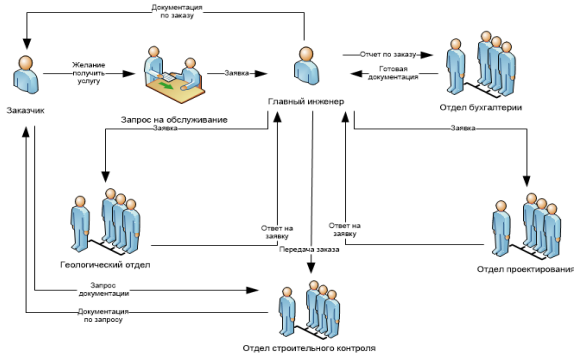


Рис. 3. Информационные потоки организации

На рис. 4 представлена диаграмма состояний процесса «Контроль качества строительных материалов». Диаграммы состояний служат для моделирования динамических аспектов системы. Главное предназначение этой диаграммы — описать возможные последовательности состояний и переходов, которые в совокупности характеризуют поведение элемента модели в течение его жизненного цикла. Диаграмма состояний представляет динамическое поведение сущностей, на основе спецификации их реакции на восприятие некоторых конкретных событий [2].

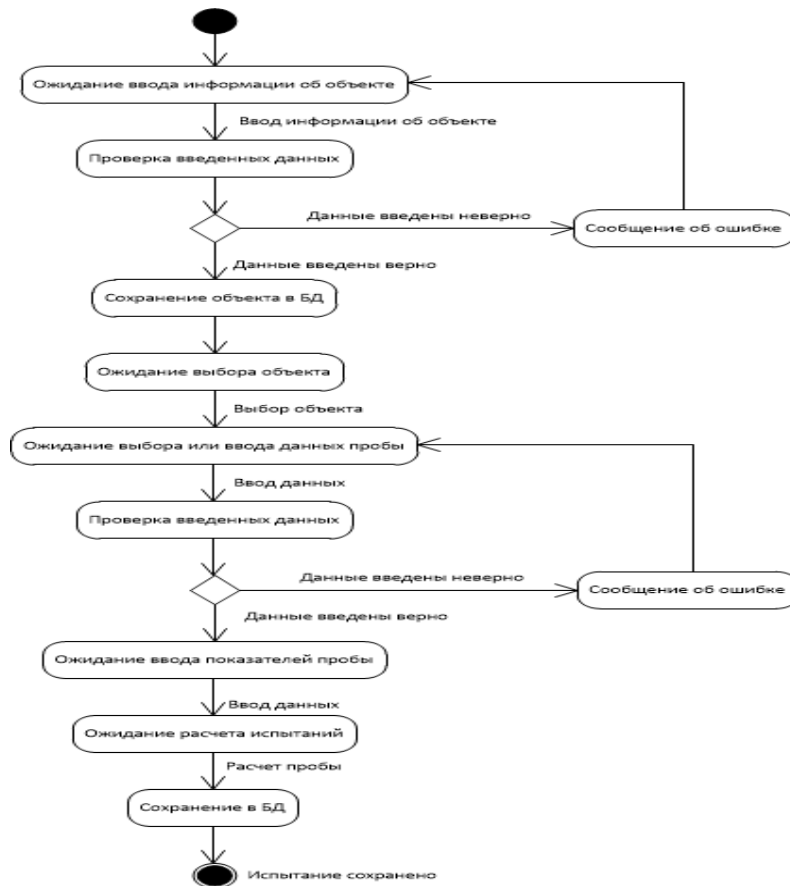


Рис. 4. Диаграмма состояний

На основе построенной информационной модели была разработана информационная система поддержки процесса контроля асфальтобетонной смеси и асфальтобетонного покрытия. Программа «Контроль каче-

ства» предназначена для расчета водонасыщения по объему асфальтобетона, за счёт чего определяется качество асфальтобетона, а так же хранить отчёты по испытаниям (рис. 5).

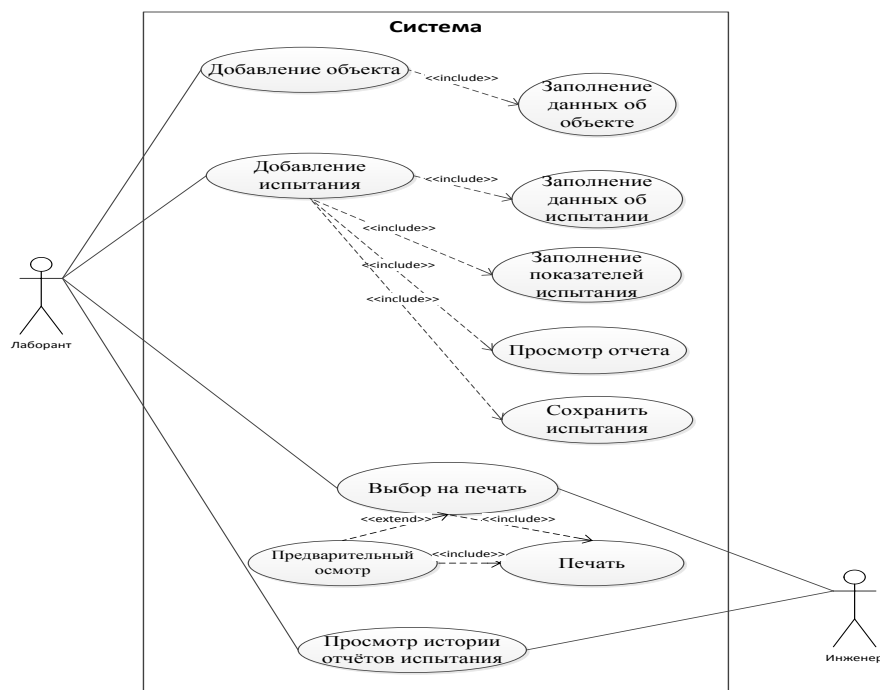


Рис. 5. Диаграмма прецедентов

**Библиографический список**

1. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования/ Крэг Ларман: пер. с англ. - М.: ООО И. Д. Вильямс, 2007. -736с.

2. RationalRose 2000 иUML. Визуальное моделирование. Пер. с англ. / Кватрани Т. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 176 с.

УДК 004

Воронежский государственный технический университет  
студентка М 432 П.Ю. Щетинина  
Россия, г. Воронеж, E-mail: polina-shetinina1995@yandex.ru

Voronezh State Technical University  
Student M432 P.Y. Shchetinina  
Russia, Voronezh, E-mail: polina-shetinina1995@yandex.ru

П.Ю. Щетинина

**ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
ДЛЯ МАСЛОЗАВОДА ООО «ЧЕРНОЗЕМЬЕ»**

**Аннотация:** проводится анализ технологии процесса производства подсолнечного масла. Разрабатываются диаграммы и модели на основе аппарата сетей Петри

**Ключевые слова:** сеть Петри, EPC-диаграмма, диаграмма видов деятельности

P.Y. Shchetinina

**CONSTRUCTION OF PETRI NETS OF PRODUCTION PROCESSES FOR  
THE OIL FACTORY "CHERNOZEMIE" LLC**

**Abstract:** The analysis of sunflower oil production process technology is carried out. Diagrams and models based on the apparatus of Petri nets are developed

**Keywords:** Petri network, EPC-diagram, activity diagram

Сети Петри являются одним из наиболее популярных, современных и удобных

способов описания асинхронного выполнения параллельных процессов. Сети Петри используют для нахождения дефектов в проекте системы, также имеют и многие



другие применения.

В некотором приближении можно сказать, что сеть Петри обобщает понятие конечного автомата и добавляет ему некоторые свойства, присущие сетям конечных автоматов. Конечный автомат – абстрактный автомат, число возможных внутренних состояний которого конечно [1].

В каком-то смысле сеть Петри напоминает диаграмму состояний автомата, который может находиться одновременно в нескольких состояниях. Каждый переход обуславливается каким-либо подмножеством

текущих состояний и заменяет его на другое подмножество состояний. Позиции и переходы сети Петри в такой интерпретации играют роль состояний автомата и действий на переходах соответственно (рис. 1).

Простой сетью Петри называется набор  $N = (S, T, F)$ , где

1.  $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  – множество мест;
2.  $T = \{t_1, \dots, t_m\}$  – множество переходов таких, что  $S \cap T = \emptyset$ .

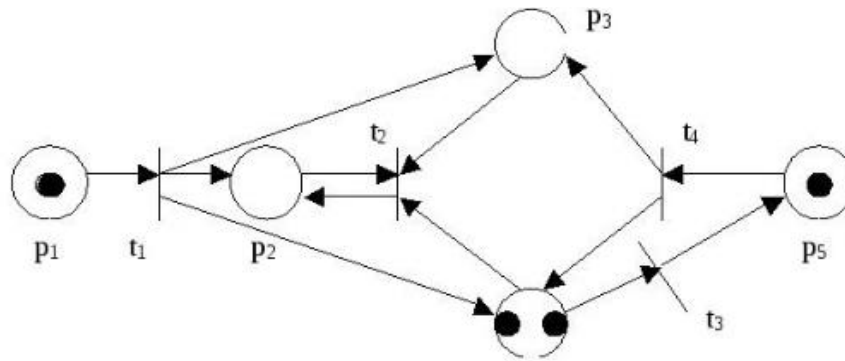


Рис. 1. Пример сети Петри

Графически сеть Петри представляет собой двудольный ориентированный граф, состоящий из двух функциональных вершин – позиций и переходов. Позиция обычно обозначается кругом, а переход – чертой или прямоугольником. Как правило, чертой обозначают простой (мгновенный) переход, прямоугольником – длительный. Сеть может быть маркированной, если в некоторых позициях находятся фишки (маркеры). Маркеры могут перемещаться в сети и обозначаются жирными точками в соответствующем количестве [1].

Дуги в сети Петри могут быть направлены лишь от позиций к переходам либо от переходов к позициям. Дуги, направленные от позиций к переходам, называются входными, направленные от переходов к позициям – выходными.

Моделирование с помощью сетей

Петри построено на основе событийных журналов.

Для процесса производства подсолнечного масла была создана событийная цепочка процесса (ЕРС-диаграмма), которая показывает последовательность событий и процессов завода [2] (рис. 2).

ЕРС-диаграмма используется для моделирования бизнес-процессов их анализа и последующего улучшения.

Модель содержит следующую информацию о процессе:

- Графическую схему бизнес-процесса;
- Набор реквизитов процесса;
- Данные о привязке реквизитов к точкам бизнес-процесса, алгоритмах их расчета и заполнения;
- Сведения о владельце процесса и исполнителях задач;

Плановые сроки выполнения задач.

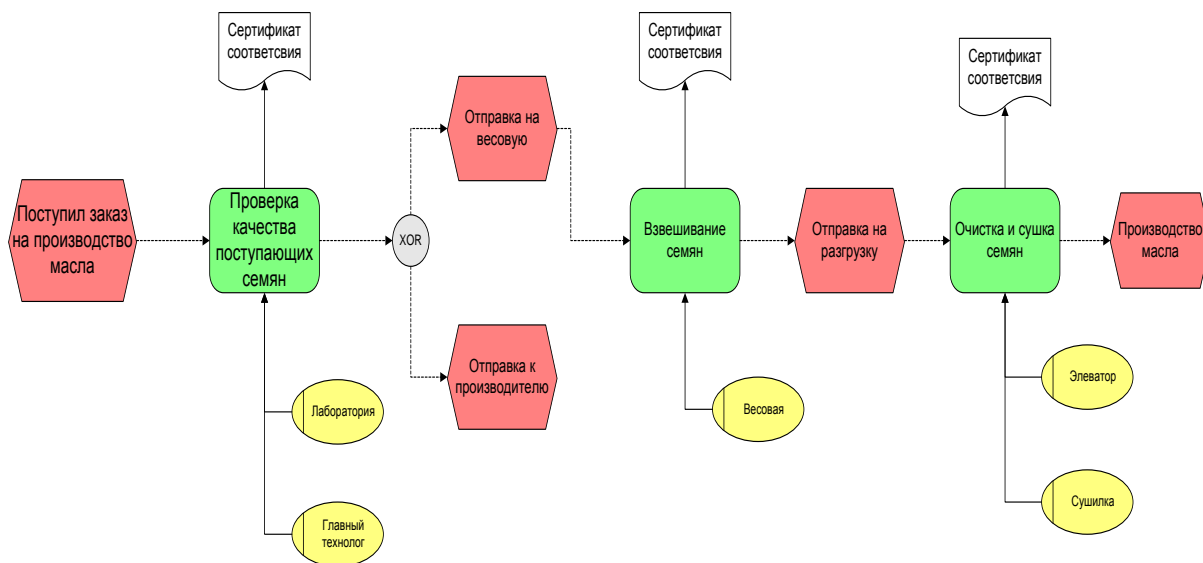


Рис. 2. Событийная цепочка операции «Поступление семян на производство»

Далее представлена диаграмма деятельности выполнения операций во времени, которая описывает последовательность выполнения операций во времени (рис. 3).

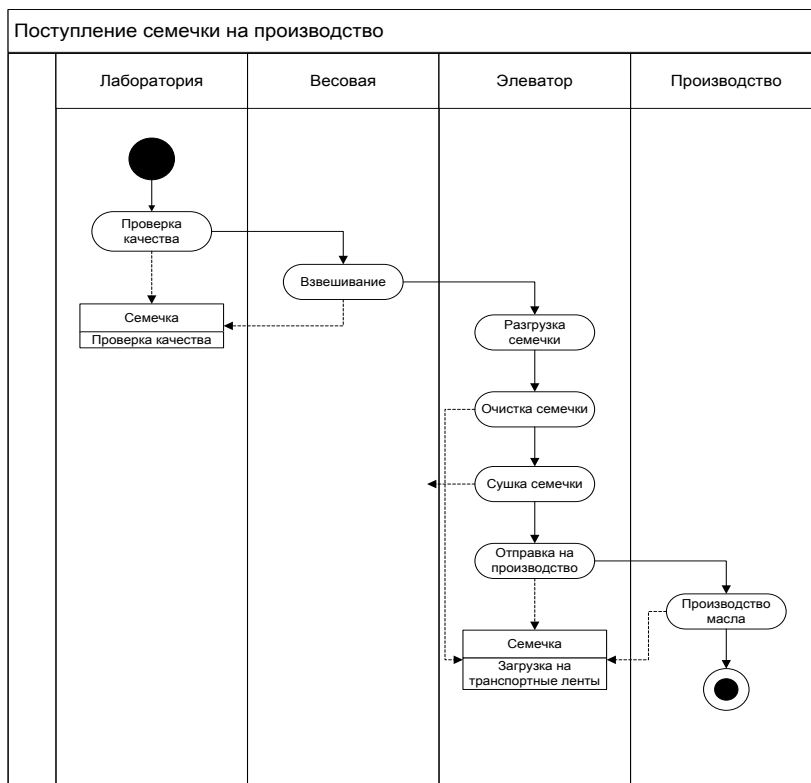


Рис. 3. Диаграмма вариантов деятельности «Поступление семечки на производство»

Каждая диаграмма деятельности акцентирует внимание на последовательности выполнения определенных действий, которые в совокупности приводят к получению желаемого

результата, в нашем случае рассмотрена диаграмма вариантов деятельности получение семечки на производство [2] (рис. 4).

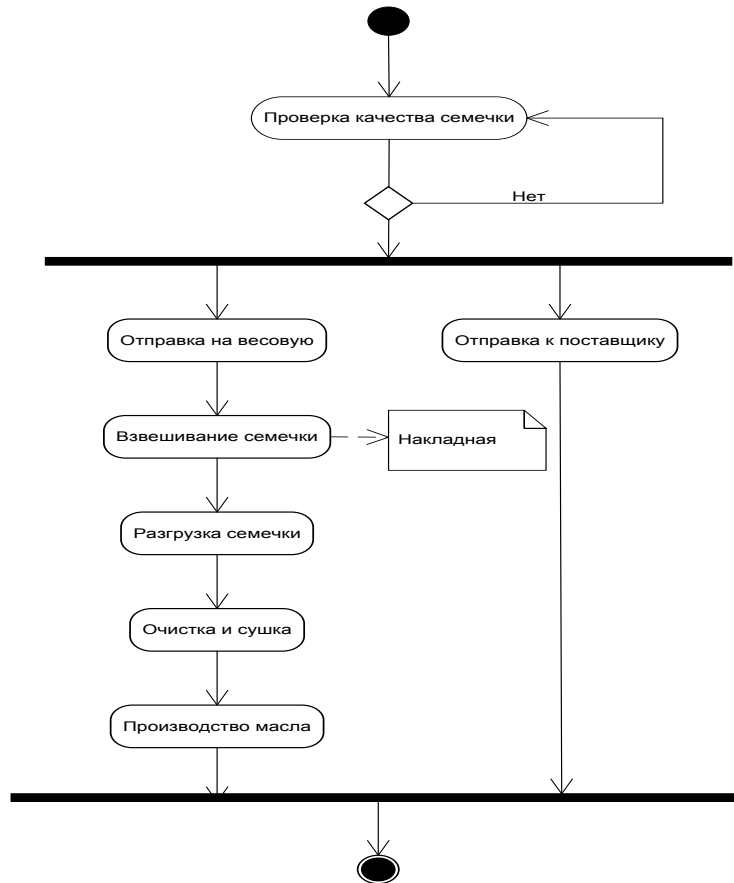


Рис. 4. Диаграмма вариантов деятельности «Поступление семечки на производство»

На основе построенных диаграмм была построена сеть Петри для ООО «Черноземье» (рис. 5). Функционирование сети Петри осуществляется в виде последовательности срабатывания переходов. В каждый момент времени в сети есть некоторое количество разрешенных переходов, т.е. таких, которые могут работать.

Какой именно работает, определяется вне сети, так же как и момент его срабатывания во времени. Выбор может быть осу-

ществлен на основе ожидания аппаратного события, события завершения длительного процесса, указания пользователем и т.п. При срабатывании простого перехода из каждой его входной позиции изымаются фишки в количестве, равном кратности соединяющей ее с переходом входной дуги, после чего к каждой выходной позиции добавляются фишки в количестве, также равном кратности соответствующей выходной дуги [3].

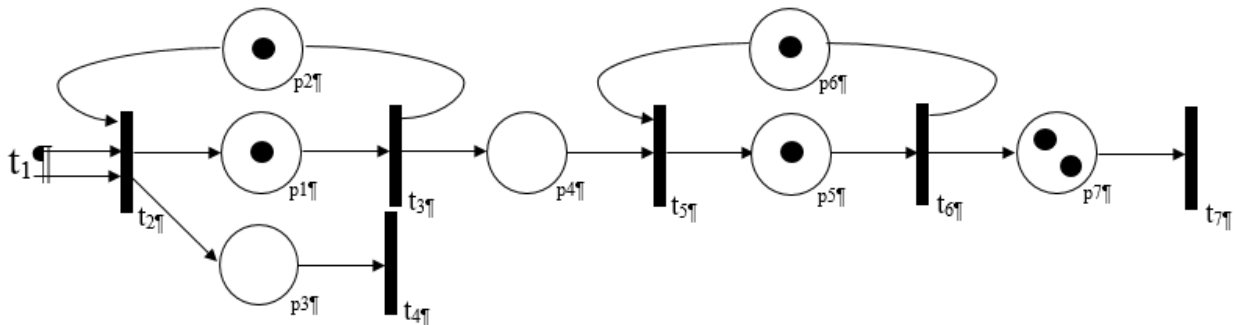


Рис. 5. Сети Петри «Поступление семечки на производство»

$t_1$  – прибытие поставщика;  $t_2$  – отправка на весовую;  $t_3$  – поступление семечки на производство;  $t_4$  – отправка к поставщику;  $t_5$  – загрузка на ленты;  $t_6$  – отправка на производство;  $t_7$  – отчет о принятой партии за смену.

$p_1$  – проверка качества;  $p_2$  – анализ;  $p_3$  – оформление возврата;  $p_4$  – взвешивание;  $p_5$  – сушка;  $p_6$  – обработка ядра;  $p_7$  – производство масла.

После каждого срабатывания перехода сети Петри множество разрешенных переходов в общем случае меняется, поскольку меняется текущая разметка сети.

В случае, когда позиция является входной для двух или более разрешенных переходов, срабатывание любого из них и соответствующее уменьшение количества фишек в позиции может запретить другие переходы. Такой ситуацией моделируются конфликты, когда для выполнения различных операций требуется использование общего ресурса.

Срабатывание простого перехода считается мгновенным. Поскольку вероятность одновременного происхождения двух мгновенных событий равна нулю, два простых перехода не могут сработать одновременно.

Именно невозможностью одновременного срабатывания каких-либо переходов определяется асинхронная природа сетей Петри. Параллелизм же, приписываемый им, выражается в том, что в один момент времени разные участки сети могут отражать выполнение разных независимых процессов [3].

Важно понимать, что многократно

упоминаемые перемещения фишек между позициями – не более чем интуитивно понятное описание.

Формально оно неверно, поскольку, в самом деле, фишки не перемещаются из позиции в позицию, а исчезают в переходе в никуда и появляются в нем же из ниоткуда.

Таким образом, сеть Петри полностью описывается следующим набором параметров:

- 1) Множество позиций;
- 2) Множество переходов;
- 3) Множество входных дуг (дуг от позиций к переходам);
- 4) Множество выходных дуг (дуг от переходов к позициям);
- 5) Множество фишек, размещенных в позициях изначально (начальная разметка).

Коротко говоря, с помощью сетей Петри происходит построение модели, далее эту модель анализируют, выясняют сильные и слабые стороны системы, определяют ее свойства. На основе произведенных исследований в систему вносятся преобразования.

#### Библиографический список

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984– 263 с.
2. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов / Г.Н. Калянов / М.: 2006г.
3. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. -Л.: Наука, 1989. -133 с.

УДК 539.374

Воронежский государственный технический университет  
канд. физ.-мат. наук, доцент Т.В. Волобуева  
Россия, г. Воронеж, E-mail: tv190470@yandex.ru

Voronezh state technical University  
PhD of ph.- math. Sciences, associate professor T.V. Volobueva  
Russia, Voronezh, E-mail: tv190470@yandex.ru

Т.В. Волобуева

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ПРЯМОЛИНЕЙНО-ОРТОТРОПНОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗИСНЫХ ЧАСТНЫХ РЕШЕНИЙ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ТИПА

**Аннотация:** в задачах распространения нормальных волн в ортотропных цилиндрах кругового сечения для решения краевых задач рассматривается возможность ввести исходные представления амплитудных функций упругих перемещений рядами по экспоненциальным (модифицированным экспоненциальным) частным решениям

**Ключевые слова:** гармонические нормальные волны, квазипродольные волны, квазиизгибные волны

T.V. Volobueva

## SIMULATION OF THE SOLUTION OF THE EQUATIONS OF DYNAMICS OF A STRAIGHT-ORTHOTROPIC MEDIUM USING THE BASIC PARTICULAR SOLUTIONS OF EXPONENTIAL TYPE

**Abstract:** in the problems of propagation of normal waves in orthotropic cylinders of circular cross-section for the solution of boundary value problems the possibility to introduce the initial representations of the amplitude functions of elastic displacements by series of exponential (modified exponential) particular solutions is considered

**Keywords:** harmonic normal waves, quasiproton waves, quasispin wave

Спектр распространяющихся и краевых стоящих нормальных волн в цилиндрическом упругом волноводе описывается решением однородной краевой задачи стационарной динамической теории упругости анизотропного тела, включающей уравнения движения и однородные краевые условия на боковой цилиндрической поверхности. Под-

становка комплексных функций упругих смещений и напряжений в гармонических нормальных волнах для рассматриваемого волновода, в которых разделены переменные по длине волновода и в его сечении приводит к следующей модификации уравнений движения:

$$\begin{aligned} (c_{11} \partial_1^2 + c_{66} \partial_2^2 + c_{55} k^2 + \Omega^2) u_1 + (c_{11} + c_{66}) \partial_1 \partial_2 u_2 + (c_{13} + c_{55}) i k \partial_1 u_3 &= 0 \\ (c_{12} + c_{66}) \partial_1 \partial_2 u_1 + (c_{66} \partial_1^2 + c_{22} \partial_2^2 - c_{44} k^2 + \Omega^2) u_2 + (c_{23} + c_{44}) i k \partial_2 u_3 &= 0 \\ (c_{13} + c_{55}) i k \partial_1 u_1 + (c_{44} + c_{23}) i k \partial_2 u_2 + (c_{55} \partial_1^2 + c_{44} \partial_2^2 - c_{33} k^2 + \Omega^2) u_3 &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$u_j(x_1, x_2)$  – комплексные амплитудные функции безразмерных координат в сечении волновода, характеризующие форму движения в нормальных волнах;  $k$  – безразмерное волновое число;  $c_{ij}$  – нормализованные безразмерные упругие постоянные;  $\Omega = \omega R(\rho/C)^{1/2}$ ;  $R$  и  $C$  – нормирующие параметры;  $\Omega$  – безразмерный приведенный частотный параметр;  $\rho$  – плотность материала вол-

новода;  $\omega$  – круговая частота гармонической нормальной волны.

И модифицированным краевым условиям (для цилиндра кругового сечения) для волновода с жестко закрепленной боковой поверхностью  $r = 1$ :

$$(u_1)_{r=1} = (u_2)_{r=1} = (u_3)_{r=1} = 0 \quad (2)$$

Для волновода со свободной боковой поверхностью  $r = 1$ :

$$\begin{aligned}
 (\sigma_{rr})_{r=1} &= \left( (c_{11}\cos^2\theta + c_{12}\sin^2\theta) \partial_1 + 2c_{66}\cos\theta\sin\theta \partial_2 \right) u_1 \\
 &\quad + \left( (c_{12}\cos^2\theta + c_{22}\sin^2\theta) \partial_2 + 2c_{66} \partial_1 \right) u_2 \\
 &\quad + (c_{13}\cos^2\theta + c_{23}\sin^2\theta) iku_3 \Big|_{r=1} = 0 \\
 (\sigma_{r\theta})_{r=1} &= \left( (c_{12} - c_{11})\cos\theta\sin\theta \partial_1 + c_{66}(\cos^2\theta + \sin^2\theta) \partial_2 \right) u_1 \\
 &\quad + \left( (c_{22} - c_{12})\cos\theta\sin\theta \partial_2 + c_{66}(\cos^2\theta + \sin^2\theta) \partial_1 \right) u_2 \\
 &\quad + (c_{23} - c_{13}) i k \cos\theta \sin\theta u_3 \Big|_{r=1} = 0 \\
 (\sigma_{rz})_{r=1} &= \left( (c_{55}\cos\theta \partial_1 + c_{44}\sin\theta \partial_2) u_3 - c_{55} i k \cos\theta u_1 + c_{44} i k \sin\theta u_2 \right)_{r=1} = 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

Для волноводов с боковой поверхностью  $r = 1$ , имеющей жесткое недеформируемое вдоль этой поверхности тонкое мембранное покрытие:

$$\begin{aligned}
 (u_3)_{r=1} &= 0 \\
 (u_\theta)_{r=1} &= (u_2 \cos\theta - u_1 \sin\theta)_{r=1} = 0 \\
 (\sigma_{rr})_{r=1} &= \left( (c_{11}\cos^2\theta + c_{12}\sin^2\theta) \partial_1 + 2c_{66}\cos\theta\sin\theta \partial_2 \right) u_1 \\
 &\quad + \left( (c_{12}\cos^2\theta + c_{22}\sin^2\theta) \partial_2 + 2c_{66} \partial_1 \right) u_2 + (c_{13}\cos^2\theta + c_{23}\sin^2\theta) iku_3 \Big|_{r=1} = 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

Построим систему экспоненциальных частных решений уравнений (1). Исходная форма таких решений имеет вид

$$u_j = A_j e^{i\nu_1 x_1 + i\nu_2 x_2} \quad (j = \overline{1,3}) \tag{5}$$

где  $A_j, \nu_1, \nu_2$  – некоторые постоянные параметры.

Подстановка представлений (5) в дифференциальные уравнения (1) после ряда преобразований приводит к однородной системе линейных алгебраических уравнений относительно постоянных  $A_j$ , имеющей вид

$$\begin{aligned}
 A_1[-c_{11}\nu_1^2 - c_{66}\nu_2^2 - c_{55}k^2 + \Omega^2] + A_2[-(c_{12} + c_{66})\nu_1\nu_2] + A_3[-(c_{13} + c_{55})k\nu_1] &= 0, \\
 A_1[-(c_{12} + c_{66})\nu_1\nu_2] + A_2[-c_{66}\nu_1^2 - c_{22}\nu_2^2 - c_{44}k^2 + \Omega^2] + A_3[-(c_{23} + c_{44})k\nu_2] &= 0, \tag{6} \\
 A_1[-(c_{13} + c_{55})k\nu_1] + A_2[-(c_{44} + c_{23})k\nu_2] + A_3[-c_{55}\nu_1^2 - c_{44}\nu_2^2 - c_{33}k^2 + \Omega^2] &= 0.
 \end{aligned}$$

А условие разрешимости полученной системы сводится к бикубическому алгебраическому уравнению относительно  $\nu_1, \nu_2$ , которое может быть представлено в форме

$$B_1\nu_1^6 + [B_2\nu_2^2 + B_3]\nu_1^4 + [B_5\nu_2^4 + B_4\nu_2^2 + B_6]\nu_1^2 + [B_7\nu_2^6 + B_8\nu_2^4 + B_9\nu_2^2 + B_{10}] = 0 \tag{7}$$

или в форме

$$B_7\nu_2^6 + [B_5\nu_1^2 + B_8]\nu_2^4 + [B_2\nu_1^4 + B_4\nu_1^2 + B_9]\nu_2^2 + [B_1\nu_1^6 + B_3\nu_1^4 + B_6\nu_1^2 + B_{10}] = 0 \tag{8}$$

Здесь

$$\begin{aligned}
 B_1 &= [-c_{11}c_{66}c_{55}], \\
 B_2 &= [-c_{11}c_{22}c_{55} - c_{11}c_{55}c_{44} + c_{55}(c_{12} + c_{66})^2 - c_{66}^2c_{55}], \\
 B_3 &= [c_{11}c_{55}\Omega^2 - c_{55}^2c_{66}k^2 + c_{66}c_{55}\Omega^2 - c_{11}c_{66}c_{33}k^2 + c_{11}c_{66}\Omega^2 + c_{66}(c_{13} + c_{55})^2k^2 - \\
 &\quad c_{11}c_{44}c_{55}k^2], \\
 B_4 &= [-c_{66}c_{44}c_{55}k^2 + (c_{66} + c_{22})c_{55}\Omega^2 + (c_{44}c_{11} + c_{55}c_{66})c_{44}k^2 + (c_{66} + c_{11})c_{44}\Omega^2 -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (c_{22}c_{11} + c_{66}^2)c_{33}k^2 - 2(c_{12} + c_{66})(c_{44} + c_{23})(c_{13} + c_{55})k^2 + (c_{33}k^2 - \Omega^2)(c_{12} + c_{66})^2 + \\
 & c_{11}c_{22}\Omega^2 + c_{66}^2\Omega^2 + c_{22}(c_{13} + c_{55})^2k^2 + c_{11}(c_{44} + c_{23})^2k^2 - c_{55}^2c_{22}k^2], \\
 B_5 & = [-c_{66}c_{22}c_{55} - c_{11}c_{22}c_{44} - c_{66}^2c_{44} + c_{44}(c_{12} + c_{66})^2], \\
 B_6 & = [-c_{55}^2k^2(c_{44}k^2 - \Omega^2) + c_{55}\Omega^2(c_{44}k^2 - \Omega^2) - c_{11}c_{33}k^2(c_{44}k^2 - \Omega^2) - c_{55}c_{66}k^2(c_{33}k^2 - \\
 & \Omega^2) + (c_{66}c_{33} + c_{11}c_{44})k^2\Omega^2 - (c_{11} + c_{66})\Omega^4 + (c_{44}k^2 - \Omega^2)(c_{11} + c_{55})^2k^2], \\
 B_7 & = [-c_{66}c_{22}c_{44}], \\
 B_8 & = [c_{66}c_{44}(-c_{44}k^2 + \Omega^2) + c_{22}c_{44}(\Omega^2 - c_{55}k^2) + c_{66}c_{22}(-c_{33}^2k^2 + \Omega^2) + c_{66}(c_{44} + \\
 & c_{23})^2k^2], \\
 B_9 & = \\
 & [c_{55}c_{44}k^2(-c_{44}k^2 + \Omega^2) + c_{66}c_{33}k^2(-c_{44}k^2 + \Omega^2) + c_{44}\Omega^2(c_{44}k^2 + \Omega^2) + c_{22}\Omega^2(c_{33}k^2 - \\
 & \Omega^2) + c_{66}\Omega^2(c_{44}k^2 - \Omega^2) + (c_{44} + c_{23})^2k^2(c_{55}k^2 - \Omega^2) + c_{55}c_{22}k^2(-c_{33}k^2 + \Omega^2)], \\
 B_{10} & = [c_{33}c_{44}k^4(-c_{55}k^2 + \Omega^2) + c_{55}k^2\Omega^2(c_{33}k^2 - \Omega^2) - c_{33}\Omega^4k^2 + c_{44}k^2\Omega^2(c_{55}k^2 - \Omega^2) \\
 & + \Omega^6].
 \end{aligned}$$

Полагаем, что параметры  $v_1$  и  $v_2$  связаны соотношениями (7) либо (8), из однородной системы линейных алгебраических уравнений (6) можно с точностью до положительного постоянного множителя найти

коэффициенты  $A_j$ . В частности, будем использовать соотношения, в которых  $A_j = a_j \tilde{A}$ , где

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 & = \frac{-(c_{12} + c_{66})(c_{23} + c_{44})kv_1v_2^2 - (c_{13} + c_{55})(c_{66}v_1^2 - c_{22}v_2^2 - c_{44}k^2 + \Omega^2)kv_1}{-(c_{23} + c_{44})(-c_{11}v_1^2 - c_{66}v_2^2 - c_{55}k^2 + \Omega^2)kv_2 - (c_{12} + c_{66})(c_{13} + c_{55})kv_1^2v_2} \\
 \alpha_2 & = 1 \\
 \alpha_3 & = \frac{(-c_{11}v_1^2 - c_{66}v_2^2 - c_{55}k^2 + \Omega^2)(-c_{66}v_1^2 - c_{22}v_2^2 - c_{44}k^2 + \Omega^2) + (c_{12} + c_{66})^2v_1^2v_2^2}{-(c_{23} + c_{44})(-c_{11}v_1^2 - c_{66}v_2^2 - c_{55}k^2 + \Omega^2)kv_2 - (c_{12} + c_{66})(c_{13} + c_{55})kv_1^2v_2}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Задавая из определенных соображений исходное значение одного из параметров  $v_1 = v_{1n}$  ( $n = \overline{1, \infty}$ ) либо  $v_2 = v_{2n}$  ( $n = \overline{1, \infty}$ ), получаем при каждом  $n$  на основе вышеизложенного приема шесть частных экспоненциальных решений системы (1), отвечающих шести корням уравнения (7) или (8) соответственно. Специальным образом варьируя указанные исходные значения  $v_{jn}$ , найдем, в итоге, некоторую систему базисных экспоненциальных частных решений системы (1). Это позволяет для решения краевых задач, включающих (1) и одно из граничных условий вида (2)-(4), вводить исходные представления амплитудных функций упругих перемещений  $u_j$  в форме ряда по базисным экспоненциальным частным решениям типа (5) или по каким либо другим

базисным частным решениям, получаемым комбинированием решений типа (5)

Отметим некоторые существенно важные свойства корней уравнений (7), (8). При выборе действительных начальных значений  $v_{2n}$  корни  $v_{1n}(v_{2n})$  уравнения (7), имеющего действительные коэффициенты  $B_j$ , могут быть соответственно действительными либо комплексно-сопряженными.

Если  $v_{1n}$  – корень уравнения (7), то величина  $(-v_{1n})$  и  $\overline{v_{1n}}$  – также являются корнями (7). Кроме того, совпадают наборы корней  $\{v_{1np}(v_{2n})\}_{p=1}^6$  и  $\{v_{1np}(-v_{2n})\}_{p=1}^6$ , определяемых из уравнения (7).

Аналогичные выводы можно сделать и в отношении свойства корней  $v_{2n}(v_{1n})$  уравнения (8).

Из формул (9) также следует, что

$$\alpha_{1n}(v_{1n}, v_{2n}) = -\alpha_{1n}(v_{1n}, -v_{2n}) = -\alpha_{1n}(-v_{1n}, v_{2n}) = \alpha_{1n}(-v_{1n}, -v_{2n}),$$

$$\alpha_{2n}(v_{1n}, v_{2n}) = -\alpha_{2n}(-v_{1n}, v_{2n}) = -\alpha_{1n}(v_{1n}, -v_{2n}) = -\alpha_{1n}(-v_{1n}, -v_{2n}).$$

Используя указанные свойства  $v_{jn}$  и  $\alpha_{jn}$ , на основе представлений (5) возможно конструировать действительные базисные частные решения (1), обладающие определенной четностью, соответствующей симметрии возможных форм движения в исследуемых нормальных волнах.

При построении частных решений (1) возможен также иной подход, при котором отыскиваются базисные частные решения,

заведомо обладающие определенными свойствами симметрии и описывающие независимые семейства нормальных волн в ортотропном цилиндре кругового сечения с различными не взаимодействующими формами волновых движений.

В частности, для прямолинейно-ортотропного цилиндрического волновода можно априори выделить не взаимодействующие волны таких типов:

- квазипродольные для которых:

$$\begin{aligned} u_1(x_1, x_2) &= -u_1(-x_1, x_2) = u_1(x_1, -x_2) = -u_1(-x_1, -x_2) \\ u_2(x_1, x_2) &= u_2(-x_1, x_2) = -u_2(x_1, -x_2) = -u_2(-x_1, -x_2) \\ u_3(x_1, x_2) &= u_3(-x_1, x_2) = u_3(x_1, -x_2) = u_3(-x_1, -x_2) \end{aligned} \tag{10}$$

- квазиизгибные волны первого типа, для которых:

$$\begin{aligned} u_1(x_1, x_2) &= -u_1(-x_1, x_2) = -u_1(x_1, -x_2) = u_1(-x_1, -x_2) \\ u_2(x_1, x_2) &= u_2(-x_1, x_2) = u_2(x_1, -x_2) = u_2(-x_1, -x_2) \\ u_3(x_1, x_2) &= u_3(-x_1, x_2) = -u_3(x_1, -x_2) = u_3(-x_1, -x_2) \end{aligned} \tag{11}$$

- квазиизгибные волны второго типа, для которых:

$$\begin{aligned} u_1(x_1, x_2) &= u_1(-x_1, x_2) = u_1(x_1, -x_2) = -u_1(-x_1, -x_2) \\ u_2(x_1, x_2) &= -u_2(-x_1, x_2) = -u_2(x_1, -x_2) = u_2(-x_1, -x_2) \\ u_3(x_1, x_2) &= -u_3(-x_1, x_2) = u_3(x_1, -x_2) = -u_3(-x_1, -x_2) \end{aligned} \tag{12}$$

- казиизгибные волны третьего типа, для которых:

$$\begin{aligned} u_1(x_1, x_2) &= u_1(-x_1, x_2) = -u_1(x_1, -x_2) = -u_1(-x_1, -x_2) \\ u_2(x_1, x_2) &= u_2(-x_1, x_2) = -u_2(x_1, -x_2) = -u_2(-x_1, -x_2) \\ u_3(x_1, x_2) &= -u_3(-x_1, x_2) = -u_3(x_1, -x_2) = u_3(-x_1, -x_2) \end{aligned} \tag{13}$$

В этом случае комплексные амплитудные функции  $u_j(x_1, x_2)$  могут быть соответственно представлены в одной из четырех форм:

$$\begin{aligned} u_1^{(1)}(x_1, x_2) &= A_1^{(1)} \sin v_1^{(1)} x_1 \cos v_2^{(1)} x_2 \\ u_2^{(1)}(x_1, x_2) &= A_2^{(1)} \cos v_1^{(1)} x_1 \sin v_2^{(1)} x_2 \\ u_3^{(1)}(x_1, x_2) &= A_3^{(1)} \cos v_1^{(1)} x_1 \cos v_2^{(1)} x_2 \end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned} u_1^{(2)}(x_1, x_2) &= A_1^{(2)} \sin v_1^{(2)} x_1 \sin v_2^{(2)} x_2 \\ u_2^{(2)}(x_1, x_2) &= A_2^{(2)} \cos v_1^{(2)} x_1 \cos v_2^{(2)} x_2 \\ u_3^{(2)}(x_1, x_2) &= A_3^{(1)} \cos v_1^{(2)} x_1 \sin v_2^{(2)} x_2 \end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned} u_1^{(3)}(x_1, x_2) &= A_1^{(3)} \cos v_1^{(3)} x_1 \cos v_2^{(3)} x_2 \\ u_2^{(3)}(x_1, x_2) &= A_2^{(3)} \sin v_1^{(3)} x_1 \sin v_2^{(3)} x_2 \\ u_3^{(3)}(x_1, x_2) &= A_3^{(3)} \sin v_1^{(3)} x_1 \cos v_2^{(3)} x_2 \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned} u_1^{(4)}(x_1, x_2) &= A_1^{(4)} \sin v_1^{(4)} x_1 \cos v_2^{(4)} x_2 \\ u_2^{(4)}(x_1, x_2) &= A_2^{(4)} \sin v_1^{(4)} x_1 \cos v_2^{(4)} x_2 \\ u_3^{(4)}(x_1, x_2) &= A_3^{(4)} \sin v_1^{(4)} x_1 \sin v_2^{(4)} x_2 \end{aligned} \tag{17}$$

Здесь, как и выше,  $v_1^{(j)}, v_2^{(j)}, A_p^{(j)}$  – произвольные постоянные. Представления (14)-(17) можно охарактеризовать как модифици-



рованные экспоненциальные представления, поскольку любую комбинацию тригонометрических функций в их правых частях можно представить суммой четырех экспоненциальных выражений структуры (5).

Подстановка представлений (14)-(17) в уравнения движения для рассматриваемого волновода приводит к однородным системам линейных алгебраических уравнений относительно  $A_p^{(j)}$ :

$$\alpha_{n1}^{(j)} A_1^j + \alpha_{n2}^{(j)} A_2^j + \alpha_{n3}^{(j)} A_3^j = 0 \quad (n = \overline{1,3})$$

Элементы матриц этих систем имеют вид:

$$\begin{aligned} \alpha_{11}^{(j)} &= \Omega^2 - c_{55}k^2 - c_{11} (v_1^{(j)})^2 - c_{66} (v_2^{(j)})^2 \\ \alpha_{22}^{(j)} &= \Omega^2 - c_{44}k^2 - c_{66} (v_1^{(j)})^2 - c_{22} (v_2^{(j)})^2 \\ \alpha_{33}^{(j)} &= \Omega^2 - c_{33}k^2 - c_{55} (v_1^{(j)})^2 - c_{44} (v_2^{(j)})^2 \\ \alpha_{12}^{(j)} &= \alpha_{21}^{(j)} = \eta_{1j} (c_{12} - c_{66}) v_1^{(j)} v_2^{(j)} \\ \alpha_{13}^{(j)} &= -\alpha_{31}^{(j)} = ik\eta_{2j} (c_{13} - c_{55}) v_1^{(j)} \\ \alpha_{23}^{(j)} &= -\alpha_{32}^{(j)} = -ik\eta_{3j} (c_{23} + c_{44}) \\ \eta_{1j} &= \sin(\pi j - 5\pi/4) (\sin(\pi) - 5\pi/4)^{-1} \\ \eta_{1j} &= (-1)^j \\ \eta_{3j} &= \sin(\pi j + \pi/4) (\sin(\pi) + \pi/4)^{-1} \end{aligned} \quad (18)$$

Равенства

$$\det \|\alpha_{np}^{(j)}\| = 0 \quad (19)$$

представляют собой соотношения, связывающие значения параметров  $v_1^{(j)}$ , и  $v_2^{(j)}$ . Они аналогичны по смыслу уравнениям (7), (8). Если значения  $(v_1^{(j)}, v_2^{(j)})$  удовлетворяют уравнениям (19), то для  $A_p^{(j)}$  имеем, в частности, возможность записать соотношения

$$\begin{aligned} A_1^{(j)} &= \xi_1^{(j)} A_3^{(j)} \\ A_2^{(j)} &= \xi_2^{(j)} A_3^{(j)} \\ \xi_1^{(j)} &= (\alpha_{13}^{(j)} \alpha_{21}^{(j)} - \alpha_{11}^{(j)} \alpha_{23}^{(j)}) \Delta_j^{-1} \\ \xi_2^{(j)} &= (\alpha_{23}^{(j)} \alpha_{12}^{(j)} - \alpha_{13}^{(j)} \alpha_{22}^{(j)}) \Delta_j^{-1} \\ \Delta_j^{-1} &= (\alpha_{11}^{(j)} \alpha_{22}^{(j)} - \alpha_{12}^{(j)} \alpha_{21}^{(j)}) \end{aligned} \quad (20)$$

После упорядочивания по некоторому правилу пар параметров  $(v_1^{(j)}, v_2^{(j)})$ , введем в рассмотрение их счетные множества  $\{v_{1q}^{(j)}, v_{2q}^{(j)}\}_{q=1}^{\infty}$  и соответствующие базисные множества амплитудных функций координат в сечении волновода, определяемых соотношениями (14)-(17), (18), (20) с точностью до постоянных  $A_{3q}^{(j)}$ . Эти постоянные в дальнейшем без ограничения общности полагаем равными единице.

Таким образом, для соотношений амплитудных функций упругих перемещений, зависящих от координат в сечении волновода, в волновых задачах рассматриваемого типа возможно ввести представления рядами по построенным выше экспоненциальным (модифицированным экспоненциальным) частным решениям уравнений (1).

### Библиографический список

1. Ханингтон Г. Упругие постоянные кристаллов// Успехи физ. Наук. = 1961. – Т.74 № 2. 303-352.
2. Космодамианский А.С., Сторожев В.И. Динамические задачи теории упругости для анизотропных сред. К. 1985. 175 с.
3. Абрамова .П., Сторожев В.И., Шпак В.А. Дисперсия нормальных волн в ортотропной среде с закрепленными границами Акуст. журнал. 1996. Т.42.№ 1. С.5-9.
4. Волобуева Т.В.. Сторожев В.И. Критические частоты распространяющихся волн в прямолинейно-отротропном цилиндрическом волноводе// Теор. и прикл. механика. Харьков. 1996. Вып.25. С.87-95

УДК 517.9

Российский экономический университет (Воронежский филиал), преподаватель математики и естествознания  
А.И. Глушков  
Россия, г. Воронеж, E-mail: glushkov\_alex\_1965@mail.ru

Российский экономический университет (Воронежский филиал), преподаватель географии и естествознания А.В. Агеева  
Россия, г. Воронеж, E-mail: allaa777@mail.ru

Российский экономический университет (Воронежский филиал), преподаватель основ анализа бухгалтерской отчётности, заместитель директора колледжа И. А. Котова  
Россия, г. Воронеж, E-mail: kirina-77@mail.ru

Voronezh branch of the Plekhanov Russian University of Economics, Teacher of mathematics and natural science  
A. I. Glushkov,  
Russia, Voronezh, E-mail: glushkov\_alex\_1965@mail.ru

Voronezh branch of the Plekhanov Russian University of Economics, Teacher of geography and natural science A.V. Ageeva  
Russia, Voronezh, E-mail: allaa777@mail.ru

Voronezh branch of the Plekhanov Russian University of Economics, Teacher of fundamentals of analysis of financial statements, Deputy Director of the College on methodical work  
I. A. Kotova Russia, Voronezh, E-mail: kirina-77@mail.ru

А.И. Глушков, А.В. Агеева, И.А. Котова

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДНОЙ И С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИИ ЛАМБЕРТА

**Аннотация:** в статье рассмотрен один из методических приёмов решения часто встречающегося показательно-степенного уравнения с использованием производной и с помощью функции Ламберта. Для трансцендентных уравнений, которые часто возникают в математических задачах физики, нет единого алгоритма решения. Такие уравнения, как правило, решаются приближенно или с помощью аппроксимаций

**Ключевые слова:** трансцендентное уравнение, показательно-степенное уравнение, корень уравнения, функция Ламберта, аналитическое решение

А.И. Glushkov, A.V. Ageeva, I.A. Kotova

## METHODS OF SOLVING EQUATIONS WITH THE DERIVATIVE AND USING LAMBERT FUNCTION

**Abstract:** The article considers one of the methodical methods of solving the frequently occurring exponential-power equation using the derivative and the Lambert W - function. For transcendental equations, which often arise in mathematical problems of physics, there is no single solution algorithm. Such equations are usually solved approximately, or by approximations

**Keywords:** Transcendental equation, exponential-power equation, equation root, Lambert function, analytical solution

Многие задачи, с которыми приходится сталкиваться как в школьном, так и в вузовском курсе математики, задаются и решаются в символьном виде. В результате преобразований выражения приводятся к аналитическому виду. Например, при решении квадратного уравнения находят дискриминант или используют формулы Виета. Для биквадратных уравнений квадрат искомой переменной заменяют новой переменной, и в результате получается квадратное уравнение. Многие уравнения решаются заменой выражения на новую переменную. Например, при решении возвратных уравнений четвёртой степени для выражения  $x + \frac{1}{x}$  вводят новую переменную и т. д. Но существует целый класс уравнений, которые

практически невозможно решить в символьном виде. К таким уравнениям относятся трансцендентные уравнения, такие, например, как  $2^x = 3 \cdot x$ ,  $x + \ln x = a$ ,  $x^a = a^x$  и т. д.

Трансцендентное уравнение представляет собой уравнение, которое состоит из трансцендентной функции (иррациональные, логарифмические, показательные, тригонометрические и обратные тригонометрические) от неизвестного (переменного), например, уравнения. При решении многих задач часто прибегают к различным математическим функциям, которые помогают облегчить численные и алгебраические вычисления. В настоящее время в преподавании различных научных дисциплин широко используются специализированные математические продукты. Специализированные пакеты для

математической обработки в последнее время всё больше начинают использовать не только в математике. Например, в экономических науках без математических расчётов и исследований практически невозможно обойтись. В процессе решения той или иной задачи с помощью специализированных математических продуктов нередко можно встретить новые специальные функции. Одной из таких функций является функция Ламберта, обозначаемая  $W$ . Функция Ламберта названа в честь немецкого математика, оптика и философа Иоганна-Генриха Ламберта, создателя фотометрии и закрывшего вопрос о квадратуре круга, доказав иррациональность числа  $\pi$ . [1]

Функция Ламберта  $W$  своё имя впервые получила в начале 80-х годов XX века, когда в программе Maple была описана функция, которая называлась  $W$  [2]. В настоящее время эта функция получила широкое применение в различных областях математики и физики. Данная функция позволяет решить ряд задач, которые нельзя решить элементарными методами. Школьные и вузовские учебники и учебные пособия мало уделяют внимания решению задач аналитическими методами. Обычно для нахождения корней уравнения в виде выражения, требуется выразить одну переменную через все остальные переменные и коэффициенты. Сделать это можно не всегда, а только в том случае, если уравнение не содержит разнородных функций.

Показательные и логарифмические уравнения и неравенства занимают центральное место в программе школьного курса математики наряду с такими разделами, как тригонометрия, производная и её приложения. Различные методы решения показательных и логарифмических уравнений подробно рассмотрены в различных школьных учебниках. Уравнения, где неизвестное находится и в показателе, и в основании степени называются показательно-степенными. Для показательно-степенного уравнения вида  $a(x)^{f(x)} = a(x)^{g(x)}$  можно указать совершенно чёткий алгоритм решения, то при ре-

шении уже уравнения  $x^a = a^x$  с разнородными функциями (показательной и степенной), где  $a > 0$  – вещественное число,  $x > 0$  – переменная, возникают трудности. Это уравнение нельзя решить традиционными приёмами символической алгебры, с помощью которых решаются логарифмические и показательные уравнения. Трансцендентные уравнения и неравенства играют важную роль в формировании логического мышления и математической культуры у обучающихся. Но их решение вызывает затруднение, так как задания такого типа редко представлены в базовых курсах математики. Преобразуем уравнение  $a^x = x^a$ ,  $(a^x)^{\frac{1}{a}} = x$ ,  $(a^{\frac{1}{a}})^x = x$ ,  $b^x = x$ , где  $b = a^{\frac{1}{a}}$ . Уравнение вида  $b^x = x$  появляется, например, при нахождении предела рекуррентно заданной последовательности  $y_n = b^{y_{n-1}}$ . Если последовательность имеет предел, то он является одним из корней уравнения  $x = b^x$ .

Здесь на помощь приходит вещественная функция Ламберта, изучение которой не предусмотрено ни в школьном курсе математики, ни в вузовском. Вещественная функция Ламберта  $W(x)$  задается в неявном виде, которая определяется как решение функционального уравнения  $W(x) \cdot e^{W(x)} = x$ . Функция Ламберта есть функция, обратная к функции  $W = x \cdot e^x$ , что позволяет установить её свойства и представить внешний вид графика.

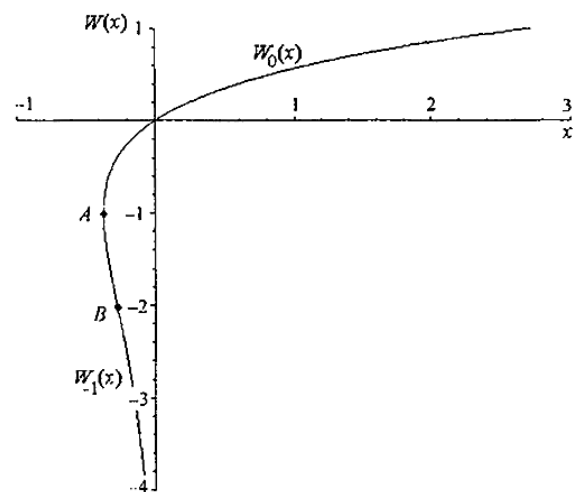


Рис. 1. Функция Ламберта

Данная функция ни является ни чётной, ни нечётной, определена в интервале  $(-\frac{1}{e}; +\infty)$  и принимает значения  $(-\infty; +\infty)$ . Для отрицательных значений аргумента функция двузначна. Точка  $A(-\frac{1}{e}; -1)$  делит график на две ветви: верхнюю  $W_0(x)$  и нижнюю  $W_{-1}(x)$  так, что обе ветви имеют вертикальную касательную. Верхняя ветвь

$W_0(x)$  называется основной и проходит через начало координат. Нижняя ветвь  $W_{-1}(x)$  имеет точку перегиба  $B(-\frac{1}{e^2}; -2)$  и вертикальную асимптоту при  $x = 0$  [1]

Перечислим некоторые значения и простейшие свойства данной функции, подробно описанные в [1, 2, 3].

1.  $W(0) \cdot e^{W(0)} = 0 \Rightarrow W(0) = 0.$
2.  $W(e) \cdot e^{W(e)} = e \Rightarrow W(e) = 1.$
3.  $W(-\frac{1}{e}) \cdot e^{W(-\frac{1}{e})} = -\frac{1}{e} = -e^{-1} \Rightarrow W(e) = -1.$
4.  $W(-\frac{\ln a}{a}) \cdot e^{W(-\frac{\ln a}{a})} = -\frac{\ln a}{a} \Rightarrow W(-\frac{\ln a}{a}) = -\ln a$  при  $\frac{1}{e} < a < e.$
5.  $W(x \cdot e^x) \cdot e^{W(x \cdot e^x)} = x \cdot e^x \Rightarrow W(x \cdot e^x) = x.$
6.  $\ln(W(x) \cdot e^{W(x)}) = \ln W(x) + \ln e^{W(x)} = \ln W(x) + W(x) = \ln x \Rightarrow \ln W(x) = \ln x - W(x)$

Рассмотрим примеры некоторых уравнений, где можно ввести функцию Ламберта [4].

1. Уравнение вида  $a \cdot e^a = x$  имеет корень  $x = a \cdot e^a$ , где  $W(x) = a.$

2. Если  $ax \cdot e^{ax} = x$ , то  $W(x) = ax.$  Данное уравнение решается легко:  $ax \cdot e^{ax} = x$ ,  $ax \cdot e^{ax} - x = 0$ ,  $x \cdot (ae^{ax} - 1) = 0.$  Один корень  $x_1 = 0.$  Второй находим из уравнения  $ae^{ax} - 1 = 0$ ,  $ae^{ax} = 1$ ,  $\ln a + ax = 0$ ,  $x_2 = -\frac{\ln a}{a}.$

3. Пусть дано уравнение  $x \cdot \ln x = x.$  Тогда  $W(x) = \ln x$ ,  $x = e.$

4. Если  $e^{W(x)} = a$ , то  $x = a \cdot \ln a.$

5. Если  $\ln W(x) = a$ , то  $x = e^{a+e^a}.$

6. Если  $W(\ln x) = a$ , то  $x = e^{ae^a}.$

Рассмотрим уравнение вида  $a^x = x^a$ , где  $a > 0$  – вещественное число,  $x$  – переменная,  $x > 0.$  Преобразуем исходное равенство:  $a^x = x^a$ ,  $x \cdot \ln a = a \cdot \ln x$ ,  $\frac{\ln x}{x} = \frac{\ln a}{a}.$  Введём функцию  $f(x) = \frac{\ln x}{x}.$  Найдём значения  $x$ , при которых  $f(x) = \frac{\ln a}{a}.$  Очевидно, что  $f(x) = \frac{\ln a}{a}$  при  $x = a.$  Так как  $f(a) = \frac{\ln a}{a}$ , то нужно найти такие значения  $x$ , при которых  $f(x) = f(a).$  Выясним, имеет ли уравнение корни, отличные от  $a.$  Для этого попытаемся найти значения  $x \neq a$ , такие,

что  $f(x) = \frac{\ln a}{a}.$  Пусть  $x \neq a.$   $f'(x) = \frac{1-\ln x}{x^2}.$  При  $0 < x < e$   $f'(x) > 0.$  При  $x > e$   $f'(x) < 0.$  Значит,  $f(x)$  возрастает при  $x \in (0; e]$  и убывает при  $x \in [e; +\infty).$  Поэтому функция на каждом из полученных интервалов принимает каждое значение только один раз, т. е., для каждого  $a$  может найтись не более одного значения  $x$ , удовлетворяющего уравнению в паре с этим значением  $a.$

Приходим к выводу, что уравнение  $a^x = x^a$ , где  $a > 0$  – вещественное число,  $x > 0$  имеет один корень  $x = a$  или два корня, причём  $x_1 = a.$  Если уравнение имеет два корня, то равенство  $f(x) = f(a)$  может выполняться только при условии  $0 < x_1 < e < x_2$  или  $0 < x_2 < e < x_1$ , где  $x_1 = a.$  Пусть уравнение имеет два различных корня. Положим  $x_2 = p \cdot x_1 = p \cdot a.$  Тогда имеем:  $f(x_2) = f(p \cdot a) = \frac{\ln(p \cdot a)}{p \cdot a} = \frac{\ln a}{a}$ ,  $\ln(p \cdot a) = p \cdot \ln a$ ,  $\ln(p \cdot a) = \ln a^p \Rightarrow p \cdot a = a^p$ , т. е.,  $x_2 = a^p.$  Получили, что если исходное уравнение имеет два корня  $x_1$  и  $x_2$ , то тогда справедливо равенство  $a^p = a \cdot p$ , где  $x_2 = p \cdot x_1 = p \cdot a.$  Если уравнение  $a^p = a \cdot p$  относительно  $p$  имеет корень, отличный от 1, тогда и исходное уравнение  $a^x = x^a$  имеет корень, отличный от  $a.$

Рассмотрим две функции  $f(p) = a^p$  и  $g(p, a) = a \cdot p.$  Показательная функция  $f(p) = a^p$  является возрастающей при  $a > 1$

и убывающей при  $0 < a < 1$ . Заметим, что все прямые вида  $y = y_0 + a(p - p_0)$  получаются друг из друга поворотом на некоторый угол относительно точки  $A(p_0; y_0)$  [5]. Поэтому все прямые  $g(p, a) = a \cdot p$  при различных значениях  $a$  переходят друг в друга с помощью поворота вокруг начала координат, т. е., представляет собой семейство прямых, проходящих через начало координат.

Любая прямая, проходящая через начало координат, будет пересекать первую и третью координатные четверти, либо вторую и четвертую. Так как  $a > 0$  и  $p > 0$ , то графиком функции  $g(p, a) = a \cdot p$  является часть прямой проходящей через первую и третью координатные четверти и лежащая в первой четверти. Функция  $g(p, a) = a \cdot p$  является возрастающей. В этом случае она может не иметь общих точек, иметь одну или две общие точки с кривой  $f(p) = a^p$ . Нас интересует случай, когда прямая имеет с кривой одну или две общие точки. Параметр  $a$  является угловым коэффициентом для любой из прямых  $g(p, a) = a \cdot p$ , т. е.  $\operatorname{tg} \alpha = a$ , где  $\alpha$  — угол, образованный прямой  $g(p, a) = a \cdot p$  с положительным направлением оси абсцисс. Пусть семейство прямых  $g(p, a) = a \cdot p$  проходит через первую и тре-

тью координатную четверти. Если  $0 < a < 1$ , то функция  $f(p) = a^p$  будет убывающей. Так как функция  $g(p, a) = a \cdot p$  является возрастающей, то уравнение  $a^p = a \cdot p$  имеет один корень т. е.,  $p = 1$ . Следовательно, уравнение  $a^x = x^a$ , где  $0 < a < 1$  имеет один корень  $x = a$ . Например, уравнение  $(0,5)^x = \sqrt{x}$  имеет корень  $x = 0,5$ .

Если  $a > 1$ , то функция  $f(p) = a^p$  будет возрастающей. Выясним в каком случае графики функций  $f(p) = a^p$  и  $g(p, a) = a \cdot p$  имеют одну общую точку.

Выберем из семейства функций  $g(p, a) = a \cdot p$  прямую, имеющую с графиком функции  $f(p) = a^p$  одну общую точку. В этом случае уравнение  $a^x = x^a$  будет иметь один корень  $x = a$  и  $p = 1$ . Прямая  $g(p, a) = a \cdot p$  будет являться касательной к графику функции  $f(p) = a^p$ . Найдём уравнение касательной по формуле  $y = f(p_0) + f'(p_0) \cdot (p - p_0)$ . Так как  $f(p_0) = a^{p_0}$ ,  $f'(p_0) = a^{p_0} \cdot \ln a$ , то уравнение касательной  $y = a^{p_0} + a^{p_0} \cdot \ln a \cdot (p - p_0) = a^{p_0} \cdot \ln a \cdot p + a^{p_0}(1 - \ln a \cdot p_0)$ . Если прямая  $g(p, a) = a \cdot p$  есть касательная к графику  $f(p) = a^p$ , то в этом случае получаем систему уравнений

$$\begin{cases} a^{p_0} \cdot \ln a = a, \\ a^{p_0}(1 - \ln a \cdot p_0) = 0; \end{cases} \begin{cases} a^{p_0} \cdot \ln a = a, \\ 1 - \ln a \cdot p_0 = 0; \end{cases} \begin{cases} a^{p_0} \cdot \ln a = a, \\ p_0 = \frac{1}{\ln a}. \end{cases}$$

Так как  $p_0 = 1$ , то  $\ln a = 1$ ,  $a = e$ . Таким образом, уравнение  $e^x = x^e$  имеет единственный корень  $x = e$ .

Во всех остальных случаях уравнение будет иметь два корня.

Решая уравнение  $a^p = a \cdot p$  относительно  $a$ , находим  $a = p^{\frac{1}{p-1}}$ ,  $p \neq 1$  [4]. В этом случае корни находятся по формулам  $x_1 = p^{\frac{1}{p-1}}$ ,  $x_2 = p \cdot x_1 = p \cdot p^{\frac{1}{p-1}} = p^{\frac{p}{p-1}}$ .

Если взять, например,  $p = 2$ , то получим, что  $a = 2$  и уравнение  $2^x = x^2$ , будет иметь два корня  $x_1 = a = 2$ ,  $x_2 = p \cdot x_1 = 2 \cdot 2 = 4$ . При  $p = 5$  имеем  $x_1 = a = p^{\frac{1}{p-1}} = 5^{\frac{1}{4}} = \sqrt[4]{5}$ . Тогда уравнение  $(\sqrt[4]{5})^x = x^{\sqrt[4]{5}}$  будет иметь корни  $x_1 = \sqrt[4]{5}$  и  $x_2 = p \cdot x_1 = 5 \cdot \sqrt[4]{5}$ . Недостаток этого решения заключается в том, что мы получили обратное решение:

смоделировали алгоритм, с помощью которого, взяв произвольное число  $p > 0$ , получают числа  $x_1 = a = p^{\frac{1}{p-1}}$  и  $x_2 = p \cdot x_1 = p^{\frac{p}{p-1}}$ ,  $p \neq 1$ . Эти числа будут являться корнями уравнения  $(p^{\frac{1}{p-1}})^x = x^{p^{\frac{1}{p-1}}}$ ,  $p \neq 1$ .

Решим это уравнение в аналитическом виде с помощью функции Ламберта. Запишем уравнение в виде  $b^x = x$ , где  $b = a^{\frac{1}{a}}$ . Преобразуем его:  $1 = x \cdot b^{-x} = x \cdot e^{-x \cdot \ln b}$ . Положим  $z = -x \cdot \ln b$ . Тогда  $x = -\frac{z}{\ln b}$ ,  $1 = -\frac{z}{\ln b} \cdot e^z$ ,  $z \cdot e^z = -\ln b$ . Значит  $z = W(-\ln b) = W(-\ln a^{\frac{1}{a}}) = W(-\frac{\ln a}{a}) \Rightarrow -x \cdot \ln b = -x \cdot \frac{\ln a}{a} = W(-\frac{\ln a}{a})$ . Получаем решение в аналитическом виде  $x = -\frac{a}{\ln a}$ .

$W\left(-\frac{\ln a}{a}\right)$ . Учитывая, что, если  $\frac{1}{e} < a < e$ , то  $W\left(-\frac{\ln a}{a}\right) = -\ln a$ , находим корень  $x_1 = \frac{a}{\ln a} \cdot W_0\left(-\frac{\ln a}{a}\right) = -\frac{a}{\ln a} \cdot (-\ln a) = a$ .

В заключение отметим преимущества решения задач в аналитическом виде перед решением численным способом. При аналитическом методе ответ может быть вычислен без какой-либо погрешности. Полученная формула может быть использована для решения других задач, в том числе и с помощью вычислительной техники. Получение точного явного решения усиливает понимание задачи, позволяет глубже усвоить основные понятия изучаемой теории. и может стать основой новой точной теории.

### Библиографический список

1. Дубинов А.Е., Дубинов И.Д., Сайков С.К. W-функция Ламберта и её применение в математических задачах физики: Учеб. посо-

бие для вузов. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2006, 160 с.

2. Corless R.M., Gonnet G.H., Hare D.E., Jeffrey D.J., Knuth D.E. On the Lambert W function. // *Advances Computational Maths*. 1996. Vol. 5. P. 329-359.

3. Valluri S.R., Jeffrey D.J., Corless R.M. Some applications of the Lambert W function to physics. // *Canadian J. Physics*, 2000. Vol 78. P. 823-831.

4. Глушков А.И. Решение исследовательских задач при изучении математики с использованием информационных технологий. // *Ежемесячный научный журнал Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук* № 12 (83) декабрь 2015. Часть IV.

5. Горнштейн П.И., Полонский В.Б., Якир М.С. Задачи с параметрами. Издание второе, дополненное и переработанное. – Киев. «Евро-индекс», 1995.

УДК 004.9

*Воронежский государственный технический университет  
студенты Д.А. Суханова, В.В. Суханов  
Россия, г. Воронеж, E-mail: dhrusheva@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University  
Students D.A. Sukhanova; V.V. Sukhanov  
Russia, Voronezh, E-mail: dhrusheva@vgasu.vrn.ru*

Д.А. Суханова, В.В. Суханов

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ «ЦИФРОВЫХ» КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НА БАЗЕ ПОДГОТОВКИ В ВОРОНЕЖСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

**Аннотация:** в статье рассмотрены особенности формирования «цифровых» компетенций и значимость изучения компьютерно-графических дисциплин для студентов строительных специальностей

**Ключевые слова:** компетенция, ФГОС, компьютерно-графические дисциплины, информационные компетенции, учебный план, профессиональный стандарт, знания, умения, навыки, модель, диаграмма, информация

D.A. Sukhanova, V.V. Sukhanov

## FEATURES OF FORMATION OF "DIGITAL" COMPETENCES OF STUDENTS OF CONSTRUCTION SPECIALTIES ON THE BASIS OF TRAINING IN VORONEZH STATE TECHNICAL UNIVERSITY

**Abstract:** The article discusses the features of the formation of "digital" competencies and the importance of studying computer-graphic disciplines for students of construction specialties

**Keywords:** competence, Federal State Educational Standard, computer graphics disciplines, informational competences, syllabus, professional standard, knowledge, skills, attainments, model, diagram, information

В настоящее время невозможно представить подготовку квалифицированных кадров профиля «Строительство» без осна-

щенной информационно-технической базы образовательного учреждения, так как благодаря информационным и компьютерным технологиям появилась возможность эффективно и своевременно решать большое коли-

чество профессиональных задач.

В поиске эффектных форм зданий и сооружений специалисты строительного профиля привлекают множество современных научных и технических достижений, философских идей и художественно - стилистических инноваций и, как следствие, вырабатывают новые подходы в проектировании и строительстве.

Современные информационные технологии взяли на себя роль определяющих в организации процессов практической профессиональной деятельности. Благодаря IT-сфере и многочисленным компьютерным программам по виртуальному моделированию, строители-проектировщики вооружены новыми инструментами, связанными с новыми возможностями 3D-моделирования в построении архитектурных форм [1].

Концепция информационного моделирования зданий в корне меняет представление о роли вычислительной техники в архитектурном проектировании. Компьютер используется не только для подготовки набора электронных чертежей и спецификаций, но и для создания единой информационной модели здания.

Воронежский государственный технический университет в течение нескольких лет активно использует информационно-программное обеспечение в подготовке специалистов профиля «Строительство». В ходе анализа использования «цифровых» технологий в профессиональной подготовке студентов строительной специальности был показан высокий уровень позитивного влияния на обучение. Увеличилась скорость и качество выполнения работ и проектов с помощью специально разработанных компьютерных программ, используемых в образовательном процессе. Значительно облегчился доступ к информации, что также экономит время непосредственно для творчества. Важную роль играет и компактность проектов, так как их удобно размещать на электронных носителях. К преимуществам можно также отнести широкий выбор цветовых решений проекта, а также возможность

быстрого копирования, перемещения, передачи или размещения в сети Интернет.

В университете реализована система непрерывного образования в области информационных технологий, которая обеспечивает многоуровневое обучение и освоение студентами строительного профиля IT дисциплин.

На первоначальном этапе для бакалавров по направлению подготовки 08.03.01 Строительство в учебном плане содержатся такие дисциплины, как информатика и компьютерная и инженерная графика. Рассмотрим на примере профиль «Экспертиза и управление недвижимостью».

Согласно учебному плану по программе бакалавриата направление 08.03.01 Строительство профиль «Экспертиза и управление недвижимостью», утвержденного ректором ВГТУ «Протокол №11 от 27.04.2018 года», соответствующему Федеральному государственному образовательному стандарту №481 от 31.05.2017 [6] выпускники должны обладать следующими видами профессиональной деятельности:

- технологической;
- организационно-управленческой;
- экспертно-аналитической.

Эти виды деятельности выделены на основе области профессиональной деятельности «Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство» код 16 и на основе профессиональных стандартов [2, 3]:

• Приказ Минтруда России от 11.04.2014 N 233н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по управлению жилищным фондом" (Зарегистрировано в Минюсте России 03.07.2014 N 32945). Код 16.009.

• Приказ Минтруда России от 11.04.2014 N 236н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по управлению многоквартирным домом" (Зарегистрировано в Минюсте России 02.06.2014 N 32532). Код 16.018.

В учебном процессе широко используются как традиционные, так и активные методы обучения. Положительно сказывается

включение в учебный процесс занятий с использованием специальных компьютерных программ: расчеты материальных ресурсов для строительства, проектирование земляных работ, тест-программы для проведения зачетов и экзаменов и т.д.

К дисциплинам компьютерно-графической направленности, организующим информационную дисциплину для студентов профиля «Экспертиза и управление

недвижимостью», согласно учебному плану специальности относятся: информатика, инженерная и компьютерная графика. Эти дисциплины входят в обязательную часть образовательной программы. Обязательная часть образовательной программы формирует общепрофессиональные и профессиональные компетенции, а также в эту часть могут быть сформированы универсальные компетенции (рис. 1) [6].

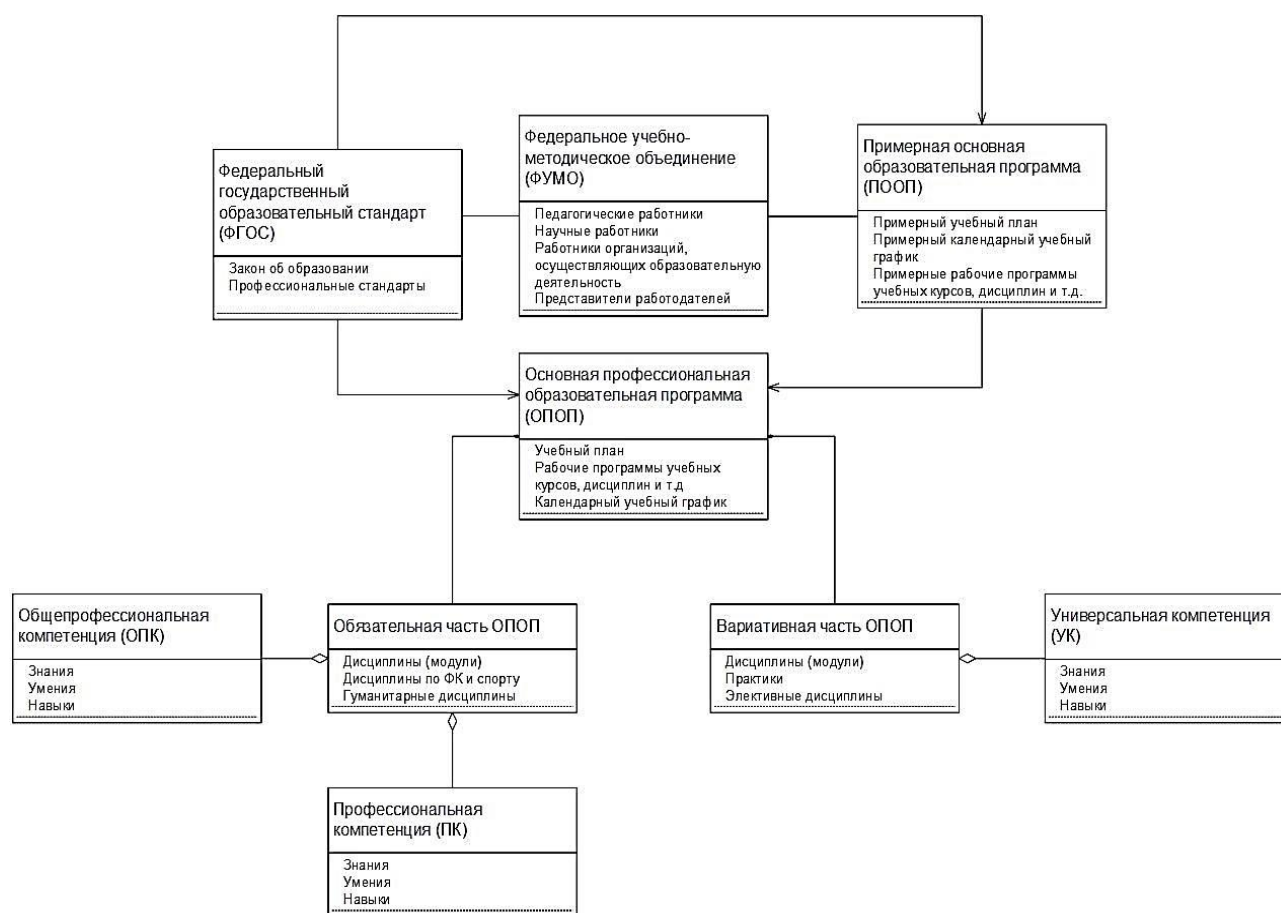


Рис. 1. Диаграмма классов формирования компетенций

Согласно учебному плану по программе бакалавриата направление 08.03.01 Строительство профиль «Экспертиза и управление недвижимостью» ведется дисциплина «Информатика». На эту дисциплину отводится 4 зачетные единицы (144 ч), преподается дисциплина на 1 курсе во втором семестре и на 2 курсе в третьем семестре.

Обучение информатике ориентировано на профессиональную деятельность будуще-

го специалиста. Студент уже на начальном этапе своей подготовки получает пропедевтические знания по использованию методов и средств информатики в профессиональной деятельности. Такой эффект достигается в условиях решения в курсе информатики задач с техническим содержанием. Использование в обучении таких задач формирует положительную мотивацию у студентов при изучении курса информатики, так как буду-



щие специалисты технического профиля должны ориентироваться в предметных средствах информатики, подбирать из них все необходимое для решения производственных проблем [4].

Процесс освоения дисциплины «Информатика» направлен на формирование следующих компетенций: Системное и критическое мышление. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- знать основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники, основы алгоритмического языка и технологию составления программ;

- уметь работать на персональном компьютере, пользоваться операционной системой и основными офисными приложениями;

- владеть методами практического использования современных компьютеров для поиска, хранения, обработки и анализа информации, основами применения численных методов в решении инженерных задач.

Также согласно учебному плану по программе бакалавриата направление 08.03.01 Строительство профиль «Экспертиза и управление недвижимостью» ведется дисциплина «Компьютерная и инженерная графика». На эту дисциплину отводится 6 зачетные единицы (216 ч), преподается дисциплина на 1 курсе в первом и втором семестрах. Курсовой проект и курсовая работа учебным планом не предусмотрены.

При изучении дисциплины «Компьютерная и инженерная графика» студенты получают первые навыки с системами автоматизированного проектирования AutoCAD и готовятся к комплексному применению информационных технологий в профессиональной деятельности.

Студенты обучаются применению средств выполнения инженерных расчетов, методов оптимизации, проверки статистических гипотез; средствам визуализации объектов проектирования, синтеза математиче-

ских моделей и применению других инструментов, необходимых для автоматизированного проектирования отдельных деталей, устройств и технических систем. На этом этапе происходит осознание студентами значимости информационной составляющей образования как необходимого компонента инженерно-технической подготовки, а также активное формирование предметно-практической и информационно-теоретической составляющей компетентности, мотивационной ориентации и представлений о связи информационных технологий с профессиональной деятельностью.

Процесс освоения дисциплины «Компьютерная и инженерная графика» направлен на формирование следующих компетенций: Информационная культура. Способен вести обработку, анализ и представление информации в профессиональной деятельности с использованием информационных и компьютерных технологий (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать:

- основы и методы построения графических изображений; способы решения на чертежах основных метрических и позиционных задач;

- методы построения эскизов, чертежей и технических рисунков стандартных деталей, разъемных и неразъемных соединений;

- построение и чтение сборочных чертежей общего вида и строительных чертежей;

- методы и средства автоматизации выполнения и оформления проектно-конструкторской документации;

- тенденции развития компьютерной графики, ее роль и значение в инженерных системах и прикладных программах.

- Уметь:

- пространственно мыслить, мысленно представлять форму предметов и их взаимное положение в пространстве;

- уметь читать и составлять графическую и текстовую конструкторскую доку-

ментацию в соответствии с требованиями стандартов;

- использовать для решения типовых задач методы и средства геометрического моделирования;

- проводить обоснованный выбор и комплексирование средств компьютерной графики;

- пользоваться графическими программными средствами для оформления конструкторской и проектной документации.

- Владеть:

- методами и средствами построения графических изображений;

- навыками работы на компьютерной технике с графическими пакетами для получения конструкторских, технологических и других документов.

Осуществляя подготовку специалистов строительного профиля, в соответствии с требованиями ФГОС 3++, университет ориентируется и на требования работодателей – проектных организаций, где студенты проходят практику.

Опыт подготовки студентов - строителей и положительные рекомендации работодателей подтверждают, что, в современном образовательном пространстве помимо использования традиционных академических методов черчения и рисования, необходимо использование новейших компьютерных технологий. Это способствует гармоничному формированию необходимых для будущего инженера-строителя качеств, предъявляемых к уровню подготовки на современном этапе развития строительного образования (рис. 2).



Рис. 2. Контекстная диаграмма процесса формирования «Цифровых» компетенций у будущего специалиста строительного профиля

Следовательно, в наши дни, недостаточно просто обучать студентов технического профиля работе с компьютером и различными прикладными программными продук-

тами. Необходимо также формировать у них «цифровую» компетентность, которая способствует формированию потребности применять полученные знания в своей практиче-

ской деятельности.

### Библиографический список

1. Асташов А.М. Роль информационных технологий проектирования в реформировании инженерно-строительного образования: Научный журнал «Интеграция образования» № 4 (77). / А.М. Асташов, Л.М. Ошкина – 2014. – 116–123с.

2. Профессиональный стандарт «Специалист по управлению жилищным фондом», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 апреля 2014г. № 233н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 3 июля 2014г., регистрационный № 32945), с изменениями, внесенными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 декабря 2016г. №727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13 января 2017г., регистрационный №45230)

3. Профессиональный стандарт «Специалист по управлению многоквартирным

домом», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 апреля 2014г. № 236н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 2 июня 2014г., регистрационный № 32532), с изменениями, внесенными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 декабря 2016г. №727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13 января 2017г., регистрационный №45230)

4. Роберт И В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования / И.В. Роберт – М. : ИИО РАО, 2010. – 140 с.

5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 года № 481.

## Правила оформления рукописей, направляемых в редакцию

1. Журнал публикует оригинальные статьи (объемом 3-7 страниц) по проблемам научных исследований и научно-технических разработок в области создания и применения современных информационных технологий и высокоэффективных систем управления в строительных, социальных, экономических и др. областях.

2. Рукописи статей рецензируются. Тематика предоставляемых статей должна соответствовать секции журнала (предполагаемая секция указывается авторами).

3. Статья предоставляется в виде одного файла формата MS Word-2007 или MS Word-2010, (.docx).

4. Статья должна содержать: индекс УДК; название, ключевые слова, инициалы и фамилии авторов; название организации, в которой выполнена работа, аннотацию (до 5 строк) – **все на русском и английском языках**; текст статьи; список литературы.

### **5. Количество соавторов в статье не должно превышать трех человек.**

6. В отдельном файле должны содержаться сведения (**на русском и английском языках**) об авторах и организации, в которой выполнена работа: фамилия, имя, отчество; ученая степень, ученое звание, почетные степени и звания, должность; место работы; почтовый адрес с указанием индекса; телефон с указанием кода города; электронный адрес; полное и сокращенное название организации, в которой выполнена работа.

7. При наборе текста должны использоваться только стандартные шрифты размера 12 пт - Times New Roman и Symbol. Одинарный интервал и отступом красной строки 1 см. Размер бумаги А4 (210\*297 мм), портретная ориентация. Поле: верхнее поле – 2 см, нижнее – 3 см, левое – 2,0 см, правое поле – 2,0 см.

8. Все иллюстрации сопровождаются подрисуночными подписями, включающими в себя номер, название иллюстрации и при необходимости - условные обозначения.

9. Формулы должны выполняться только во встроенном "Редакторе формул". Формулы необходимо набирать прямым шрифтом (основной размер символа 12 pt) и нумеровать справа в круглых скобках. **Размер формул не должен превышать 7,5 см.**

10. Литературные ссылки по тексту статьи необходимо указывать в квадратных скобках, нумерация литературы должна быть произведена в порядке упоминания.

### **11. Количество литературных источников не должно превышать 15 (пятнадцати) наименований.**

### **12. Не допускается «Альбомная» ориентация страницы в статье.**

13. Рукописи, в которых не соблюдены данные требования, не рассматриваются. Рукописи не возвращаются. Редакционная коллегия оставляет за собой право отклонять материалы рекламного характера.

Материалы предоставляются на E-Mail: [itcses@yandex.ru](mailto:itcses@yandex.ru)