

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№10 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Казань

2018

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №10 2018г. – Казань:
Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – 212 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvp.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № 12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

*С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.К. Половняк – д.х.н., проф.; П.П. Суханов – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.;
Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.*

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Научно-технический вестник Поволжья, 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, Т.Ю. Старостина, Р.Х. Шагимуллин</i> СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СЕТОК С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СПЕКТРОВ ЯМР	9
--	---

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

<i>М.П. Овчинцев</i> ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДНЫХ ОТ ФУНКЦИЙ КЛАССА ХАРДИ ПО ИХ ЗНАЧЕНИЯМ В КОНЕЧНОМ ЧИСЛЕ ТОЧЕК	12
<i>В.Д. Петелина</i> МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ МАЖОРАНТНЫХ ОЦЕНОК ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТИ СХОДИМОСТИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ	18
<i>Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов, О.В. Радайкин</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЫКОВ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ТРЕХТОЧЕЧНОМ ИЗГИБЕ	24
<i>Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов, Ю.М. Стрелков</i> ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (НДС) ТЕСТ-ОБРАЗЦА «ОПОРА-ФУНДАМЕНТ-ГРУНТ»	27

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>А.И. Городов, Н.А. Шаповалов</i> КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СМЕСИ АНИОННЫХ И КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ	31
<i>В.Ю. Долуда, Н.В. Лакина, Р.В. Бровко, С.П. Михайлов</i> КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ 1,1' – БИЦИКЛОПРОПАНА КОНДЕНСАЦИЕЙ 1,3-БУТАДИЕНА И ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕОЛИТА H-ZSM-5	35
<i>Г.Е. Кокиева, А.И. Павлова</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ВСКАРМЛИВАНИЯ ЖИВОТНЫМ	38
<i>Г.Е. Кокиева, А.И. Павлова</i> ДОБАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОН ЖИВОТНЫМ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	42
<i>И.А. Савватеева, П.Н. Федорова</i> ПЕРЕРАБОТКА НАВОЗА ПУТЁМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА	45
<i>Г.Е. Кокиева, П.Н. Федорова</i> ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА ПУТЁМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА	49
<i>А.И. Павлова</i> ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ШТАММА КОРМОВОГО БЕЛКА ОБЛАДАЮЩЕГО ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	52
<i>П.Н. Федорова, Т.А. Парникова</i> ДОБАВЛЕНИЯ В РАЦИОН РЫБАМ КОРМОВОГО БЕЛКА В ЦЕЛЯХ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ	55

05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

<i>Н.А. Абышев, А.В. Ключников, С.А. Терехова</i> АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ МАЯТНИКОВОГО СТЕНДА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЦИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	58
<i>А.Н. Архипов, М.В. Волгина, А.А. Матушкин, Ю.А. Равикович, Д.П. Холобцев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРА КНД С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ВЕСОВЫХ ДОПУСКОВ	61
<i>М.Г. Бруйко, Л.С. Григорьева</i> ПЕРЕДВИЖНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	69

Т.И. Васильева, Г.А. Герасимова ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ РАСЧЕТЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА	72
И.В. Гоголева, Л.А. Дарбасова, Г.А. Герасимова ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА	75
К.Г. Горгоц УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ КОЛЕБАНИЙ	78
Л.А. Дарбасова, Т.И. Васильева МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФЕРМЕНТАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА БВК	82
Ю.Ж. Дондоков, И.А. Бурцева, И.Б. Елтунова, В.В. Рабданова ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ИКТ	85
Ю.Ж. Дондоков, А.Г. Дранаева МЕХАНИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ВЫПУСКА БВК В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	88
В.П. Друзьянова, Г.И. Гао, Н.И. Кондакова ВЫВОД КРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	91
В.А. Иванов, И.А. Мутугуллина ОБ ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПУЗЫРЬКОВОМ КИПЕНИИ ЖИДКОСТИ	94
И.В. Ивенина, Ю.Г. Смирнов, А.А. Лютоев ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ ПРИ ПОМОЩИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ	98
Е.Н. Ильина ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГОВЯДИНЫ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО СОСТАВА КОРМОВ	102
Г.В. Ильиных, О.Ю. Сметанников МНОГОУРОВНЕВОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ТКАНЕВЫХ КОМПОЗИТОВ	105
О.В. Исламова, А.А. Жияев УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	110
Г.Е. Кокиева, Ю.Ж. Дондоков, А.И. Неустроева СОВРЕМЕННЫЕ КОРМОЦЕХИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ	114
К.И. Лушин, Н.Ю. Плющенко РЕЖИМ РАБОТЫ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ЧАСТИ СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ.	117
Т.А. Никонова ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ ОСОБЕННОСТИ	121
Н.В. Попова, М.С. Саввинова ВВЕДЕНИЕ КОРМОВОГО БЕЛКА В КОРМ РЫБАМ	124
О.Ю. Сметанников, Л.Р. Сахабутдинова МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ВЯЗКОУПРУГОСТИ	127
А.С. Филатов ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИИ ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ В ОБОРУДОВАНИИ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА ПРИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФЕРМЕНТАТОРА	131
И.Н. Фролова, А.А. Сарбаев ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОПЕРАЦИИ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ	134
Б.В. Шогенов АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОВЕНЬ ШУМА ЗУБЧАТО-РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ	139

05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

И.И. Воротынцева, Н.О. Марценюк СХЕМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОФАЗНОЙ ЛБВ В РЕЖИМЕ ОБРАТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	142
---	-----

Г.М. Мучкаева, С.А. Шараев, Д.В. Бадмаева, М.Б. Коокуева, А.С. Барангов ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ СЛОЖНЫМ ПРОФИЛЕМ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИХ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	145
И.В. Нелин, М.К. Седанкин, В.А. Скуратов, Л.Ю. Меришин МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОТЕПЛОвого ИЗЛУЧЕНИЯ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА	148
В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, В.А. Нестеров, Р.Н. Голых УЛЬТРАЗВУКОВАЯ КОАГУЛЯЦИЯ В ТОНКОМ СЛОЕ	152

05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

И.Э. Барникова, А.В. Самсонова АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА	155
Д.В. Бережной, М. Шамим, А.А. Саченков, Л.Р. Секаева ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОНАСАДКИ МОДЕЛИ ТУРБОКОМПРЕССОРА НА ВАЛ	158
Н.С. Вайцель, О.А. Бубарева, А.В. Шалунов УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OWL-ОНТОЛОГИЙ	162
И.Б. Гинзбург ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧЕ МОНИТОРИНГА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА	165
В.А. Заговорчев, М.Я. Кыласов, В.В. Родченко, Э.Р. Садретдинова, П.Ф. Пронина МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛУННОГО РЕАКТИВНОГО ПЕНЕТРАТОРА С ГРУНТОМ	169
С.М. Коваленко, О.В. Платонова, Г.В. Петушков РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ — БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ	172
Т.А. Кузнецова АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ	175
В.В. Ломакин, А.В. Жуков, Т.В. Зайцева, Н.П. Путивцева, О.П. Пусная О ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА В ОБЛАСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ РАЗРАБОТКУ ППО КИС	178
В.В. Ломакин, Т.В. Зайцева, Н.П. Путивцева, О.П. Пусная, Р.Г. Асадуллаев, И.М. Зайцев СОСТАВ КОМПОНЕНТА РАЗРАБОТКИ СХЕМЫ ДАННЫХ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА	181
Л.С. Ломакина, Н.А. Поздеева, Д.В. Ломакин, О.К. Канев, А.А. Воскресенская МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕЖАТТРИБУТИВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АПРИОРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ	185
И.А. Попов, С.М. Голяков, О.Д. Сухова КРИТИЧЕСКИЙ ПУТЬ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ	189
Д.В. Соколов, А.Г. Горюнов СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫПАРНЫМ АППАРАТОМ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ	192
А.М. Станкевич ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ РАБОТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ (ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА)	196

АННОТАЦИИ	199
-----------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

- V.S. Minkin, T.Yu. Starostina, R.Kh. Shagimullin* CONNECTION OF PARAMETERS OF VOLCANIZATION NETS WITH THE CHARACTERISTICS OF THE NMR SPECTRA 9

01.01.00 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICS

- M.P. Ovchintsy* ON THE OPTIMAL RECOVERY OF DERIVATIVES OF THE FUNCTION OF THE HARDY CLASSES FROM THEIR VALUES AT FINITE NUMBER OF POINTS 12
- V.D. Petelina* METHOD FOR FINDING MAJORANT FUNCTION ESTIMATES REQUIRED TO DETERMINE SUCCESSIVE APPROXIMATIONS CONVERGENCE DOMAIN 18
- L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.K. Kiyamov, O.V. Radaykin* MATHEMATICAL MODELING OF JOINTS OF THIN-WALLED BEAMS-SHELLS OF A CLOSED PROFILE WHEN IMPACTED IN A THREE POINT BENDING 24
- L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.K. Kiyamov, Yu.M. Strelkov* THEORETICAL-EXPERIMENTAL METHOD FOR DETERMINING STRESSED-DEFORMED CONDITION TEST-SAMPLE «SUPPORT-FOUNDATION-SOIL» 27

02.00.00 — CHEMICAL SCIENCES

- A.I. Gorodov, N.A. Shapovalov* THE COLLOID-CHEMICAL IMPACT OF A COMPOSITION OF ANIONIC AND CATIONIC SURFACTANTS ON MINERAL PARTICLES 31
- V.Yu. Doluda, N.V. Lakina, R.V. Brovko, C.P. Mikhailov* CATALYTIC SYNTHESIS OF 1,1' – BYCICLOPROPENE BY 1,3 – BUTADIENE AND DIMETHYLETHER CONDENSATION OVER H-ZSM-5 ZEOLITE SURFACE 35
- G.E. Kokieva, A.I. Pavlova* TECHNOLOGY FOR PRODUCING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PROTEIN-VITAMIN SUPPLEMENT FOR ANIMAL FEEDING 38
- G.E. Kokieva, A.I. Pavlova* THE ADDITION OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES IN THE DIET OF ANIMALS TO REDUCE THE INCIDENCE IN THE WINTER IN THE FAR NORTH 42
- I.A. Savvateeva, P.N. Fedorova* THE PROCESSING OF MANURE BY MICROBIAL SYNTHESIS 45
- G.E. Kochieva, P.N. Fedorova* EQUIPMENT FOR PROCESSING MANURE BY MICROBIAL SYNTHESIS 49
- A.I. Pavlova* DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY TO CREATE A HIGHLY PRODUCTIVE STRAIN OF FEED PROTEIN WITH PHARMACOLOGICAL PROPERTIES IN THE FAR NORTH 52
- P.N. Fedorova, T.A. Parnikova* ADD IN THE DIET OF FISH FEED PROTEIN IN THE PREVENTION OF MORBIDITY 55

05.02.00 — TECHNICAL SCIENCES — MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING SCIENCE

- N.A. Abyshhev, A.V. Klyuchnikov, S.A. Terekhova* FUNCTIONAL ALGORITHM OF COMPUTER'S PROGRAMM OF PENDULUM STAND, WHICH IS INTENDED FOR DEFINITION THE MASS-INERTIA CHARACTERISTICS OF FLYING VEHICLES 58
- A. N. Arkhipov, M. V. Volgina, A. A. Matushkin, Yu. A. Ravikovich, D. P. Kholobtsev* MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE LPC ROTOR TAKING INTO ACCOUNT GEOMETRICAL AND WEIGHT TOLERANCES 61
- M.G. Bruayko, L.S. Grigoryeva* WATER TREATMENT AND WASTEWATER TREATMENT PLANT 69

<i>T.I. Vasilyeva, G.A. Gerasimova</i> APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL IN THE CALCULATION OF THE PRODUCTIVITY OF MICROBIAL SYNTHESIS EQUIPMENT	72
<i>I.V. Gogoleva, L.A. Garbuzova, G.A. Gerasimova</i> APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL IN THE CALCULATION OF THE PRODUCTIVITY OF MICROBIAL SYNTHESIS EQUIPMENT	75
<i>K.G. Gorgots</i> CONTROLLED RECTIFIER MECHANICAL PULSE VIBRATIONS	78
<i>L.A. Garbuzova, T.I. Vasil'eva</i> A MATHEMATICAL MODEL OF THE PERFORMANCE OF THE FERMENTER IN A CONTINUOUS PRODUCTION PROCESS BVK	82
<i>Z.Yu. Dondokov, I.A. Burcheva, I.B. Eltunova, V.V. Rubanova</i> DATA PROCESSING EQUIPMENT EFFICIENCY BY USING ICT	85
<i>Z.Yu. Dondokov, A.G. Dranaeva</i> MECHANICAL – TECHNOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE PROGRAM OF ISSUE OF BVK IN THE CONDITIONS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES	88
<i>V.P. Druzyanov, G.I. Gao, N.I. Kondakova</i> THE WITHDRAWAL CRITERION BASED ON THE DEFINITION OF PERFORMANCE	91
<i>V.A. Ivanov, I.A. Mutugullina</i> ABOUT A PHYSICAL MODEL OF HEAT TRANSFER WHEN NUCLEATE BOILING OF THE LIQUID	94
<i>I.V. Ivenina, Yu.G. Smirnov, A.A. Lyutoev</i> INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF EXTRACTION OF OIL FROM WATER-OIL EMULSION WITH THE HELP OF FERROMAGNETIC NANOPARTICLES	98
<i>E.N. Ilyina</i> THE DEPENDENCE OF THE PERFORMANCE LEVEL OF BEEF FROM THE ORGANIC COMPOSITION OF THE FEED	102
<i>O.Yu. Smetannikov, G.V. Ilinykh</i> MULTILEVEL MATHEMATICAL MODELING OF THE THERMOMECHANICAL BEHAVIOUR OF FABRIC COMPOSITES	105
<i>O.V. Islamova, A.A. Zhilyaev</i> RISK MANAGEMENT OF BUSINESS PROCESSES OF MACHINE BUILDING ENTERPRISES	101
<i>G.E. Kokieva, Z.Yu. Dondokov, A.I. Neustroeva</i> MODERN FEED MILLS OF LIVESTOCK FARMS	114
<i>K. Lushin, N. Plyushchenko</i> OPERATION MODE OF THE MODERN FACADE SYSTEMS SCREENING PARTS	117
<i>T.A. Nikonova</i> ECONOMIC EFFICIENCY, PRODUCTIVITY EQUIPMENT NEW DESIGN FEATURES	121
<i>N.In. Popova, M.S. Savvinova</i> THE INTRODUCTION OF A FEED PROTEIN IN FEED THE FISH	124
<i>O.Yu. Smetannikov, L.R. Sahabytdinova</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE COMPOSITE HIGH-PRESSURE CYLINDER MANUFACTURING TAKING INTO ACCOUNT VISCOELASTICITY	127
<i>A.S. Filatov</i> SUBSTANTIATION OF THE GAS CONTENT VALUE IN THE EQUIPMENT OF MICROBIAL SYNTHESIS OF THE FERMENTER PRODUCTIVITY	131
<i>I.N. Frolova, A.A. Sarbaev</i> THE APPLICATION OF THE COLLISION DETECTION ALGORITHM TO SELECT A CUTTING TOOL FOR MILLING OPERATIONS OF COMPLEX SHAPE PARTS	134
<i>B.V. Shogenov</i> ANALYSIS OF PARAMETERS AFFECTING THE NOISE LEVEL OF A TOOTHED BELT TRANSMISSION	139

05.11.00 — TECHNICAL SCIENCES — INSTRUMENTATION, METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES

<i>I.I. Vorotyntseva, N.O. Martsenyuk</i> CIRCUIT IMPLEMENTING OF AUTOPHASE TWT IN BACK CONVERSION	142
<i>G.M. Muchkaeva, S.A. Sharayev, D.V. Badmaeva, M.B. Kookueva, A.S. Barangov</i> RESEARCH OF PARAMETERS OF GEOMETRY OF SURFACES, DIFFERING A COMPLEX PROFILE AND ENSURING THEIR UNITY OF MEASUREMENTS	145

<i>I.V. Nelin, M.K. Sedankin, V.A. Skuratov, L.Y. Mershin</i> MATHEMATICAL MODELING OF RADIO THERMAL RADIATION OF THE PELVIC ORGANS	148
<i>V.N. Khmelev, A.V. Shalunov, V.A. Nesterov, R.N. Golykh</i> THE ULTRASOUND COAGULATION IN THE THIN LAYER	152

05.13.00 — TECHNICAL SCIENCES — COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

<i>I.E. Barnikova, A.V. Samsonova</i> CURRENT ISSUES OF CREATING A UNIFIED INFORMATION SYSTEM IN THE PHYSICALCULTURE AND SPORT	155
<i>D.V. Berezhnoi, M. Shamim, A.A. Sachenkov, L.S. Sekaeva</i> INVESTIGATION OF THE THERMAL FILLING PROCESSES OF THE TURBOCHARGER MODEL ON THE SHAFT	158
<i>N.S. Vaytsel, O.A. Bubareva, A.V. Shalunov</i> MANAGEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF A USER INTERFACE FOR A MOBILE APPLICATION USING OWL ONTOLOGY	162
<i>I.B. Ginzburg</i> STANDALONE WEB APPLICATIONS USING EARTH REMOTE SENSING DATA IN THE FORESTRY MONITORING	165
<i>V.A. Zavorchev, M.Ya. Kylasov, V.V. Rodchenko, E.R. Sadretdinova, P.F. Pronina</i> MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF INTERACTION OF THE LUNAR REACTIVE PENETRATOR WITH GROUND	169
<i>S.M. Kovalenko, O.V. Platonova, G.V. Petushkov</i> DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES — COMING PROSPECTS.	172
<i>T.A. Kuznetsova</i> STATE SPACE ALGORITHMS OF ADAPTIVE CONTROL FOR SYSTEM WITH ELASTIC COUPLING	175
<i>V.V. Lomakin, A.V. Zhukov, T.V. Zaitseva, N.P.Putivzeva, O.P. Pusnaya</i> ABOUT THE PROCEDURE OF IMPLEMENTATION OF THE PATENT SEARCH IN THE FIELD OF INSTRUMENTAL TOOLS THAT ENSURE THE AUTOMATED DEVELOPMENT OF CIS's APPLICATION SOFTWARE	178
<i>V.V. Lomakin, T.V. Zaitseva, N.P.Putivzeva, O.P. Pusnaya, R.G. Asadullaev, I.M. Zaitsev</i> COMPOSITION OF INTEGRATED COMPLEX'S COMPONENT OF DEVELOPMENT OF DATA SCHEME OF BASIC DATA AND MODELS OF BUSINESS PROCESSES	181
<i>L.S. Lomakina, N.A. Pozdeeva, D.V. Lomakin, O.K. Kanev, A.A.Voskresenskaya</i> THE MODEL AND ALGORITHM OF INTERATTRIBUTIVE CORRELATIONS DETECTION BASED ON APRIORISTIC STATISTICAL DATA IN OPHTHALMOLOGY	185
<i>I.A. Popov, S.M. Golyakov, O.D. Sukhova</i> CRITICAL WAY IN PROJECT MANAGEMENT	189
<i>D.V. Sokolov, A.G. Goryunov</i> SYNTHESIS OF THE CONTROL SYSTEM OF THE EVAPORATOR ON THE BASIS OF THE DEVELOPED MODEL	192
<i>A.M. Stankevich</i> THE PROBLEM OF EFFECTIVE WORK PACKAGES FORMATION FOR THE AICRAFT TECHNICAL SERVICE (OVERVIEW)	196

ABSTRACTS	199
------------------	-----

02.00.06

**В.С. Минкин д-р хим. наук, Т.Ю. Старостина канд. пед. наук,
Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук**

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
факультет наноматериалов и нанотехнологий,
кафедра физики,
Казань, yerus@yandex.ru

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СЕТОК С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СПЕКТРОВ ЯМР

В работе представлены экспериментальные результаты по влиянию различных вулканизирующих агентов на отверждение полисульфидных олигомеров и на параметры спектров ЯМР данных олигомеров.

Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс (ЯМР), полисульфидный олигомер (ПСО), параметры спектров ЯМР.

Комплекс технических свойств вулканизатов полисульфидных олигомеров (ПСО) определяется тем, насколько плотность цепей сетки приближается к оптимальной. Теоретически возможная плотность сетки практически никогда не достигается [1, 2], и во всех случаях имеет место дефектность вулканизационных структур. Одной из наиболее важных причин дефектности сетки является высокая скорость процесса вулканизации. Поэтому целесообразны все факторы, способствующие снижению скорости формирования сетки. Другой причиной дефектности может быть наличие в вулканизатах связей иного типа, чем дисульфидные поперечные связи, например, донорно-акцепторное взаимодействие макромолекул с атомами металлов переменной валентности. В ходе процесса вулканизации полисульфидных олигомеров, для которых обычно характерно узкое ММР [3], роль реакций тиол-дисульфидного и дисульфид-дисульфидного обмена в силу диффузионных причин должна уменьшаться, т.е. ММР вулканизата несравнимо более широкое, чем для олигомера. Это также немаловажный фактор, влияющий на характер образующихся сеток. Наличие в олигомере циклических структур может со своей стороны явиться причиной гетерогенности сеток. Наконец, дефектность полимерных сеток может быть связана с явлением адсорбции макромолекул на твердых поверхностях наполнителя и вулканизирующего агента.

Каждый из факторов вносит определенный вклад в суммарную молекулярную подвижность вулканизатов, поскольку речь идет о различных, весьма сильно отличающихся друг от друга кинетических единицах. По-видимому, имеется возможность индивидуализировать их, если изучать молекулярную подвижность в широкой области температур.

Условия получения вулканизатов ПСО, рецептура и условия их отверждения приведены в работах [2, 3].

По изменению формы и ширины линии поглощения ЯМР в широком температурном интервале была проанализирована возможность обнаружения гетерогенности в полимерных сетках полисульфидных олигомеров и связали параметры сеток с характеристиками спектров ЯМР. Характерно, что эффект кристаллизации полисульфидных олигомеров, который может проявляться в усложнении линии и возникновении широкой компоненты в низкотемпературных спектрах ЯМР, не наблюдался даже при длительном выдерживании образцов при низких температурах (-15°C , время выдержки – от 2 часов до 25 суток).

Образование сетчатых структур в вулканизатах полисульфидных олигомеров протекает по разному механизму в зависимости от типа окислителя и приводит к образованию полимерных сеток с различной плотностью цепей. Поэтому наблюдаемая сложная структура спектра ЯМР в каждом конкретном случае определяется наличием в полимере областей или участков цепей, отличающихся по характеру молекулярного движения.

Концентрация и тип вулканизирующего агента, который влияет на скорость процесса вулканизации, определяет структуру образующейся полимерной сетки [4]. По форме линии ЯМР было установлено, что дефектность образующейся полимерной сетки может вызвать появление линии ЯМР сложной формы, причем каждая возможная причина дефектности полимерной сетки проявляется в своей температурной области. Так, наличие донорно-акцепторного взаимодействия между атомами металлов переменной валентности из состава вулканизирующего агента и макромолекулами полимера, а также адсорбционные взаимодействия твердых частиц окислителя и полимера проявляются в наблюдаемой сложной форме ЯМР в области температур $-10^{\circ} + -60^{\circ}\text{C}$ (рис.1).

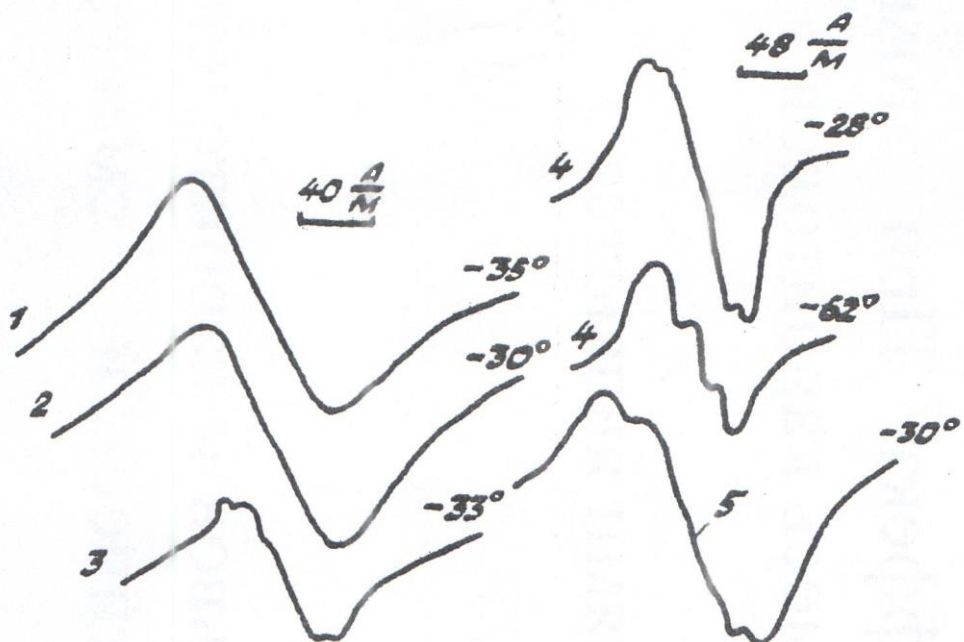


Рис. 1 – Вид спектров ЯМР исходного ПСО (1) и его вулканизатов, отвержденных различными вулканизирующими агентами: 2 – PbO_2 (паста №17), 3 – $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 4 – MnO_2 (паста №9) 5 – MnO_2 (порошок)

Гетерогенность сетки, обусловленная наличием циклических структур, проявляется при температурах $-80^{\circ} + -100^{\circ}\text{C}$ (рис.2).

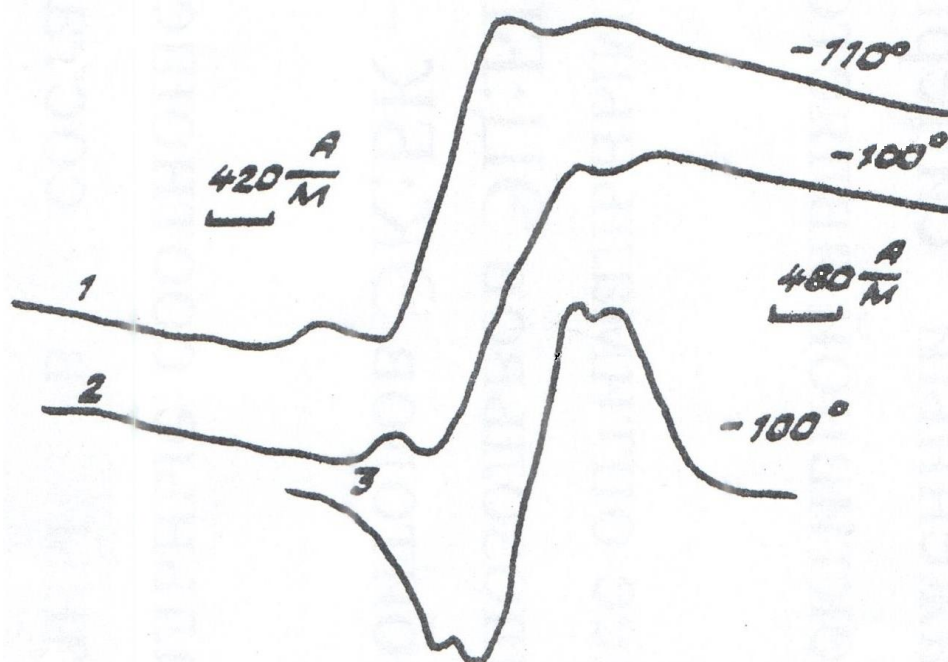


Рис. 2 – Вид спектров ЯМР вулканизатов ПСО при низких температурах, отвержденных различными вулканизирующими агентами: 1 – $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 2 – PbO_2 , 3 – MnO_2

Наличие парамагнитных примесей также влияет на форму линии низкотемпературных спектров ЯМР в области температур $-70^{\circ} + -120^{\circ}\text{C}$.

Следовательно, форма линии ЯМР в вулканизатах ПСО зависит от неоднородностей образующейся полимерной сетки, которые влияют на характер молекулярного движения в них. Степень неоднородности определяется типом и концентрацией вулканизующего агента, кинетикой и механизмом процесса отверждения ПСО и в каждом конкретном случае может проявляться в спектрах ЯМР в различных температурных областях.

Список литературы

1. Суханов П.П., Минкин В.С. Исследование процессов структурирования олигомерных композиций методами радиоспектроскопии. Казань: Изд-во КГТУ, 2011. – 223с.
2. Минкин В.С., Дебердеев Р.Я., Хакимуллин Ю.Н., Палютин Ф.М. Промышленные полисульфидные олигомеры (синтез, вулканизация, модификация). Казань: «Новое знание», 2004. – 175с.
3. Минкин В.С., Иванов Б.Н., Чистяков В.В., Костромин Р.Н. Новые герметизирующие композиции на основе ПСО. Казань: Вестник КГТУ, 2011. – №18. – с.316-319.
4. Минкин В.С., Иванов Б.Н., Костромин Р.Н., Чистяков В.В. Применение тиоколовых герметиков в процессах нефтедобычи. Казань: Вестник КГТУ, 2011. – №19. – с.294-296.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА (01.01.00)

01.01.01

М.П. Овчинцев канд. физ.-мат. наук

ФГБОУ ВО НИУ «Московский государственный строительный университет»,
Институт фундаментального образования,
кафедра прикладной математики,
6714543@rambler.ru

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДНЫХ ОТ ФУНКЦИЙ КЛАССА ХАРДИ ПО ИХ ЗНАЧЕНИЯМ В КОНЕЧНОМ ЧИСЛЕ ТОЧЕК

В работе находится линейный наилучший метод приближения значений производной от функции из класса Харди, заданной в единичном круге в некоторой определенной точке по информации о значениях функции в этой точке, а также значениях функции в конечном числе других заданных различных точках. Статья разбита на три раздела. В первом (введение) приводятся некоторые результаты из работы К.Ю.Осипенко, а также из работы С.Я.Хавинсона. Во втором – определяется погрешность наилучшего метода и выписывается соответствующая экстремальная функция. В третьем разделе доказывается единственность линейного наилучшего метода и вычисляются его коэффициенты.

Ключевые слова: пространство Харди, наилучший метод, погрешность наилучшего метода, экстремальная функция, линейный наилучший метод, коэффициенты линейного наилучшего метода.

1. Введение

Введем следующие обозначения: $K = \{z: |z| < 1\}$ – единичный круг, $\Gamma = \{z: |z| = 1\}$ – единичная окружность, а $z_0, z_1, \dots, z_n$ – различные точки, лежащие в круге K . Пусть

$$H_p^1 = \left\{ f(z), f(z) \in H_p: \int_{\Gamma} |f(\zeta)|^p d\varphi \leq 1 \right\} -$$

единичный шар в пространстве $H^p, 1 \leq p < \infty$, ($\zeta = e^{i\varphi}$, φ – аргумент; определение классов Харди H^p см. [1]).

Если $S(t_0, t_1, \dots, t_n)$ – любая комплексная функция $n+1$ комплексных переменных, то погрешностью приближения методом S функционала $f'(z_0)$ по значениям $f(z_0), f(z_1), \dots, f(z_n)$ ($f(z) \in H_p^1$) называется величина

$$r_n(S) = \sup_{f(z) \in H_p^1} |f'(z_0) - S(f(z_0), f(z_1), \dots, f(z_n))|.$$

Метод $S_0(t_0, t_1, \dots, t_n)$ называется наилучшим методом приближения, если

$$r_n(S_0) = \inf_S r_n(S).$$

Обозначим $r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n) = r_n(S_0)$. Из работы [2] следует существование линейного наилучшего метода приближения $S_0 = \sum_{k=0}^n c_k f(z_k)$, где c_k – некоторые комплексные числа (коэффициенты). Кроме того, погрешность наилучшего метода приближения можно найти по формуле

$$r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n) = \sup_{\substack{f(z) \in H_p^1 \\ f(z_0)=f(z_1)=\dots=f(z_n)=0}} |f'(z_0)|. \quad (1)$$

Заметим, задачи оптимального восстановления изучались во многих работах (см., например, [2], [3]). В работе [3] приведен следующий результат, которым мы воспользуемся в дальнейшем. А именно, если a – заданное число ($|a| < 1$), то

$$\sup_{F(z) \in H_p^1} |F(a)| = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{p}} (1 - |a|^2)^{\frac{1}{p}}}. \quad (2)$$

Функция

$$F^*(z) = e^{i\delta} \frac{(1 - |a|^2)^{\frac{1}{p}}}{(2\pi)^{\frac{1}{p}} (1 - \bar{a}z)^{\frac{1}{p}}} \quad (3)$$

является экстремальной функцией задачи (2) ($\delta \in R$).

После этого напомним некоторые результаты из работы [4] (см. также [5]). Если $\omega(\zeta)$ – ограниченная на окружности Γ функция, то

$$\sup_{f \in H_p^1} \left| \int_{\Gamma} f(\zeta) \omega(\zeta) d\zeta \right| = \min_{\varphi \in B(K)} \text{vraimax} |\omega(\zeta) - \varphi(\zeta)|, \quad (4)$$

где $B(K)$ – пространство ограниченных, аналитических в K функций. Существует экстремальная функция $f^*(z)$ в левой части и экстремальная функция $\varphi^*(z)$ в правой части равенства (4); причем, экстремальная функция $\varphi^*(z)$ единственна.

Для того, чтобы функции $f^*(z) \in H_1^1$ и $\varphi^*(z) \in B(K)$ были экстремальными в равенстве (4) необходимо и достаточно, чтобы почти везде на Γ выполнялось соотношение

$$f^*(\zeta)[\omega(\zeta) - \varphi^*(\zeta)]d\zeta = e^{i\alpha} \lambda |f^*(\zeta)| d\varphi \quad (5)$$

($\alpha \in R$; λ – общая величина обоих экстремумов в (4)).

Пусть теперь $p > 1$. Тогда, если $\omega(\zeta) \in L_q(\Gamma)$ ($\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$), то

$$\sup_{f \in H_p^1} \left| \int_{\Gamma} f(\zeta) \omega(\zeta) d\zeta \right| = \min_{\varphi \in H_q} \left(\int_{\Gamma} |\omega(\zeta) - \varphi(\zeta)|^q d\varphi \right)^{\frac{1}{q}}. \quad (6)$$

Существуют экстремальные функции $f^*(z)$ и $\varphi^*(z)$ в левой и, соответственно, в правой части соотношения (6); при этом, экстремальная функция $\varphi^*(z)$ единственна, а $f^*(z)$ единственна с точностью до множителя $e^{i\delta}$, $\delta \in R$.

Для того, чтобы функции $f^*(z) \in H_p^1$ и $\varphi^*(z) \in H_q$ были экстремальными в равенстве (6) необходимо и достаточно, чтобы почти везде на Γ выполнялось соотношение

$$f^*(\zeta)[\omega(\zeta) - \varphi^*(\zeta)]d\zeta = e^{i\alpha} \lambda |f^*(\zeta)|^p d\varphi, \quad (7)$$

где λ – общая величина в равенстве (6), $\alpha \in R$.

Известно, если $\omega(\zeta)$ является граничным значением на Γ мероморфной в K функции $\omega(z)$ с полюсами $\beta_1, \dots, \beta_m$ (каждый полюс повторен столько раз, какова его кратность), то произведение

$$R(z) = f^*(z)[\omega(z) - \varphi^*(z)] \quad (8)$$

аналитично на Γ и имеет в K

$$t = m - 1 \quad (9)$$

нулей.

2. Определение погрешности наилучшего метода приближения

Лемма 1. При всех $1 \leq p < \infty$ экстремальная функция задачи (2) единственна с точностью до постоянного множителя, по модулю равного единице и имеет вид (3).

Доказательство. Так как

$$F(a) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{F(\zeta) d\zeta}{\zeta - a},$$

то при $p > 1$ это очевидно (см. введение). Пусть теперь $p = 1$. Предположим, что функция $F_1^*(z)$ также является экстремальной функцией задачи (2). Тогда выполняются равенства (см. (5))

$$F_1^*(\zeta)[\omega(\zeta) - \varphi^*(\zeta)]d\zeta = e^{i\alpha_1} \lambda |F_1^*(\zeta)| d\varphi, \quad (10)$$

$$F^*(\zeta)[\omega(\zeta) - \varphi^*(\zeta)]d\zeta = e^{i\alpha} \lambda |F^*(\zeta)| d\varphi,$$

где $\omega(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \frac{1}{\zeta - a}$. Мероморфные функции

$$\begin{aligned} R_1(z) &= F_1^*(z)[\omega(z) - \varphi^*(z)], \\ R(z) &= F^*(z)[\omega(z) - \varphi^*(z)] \end{aligned} \quad (11)$$

(здесь $F^*(z)$ задается формулой (3); $F^*(z) \neq 0, z \in \bar{K}$) не имеют нулей в круге K (см. (9)). Так как функция

$$Q(z) = e^{i(\alpha - \alpha_1)} \frac{F_1^*(z)}{F^*(z)}$$

аналитична в круге $\bar{K}$ и $Q(\zeta) > 0$, если $\zeta \in \Gamma$, (см.(10), (11)), то $Q(z) = C$ (C - константа, $C > 0$). Поскольку (см. (2))

$$|Q(a)| = 1,$$

то отсюда вытекает $c = 1$ и, значит, $F_1^*(z) = e^{i\delta} F^*(z)$, где $\delta \in R$.

Теорема 1. Погрешность наилучшего метода приближения при всех $1 \leq p < \infty$ находится по формуле

$$r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{p}} (1 - |z_0|^2)^{1 + \frac{1}{p}}} |B(z_0)|, \quad (12)$$

а экстремальная функция $f^*(z)$ задачи (1) единственна с точностью до множителя $e^{i\delta}$, $\delta \in R$ и имеет вид

$$f^*(z) = e^{i\delta} \frac{(1 - |z_0|^2)^{\frac{1}{p}}}{(2\pi)^{\frac{1}{p}}} \frac{1}{(1 - \bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}}} \frac{z - z_0}{1 - \bar{z}_0 z} B(z), \quad (13)$$

где

$$B(z) = \prod_{k=1}^n \frac{z - z_k}{1 - \bar{z}_k z} - \quad (14)$$

конечное произведение Бляшке.

Доказательство. Обозначим через $A = \{f(z): f(z) \in H_p^1, f(z_0) = f(z_1) = \dots = f(z_n) = 0\}$ семейство функций. Если $f(z) \in A$, то функция

$$g(z) = \frac{f(z)}{\frac{z - z_0}{1 - \bar{z}_0 z} B(z)} -$$

аналитична в круге K . Так как

$$\int_{\Gamma} |g(\zeta)|^p d\varphi = \int_{\Gamma} |f(\zeta)|^p d\varphi \leq 1,$$

то функция $g(z) \in H_p^1$. Итак,

$$f(z) = \frac{z - z_0}{1 - \bar{z}_0 z} B(z) g(z),$$

где $g(z) \in H_p^1$. Поскольку

$$f'(z_0) = \frac{1}{1 - |z_0|^2} B(z_0) g(z_0),$$

то (см. (1), (2))

$$r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n) = \sup_{f(z) \in A} |f'(z_0)| = \frac{1}{1 - |z_0|^2} |B(z_0)| \sup_{g(z) \in H_p^1} |g(z_0)| = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{p}} (1 - |z_0|^2)^{1 + \frac{1}{p}}} |B(z_0)|$$

Понятно, что экстремальная функция $f^*(z)$ задачи (1) единственна с точностью до множителя $e^{i\delta}$ ($\delta \in R$) и имеет вид (13). Лемма доказана.

3. Нахождение коэффициентов линейного наилучшего метода

Если $\sum_{k=0}^n c_k f(z_k)$ – линейный наилучший метод приближения (любой, если их много), то

$$\sup_{f \in H_p^1} \left| f'(z_0) - \sum_{k=0}^n c_k f(z_k) \right| = r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n). \quad (15)$$

Или

$$\sup_{f \in H_p^1} \left| \int_{\Gamma} f(\zeta) \omega(\zeta) d\zeta \right| = r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n), \quad (16)$$

Где

$$\omega(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \left(\frac{1}{(\zeta - z_0)^2} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{\zeta - z_k} \right). \quad (17)$$

Лемма 2. При любых $1 \leq p < \infty$ экстремальная функция $f^*(z)$ задачи (1) является экстремальной функцией задачи (15). Если $1 < p < \infty$, то экстремальная функция задачи (15) единственна с точностью до постоянного множителя $e^{i\delta}$, $\delta \in R$.

Доказательство. Так как

$$|f^{*'}(z_0)| = r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n).$$

то, понятно, что экстремальная функция задачи (1) действительно является экстремальной функцией задачи (15).

Пусть $1 < p < \infty$. Так как экстремальная функция $f^*(z)$ является также экстремальной функцией задачи (16), то отсюда и следует, что в этом случае экстремальная функции задачи (15) единственна с точностью до множителя $e^{i\delta}$.

Теорема 2. Линейный наилучший метод восстановления $\sum_{k=0}^n c_k f(z_k)$ производной $f'(z_0)$ по значениям $f(z_0), f(z_1), \dots, f(z_n)$ ($f(z) \in H_p^1$) единственен, а его коэффициенты находятся по формулам

$$c_0 = \frac{2\bar{z}_0}{p(1 - |z_0|^2)} + \frac{B'(z_0)}{B(z_0)}, \quad (18)$$

$$c_k = \frac{B(z_0)}{(1 - |z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \frac{(1 - \bar{z}_0 z_k)^{\frac{2}{p}} (|z_k|^2 - 1)}{(z_k - z_0)^2 \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \frac{z_k - z_j}{1 - \bar{z}_j z_k}} \quad (19)$$

где $k = 1, \dots, n$.

Доказательство. Рассмотрим интеграл

$$J = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{B(z_0)(1 - \bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}}}{(1 - |z_0|^2)^{\frac{2}{p}}(z - z_0)^2 B(z)} f(z) dz, \quad (20)$$

где $f(z) \in H_p^1$.

I. Пусть сначала $p = 1$. Тогда (см. (12), (14))

$$\begin{aligned} & \left| \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{B(z_0)(1 - \bar{z}_0 z)^2}{(1 - |z_0|^2)^2(z - z_0)^2 B(z)} f(z) dz \right| \leq \\ & \leq \frac{|B(z_0)|}{2\pi(1 - |z_0|^2)^2} \int_{\Gamma} |f(z)| |dz| \leq r_{1,1}(z_0, z_1, \dots, z_n). \end{aligned}$$

II. Пусть теперь $1 < p < \infty$. Тогда

$$\begin{aligned} |J| & \leq \frac{|B(z_0)|}{2\pi(1 - |z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \int_{\Gamma} \frac{|1 - \bar{z}_0 z|^{2-\frac{2}{p}}}{|z - z_0|^2} |f(z)| |dz| \leq \\ & \leq \frac{|B(z_0)|}{2\pi(1 - |z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \int_{\Gamma} \frac{1}{|z - z_0|^{\frac{2}{p}}} |f(z)| |dz| \leq \\ & \leq \frac{|B_0|}{2\pi(1 - |z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \left(\int_{\Gamma} \frac{|dz|}{|z - z_0|^2} \right)^{\frac{1}{q}} \left(\int_{\Gamma} |f(z)|^p |dz| \right)^{\frac{1}{p}} \leq \end{aligned}$$

$$\frac{|B(z_0)|}{2\pi(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \left(\frac{2\pi}{1-|z_0|^2} \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma} \frac{1-|z_0|^2}{|z-z_0|^2} |dz| \right)^{\frac{1}{q}} = r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n).$$

(здесь мы применили неравенство Гельдера). Итак, при всех $1 \leq p < \infty$

$$|J| \leq r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n). \quad (21)$$

После этого найдем интеграл (20). Сначала заметим, что функцию

$$V(z) = \frac{B(z_0)(1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}}}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}(z-z_0)^2 B(z)}. \quad (22)$$

можно представить в виде

$$V(z) = \frac{\sigma}{(z-z_0)^2} - \frac{c_0}{z-z_0} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{z-z_k} + \psi^*(z), \quad (23)$$

где $\sigma, c_0, c_1, \dots, c_n$ — комплексные числа, а $\psi^*(z)$ — аналитическая функция в замкнутом круге $\bar{K}$. Найдем число σ . Понятно (см. (22), (23))

$$\sigma = \lim_{z \rightarrow z_0} (z-z_0)^2 V(z) = \lim_{z \rightarrow z_0} \frac{B(z_0)(1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}}}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}} B(z)} = 1. \quad (24)$$

Тогда (см. (20), (23), (24))

$$J = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \left(\frac{1}{(z-z_0)^2} - \frac{c_0}{z-z_0} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{z-z_k} + \psi^*(z) \right) f(z) dz =$$

$$f'(z_0) - c_0 f(z_0) - \sum_{k=1}^n c_k f(z_k).$$

Отсюда вытекает (см. (21))

$$\left| f'(z_0) - c_0 f(z_0) - \sum_{k=1}^n c_k f(z_k) \right| \leq r_{1,p}(z_0, z_1, \dots, z_n)$$

при любых $f(z) \in H_p^1$. Следовательно, $c_0, c_1, \dots, c_n$ являются коэффициентами линейного наилучшего метода приближения. Вычислим эти коэффициенты.

Так как z_0 — полюс второго порядка функции $V(z)$, а $(-c_0)$ — его вычет, то (см. (22), (23))

$$c_0 = \frac{-B(z_0)}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \lim_{z \rightarrow z_0} ((z-z_0)^2 V(z))' = \frac{-B(z_0)}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \lim_{z \rightarrow z_0} \left(\frac{(1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}}}{B(z)} \right)' =$$

$$\frac{-B(z_0)}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \lim_{z \rightarrow z_0} \frac{\frac{2}{p}(-\bar{z}_0)(1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}-1} B(z) - (1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}} B'(z)}{B^2(z)} = \frac{2\bar{z}_0}{p(1-|z_0|^2)} + \frac{B'(z_0)}{B(z_0)}.$$

Далее, так как z_k — простые полюсы ($k = 1, \dots, n$), то (см. (20), (22), (23))

$$c_k = \frac{-B(z_0)}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \lim_{z \rightarrow z_k} (z-z_k) \frac{(1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}}}{(z-z_0)^2 B(z)} = \frac{-B(z_0)}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \lim_{z \rightarrow z_k} \frac{(1-\bar{z}_0 z)^{\frac{2}{p}} (1-\bar{z}_k z)}{(z-z_0)^2 \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \frac{z-z_j}{1-\bar{z}_j z}} =$$

$$= \frac{B(z_0)}{(1-|z_0|^2)^{\frac{2}{p}}} \frac{(1-\bar{z}_0 z_k)^{\frac{2}{p}} (|z_k|^2 - 1)}{(z_k - z_0)^2 \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \frac{z_k - z_j}{1-\bar{z}_j z_k}}.$$

Следовательно, мы убедились в том, что метод $\sum_{k=0}^n c_k f(z_k)$, в котором коэффициенты c_0 и c_k ($k = 1, \dots, n$) вычисляются соответственно по формулам (18) и (19) является линейным наилучшим методом восстановления производной $f'(z_0)$ по значениям $f(z_0), f(z_1), \dots, f(z_n)$ ($f(z) \in H_p^1$).

Заметим (см. (19)) коэффициенты $c_k \neq 0, k = 1, \dots, n$. Убедимся теперь в том, что коэффициенты линейного наилучшего метода единственны. Если коэффициенты c_0 и c_k находятся соответственно по формулам (18) и (19), то выполняется равенство (см. (7), (5))

$$f^*(\zeta)[\omega(\zeta) - \varphi_2^*(\zeta)]d\zeta = e^{i\alpha_2} \lambda |f^*(\zeta)|^p d\varphi, \quad (25)$$

где $f^*(\zeta)$ – экстремальная функция задачи (1) (см. лемму 2), $\omega(\zeta)$ имеет вид (17), $\varphi_2(\zeta)$ – экстремальная функция в правой части в соотношении (6) (или (4) при $p = 1$) с рассматриваемой функцией $\omega(\zeta)$ и $\alpha_2 \in R$. Предположим, что имеется еще один линейный наилучший метод $\sum_{k=0}^n \tilde{c}_k f(z_k)$. Тогда

$$f^*(\zeta)[\omega_1(\zeta) - \varphi_3^*(\zeta)]d\zeta = e^{i\alpha_3} \lambda |f^*(\zeta)|^p d\varphi, \quad (26)$$

где

$$\omega_1(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \left[\frac{1}{(\zeta - z_0)^2} - \frac{\tilde{c}_0}{\zeta - z_0} - \sum_{k=1}^n \frac{\tilde{c}_k}{\zeta - z_k} \right], \quad (27)$$

$\varphi_3^*(\zeta)$ – экстремальная функция задачи в правой части равенства (6) (или (4) при $p = 1$) с соответствующей функцией $\omega_1(\zeta)$,

а $\alpha_3 \in R$.

Рассмотрим функцию

$$P(z) = \frac{\omega_1(z) - \varphi_3^*(z)}{\omega(z) - \varphi_2^*(z)}. \quad (28)$$

Напомним, функция $f^*(z) [\omega(z) - \varphi_2^*(z)]$ не равняется нулю, когда $z \in \bar{K}$ (см. (9)). Так как (см. (17), (27))

$$\lim_{z \rightarrow z_0} P(z) = \lim_{z \rightarrow z_0} \frac{(z - z_0)^2 [\omega_1(z) - \varphi_3^*(z)]}{(z - z_0)^2 [\omega(z) - \varphi_2^*(z)]} = 1 \quad (29)$$

и

$$\lim_{z \rightarrow z_k} P(z) = \frac{\tilde{c}_k}{c_k}, \quad (30)$$

(при всех $k = 1, \dots, n$), то функция $P(z)$ аналитична в замкнутом круге $\bar{K}$. Кроме того, $e^{i(\alpha_2 - \alpha_3)} P(\zeta) > 0$, когда $\zeta \in \Gamma$ (см. (25), (26)). Значит, функция $e^{i(\alpha_2 - \alpha_3)} P(z)$ равна положительной постоянной, если $z \in K$. Поскольку $P(z_0) = 1$ (см. (29)), то $e^{i(\alpha_2 - \alpha_3)} = 1$ и, значит, $P(z) = 1$ при всех $z \in \bar{K}$.

Поэтому (см. (30)) $\tilde{c}_k = c_k$ при всех $k = 1, \dots, n$. Нетрудно убедиться в том, что и $\tilde{c}_0 = c_0$ (см. (17), (27), (28)). Теорема доказана.

Список литературы

1. Гарнет Дж. Ограниченные аналитические функции. Москва «Мир», 1984.
2. Осипенко К.Ю. Наилучшее приближение аналитических функций по информации об их значениях в конечном числе точек. // Математические заметки. 1976. Т. 19. № 1. С. 29-40.
3. Micchelli C., Rivlin T., 1982, "Lectures on optimal recovery— C. Micchelli, T. Rivlin Lect. Notes". v. 9, pp. 21-93.
4. Хавинсон С.Я. Основы теории экстремальных задач для ограниченных аналитических функций и их различные обобщения. –М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1981 г., -92 с.
5. Rogosinski W.W. , Schapiro H. On certain extremum problems for analytic functions. Acta Math., 1954, vol. 90, no. 3, pp. 287-318.

01.01.00

В.Д. Петелина канд. физ.-мат. наук

ФГБОУ ВО НИУ «Московский Государственный Строительный Университет»,
Институт Фундаментального Образования,
кафедра прикладной математики,
Москва, verapetelina51@gmail.com

МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ МАЖОРАНТНЫХ ОЦЕНОК ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТИ СХОДИМОСТИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

В настоящей работе рассматривается вопрос о сходимости последовательных приближений, представляющих решение системы дифференциальных уравнений возмущенного движения тела с помощью построения мажорирующего линейного дифференциального уравнения. Задача состоит в том, чтобы определить в какой области используемых переменных эти последовательные приближения сходятся и дать оценку насколько будет велика ошибка, если взять конечное число приближений. Построен метод нахождения мажорантных оценок функций, необходимых для определения области сходимости последовательных приближений.

Ключевые слова: *система дифференциальных уравнений возмущенного движения тела, регуляризирующая независимая переменная, возмущение, многочлен, приближение.*

В работе [2] было получено представление прямоугольных координат, составляющих регуляризированной скорости и времени возмущенного движения тела во втором приближении в виде многочленов по степеням некоторой регуляризирующей переменной. Аналогичным образом можно поступить еще раз и найти третье, четвертое и более высокие приближения, т.к. известны аналитические особенности этих функций. Таким образом получается итеративный процесс нахождения решения системы дифференциальных уравнений возмущенного движения тела.

В работе [3] была доказана сходимость последовательных приближений и определены условия, при которых последовательные приближения сходятся к точному решению. Рассмотрим систему дифференциальных уравнений следующего вида:

$$\frac{dC_i}{du} = \varepsilon [f_{i0}(u) + f_{i1}(u, C_1, C_2, \dots, C_7)] \quad (1)$$

Где: ε - малый параметр,

u - независимая переменная, причем $-1 \leq u \leq 1$

C_i ($i=1,2,\dots,7$) - в рассматриваемой задаче представляют собой вариации оскулирующих начальных значений прямоугольных координат ξ, η, ζ , составляющих регуляризированной скорости ξ', η', ζ' , момента времени τ , $f_{i0}(u)$ - правые части системы дифференциальных уравнений при:

$$\xi = \xi_0; \eta = \eta_0; \zeta = \zeta_0; \xi' = \xi'_0; \eta' = \eta'_0; \zeta' = \zeta'_0; \tau = \tau_0 \quad (2)$$

$$f_{i1}(u, C_1, C_2, \dots, C_7) = f_i(u, C_1 + \xi_0, C_2 + \eta_0, \dots, C_7 + \tau_0) - f_i(u, \xi_0, \eta_0, \dots, \tau_0) \quad (3)$$

Можно выбрать такое C^* , что в гиперпараллелепипеде $D: -1 \leq u \leq 1; |C_i| \leq C^*$ правые части системы дифференциальных уравнений (1) будут непрерывны по u и будут удовлетворять обобщенным условиям Липшица (4):

$$|f_{i1}(u, C_1^*, C_2^*, \dots, C_7^*) - f_{i1}(u, C_1^{**}, C_2^{**}, \dots, C_7^{**})| \leq \sum_{j=1}^7 L_{ij}(u) \cdot |C_j^* - C_j^{**}| \quad (4)$$

где: $L_{ij}(u) = \sup \left| \frac{\partial f_{ij}}{\partial C_j} \right|$ в гиперпараллелепипеде D_u который является сечением

гиперпараллелепипеда D плоскостью. $u = u_0$ Ищем решение системы дифференциальных уравнений (1) методом последовательных приближений.

В k -ом приближении:

$$\begin{aligned} C_i^{(k)}(u) &= C_i^{(1)}(u) + \varepsilon \cdot \int_{-1}^u f_{i1}(u, C_1^{(k-1)}(u), \dots, C_7^{(k-1)}(u)) \cdot du = \\ &= \varepsilon \cdot \int_{-1}^u \left(f_{i0}(u) + f_{i1}(u, C_1^{(k-1)}(u), \dots, C_7^{(k-1)}(u)) \right) \cdot du \end{aligned} \quad (5)$$

Составим линейное дифференциальное уравнение с переменными коэффициентами:

$$\frac{dC}{du} = \varepsilon [P(u) + Q(u) \cdot C] \quad (6)$$

которое рассматривается на промежутке $-1 \leq u \leq 1$.

Вспомогательные функции $P(u)$ и $Q(u)$ удовлетворяют условиям

$$|f_{i0}(u)| \leq P(u) \quad ; \quad |L_{ij}(u)| \leq L(u); \quad |Q(u)| \leq 7 \cdot L(u) \quad (7)$$

($i = 1, 2, \dots, 7$).

Решение уравнения (6) представляется абсолютно сходящимся рядом по степеням u

Если:

$$\begin{aligned} C(u) &= \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k \cdot \tilde{C}^{(k)}(u) \\ C(u) &= e^{\varepsilon \cdot \int_{-1}^u Q(u) \cdot du} \cdot \varepsilon \cdot \int_{-1}^u P(u) \cdot e^{-\varepsilon \cdot \int_{-1}^u Q(u) \cdot du} \cdot du \leq C^* \end{aligned} \quad (8)$$

Будем искать решение уравнения (6) с помощью последовательных приближений и тогда после l итераций имеем:

$$C^{(l)}(u) = \sum_{k=1}^{(l)} \varepsilon^k \cdot \tilde{C}^{(k)}(u), \quad (9)$$

где: $\varepsilon^k \cdot \tilde{C}^{(k)}(u) = C^{(k)}(u) - C^{(k-1)}(u)$

В работе [3] было доказано, что если выполнено неравенство (8) последовательные приближения, представляющие решение системы дифференциальных уравнений возмущенного движения тела $C^{(l)}(u)$ абсолютно сходятся. Ставится задача об оценке области сходимости полученного решения мажорирующего уравнения (6), для этого необходимо оценить величину C^* . Для оценки величины C^* необходимо оценить правые части системы дифференциальных уравнений возмущенного движения тела [2], где искомыми переменными являются оскулирующие начальные значения прямоугольных координат ξ, η, ζ , составляющих регуляризированной скорости ξ', η', ζ' , регуляризированного ускорения ξ'', η'', ζ'' , момента времени τ , радиус-вектора ρ , и его производных ρ' и ρ'' по независимой регуляризирующей переменной u с учетом принятых допущений.

Для этого к оскулирующим начальным значениям прямоугольных координат, составляющих регуляризированной скорости, регуляризированного ускорения и времени геоцентрического движения тела добавлялись члены зависящие от параметра C^* , взятые со своими масштабными коэффициентами, т.е. члены $C_i = \gamma_i \cdot C^* (i = 1, 2, \dots, 7)$, причем

коэффициенты $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - безразмерные, $\gamma_4, \gamma_5, \gamma_6$ - коэффициенты размерностью (км/сек.) , γ_7 - коэффициент размерностью (сек/км). Для каждой функции, входящей в правые части системы дифференциальных уравнений [2] оценивалась правая и левая границы, которые зависят от величины C^* , при чем для нахождения левой границы стремились получить минимальную величину и компоненты $C_i = \gamma_i \cdot C^*$ ($i=1,2,...,7$) брались со знаком минус, для нахождения правой границы стремились получить максимальную величину. В качестве искомой оценки выбиралась максимальная по модулю оценка. Таким образом были найдены достаточно грубые оценки функций, для нахождения которых использовались в основном геометрические соображения. Более точные оценки этих функций строились с учетом поведения функций $x, y, z, x', y', z', \xi'', \eta'', \zeta'', \sigma$ и их производных по переменной ρ . Проиллюстрируем выше сказанное на примере нахождения грубой и более точной мажорантной оценки для функции σ .

$$\sigma = \frac{(\xi'^2)}{\rho^2} + \frac{(\eta'^2)}{\rho^2} - \frac{2\mu}{\rho} = \frac{v'^2}{\rho^2} - \frac{2\mu}{\rho} \quad (10)$$

где $v' = v \cdot \rho, v = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$.

Грубая оценка для функции σ имеет вид:

$$\sigma \leq \sigma_+^* = \frac{(\gamma_4 \cdot C^*)^2 + (v' + \gamma_5 \cdot C^*)^2}{(\rho - \gamma_1 \cdot C^*)^2} - \frac{2\mu}{\rho + \gamma_1 \cdot C^*} \quad (11)$$

$$\sigma \geq \sigma_-^* = \frac{(v' - \gamma_5 \cdot C^*)^2}{(\rho + \gamma_1 \cdot C^*)^2} - \frac{2\mu}{\rho - \gamma_1 \cdot C^*} \quad (12)$$

Для нахождения более точной оценки для функции σ определим

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \rho} = -\frac{2v'^2}{\rho^3} + \frac{2\mu}{\rho^2} \quad (13)$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \rho} = 0 \text{ при } v' = \sqrt{\mu \cdot \rho}, \text{ откуда } \rho = \frac{v'^2}{\mu} \text{ и } \sigma\left(\frac{v'^2}{\mu}\right) = -\frac{\mu^2}{v'^2} < 0. \quad (14)$$

Это минимум функции $\sigma(\rho)$, т.к. при $\rho < \frac{v'^2}{\mu}$, $\frac{\partial \sigma}{\partial \rho} < 0$, при $\rho > \frac{v'^2}{\mu}$, $\frac{\partial \sigma}{\partial \rho} > 0$.

Проанализируем поведение функции σ . При $\rho \rightarrow 0, \sigma \rightarrow \infty$, при $\rho \rightarrow \infty, \sigma \rightarrow 0$. Поэтому уточненная правая оценка для функции σ имеет вид:

$$\sigma \leq \sigma_+^* = \frac{(\gamma_4 \cdot C^*)^2 + (v' + \gamma_5 \cdot C^*)^2}{(\rho - \gamma_1 \cdot C^*)^2} - \frac{2\mu}{\rho - \gamma_1 \cdot C^*}, \quad (15)$$

$$\sigma \geq \sigma_-^* = \frac{(v' - \gamma_5 \cdot C^*)^2}{(\rho + \gamma_1 \cdot C^*)^2} - \frac{2\mu}{\rho + \gamma_1 \cdot C^*} \quad (16)$$

Тогда мажорантная оценка для функции σ^* имеет вид

$$\sigma^* = \max(|\sigma_+^*|, |\sigma_-^*|). \quad (17)$$

С учетом принятых допущений определим мажорантные оценки функций

$$x(u), y(u), x'(u), y'(u), \xi''(u), \eta''(u). \quad (18)$$

$$x = \xi + \xi' \cdot S_1 + \xi'' \cdot S_2, x \leq x_+^* = \xi + \gamma_1 \cdot C^* + \gamma_4 \cdot C^* \cdot S_1 + \xi'' \cdot S_2^*,$$

$$x \geq x_-^* = \xi - \gamma_1 \cdot C^* - \gamma_4 \cdot C^* \cdot S_1 - \xi'' \cdot S_2^*,$$

$$x^* = \max(|x_+^*|, |x_-^*|).$$

S_1^*, S_2^* - мажорантные оценки функций Штумпфа S_1 и S_2 .

Функциональный ряд:

$$S_1 = \frac{u}{1!} + \frac{\sigma \cdot u^3}{3!} + \frac{\sigma^2 \cdot u^5}{5!} + \dots \quad (19)$$

мажорируется рядом, представляющим бесконечно-убывающую геометрическую прогрессию со знаменателем $q = \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{6} \ll 1$ следующего вида:

$$S_1 \leq S_1^* = \frac{u_1}{1!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{6}}. \quad (20)$$

Аналогично строятся мажорирующие ряды для остальных S_k .

$$\begin{aligned} S_0 \leq S_0^* &= \frac{1}{1 - \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{2}}, S_2 \leq S_2^* = \frac{u_1^2}{2!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{12}}, \\ S_3 \leq S_3^* &= \frac{u_1^3}{3!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{20}}, S_4 \leq S_4^* = \frac{u_1^4}{4!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{30}}, \\ S_5 \leq S_5^* &= \frac{u_1^5}{5!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sigma^* \cdot u_1^2}{42}}, \dots \end{aligned} \quad (21)$$

Определим мажорантные оценки остальных функций:

$$\begin{aligned} \xi'' \leq \xi_+'' &= \frac{(\nu' + \gamma_5 \cdot C^*) \cdot \gamma_4 \cdot C^*}{\rho - \gamma_1 \cdot C^*} - \frac{\mu \cdot (\xi - \gamma_1 \cdot C^*)}{\rho - \gamma_1 \cdot C^*} \\ \xi'' \geq \xi_-'' &= \frac{(\nu' - \gamma_5 \cdot C^*) \cdot \gamma_4 \cdot C^*}{\rho + \gamma_1 \cdot C^*} - \frac{\mu \cdot (\xi - \gamma_1 \cdot C^*)}{\rho + \gamma_1 \cdot C^*}, \\ \eta'' \leq \eta_+'' &= \frac{(\nu' + \gamma_5 \cdot C^*)^2}{\rho - \gamma_1 \cdot C^*} - \frac{\mu \cdot \gamma_2 \cdot C^*}{\rho - \gamma_1 \cdot C^*}, \eta'' \geq \eta_-'' = \frac{(\nu' - \gamma_5 \cdot C^*)^2}{\rho + \gamma_1 \cdot C^*} - \frac{\mu \cdot \gamma_2 \cdot C^*}{\rho + \gamma_1 \cdot C^*} \\ y \leq y_+^* &= \gamma_2 \cdot C^* + (\nu' + \gamma_5 \cdot C^*) \cdot S_1^* + \eta'' \cdot S_2^* \\ y \geq y_-^* &= -\gamma_2 \cdot C^* + (\nu' - \gamma_5 \cdot C^*) \cdot S_1^* - \eta'' \cdot S_2^* \\ x' \leq x_+^* &= \gamma_4 \cdot C^* \cdot S_0^* + \xi'' \cdot S_1^*, \quad x' \geq x_-^* = -\gamma_4 \cdot C^* \cdot S_0^* - \xi'' \cdot S_1^*, \\ y' \leq y_+^* &= (\nu' + \gamma_5 \cdot C^*) \cdot S_0^* + \eta'' \cdot S_1^*, \quad y' \geq y_-^* = (\nu' - \gamma_5 \cdot C^*) \cdot S_0^* - \eta'' \cdot S_1^*, \\ \xi'' &= \max(|\xi_+''|, |\xi_-''|), \quad \eta'' = \max(|\eta_+''|, |\eta_-''|), \quad y^* = \max(|y_+^*|, |y_-^*|), \\ x'^* &= \max(|x_+^*|, |x_-^*|), \quad y'^* = \max(|y_+^*|, |y_-^*|). \end{aligned} \quad (22)$$

Определим мажорантные оценки для составляющих возмущающего ускорения X, Y .

$$\begin{aligned} X \leq X_+^* &= \frac{\mu}{\Delta_{1\min}^2} \cdot \left| \frac{x_1 - x}{\Delta_1} \right| + \frac{\mu_1}{a_1^2} \cdot \left| \frac{x_1}{a_1} \right| \leq \frac{\mu_1}{\Delta_{1\min}^2} + \frac{\mu_1}{a_1^2}, \\ X \geq X_-^* &\geq \frac{\mu_1}{\Delta_{1\max}^2} + \frac{\mu_1}{a_1^2}, \quad X^* = \max(|X_+^*|, |X_-^*|), \end{aligned} \quad (23)$$

$$\text{где } \Delta_{1\max}^2 = (a_1 + x^*)^2 + (a_1 + y^*)^2, \Delta_{1\min}^2 = (x_{10} - x^*)^2 + (y_{10} - y^*)^2, \\ x_{10} = a_1 \cdot \cos \theta_{10}, \quad y_{10} = a_1 \cdot \sin \theta_{10}.$$

Аналогично определяется оценка для функции $Y(u)$. Таким образом, величина A_1 оценивается следующим образом

$$A_1 = \alpha_1^* \cdot X^* + \beta_1^* \cdot Y^* \quad (24)$$

где α_1^*, β_1^* - мажорантные оценки функций $\alpha_1(u), \beta_1(u)$, полученных в работе [3]. Аналогичные операции производятся для других уравнений системы [2].

В качестве величины A выбирается максимальная среди величин $A_i (i = 1, 2, \dots, 7)$.

Величина B_1 оценивается следующим образом:

$$B_1 = n \cdot \left(\frac{\partial \alpha_1^*}{\partial \xi} \cdot X^* + \frac{\partial \beta_1^*}{\partial \xi} \cdot Y^* + \alpha_1^* \cdot \frac{\partial X^*}{\partial \xi} + \beta_1^* \cdot \frac{\partial Y^*}{\partial \xi} \right), \quad (25)$$

$$\text{где: } \frac{\partial \alpha_1(u)}{\partial \xi} = -\frac{\partial r}{\partial \xi} \cdot (\rho \cdot S_1 + \rho' \cdot S_2) - r \left(\frac{\partial \rho}{\partial \xi} S_1 + \rho' \cdot \frac{\partial S_2}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} + \frac{\partial \rho'}{\partial \xi} S_2 + \rho \cdot \frac{\partial S_1}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \right) + \\ + \frac{\partial S_2}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} x' \cdot \xi + S_2 \frac{\partial x'}{\partial \xi} \cdot \xi + S_2 \cdot x' + \frac{\partial S_3}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \xi' x' + S_3 \frac{\partial x'}{\partial \xi} \cdot \xi'; \quad (26)$$

$$\frac{\partial X(u)}{\partial \xi} = \frac{2\mu}{\Delta_1^3(u)} \cdot \left(\frac{\partial x(u)}{\partial \xi} + \frac{\partial y(u)}{\partial \xi} \right),$$

n - число уравнений системы. Аналогично определяются $\frac{\partial \beta_1(u)}{\partial \xi}, \frac{\partial Y(u)}{\partial \xi}$. В выражении (25)

величины $\frac{\partial \alpha_1^*}{\partial \xi}, \frac{\partial \beta_1^*}{\partial \xi}$ есть мажорантные оценки соответственно функций $\frac{\partial \alpha_1(u)}{\partial \xi}, \frac{\partial \beta_1(u)}{\partial \xi}$. Для их

определения необходимо найти мажорантные оценки функций, входящих в выражение (26). Ниже приведены некоторые мажорантные оценки этих функций.

$$\frac{\partial r(u)}{\partial \xi} = \frac{x \cdot \frac{\partial x}{\partial \xi} + y \cdot \frac{\partial y}{\partial \xi}}{r}, \\ \frac{\partial x}{\partial \xi} = 1 + \xi' \cdot \frac{\partial S_1}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} + \xi'' \cdot \frac{\partial S_2}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} + S_2 \cdot \frac{\partial \xi''}{\partial \xi}, \\ \frac{\partial \xi''}{\partial \xi} = \frac{\frac{\partial \rho'}{\partial \xi} \cdot \xi' \cdot \rho + \mu \xi \cdot \frac{\partial \rho}{\partial \xi} - \frac{\partial \rho}{\partial \xi} \cdot \rho' \cdot \xi' - \mu \rho}{\rho^2}, \\ \frac{\partial S_1}{\partial \sigma} \leq \frac{\partial S_1^*}{\partial \sigma} = \frac{u_1^3}{6 \left(1 - \frac{\sigma^* u_1^2}{6} \right)^2}, \quad \frac{\partial S_3}{\partial \sigma} \leq \frac{\partial S_3^*}{\partial \sigma} = \frac{u_1^5}{120 \left(1 - \frac{\sigma^* u_1^2}{20} \right)^2}, \\ \frac{\partial S_2}{\partial \sigma} \leq \frac{\partial S_2^*}{\partial \sigma} = \frac{u_1^4}{24 \left(1 - \frac{\sigma^* u_1^2}{12} \right)^2}, \quad \frac{\partial S_0}{\partial \sigma} \leq \frac{\partial S_0^*}{\partial \sigma} = \frac{u_1^2}{2 \left(1 - \frac{\sigma^* u_1^2}{2} \right)^2}, \\ \frac{\partial S_4}{\partial \sigma} \leq \frac{\partial S_4^*}{\partial \sigma} = \frac{u_1^6}{720 \left(1 - \frac{\sigma^* u_1^2}{30} \right)^2}, \quad \frac{\partial S_5}{\partial \sigma} \leq \frac{\partial S_5^*}{\partial \sigma} = \frac{u_1^7}{5040 \left(1 - \frac{\sigma^* u_1^2}{42} \right)^2}, \quad (27) \\ \frac{\partial x'}{\partial \xi} = \xi' \frac{\partial S_0}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} + \xi'' \frac{\partial S_1}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} + S_1 \cdot \frac{\partial \xi''}{\partial \xi}$$

$$\left| \frac{\partial \rho}{\partial \xi} \right| \leq 1, \quad \frac{\partial \rho'}{\partial \xi} \leq \frac{\partial \rho^*}{\partial \xi_+} = \frac{v' + 2\gamma_3 \cdot C^*}{\rho - \gamma_1 C^*},$$

$$\frac{\partial \rho'}{\partial \xi} \geq \frac{\partial \rho^*}{\partial \xi_-} = \frac{v' - 2\gamma_3 \cdot C^*}{\rho + \gamma_1 C^*},$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \leq \frac{\partial \sigma^*}{\partial \xi_+} = \frac{-2(v' + \gamma_5 C^*)^2}{(\rho - \gamma_1 C^*)^3} + \frac{2\mu}{(\rho - \gamma_1 C^*)^2},$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \geq \frac{\partial \sigma^*}{\partial \xi_-} = \frac{-2(v' - \gamma_5 C^*)^2}{(\rho + \gamma_1 C^*)^3} + \frac{2\mu}{(\rho + \gamma_1 C^*)^2}.$$

Аналогичные операции производились для других уравнений системы дифференциальных уравнений возмущенного движения тела [2]. В результате оценена величина B . Таким образом, можно оценить величину параметра C^* , используя выражение, полученное в работе [3]. Вследствие большого объема вычислений алгоритм реализован для расчетов на ЭВМ.

Для иллюстрации разработанной методики исследования сходимости последовательных приближений проведены расчеты при заданных начальных условиях параболического движения тела с учетом принятых допущений и получена численная оценка области сходимости. Были просчитаны несколько вариантов при различных значениях независимой переменной u от C^* и показано, что эта зависимость имеет экстремум.

Был проведен анализ зависимости параметра C^* от величины масштабных коэффициентов γ_i ($i=1, 2, 4, 5, 7$). Показано, что в вырожденном случае при $\gamma_i = 0$ зависимость величины C^* от переменной u не имеет экстремума. С увеличением коэффициентов γ_i эта зависимость имеет экстремум, что говорит о расширении области сходимости. Но величина C^* ограничена, поэтому следует говорить о некотором диапазоне изменения масштабных коэффициентов, где экстремум функции C^* не превосходит некоторого заданного значения. Задаваясь значением параметра $C^* = 10$, было проведено его уточнение, используя разработанную методику. Для заданных начальных условий выявлено экстремальное значение величины $C^* = 4.9871$ и соответствующее значение независимой переменной $u_1 = 0.24$. Таким образом, если рассогласования в прямоугольных координатах возмущенного движения тела в одни и те же моменты времени на различных этапах приближения не превышают величины $C^* = 4.9871$, то последовательные приближения, представляющие решение системы дифференциальных уравнений возмущенного движения, абсолютно сходятся.

Список литературы

1. Мерман Г.А. О представлении общего решения задачи 3-х тел сходящимися рядами // Бюллетень института теоретической астрономии. -1958.- Т. 6, № 10.-С. 713-731.
2. Петелина В.Д. Возмущения второго и более высоких порядков при геоцентрическом движении тела // Проблемы исследования Вселенной. Развитие методов астрономических исследований.-1979.- Т.8. –С.247-258.
3. Petelina V.D. Revisiting the convergence of successive approximations in the problem of disturbed body motion // XXV1 R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering. MATEC Web of Conference.-2017.Vol. 117.

01.01.00

^{1,2}Л.С. Сабитов канд. техн. наук, ¹Н.Ф. Кашапов д-р техн. наук,
¹И.К. Киямов д-р экон. наук, ³О.В. Радайкин канд. техн. наук

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,

²Казанский государственный энергетический университет,

³Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Казань, l.sabitov@bk.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЫКОВ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ТРЕХТОЧЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Рассмотрены 3 варианта стыков сопряжения тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля, которые ранее были изготовлены и испытаны в лабораторных условиях. В данной работе стыки были рассчитаны в программном комплексе «ANSYS» с применением численного метода конечных элементов. Целью этого явилась проверка возможности автоматизированного моделирования НДС стыков с применением известных положений теории пластичности, что позволило бы решить задачу об оптимизации этих стыков.

Ключевые слова: математическое моделирование, тест-образец, трехточечный изгиб, тонкостенный стержень-оболочка.

Стыки тонкостенных стержней-оболочек являются ответственными элементами различных высотных сооружений энергетической отрасли. Их конструктивная безопасность и эксплуатационная пригодность обеспечивается за счёт достаточно точной оценки НДС сооружений, что может быть достигнуто средствами математического МКЭ-моделирования. Для этих целей одним из самых совершенных на сегодняшний день является ПК «ANSYS», позволяющий учитывать физическую и геометрическую нелинейность, трение и др. в расчётах конструкций.

В связи с этим целью данной работы явилась проверка возможности автоматизированного моделирования НДС стыков с применением известных положений теории пластичности, что позволило бы решить задачу об оптимизации этих стыков. началу математического моделирования уже были проведены натурные эксперименты на тест-образцах стыков трёх типов, результаты которых приведены в работе [5]. Стыки представляют собой соединение двух труб малого и большого диаметра:

– тип 1 – представляет собой соединение посредством торцевой фасонки без заделки одной в другую. Длины труб по 800 мм, диаметр большей трубы 325 мм, меньшей 219 мм. Толщины стенок трубы и торцевой фасонки по 10 мм;

– тип 2 – комбинированное соединение при помощи щелевых прорезей на сварке. Длина трубы меньшего диаметра 1240 мм, а большего 800 мм. Крепление одной трубы к другой осуществляется посредством пластинок в количестве 6 штук;

– тип 3, представляет собой комбинированное соединение труб разного диаметра, осуществлённое заполнением бетона в кольцевую полость, включающая концы круглых труб (диаметр меньшей трубы 219×10 длиной 1240 мм и большей 325×10 длиной 800 мм), вставленные друг в друга на глубину 440 мм ($2d$, где d – диаметр меньшей трубы). Пустота между трубами заполняется бетоном.

Поскольку пластичность представляет собой неконсервативный процесс, при котором последовательность приложения нагрузок влияет на конечный результат, поэтому в процессе расчёта нагрузка на стыки прикладывалась малыми шагами. Для этого использовался метод Ньютона-Рафсона с обновлением матрицы касательной жесткости на каждой равновесной итерации (матрица используется до тех пор, пока итерационный процесс остается

устойчивым). Для обеспечения устойчивости итерационного процесса шаг решения задавался автоматически, и применялась процедура бисекции. При этом на каждом шаге приращение пластических деформаций не превышало 5 %.

Сопрягаемые элементы тест-образцов стыков моделировались оболочечными конечными элементами Shell43, позволяющие решать нелинейную задачу теории пластичности (см. рис.1). Бетон заполнения стыка типа 3 моделировался объемными конечными элементами Solid45. Причем бетону были заданы упругие свойства изотропного материала.

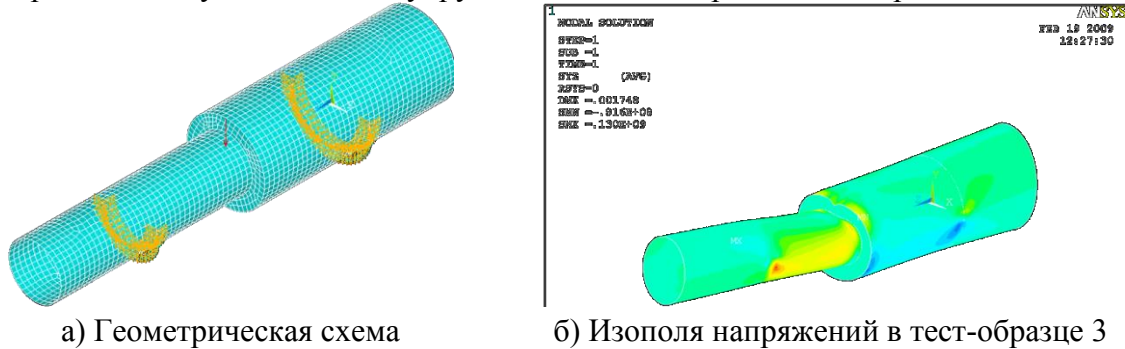


Рис. 1 Математическая модель тест-образца 1 – соединение встык при помощи торцевой фасонки

В качестве закона деформирования была принята билинейная диаграмма кинематического упрочнения (см. рис. 2). Закон предполагает, что на диаграмме « σ - ϵ » сумма напряжений разного знака в процессе нагрузки-разгрузки всегда равна удвоенной величине предела текучести σ_y , то есть учитывается эффект Баушингера. Модель рекомендуется для упругопластических задач с малыми деформациями материала, подчиняющегося условию текучести Мизеса:

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq \bar{\sigma}_{yn} \quad (1)$$

где σ_{eq} - эквивалентные напряжения по Мизесу, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ - главные напряжения, $\bar{\sigma}_{yn}$ - нормативный средний предел пластичности с учетом коэффициента вариации 5%.

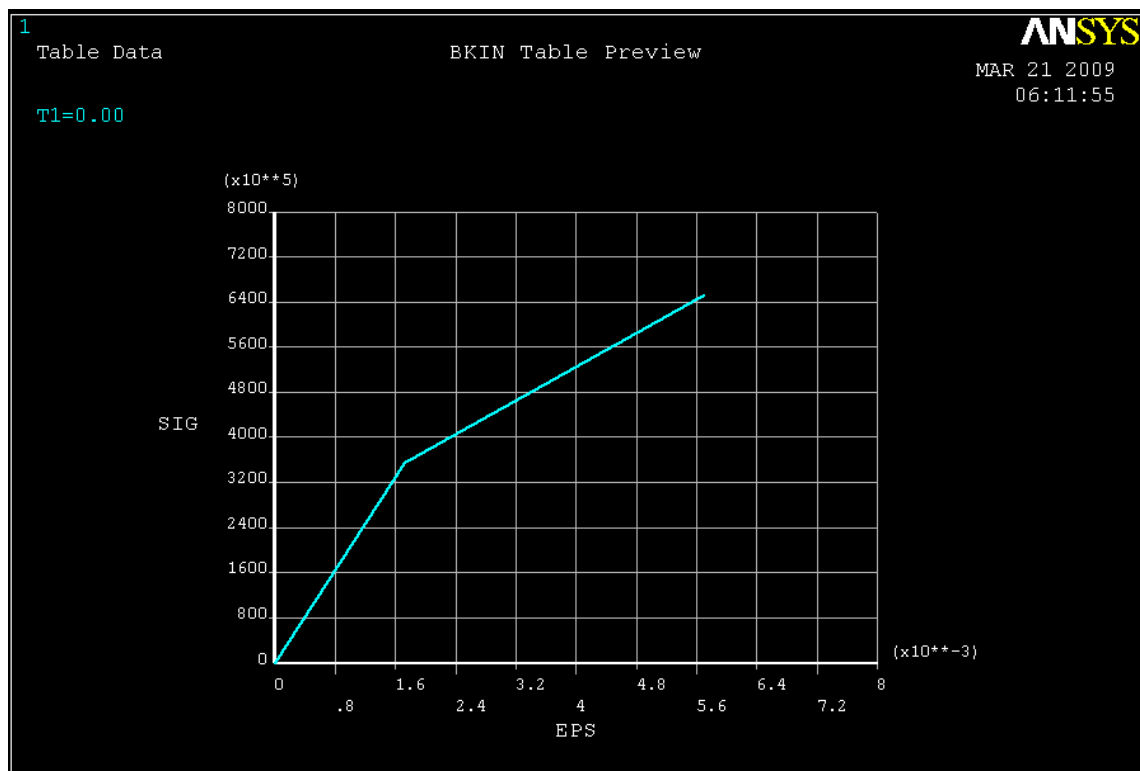


Рис. 2 – Билинейная диаграмма σ - ϵ закона кинематического упрочнения для стали S235

Таким образом, физический закон деформирования тонкостенной оболочки описывался четырьмя параметрами: модулем упругости $E=206 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, касательным модулем $E'=75 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, пределом текучести $\bar{\sigma}_{\text{yn}} = 355 \text{ МПа}$ и коэффициентом Пуассона $\nu=0,3$. Закон деформирования бетона задавался двумя параметрами: $E=25 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, $\nu=0,2$.

Результаты расчета, полученные по вышеприведенному методу, показали хорошую сходимость с экспериментальными данными (см. рис. 3), которые были получены авторами ранее [5].

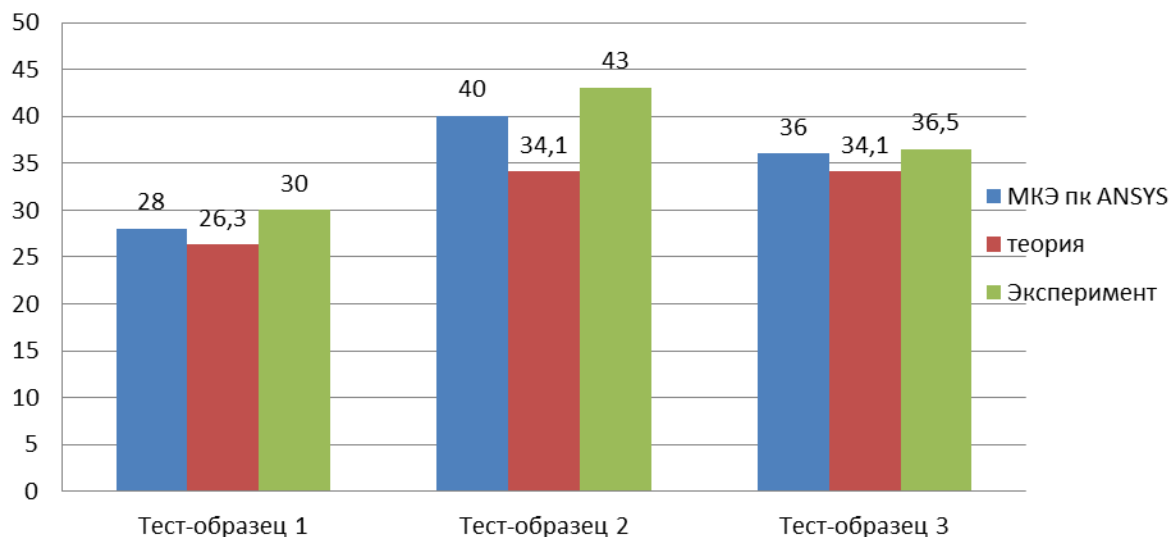


Рис. 3 – Несущая способность стыков тонкостенных стержней оболочек закрытого профиля. Сравнение результатов расчёта по МКЭ, теоретически и экспериментально: Тест-образец 1 – соединение встык при помощи торцевой фасонки; тест-образец 2 – соединение труб разного диаметра осуществлённых заполнением бетона в кольцевую полость; тест-образец 3 – соединение «труба в трубе» при помощи щелевых прорезей на сварке.

Выводы:

В работе обоснована возможность автоматизированного МКЭ-моделирования рассмотренных стыков тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля на основе известных положений теории пластичности (с применением закона кинематического упрочнения, когда допустимы эффект Баушингера и критерий пластичности Мизеса). Это позволит решить задачу об оптимизации этих узлов [6].

Список литературы

1. Пат. 2620625 Российская Федерация, МПК Е 04 Н 12/10 Узел соединения труб разного диаметра/Л.С. Сабитов, И.З. Гатиятов, И.Л. Кузнецов, В.Ю.Юдин, А.К. Мезиков, А.И. Никифоров; опубл. 29.05.2017 Бюл. 16.
2. Свид. о гос. регистрации программы ЭВМ №2017662991 от 22.11.2017 «AutoRSS.03» Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Юдин В.Ю. Заявка № 2017617847 от 21.07.2017г.
3. Патент РФ №2288399 от 07.04.2005, МПК F16L 13/00 и Е 04 В 1/58, БИ №33 от 27.11.06. «Узел соединения труб» И.Л.Кузнецов, А.В.Исаев, Л.С.Сабитов.
4. Свид. о гос. регистрации программы ЭВМ №2017662990 от 22.11.2017 «AutoRSS.04» Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Стрелков Ю.М. Заявка 2017617846 от 21.07.2017г.
5. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Гатиятов И.З. Экспериментальные исследования узлов соединения труб разного диаметра в опорах контактных сетей электротранспорта. Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6 (47). С. 90-95.
6. Сабитов Л.С. Разработка и численные исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций из трубчатых стержней в энергетическом строительстве Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 6 (101). С. 108-117.

01.01.00

^{1,2}Л.С. Сабитов канд. техн. наук, ¹Н.Ф. Кашапов д-р техн. наук,
¹И.К. Киямов д-р экон. наук, ³Ю.М. Стрелков

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
²Казанский государственный энергетический университет,
³Инженерный центр «Энергопрогресс»,
 Казань, l.sabitov@bk.ru

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (НДС) ТЕСТ-ОБРАЗЦА «ОПОРА-ФУНДАМЕНТ-ГРУНТ»

Для анализа совместной работы фундамента нового типа и высотного сооружения, а также оценки возможности использования сборно-разборного фундамента, состоящего из полых ячеек, соединяемых между собой болтами и заполняемых балластом, для высотного сооружения в виде опорно-стоечных конструкций было проведено изготовление тест-образца «опора-фундамент-грунт» ее математическое и численное моделирование, а также испытание натурного образца нагрузками, соответствующими реальным схемам его нагружения.

Ключевые слова: тест-образец, теоретико-экспериментальный метод, система «опора-фундамент-грунт», математическое моделирование.

Целью разработки теоретико-экспериментального метода определения напряженно-деформированного состояния являлось подтверждение возможности использования фундаментов данного типа в диапазоне возможных расчетных нагрузок для опорно-стоечных конструкций, а так же определения совместной работы тест-образца «опора-фундамент-грунт» [1-3].

Натурному обследованию предшествовал теоретический расчет, который выполнен в программном комплексе «Лира-САПР». Расчетная схема тест-образца представляет собой пространственную конечно-элементную модель «фундамент – грунтовое основание», состоящую из объемных 6-ти и 8-ми узловых физически нелинейных элементов грунта, объемных 6-ти и 8-ми узловых линейных элементов, моделирующих железобетонный фундамент, и стержневых элементов односторонних упругих связей, моделирующих граничный слой опирания фундамента на грунт. Для обеспечения возможности приложения внешних нагрузок для фундаментного блока, расположенного в центре, смоделированы закладные детали, которые условно приняты в виде стержней с жесткостью много большей, чем жесткость элементов основной схемы. Соединение закладных деталей и поверхностей фундаментного блока выполнено с использованием абсолютно жестких тел [4].

Таблица 1

Физико-механические характеристики конечных элементов

№ п/п	Наименование	Характеристики		
		КЭ грунта	КЭ фундамента	КЭ односторонней связи по Z
1	2	3	4	5
1	Тип КЭ	271 - 274	34, 36	262
2	E_0 , МПа	10	30000	-
3	ν	0.3	0.2	-
4	ρ , т/м ²	1.6	2.5	-
5	$\sigma_{\max}^+$, МПа	0.001	-	-
6	$\sigma_{\min}^-$, МПа	-0.05	-	-

7	C , МПа	0.001	-	-
8	α	30	-	-
9	R_z , т/м	-	-	1000

Расчет моделей выполнен в физически нелинейной постановке. В качестве основных варьируемых параметров приняты следующие: значение изгибающего момента M (5 тм, 7,5 тм и 10 тм), плотность засыпки ρ (1000 кг/м³, 1300 кг/м³ и 1600 кг/м³). Принято 2 последовательных нагружения: нагружение 1 - вертикальные нагрузки, включая собственный вес фундамента, засыпки, нагружение 2 – изгибающий момент. Каждое нагружение включало 3 равных шага приложения нагрузки. Расчетная схема фундамента и схема приложения нагрузок показана на рис.2.

Нагрузка на грузовую платформу прикладывается поэтапно. Отдельные этапы нагружений должны соответствовать значениям горизонтальной испытательной нагрузки N соответствующим рассматриваемым предельным состояниям сборно-разборного фундамента [2,5].

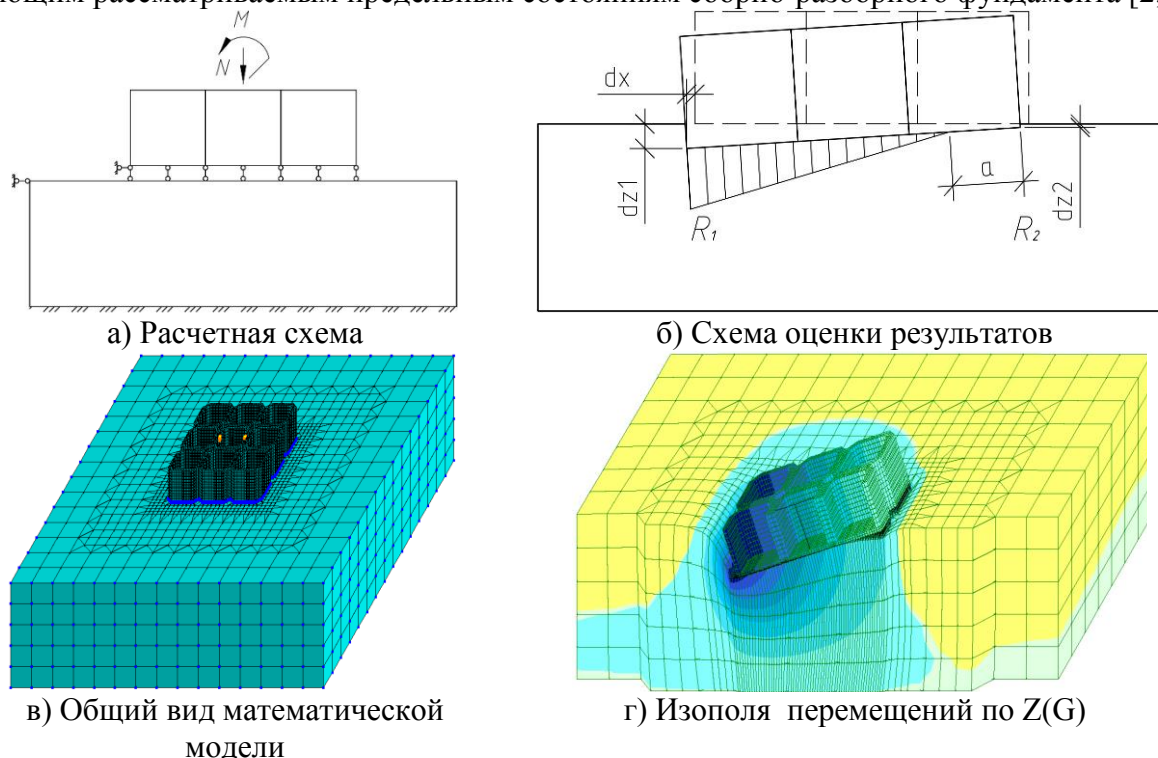
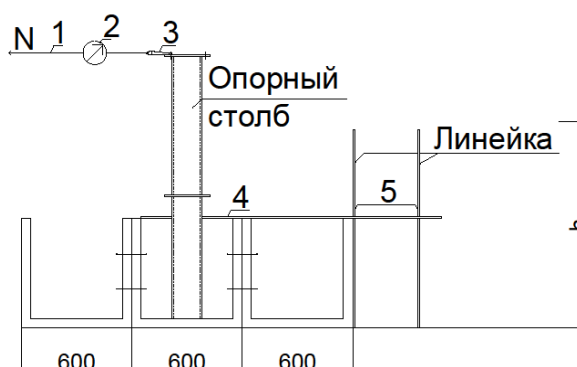


Рис. 1. Расчетная схема тест-образца «опора-фундамент-грунт»



1 – канат; 2 – динамометр; 3 - петля для крепления каната; 4 - горизонтальная планка для измерения прогибов и угла поворота; 5 - измерительные линейки

Рис. 2 Схема испытания тест-образца



Рис. 3. Приложение нагрузки к тест-образцу

Величину максимальных сжимающих напряжений в грунте под подошвой фундамента можно определить по формуле и приравнять к предельно допустимым значениям в грунте

$$\sigma_{сж} = \frac{q}{a \cdot a} + \frac{M \cdot 6}{l^3} = 1 \text{ кг/см}^2; \quad (1)$$

Где q- вес одной ячейки имеющей стороны 60см х60 см=

$$M = \frac{(\sigma_{сж} - q/(a \cdot a)) \cdot l^3}{6} = N \cdot h \quad (2)$$

Тогда при q=200 кг

$$M = \frac{(1 - 200 / 60 \cdot 60) \cdot 180^3}{6} = 91800 \text{ кг} \cdot \text{см} = 9180 \text{ кг} \cdot \text{м}; \quad (3)$$

Тогда N=9180/2.1=4370 кг.

При заполненных балластом полостях ячеек при q=300 кг, соответственно получим значения M=8910 кг·м, N= 4242 кг. фундамента от грунта:

При незаполненных полостях величину удерживающего момента можно оценить величиной $M_{удер} = 200 \cdot 9 \cdot 0,9 = 1620 \text{ кг} \cdot \text{м}$;

где 9 шт. – количество ячеек в испытательном образце фундамента;

0,9 м – расстояние от центра тяжести образца до точки опрокидывания.

Данная величина при $M_{удер} = N \cdot h$ при h=2.1 м соответствует величине горизонтальной испытательной нагрузки равной N=771 кг

При заполненных полостях величину удерживающего момента можно оценить величиной $M_{удер} = 300 \cdot 9 \cdot 0,9 = 2430 \text{ кг} \cdot \text{м}$;

Определение испытательной нагрузки по критерию несущей способности опорной стойки:

$$M = W \cdot R_{уп} = 90.41 \cdot 2700 = 2441 \text{ кгм}, \quad (4)$$

Где $W = 90.41 \text{ см}^3$ – момент сопротивления сечения трубы; $R_{уп} = 2700 \text{ кг/см}^2$ – нормативное сопротивление по пределу текучести стойки соответствующее стали С245 ГОСТ 27772-88, что при высоте опорной стойки 1.5 м соответствует величине горизонтальной испытательной нагрузки равной N=1627 кг

Измерения прогибов от уровня земли сечения планки проводилось в двух сечениях положения горизонтальной планки: на уровне крайней грани ячейки и на расстоянии 1 мм от крайней грани ячейки. Использование 2 измерений позволяло определить угол поворота Θ фундамента относительно земли определяемый из формулы:

$$(\Delta 1 - \Delta 2) / 1000 = \text{tg } \Theta \quad (5)$$

Где $\Delta 1$ и $\Delta 2$ – величины перемещений измеренные в двух сечениях горизонтальной планки в мм

Выводы:

1. Предельное состояние испытываемого образца сборно-разборного фундамента наступило из-за потери прочности опорной стойки в виде появления остаточных пластических деформаций.
2. Разрушение бетонных элементов ячеек и их соединений при проведении натурных испытаний не зафиксировано.
3. Предельным состоянием испытываемого образца фундамента данного типа является предельное состояние фундамента от основания без учета потери прочности опорной стойки.
4. Предложенная конструкция сборно-разборного фундамента показала свою высокую надежность при испытаниях и подтвердила возможность применения конструкций фундаментов подобного типа [1].

Список литературы

1. Пат. 2633604 Российская Федерация, МПК E02D 27/42. Сборно-разборный фундамент под опору. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Хусаинов Д.М., Сабиров С.И., Ахунова З.Р., Стрелков Ю.М.; заявка 2016134679; опубл. 13.10.2017. Бюл.№29.
2. L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.R. Gilmanshin, Yu.M. Strelkov, D.M. Khusainov Development and investigation of the stressed-deformed state of the demountable foundation for support // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 240 (2017) 012005 doi:10.1088/1757-899X/240/1/012005.
3. Сабитов Л.С., Кашапов Н.Ф., Киямов И.К. Теоретико-экспериментальные методы расчета напряженно-деформированного состояния высотных сооружений из тонкостенных стержней оболочек закрытого профиля // Научно-технический вестник Поволжья №9 2018 с.16-18.
4. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики» (20) №5-6/2018 с.95-103.
5. Сабитов Л.С., Ахунова З.Р., Хусаинов Д.М., Кузнецов И.Л., Стрелков Ю.М. Сборно-разборный фундамент под опору // Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы -2016», в двух частях. Ч.2. – 282с., С.227-230.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (02.00.00)

02.00.11

А.И. Городов, Н.А. Шаповалов д-р техн. наук

Белгородский Государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова),
кафедра теоретической и прикладной химии,
Белгород, gorodov-andreyu@mail.ru

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СМЕСИ АНИОННЫХ И КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Изучено влияние АПАВ, КПАВ и их смеси на смачивание минеральных поверхностей, электрокинетический потенциал и агрегативную устойчивость минеральной суспензии. На основании проведенных исследований обоснована перспективность использования смеси катионных и анионных поверхностно-активных веществ в качестве собирателей для обратной флотации нефелина.

Ключевые слова: *поверхностно-активные вещества, АПАВ, КПАВ, флотация, нефелин, смачивание, флокуляция, седиментация.*

Введение. Известно широкое применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) в различных технологических процессах, в частности для переработки и обогащения руд флотационным способом. Эффективность действия ПАВ определяется особенностями их адсорбции на границах раздела фаз и структурой образующихся адсорбционных слоев. Особый интерес представляют процессы адсорбции при совместном использовании анионных и катионных ПАВ в качестве собирателей.

В данной работе изучено влияние АПАВ, КПАВ и их смеси на смачивание минеральных поверхностей, электрокинетический потенциал и агрегативную устойчивость суспензии, в которой дисперсной фазой служили отходы апатитовой флотации апатит-нефелиновой обогатительной фабрики (АНОФ-3) АО «Апатит», подготовленные для флотации нефелина (нефелиновая фракция).

Целью работы являлось сохранение технологического режима, принятого на обогатительной фабрике АНОФ-3, с одновременным увеличением селективности разделения минералов путем добавки во флотирующую смесь катионактивного ПАВ.

Материал и методы исследования. В качестве АПАВ выбраны мыла талловых масел лиственных (МТМЛ) и хвойных (МТМХ) пород древесины, так как в настоящее время для флотации нефелина в качестве собирателя используют их смесь в соотношении 0,8:0,2 соответственно [1]. В качестве КПАВ выбран собиратель ФЛОН-1 – смесь ацетатов первичных аминов в изопропиловом спирте (совместная разработка ООО «НПП ХимпромСервис» и БГТУ им. В.Г. Шухова). ФЛОН-1 проявляет высокую селективность по отношению к оксиду кремния [2], относится к 3 классу опасности и имеет высокую степень биоразлагаемости (85-90 %) [3].

Для приготовления композиции АПАВ и КПАВ смешивали водные растворы МТМЛ и ФЛОН-1 в соотношении 0,8:0,2. Данное соотношение компонентов хорошо зарекомендовало себя в предыдущих наших исследованиях по флотационному обогащению нефелина [4].

Для оценки влияния собирателей на смачивание минеральных поверхностей проводили измерения краевого угла смачивания методом «лежачей» капли с помощью прибора KRUSS DSA30. Эксперименты проводили на минералах со шлифованной поверхностью, отмытых теплой хромовой смесью и дистиллированной водой.

Агрегативную устойчивость минеральных частиц нефелиновой фракции от концентрации реагентов определяли методом лазерной гранулометрии с помощью прибора Analysette 22 NanoTec plus, при pH среды 8,0. Для определения кинетики флокуляции в работе использовали метод непрерывного взвешивания седиментационного осадка при pH среды 8,0.

Электрокинетический (ζ -) потенциал поверхности минералов на границе с водным раствором при pH среды 8,0 находили методом электрофоретической подвижности на лазерном анализаторе Zetatrac Microtrac. Приведенные значения ζ -потенциала представляют собой, как правило, среднее из трех-пяти измерений. Отклонение величины ζ в отдельных измерениях от среднего значения не превышало 5 %.

Результаты и их обсуждение. Химический и минералогический составы нефелиновой фракции представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав нефелиновой фракции, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅	прочее
43,1±1	23,8±1	15,6±1	3,7±0,5	5,4±0,5	2,9±0,3	2,4±0,3	1,4±0,3	1,2±0,3	0,6±0,1

Таблица 2 - Минералогический состав нефелиновой фракции, %

Нефелин (Na,K)AlSiO ₄	Ортоклаз KAlSi ₃ O ₈	Анортит CaAl ₂ Si ₂ O ₈	Альбит NaAlSi ₃ O ₈	Биотит K(MgFe) ₃ Si ₃ [AlO ₁₀][OH,F] ₂	Сфен CaTiSiO ₅
33,0 ± 2	36,1 ± 2	10,4 ± 1	10,0 ± 1	10,2 ± 1	0,3±0,1

Для оценки смачивания использовали шлифы следующих минералов: нефелина, альбита, кварца (SiO₂), гематита (Fe₂O₃). По результатам экспериментов построены изотермы смачивания поверхности минералов (рис. 1) в зависимости от концентрации собирателя.

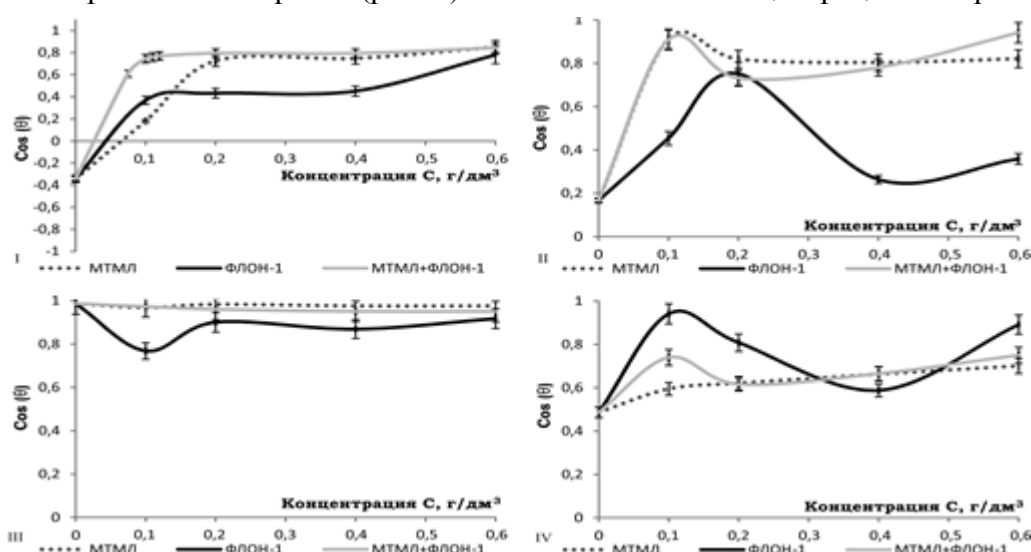


Рис. 1- Изотермы смачивания поверхности минералов (I – нефелин, II – альбит, III – кварц, IV – гематит)

Анализ изотерм смачивания (рис. 1) показал, что поверхность нефелина является первоначально гидрофобной ($\text{Cos}(\theta) < 0$). Смесь МТМЛ+ФЛОН-1 и МТМЛ в равной степени увеличивают гидрофильность нефелина, однако выход кривой на плато смеси МТМЛ+ФЛОН-1 происходит при концентрации в два раза меньше (0,1 г/дм³), что свидетельствует о более активной адсорбции собирателя. ФЛОН-1 при концентрациях 0,1-0,4 г/дм³ в меньшей степени увеличивает гидрофильность поверхности нефелина, что отрицательно для обратной флотации нефелина – часть целевого продукта будет выноситься с пеной. Изотерма смачивания поверхности альбита (рис. 1-II) свидетельствует о том, что смесь МТМЛ+ФЛОН-1 в интервале концентраций 0,2-0,4 г/дм³ в меньшей степени увеличивает смачиваемость, по сравнению с МТМЛ, что положительно для обратной флотации нефелина. Кривая изотермы адсорбции катионактивного собирателя ФЛОН-1 на поверхности альбита, свидетельствует об образовании второго адсорбционного слоя. Кривая после резкого подъема проходит через максимум и опускается до практически исходного

значения, что вызывает повторную гидрофобизацию минерала. Явление образования второго адсорбционного слоя катионным ФЛОН-1 проявляется и на поверхности гематита (рис. 1-IV). При этом избыточное количество собирателя обуславливает роль смачивателя, по отношению к ранее образованной им пленке. Это доказывает отрицательное действие избытка реагента на флотацию, что хорошо известно в практике флотационного обогащения. На изотерме смачивания поверхности гематита собирателями МТМЛ и МТМЛ+ФЛОН-1 (рис. 1-IV) видно, что при концентрациях 0,2-0,6 г/дм³ значения $\cos(\theta)$ практически одинаковы. Однако смесь МТМЛ+ФЛОН-1 в большей степени снижает гидрофильность кварца, по сравнению с МТМЛ (рис. 1-III).

В процессах флотационного обогащения на селективность разделения минералов значительное влияние оказывает флокуляция частиц. Укрупненные под действием ПАВ минеральные частицы с большей вероятностью отрываются от пузырька воздуха. Влияние концентрации собирателей на характер дифференциальных кривых распределения по размерам измельченных частиц нефелиновой фракции показано на рис. 2.

При введении реагентов происходит агрегирование частиц, образование более крупных агрегатов. При добавлении в водно-минеральную систему собирательной смеси МТМЛ+МТМХ (рис. 2, а) образуются более крупные агрегаты (до 300-700 мкм) по сравнению с МТМЛ+ФЛОН-1 (рис. 2, б). При увеличении концентрации МТМЛ+ФЛОН-1 количество мелких частиц уменьшается, а крупных увеличивается. При этом наблюдается более узкое распределение частиц по размерам (10-80 мкм).

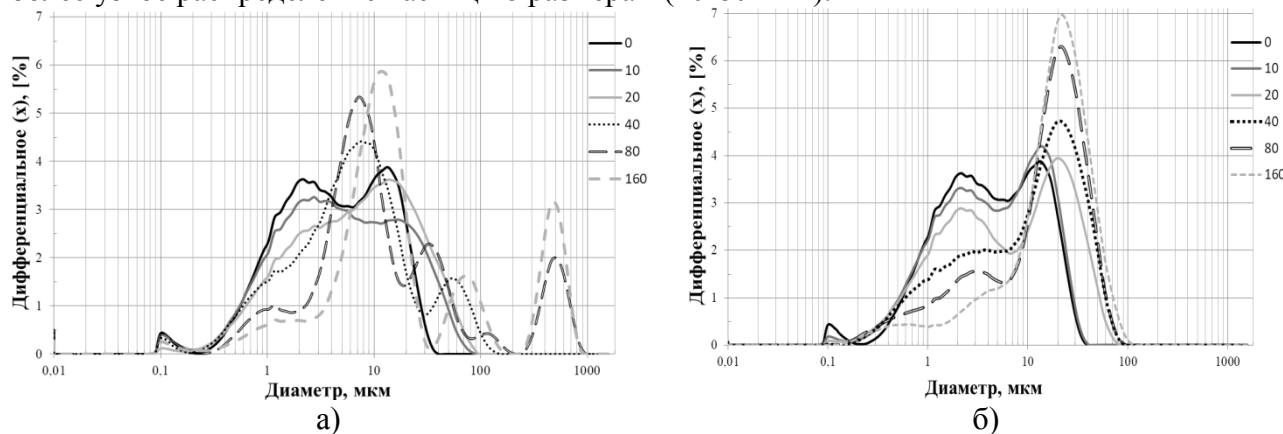


Рис. 2- Распределение частиц нефелиновой фракции по размеру без реагентов и с содержанием добавки 10, 20, 40, 80, 160 мг/дм³ соответственно: а) МТМЛ+МТМХ, б) МТМЛ+ФЛОН-1

Для объяснения потери агрегативной устойчивости при добавлении собирателей в водно-минеральную систему проведены седиментационные исследования, результаты которых представлены на рис. 3.

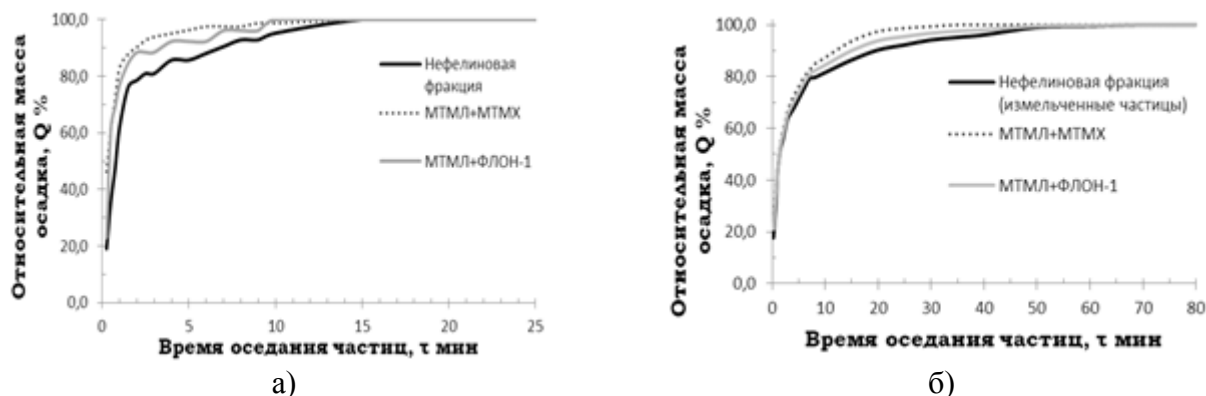


Рис. 3- Кривые седиментации нефелиновой фракции: а) не измельченной б) измельченной нефелиновой фракции

Данные седиментационных исследований подтвердили флокулирующее действие собирателей, причем характер процесса не зависит от размера частиц. Образование флоккул

тонкодисперсных частиц при введении в пульпу анионного реагента (МТМЛ, МТМХ) происходит вследствие избирательного смачивания твердых частиц апполярным реагентом, при этом снижается межфазная свободная энергия. Адсорбция реагента происходит сразу на нескольких минеральных частицах в момент их контакта. Обработка пульпы смесью МТМЛ+ФЛОН-1, также способствует флокуляции продукта, но в меньшей степени. Можно предположить, что при добавлении смеси КПАВ и АПАВ происходит закрепление на поверхности минеральных частиц мицелл, образующихся за счет сильного электростатического взаимодействия ионов ПАВ. Расклинивающее давление тонких слоев мицелл между частицами, стремится их раздвинуть, тем самым способствует ослаблению процесса флокуляции.

Для изучения электроповерхностных свойств проведены исследования ζ -потенциала, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения ζ -потенциала нефелиновой фракции

Собиратель*	Без реагента	МТМЛ	МТМЛ+МТМХ	МТМЛ+ФЛОН-1	ФЛОН-1
ζ -потенциал, мВ	-24,8	-44,4	-35,2	+44,7	+18,8

* – концентрация собирателей 200 мг/дм³

Увеличение отрицательных значений ζ -потенциала при добавлении анионактивных собирателей (таблица 3) свидетельствует об адсорбции АПАВ в слабощелочной области. Катионактивный собиратель ФЛОН-1 активно сорбируется на поверхности ПНФ, при этом адсорбция носит в основном ионный характер, что подтверждается переходом значений ζ -потенциала в положительную область (+18,8 мВ). Значение ζ -потенциала при использовании смеси МТМЛ+ФЛОН-1 гораздо выше (+44,7 мВ), по сравнению с ФЛОН-1, вероятно, это обусловлено тем, что молекулы собирателя адсорбируются не только в виде ионов, но и в виде мицелл. Ввиду большего размера мицеллы, её положительные части ближе расположены к диффузионной области.

Таким образом, флокуляция анионактивным собирателем МТМЛ и смесью МТМЛ+ФЛОН-1 происходит не за счет электрокинетического потенциала частиц по нейтрализационному механизму флокуляции. Отсутствие изоэлектрического состояния в щелочной области свидетельствует о том, что агрегация частиц нефелиновой фракции наступает за счет образования мостиковых связей между частицами с участием адсорбированных ионов и мицелл.

Заключение. Смесь МТМЛ (0,8) + ФЛОН-1 (0,2) по ряду коллоидно-химических показателей, влияющих на флотацию, положительно отличается от стандартной флотационной смеси МТМЛ (0,8) + МТМХ (0,2). Таким образом, проведенные исследования позволили обосновать перспективность использования смеси КПАВ и АПАВ в качестве собирателей для флотации нефелина, без нарушения технологического режима, принятого на обогатительной фабрике АНОФ-3, с одновременным увеличением селективности разделения минералов.

Статья подготовлена в рамках программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1. Мухина Т.Н. Повышение эффективности обратной флотации нефелина при использовании высокомолекулярных алкилбензосульфонов : Автореф. дис. канд.техн.наук. - СПб, 2004. - 20 с.
2. Shapovalov N.A., Zagorodnyuk L.H., Gorodov A.I., Shekina A.Y., Krainiy A.A. Comprehensive use of waste after beneficiation of Magnetite fraction by floatation // Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2017). Advances in Engineering Research. 2017. Vol. 133. P 766-772.
3. URL: <http://inhibitor.ru/index.php?id=54> (дата обращения: 13.08.2018).
4. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А., Крайний А.А., Городов А.И., Винцовская И.Л., Рядинский М.М. Отечественные фосфорсодержащие ПАВ – активные собиратели комплексного обогащения апатит-нефелиновых руд // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 2-8. - С. 1689-1693.

02.00.15

В.Ю. Долуда канд. хим. наук, Н.В. Лакина канд. хим. наук, Р.В. Бровко, С.П. Михайлов

Тверской государственный технический университет,
кафедра биотехнологии и химии,
Тверь, doludav@yandex.ru

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ 1,1'-БИЦИКЛОПРОПАНА КОНДЕНСАЦИЕЙ 1,3-БУТАДИЕНА И ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕОЛИТА H-ZSM-5

В статье приведены результаты исследования процесса синтеза 1,1'-бициклопропана в трубчатом реакторе путем конденсации 1,3 – бутадиена и диметилового эфира. Реакция конденсации проходила на поверхности цеолита H-ZSM-5 находящегося в реакторе. Исследование процесса синтеза 1,1'-бициклопропана в углеводороды проводилась при скорости подачи диметилового эфира $1 \text{ г}(\text{CH}_3\text{OCH}_3)/(\text{г}(\text{Кат})\text{ч})$ и скорости подачи 1,3 – бутадиена $1 \text{ г}(\text{Угл.})/(\text{г}(\text{Кат})\text{ч})$, при температуре от 150 до 300°C , при этом концентрация образовавшегося 1,1'-бициклопропана в потоке составляла 1.5-4 мас.%.

Ключевые слова: диметиловый эфир, 1,3-бутадиен, цеолит, H-ZSM-5, углеводороды, 1,1'-бициклопропан.

Введение

Малые бициклические углеводороды представляют интерес в качестве энергонасыщенных соединений органических топлив [1-3]. Раскрытие малых циклов в процессе горения способствует увеличению количества выделяемой энергии по сравнению с алифатическим и ароматическими углеводородами, содержащимися в составе традиционно применяемых органических топлив [4-5]. Основной проблемой широкого применения подобных малых алициклических углеводородов является большие затраты на их синтез, а также низкий выход целевых продуктов. В связи с чем поиск технологии получения малых алициклических соединений остается актуальной задачей современной химической технологии. Одним из возможных путей получения бициклических углеводородов является митилирование алкенов, содержащих две и более двойные связи в молекуле. При этом широко доступный изопрен может служить основным источником для получения 1,1'-бициклопропана.

Экспериментальная часть

Исследования процесса синтеза 1,1'-бициклопропана проводилось на установке, представленной на рисунке 1. В трубчатый реактор 6, заполненный цеолитом H-ZSM-5, подавался азот из баллона 14 через редуктор 1 и контроллер массового расхода 2. Для образования диметилового эфира в трубчатый реактор 6, снабжённый пятью термopарами для измерения градиента температур в слое катализатора, также подавался метанол насосом 7 с расходом $1 \text{ г}(\text{CH}_3\text{OH})/(\text{г}(\text{Кат})\text{ч})$. Для образования изопрена в реактор 12, заполненный смесью $\text{ZnO} - 35 \text{ мас. \%}$, $\text{SiO}_2 - 5 \text{ мас. \%}$, $\text{MgO} - 5 \text{ мас. \%}$, $\text{K}_2\text{O} - 1 \text{ мас. \%}$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 - 54 \text{ мас. \%}$ подавался этанол насосом 10. В последствие газовая смесь диметилового эфира и изопрена поступала в реактор 13, заполненный цеолитом H-ZSM-5, где происходит реакция образования 1,1'-бициклопропана. В дальнейшем реакционная смесь направлялась в конденсатор 15 через холодильник 9 и редуктор 8. Анализ газовой и жидкой фаз реакционной смеси проводился с использованием газового хроматографа в соответствии с ГОСТ Р 52714-2007.

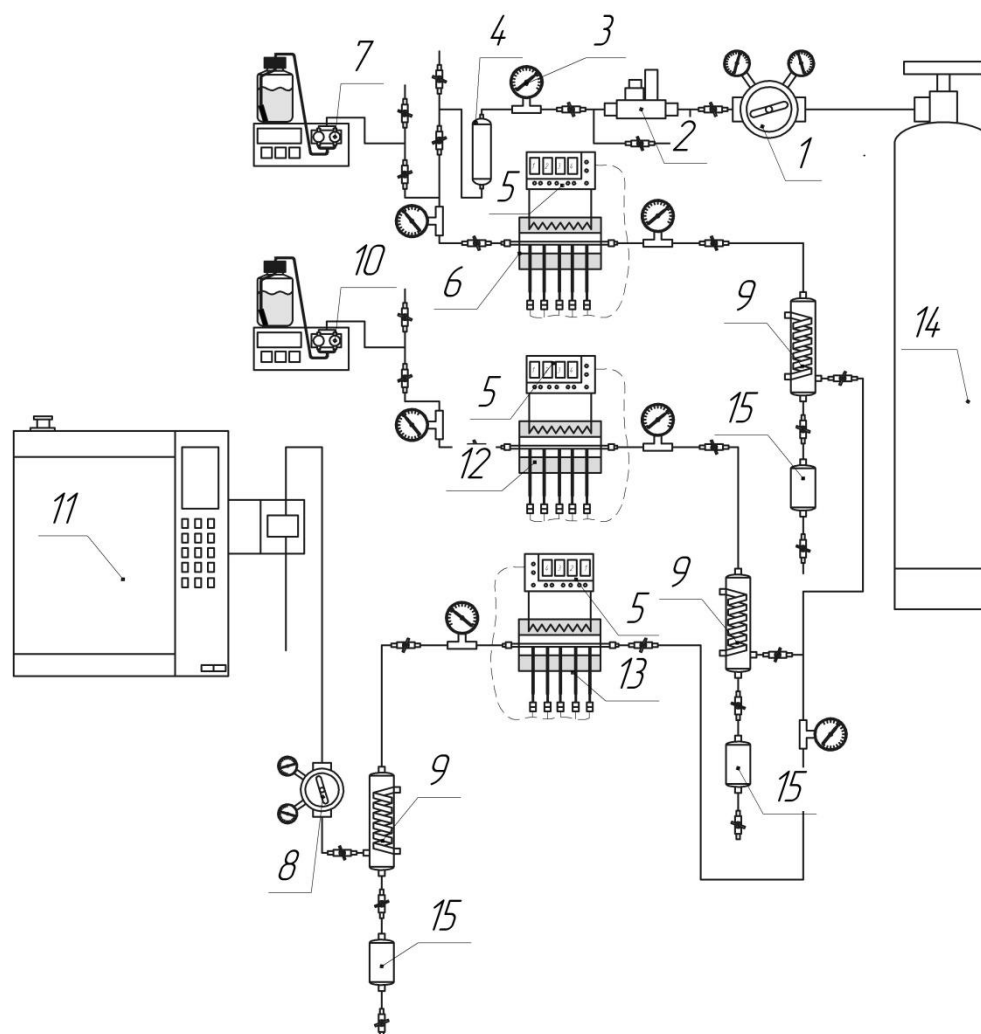


Рис. 1 - Установка каталитического трансформации метанола:

1 – редуктор азота, 2 – дозатор массового расхода азота, 3- манометр, 4 – буферная ёмкость, 5 – контроллер температуры, 6 – трубчатый реактор синтеза диметилового эфира, 7- насос для подачи метанола, 8 –редуктор реакционной смеси, 9 – холодильник, 10 – насос этанола, 11 – хроматограф, 12 – реактор синтеза изопрена, 13 – реактора синтеза 1,1'-бициклопропана, 14 – баллон с азотом, 15 – сборник фракций.

Результаты и обсуждения

Схема реакции образования 1,1'-бициклопропана приведена на рисунке 2, однако в процессе присоединения диметилового эфира возможно образование целого ряда побочных продуктов.

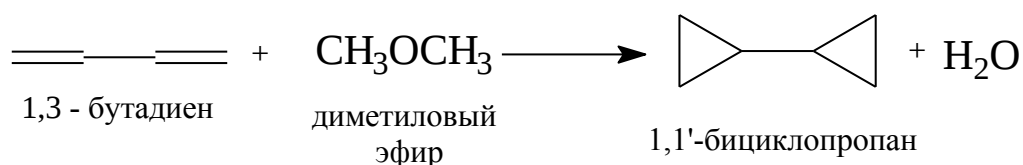


Рис. 2 - Схема образования синтеза 1,1'-бициклопропана конденсацией 1,3-бутадиена и диметилового эфира

Так в реакционной среде было идентифицировано более 25 основных углеводородов различного строения, включая напряжённые углеводороды, алканы, алкены, ароматические углеводороды. В составе напряженных соединений были обнаружены: 1,1'-бициклопропан, этиленциклопропан, этилциклопропан, пропилциклопропан, этилдиметилциклопропан, триметилциклопропан. Содержание 1,1'-бициклопропана в реакционной среде увеличивается от 1.5 мас. % до 4 мас. % в процессе реакции. При увеличении температуры от

150⁰С до 250⁰С способствует увеличению скорости образования 1,1'-бициклопропана в реакционной смеси до 32 г(Угл.)/(кг(Кат)ч), а дальнейшее увеличение температуры привело к уменьшению скорости образования 1,1'-бициклопропана до 19 мас. % г(Угл.)/(кг(Кат)ч), (Таблица 1).

Таблица 1 - Результаты тестирования каталитического процесса трансформации метанола в углеводороды в нестационарных условиях

Температура, °С	W _{обр} (1,1'-бициклопропана), г(Угл.)/(кг(Кат)ч)	Конверсия диметилового эфира, %	Конверсия изопрена, %
150	15	5	2
200	24	12	8
250	32	24	12
300	19	32	24

При этом также наблюдаемая конверсия диметилового эфира и изопрена увеличивались до 32% и 24% соответственно. Уменьшение содержания 1,1'-бициклопропана в реакционной среде при повышении температуры до 300 °С связано с его разложением при высокой температуре.

Выводы

Проведенные эксперименты показали возможность образования 1,1'-бициклопропана при взаимодействии изопрена и диметилового эфира. Содержание 1,1'-бициклопропана в реакционной среде варьировалось от 1.5 до 4 мас. % в зависимости от условий проведения процесса. Максимально достигнутая скорость образования 1,1'-бициклопропана составили 32 г(Угл.)/(кг(Кат)ч) при 250 °С и скоростях подачи диметилового эфира 1 кг(Реагента)/(кг(Кат)ч).

Благодарности

Работы проведены в соответствии с грантом РФФИ 17-08-00568.

Список литературы

1. Meijere A., Kozhushkov S., Schill H. Three membered ring based molecular architectures Chem. Rev. 2006, N106, P 4926-4996.
2. Lukin K., Kozhushkov S., Andrievsky A., Ugrak B., Zefirov N.J. Synthesis of branched triangulanes Org. Chem. 1991, N56, P 6176-6179.
3. Haw J., Nicholas J., Song W., Deng F., Wang Z., Xu T., Heneghan C. J. Roles for cyclopentenyl cations in the synthesis of hydrocarbons from methanol on zeolite catalyst HZSM-5 Am. Chem. Soc. 2000, N122 P, 4763-4775.
4. Ramazanov I.R., Kadikova R.N., Zosim T.P., Nadrshina Z.I., Usein M. Dzhemilev U.M., Cyclopropanation of [2,2']biadamantylidene with Me₃Al-CH₂I₂ reagent, Mendeleev Communications, 2016 V. 26, Iss. 5, 2016, P. 434-436, DOI: 10.1016/j.mencom.2016.09.024.
5. Yashin N.V., Averina E.B., Gerdov S.M., Kuznetsova T.S., Zefirov N.S., Catalytic cyclopropanation of methylenecyclobutanes using ethyl nitrodiazoacetate. Synthesis of spirohexane amino acids, Tetrahedron Letters, 2003 V. 44, Iss. 45, Pages 8241-8244, DOI: 10.1016/j.tetlet.2003.09.083.

02.00.00

Г.Е. Кокиева д-р техн. наук, А.И. Павлова д-р ветеринар. наук

Якутская ГСХА

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ВСКАРМЛИВАНИЯ ЖИВОТНЫМ

Качество корма и характер кормления оказывают непосредственное влияние на пищеварительную систему животных, рост и развитие молодняка, воспроизводство и совершенствование пород и типов животных. Установлено, что нельзя создать высокопродуктивные породы животных или сохранить ценные качества животных без правильного полноценного кормления. Чтобы целенаправленно использовать в практике животноводства такое могучее средство воздействия на животных, как кормление, необходимо знать химический состав кормов и физиологическое значение всех питательных веществ, содержащихся в них.

Ключевые слова: профилактика заболеваний, фармакологическое действие, физиологические процессы, питание.

Полноценное кормление — один из основных факторов в профилактике незаразных болезней, нарушений функций воспроизводства, повышения резистентности организма к внешним воздействиям. Химический состав является первичным показателем питательности кормов. Более полное представление о питательности кормов можно получить только путем изучения действия корма на организм животного. В животноводстве восстановление нарушенных физиологических процессов осуществляется комплексом зоотехнических и ветеринарных мероприятий, в котором большое место занимает рациональное использование лекарственных веществ. На данный момент есть возможность борьбы с заболеваниями животных главным образом путём добавления в рацион сельскохозяйственным животным кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами. Предлагается технология создания высокопродуктивного штамма кормового белка, в основе процессов приготовления которого лежит совокупность сложнейших изменений сырья под воздействием микроорганизмов. На рис.1 представлена схема получения кормового белка. На рис. 2 изображена поэтапность технологичности получения кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами.

В табл.1 представлены данные культивирования.

Таблица 1-Данные культивирования

Показатели							
№п/ п	Время культивиров ания	$\mu_{\max}$		Накопление биомассы, млрд/мл		Минималь ное время генерации $g_{\min}$, час	Количество глюкозы за время культивирова ния, мл
		Оптичес кая плотнос ть	Количество жизнеспособ ных клеток	Оптичес кая плотнос ть	Количество жизнеспособ ных клеток		
1-Инструктивный режим 2-Экспериментальный режим							
1	12	1,2±0,01	0,89±0,0035	5,0±0,15	4,79±0,01	0,59±0,1	34,9
2	10	1.1±0.07	0.96±0.049	6.2±0.2	5.89±0.21	0.69±0.01	35.8

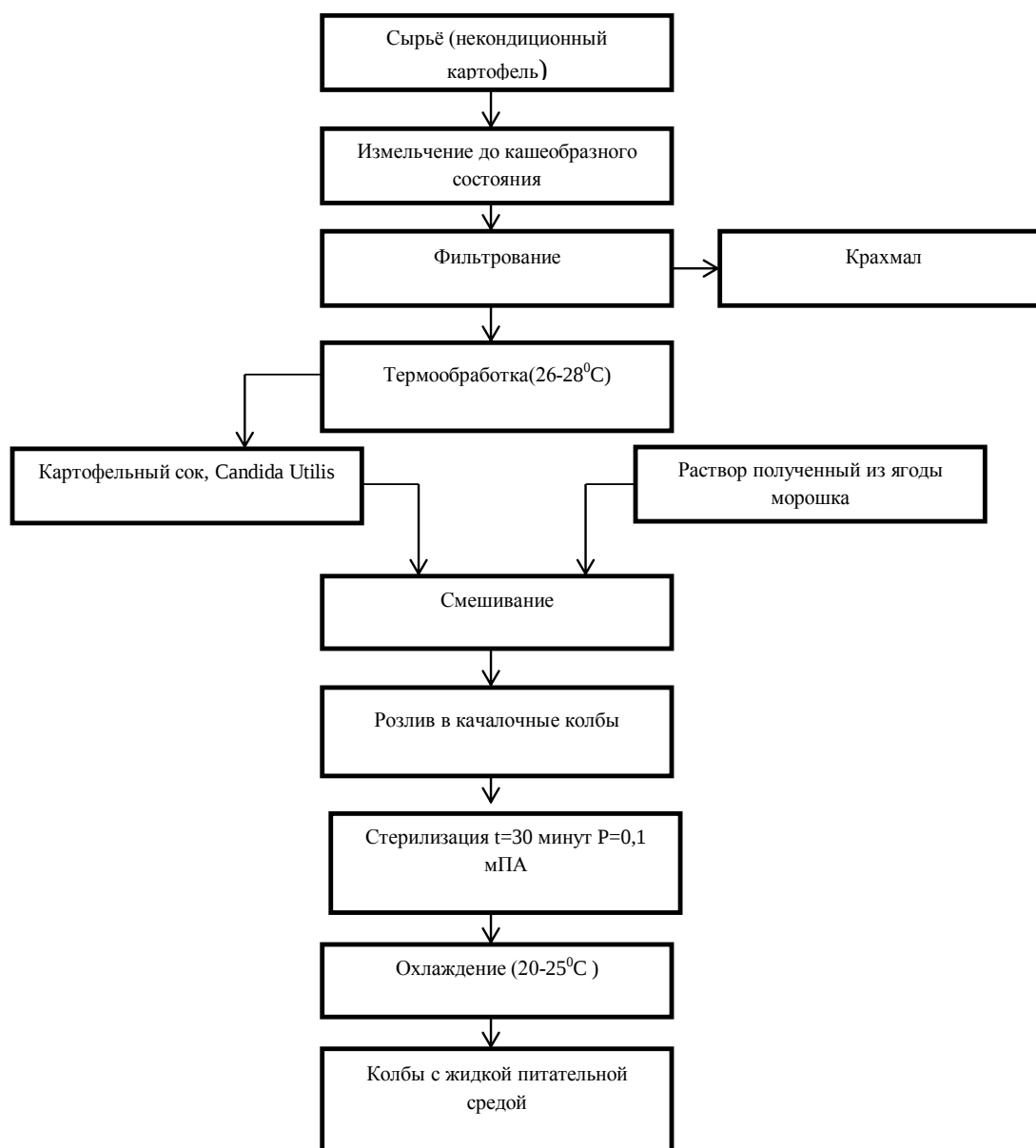


Рис. 1 – Технологическая схема подготовки питательной среды на картофельном соке

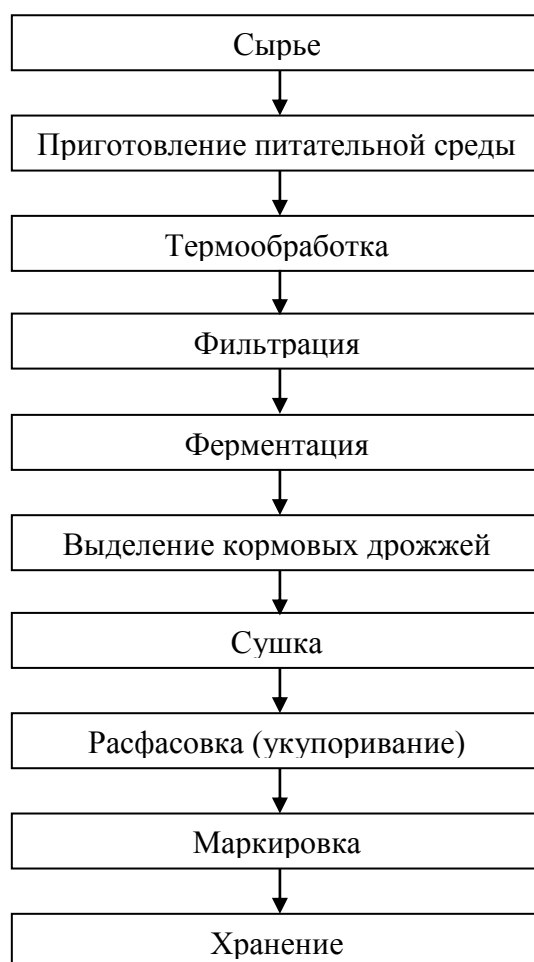


Рис. 2- Этапы получения кормового белка

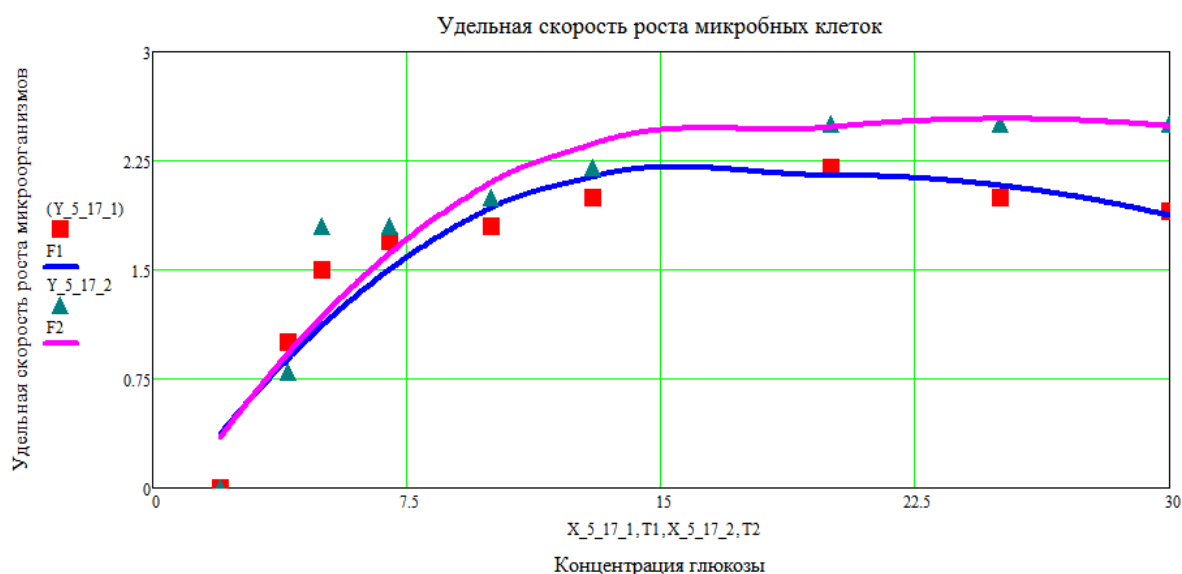


Рис. 3. Удельная скорость роста микробных клеток

Химический состав кормов и тела животного очень разнообразен, но анализ показывает, что принципиальных различий по набору органических и минеральных соединений в их составе нет, но отмечается значительная разница в концентрации отдельных элементов. Рациональное кормление — важнейший фактор направленного воздействия на продуктивность животных, повышение качества при наименьших затратах на ее получение

Список литературы

1. Кокиева, Г.Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования. Сб. Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. – Новосибирск. – 2013.
2. Кокиева, Г.Е. О производстве кормовых дрожжей // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». - Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006г.
3. Кокиева, Г. Е. Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья в ферментаторе новой конструкции / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : матер. IV междунар. конф. : сб. науч. тр. – Новосибирск, 2008. – С. 1.
4. Кокиева, Г. Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона: матер. III Регион. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 39-42.
5. Кокиева, Г. Е. Система автоматизации регулирования работоспособности оборудования (аппарат для культивирования микроорганизмов): монография / Г. Е. Кокиева, И. Б. Шагдыров, Ю. А. Шапошников – Барнаул , 2016. – 116 с.

02.00.00

Г.Е. Кокиева д-р техн. наук, А.И. Павлова д-р ветеринар. наук

Якутская ГСХА

**ДОБАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОН ЖИВОТНЫМ
В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Продуктивность животных находится в полной зависимости от состояния в хозяйстве кормовой базы, то есть от способности обеспечить животных кормами с учетом их продуктивности и возраста. Корма играют решающую роль не только как основной источник продуктивности животных, но и в значительной степени характеризуют эффективность производства отрасли, так как более 50% затрат ложится именно на кормление. Технология может быть использована для уменьшения заболеваемости животных в зимний период кормления в условиях Крайнего Севера.

Ключевые слова: *заболеваемость, кормление, добавка, технология, развитие, макроэлементы, рацион.*

В течение многих веков человечество стремилось получить от рогатого скота и домашних птиц как можно более качественное мясо и другие продукты питания. Для этого скотине обеспечивали выпас в местах, богатых растительным кормом, и запасали фураж на зиму. Острая необходимость преодоления белкового дефицита при кормлении животных стимулирует дальнейшие исследования по увеличению производства белка. Одним из ресурсов является производство кормового белка с помощью микробиологического синтеза. В животноводстве восстановление нарушенных физиологических процессов осуществляется комплексом зоотехнических и ветеринарных мероприятий, в котором большое место занимает рациональное использование лекарственных веществ. На данный момент есть возможность борьбы с заболеваниями животных помимо использования лекарственных средств путём добавления в рацион сельскохозяйственным животным кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами. Технический прогресс дал людям новые инструменты повышения качества мяса – специальные добавки, обогащенные микроэлементами и витаминами, благотворно действующими на здоровье животных. Вместе с сезонами года в организме животных происходят физиологические изменения, которые ведут к тому, что в зимний период олени поедают практически все корма, которые применяются в скотоводстве. Кормовые добавки необходимы вольерным оленям, поскольку они в отличие от диких животных лишены возможности перемещаться на большие расстояния в поисках необходимых для их полноценного развития микроэлементов и витаминов. Микробная биомасса может быть хорошей белковой добавкой для домашних животных. При выборе микроорганизма учитывают удельную скорость роста и выход биомассы на данном субстрате, стабильность при поточном культивировании, величину клеток. Обобщенная информационная оценка современного состояния исследований в области микробиологического производства белково - витаминного комплекса (БВК) показала необходимость системного подхода к разработке технологии и технического обеспечения производственных объектов, обеспечивающих выполнение запланированных объемов производства с хорошим качеством и соблюдением технологических требований.

Процесс микробного синтеза состоит из различных технологических операций, основная масса из которых проходит при подводе кислорода. Кислород играет большую роль при производстве кормового белка, так как при его наличии происходит рост микробного белка и его интенсификация.

Предусматривается введение в рацион биологически активной добавки обладающей фармакологическими действиями. (рис.1).

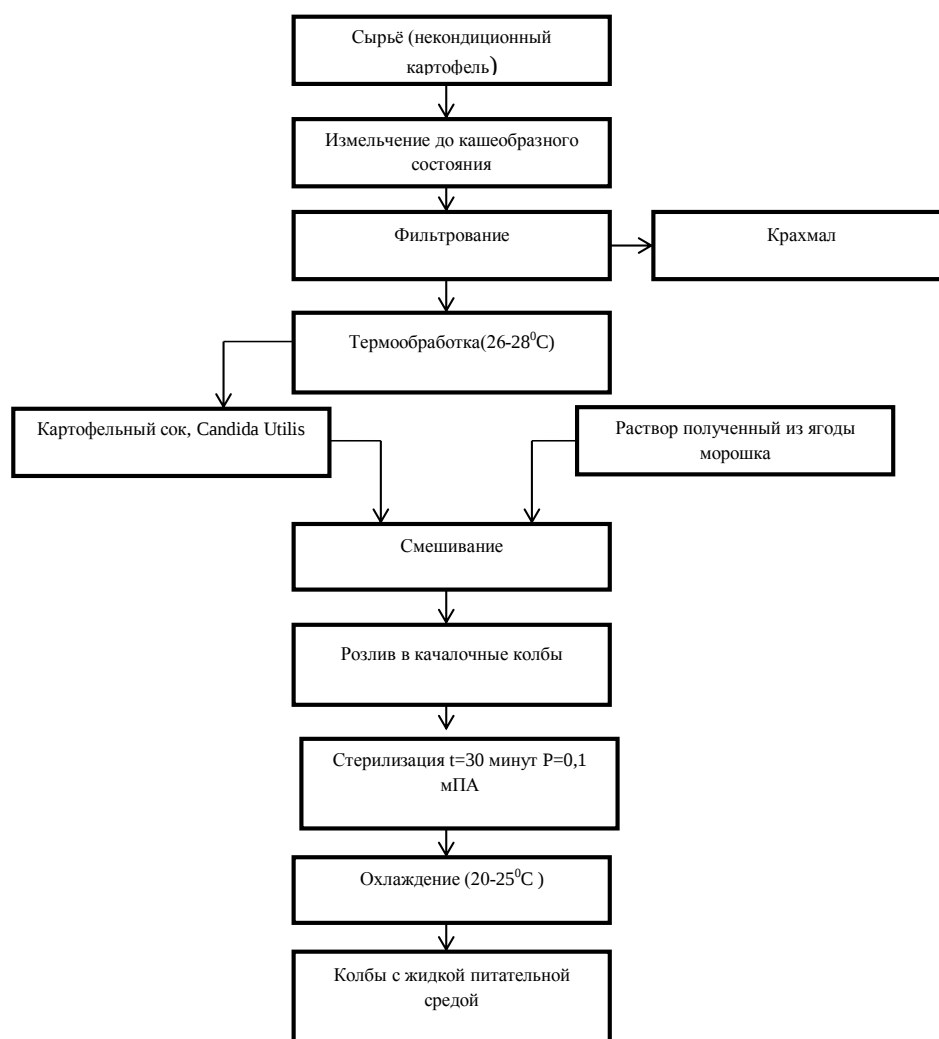


Рис. 1 – Технологическая схема подготовки питательной среды на картофельном соке

Технология получения БАВ включает в себя несколько этапов: - подготовка питательной среды, термообработка, фильтрация, ферментация, выделение, сушка, расфасовка, маркировка.

Данная технология предусматривает введение в рацион животных эффективного количества аминокислот, макро-и микроэлементов не только для улучшения физиологического состояния, но и для улучшения прироста живого веса, роста и качества шерсти. В качестве сырьевой базы применяют измельченную траву серпухи венценосной, собранной во время цветения, в дозе 80 мг/кг.

В условиях Крайнего Севера по сравнению с более благоприятными природно-климатическими зонами разведение интенсивных пород сельскохозяйственных животных требует повышенных энергетических и финансовых затрат на коррекцию условий среды обитания. Одним из путей решения данной проблемы может являться использование в рационах животных природных или искусственных добавок, адаптогенов, уменьшающих восприимчивость животных к стрессовым условиям содержания.

Список литературы

1. *Кокиева, Г.Е.* О производстве кормовых дрожжей // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». - Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006г.
2. *Кокиева, Г. Е.* Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья в ферментаторе новой конструкции / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : матер. IV междунар. конф. : сб. науч. тр. – Новосибирск, 2008. – С. 1.
3. *Кокиева, Г. Е.* Пат. 2580160 Российская федерация, МПК А 23 К 10/12, А 23 К 10/37. Способ приготовления кормовых дрожжей / Кокиева Г. Е., Шагдыров И. Б., Шагдыров Б. И., Болохоев В. С. ; Заявитель и патентообладатель Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. – № 2014127112/13 ; заявл. 02.07.14 ; опубл. 10.04.16, Бюл. № 10. – 7 с. : ил.
4. *Кокиева, Г. Е.* Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья в ферментаторе новой конструкции / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : Матер. IV междунар. конф. :Сб. науч. тр. – Новосибирск, 2008. – С. 1.
5. *Кокиева, Г. Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизма / Г. Е. Кокиева // Сб. научн. тр. Матер. росс. науч.-техн. конф. «Информатика и проблемы телекоммуникаций». – Новосибирск, 2013. – С. 233-234.

02.00.00

¹И.А. Савватеева, ²П.Н. Федорова канд. биол. наук

Якутская ГСХА,

¹кафедра «Прикладная механика»,²кафедра «Физиология сельскохозяйственных животных и экологии»**ПЕРЕРАБОТКА НАВОЗА ПУТЁМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА**

Переработка навоза является одной из решения задач в переработке сельскохозяйственной продукции. Процесс микробного синтеза состоит из различных технологических операций, основная масса из которых проходит при подводе кислорода. Кислород играет большую роль при производстве кормового белка, так как при его наличии происходит рост микробного белка и его интенсификация. Ферментатор является основным аппаратом любого микробиологического производства и в значительной степени определяет его экономическую эффективность.

Ключевые слова: бактерии, переработка, навоз, оборудование, удобрение, микробный синтез, утилизация.

Отходы жизнедеятельности животных — прекрасный источник полностью натуральных компонентов, повышающих плодородность почвы, также есть возможность получения кормового белка из навоза переработанного путём микробного синтеза. Но только в случае использования переработанного определенным образом «продукта». Именно бактерии для переработки обеспечат процессы, которые со временем превратят навоз в полноценное удобрение органического происхождения, а также как сырьё, из которого можно получить экологически чистый продукт.

Современные фермеры для утилизации экскрементов широко используют самые разнообразные препараты на основе селекций бактерий. Такая биологическая добавка не только убыстряет процесс переработки исходного сырья, но и позволяет сохранить по-максимуму полезные вещества. На рис.1 представлена технологическая схема переработки навоза путем микробного синтеза. В табл.1 приведены технические характеристики оборудования микробиологического синтеза.

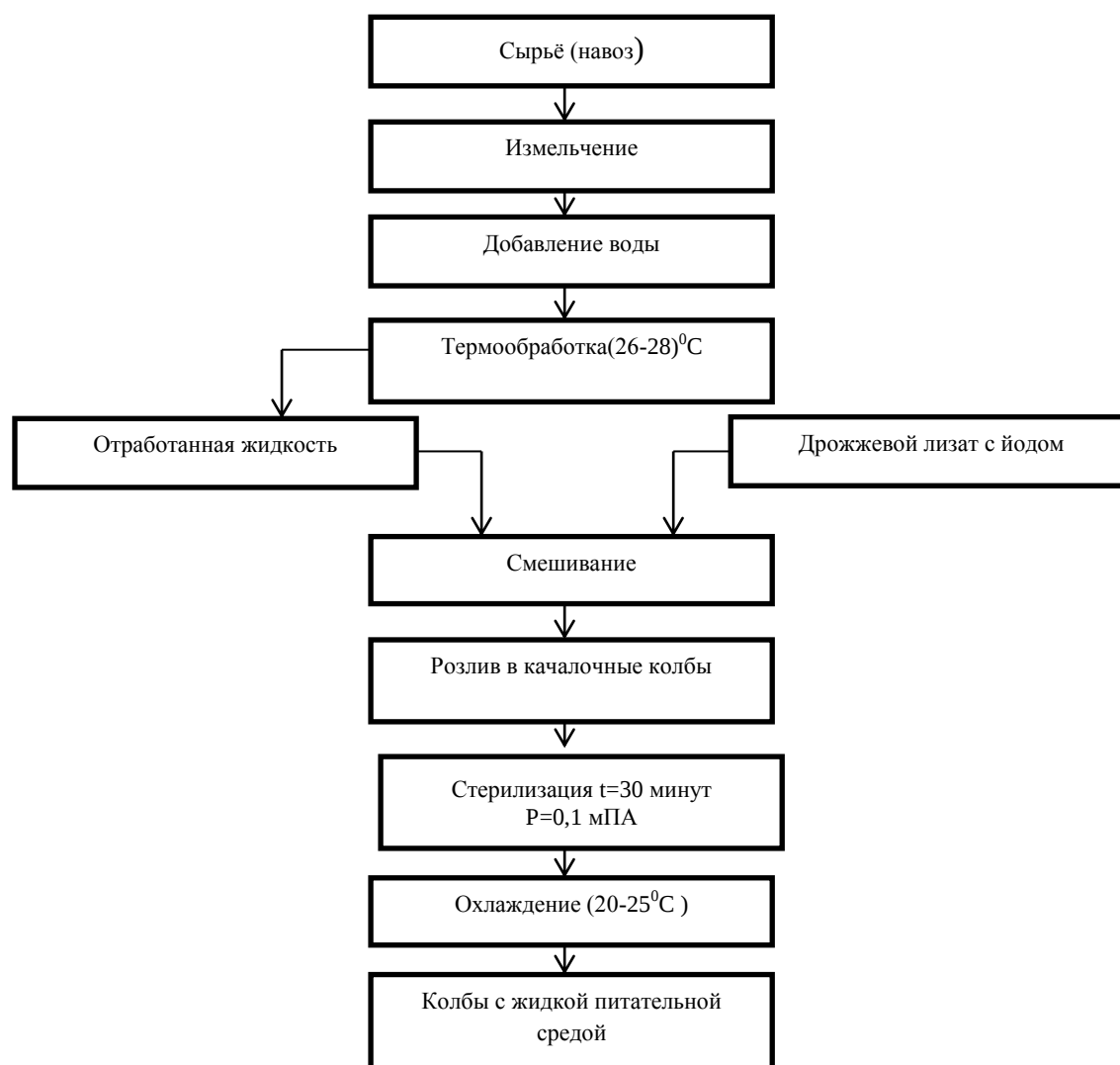


Рис. 1. Технологическая схема подготовки питательной среды на картофельном соке

Таблица 1- Технические характеристики оборудования микробиологического синтеза

№ п/п	Наименование	Техническая характеристика
1	Ферментаторы с подводом энергии с газовой фазой (группа ФГ)	Общим признаком этих аппаратов является ввод энергии в аппарат с газовой фазой, которая является ее носителем. В таблице 2 на рисунках показаны схемы основных конструкции аппаратов данной группы
2	Ферментаторы с подводом энергии с жидкой фазой (группа ФЖ)	Характерным признаком аппаратов является ввод энергии в аппарат с жидкой фазой.
3	Ферментаторы с самовсасывающими мешалками (подгруппа ФЖСМ)	Поступление воздуха в аппарат осуществляется за счет разрежения, возникающего в воздушной камере мешалки, которая с одной стороны соединяется воздухопроводом с атмосферой, а с другой-жидкостью, отбрасываемой лопатками мешалки.
4	Ферментаторы эжекционные подгруппа (ФЖЭ)	Достоинством аппаратов является возможность рецикла газовой фазы, что особенно становится существенным в случае использования в качестве сырья природного газа и при аэрации среды чистым кислородом или воздухом с повышенным содержанием кислорода. Недостаток-

		необходимость применения специальных насосов для перекачивания газосодержащих культуральных сред
5	Ферментаторы струйные (подгруппа ФЖС)	Характерная особенность данных аппаратов-наличие внешнего циркуляционного контура, включающего насос, эжекционное устройство (одно или батарею) и систему циркуляционных трубопроводов
6	Ферментаторы с подводом энергии с жидкой и газовой фазой (группа ФЖГ)	Основным конструктивным элементом является перемешивающее устройство, обеспечивающее высокую интенсивность растворения кислорода и высокую степень диспергирования газа, нерастворимых субстратов и гомогенизации среды.
7	Ферментаторы с перемешивающими устройствами (подгруппа ФЖГМ)	Перемешивающее устройство таких аппаратов выполняется в виде вала, с установленными на нем одной или несколькими мешалками. Под нижней мешалкой у днища обычно размещается газораспределитель, который может быть как вращающимся, так и неподвижным. Внутри аппарата располагают циркуляционные стаканы и теплообменники.
8	Ферментаторы комбинированные (ФЖГК)	Характерным признаком этих аппаратов является подвод энергии к жидкой фазе одновременно мешалкой и насосом или только насосом. Воздух в аппарат подается обычным способом. В таблице 5 на рисунках показаны некоторые типичные конструкции аппаратов этой подгруппы.

Предлагается оборудование для переработки навоза путём микробного синтеза с новым перемешивающим устройством (рис.1) в виде трёхъярусной конструкции, состоящей из верхней, центральной и нижней мешалок (по пат №2565557), новым подводом аэрирующего кислорода в культуральную смесь через полый вал (патент №58534).

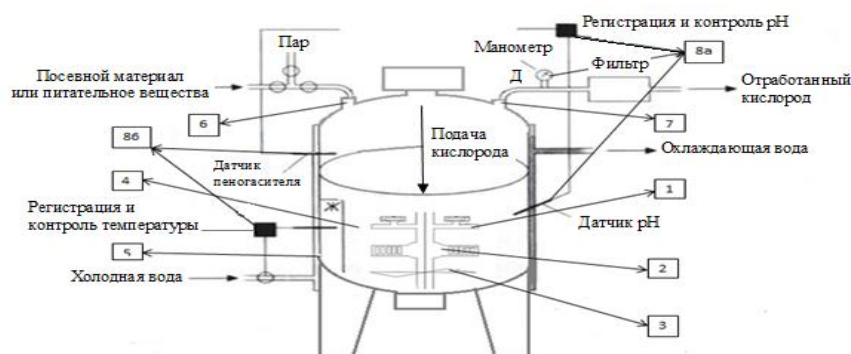


Рис. 2. Принципиальная схема лабораторной ферментационной установки:

1 – верхняя лопатка мешалки; 2 – средняя лопатка; 3 – нижняя лопатка; 4 – корпус; 5 – охлаждающая рубашка; 6 – трубопровод подачи питательных веществ; 7 – трубопровод выпуска отработанного кислорода с манометром; 8 – нижняя мешалка; 9 – выгрузной патрубок; 10 – основание; 11, 12 – патрубки; 13 – редуктор

Эффективность использования навоза может быть выше, если применять специальные бактерии. Тогда существует возможность расширить спектр применения сырья и улучшить его качественные показатели многократно. Правильное использование навоза помогает увеличить продуктивность всего питомника на 40-70%. Учитывая низкую стоимость биопрепаратов и минимальное вложение в переоборудование, стоит ожидать еще более широкое распространение подобной технологии в ближайшее время.

Список литературы

1. Батищев А.Н. Методологические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1992.-№ 9.-с.30-31.
2. Безрядина Г.Н. Синтез алгоритмов управления в условиях конкурентного взаимодействия популяций микроорганизмов: (На прим. дрожжевого производства). Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.16, 05.13.07. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 16 с.
3. Кокиева, Г. Е. Пат. 2580160 Российская федерация, МПК А 23 К 10/12, А 23 К 10/37. Способ приготовления кормовых дрожжей / Кокиева Г. Е., Шагдыров И. Б., Шагдыров Б. И., Болохоев В. С. ; Заявитель и патентообладатель Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. – № 2014127112/13 ; заявл. 02.07.14 ; опубл. 10.04.16, Бюл. № 10. – 7 с. : ил.
4. Кокиева, Г. Е. Методика лабораторных и производственных исследований в экспериментальной установке / Г. Е. Кокиева // Проблемы развития современной науки : Сб. науч. статей по матер. I Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь, 2016. – С. 45-48.
5. Левич, В. Г. Физико-химическая гидродинамика / В. Г. Левич. – Москва : Наука, 1960. – 538 с.

02.00.00

¹Г.Е. Кокиева д-р техн. наук, ²П.Н. Федорова канд. биол. наук

Якутская ГСХА,

кафедра «Прикладная механика»,

²кафедра «Физиология сельскохозяйственных животных и экологии»

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА ПУТЁМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

Анализ существующих аппаратов с механическими перемешивающими устройствами и их элементов показал многообразие конструкций, которые имеют достоинства и недостатки. Разработка оборудования новой конструктивной особенности дает возможность провести процесс микробного синтеза в экологически чистых условиях.

Ключевые слова: перемешивающее устройство, переработка, навоз, аппарат, удобрение, микробный синтез, принципиальная схема

Микробиологический синтез следует отличать от брожения, в результате которого тоже получают различные продукты микробного обмена (например, спирты, органические кислоты), но преимущественно за счёт распада органического вещества [1,2,4]. Переработка навоза считается ключевым моментом в переработке отходов сельского хозяйства. В состав навоза входят компоненты, которые обеспечивают питание растениям, улучшают физико-химические свойства почвы, её структуру. Переработку навоза путем микробного синтеза можно осуществлять в аппарате для культивирования микроорганизмов. В табл.1 приведены типы ферментаторов с перемешивающим устройством. При микробиологическом синтезе, как и любом органическом синтезе, сложные вещества образуются из более простых соединений [1,3].

Таблица 1 -Ферментаторы с перемешивающими устройствами (подгруппа ФЖГМ)

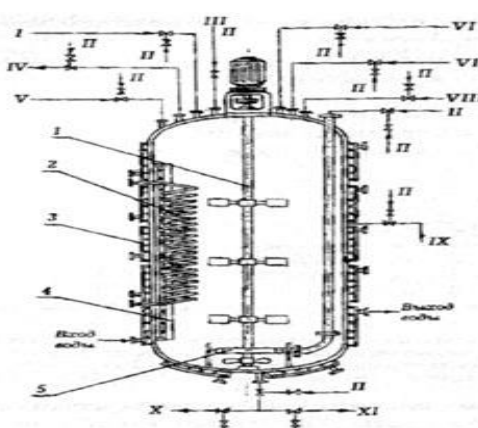
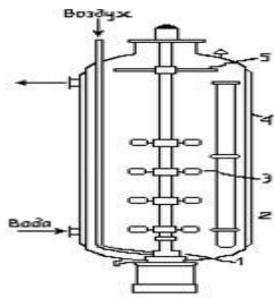
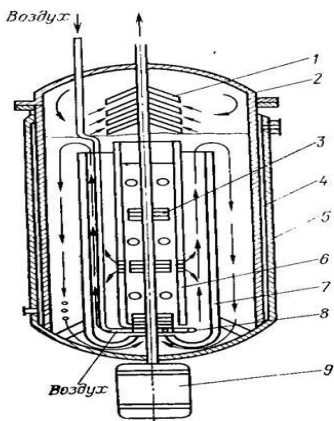
	1 — турбинная трсхярусная мешалка; 2 — охлаждающий змеевик; 3 — секционная рубашка; 4 — отражательная перегородка; 5-барботер. П-пар); I—XI — материальные и вспомогательные трубопроводы с запорно-регулирующими устройствами (I — посевная линия. I —подача стерильного сжатого воздуха. III — подача пара, IV — удаление отработанного воздуха. V — загрузочная линия, VI — линия введения добавок, VII подача пеногасителя, VIII — подача моющего раствора. IX — пробоотборник. X -выдача продукта, XI — выдача в канализацию через нижний спуск).
---	---

Рис. 1. Ферментер периодического действия

 Рис. 2. Ферментер с механическим перемешиванием	1 – барботер; 2 - отрагательная перегородка; 3 – мешалка; 4 - рубашка; 5 - пеногаситель.
 Рис. 3. Ферментатор Фогельбуш	1 – механический пеногаситель; 2 – крышка; 3 – перемешивающее устройство; 4 – корпус; 5 – рубашка; 6 – диффузор; 7 – цилиндр; 8 – барботер; 9 – привод перемешивающего устройства.

На рисунке 1 приведён чертеж ферментатора, а на рисунке 2 – принципиальная схема для производства кормовых дрожжей в условиях сельскохозяйственных предприятий (патент на полезную модель № 58534).

Реактор работает следующим образом. Питательная смесь вместе с дрожжевым автолизатом и с солями, необходимыми для культивирования кормовых дрожжей вносится через питательный патрубок 11. Одновременно с вращением мешалок, которые приходят в движение от работы электро-двигателя, вводится воздух через полый вал 2. Засекается время куль-тивирования. Производятся необходимые замеры. По окончании культиви-рования выключается электродвигатель, и останавливается работа фермента-тора. На валу 2 расположены верхняя 5, затем центральная 7 и под ней – нижняя 8 мешалки.

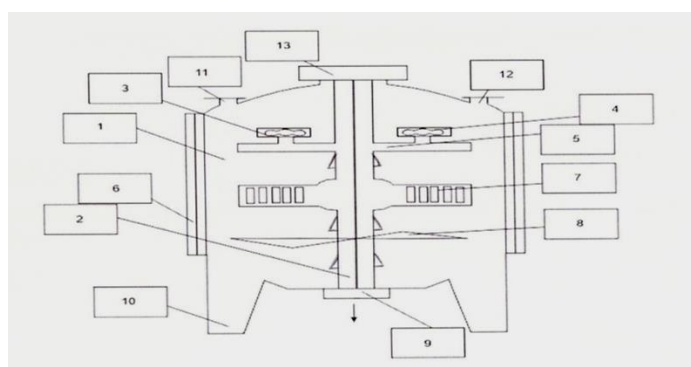


Рис. 4 . Принципиальная схема реактора:

1-корпус; 2-вал; 3- лопатки; 4-прорезы в лопатках; 5-мешалка верхняя; 6-рубашка теплообменная; 7-цент-ральная мешалка; 8-нижняя мешалка; 9- выгрузной патрубок; 10 – основание; 11,12-патрубки; 13-редуктор;

Действие по борьбе с пенообразованием происходит следующим образом. При вращении вала начинает вращаться и сама мешалка. По всей поверхности диска в радиальном направлении устроены Т-образные лопасти с прорезями, которые при вращении перемешивающего устройства верхними козырьками разбивают внешнюю оболочку пенных пузырьков, обеспечивая её гашение. Одновременно Т-образные лопасти с прорезями выполняют функцию перемешивания. Центральная мешалка представляет собой прямоугольную пластину, боковые стороны которой имеют продольные прорезы для прохода частичек жидкости. Нижняя мешалка выполнена в виде пропеллера, имеющего перфорированные отверстия для выхода воздуха, позволяющего проводить качественное перемешивание с предотвращением оседания частиц на дно ферментатора. В результате интенсивного перемешивания частицы продукта легко поднимаются со дна аппарата и поднимаются в зону интенсивного перемешивания по всему объёму ферментатора.

В целях создания равномерного давления, соответственно, равномерного потока воздуха, в центральной части вала имеется ограниченное количество выходных отверстий, то оно возрастает по мере приближения к концу выходной кромки вала.

В поисках решения проблемы обеззараживания и утилизации больших масс органических отходов животноводства все более широко применяются интенсивные методы, основанные на управляемых биологических и биохимических процессах. Технология утилизации выгодна, ввиду применения технологии микробного синтеза в оборудовании микробного синтеза и технически целесообразна и требует внедрения в сельскохозяйственное производство.

Список литературы

1. Батищев, А.Н. Методологические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1992.-№ 9.-с.30-31.
2. Безрядина, Г.Н. Синтез алгоритмов управления в условиях конкурентного взаимодействия популяций микроорганизмов: (На прим. дрожжевого производства). Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.16, 05.13.07. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 16 с.
3. Кокиева, Г. Е. Пат. 2580160 Российская федерация, МПК А 23 К 10/12, А 23 К 10/37. Способ приготовления кормовых дрожжей / Кокиева Г. Е., Шагдыров И. Б., Шагдыров Б. И., Болохоев В. С. ; Заявитель и патентообладатель Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. – № 2014127112/13 ; заявл. 02.07.14 ; опубл. 10.04.16, Бюл. № 10. – 7 с. : ил.
4. Кокиева, Г. Е. Методика лабораторных и производственных исследований в экспериментальной установке / Г. Е. Кокиева // Проблемы развития современной науки : Сб. науч. статей по матер. I Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь, 2016. – С. 45-48.
5. Левич, В. Г. Физико-химическая гидродинамика / В. Г. Левич. – Москва : Наука, 1960. – 538 с.

02.00.00

А.И. Павлова д-р ветеринар. наук

Якутская ГСХА

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ШТАММА КОРМОВОГО БЕЛКА ОБЛАДАЮЩЕГО ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Обеспечение населения полноценными продуктами питания (молоком и мясом) в экономике любого региона занимает особое место и напрямую связано с развитием сельскохозяйственного (аграрного) производства, и в частности, промышленного животноводства. Преодоление кризиса в животноводстве северных территорий России зависит не только от сохранения и увеличения численности животных, но и от уровня заболевания животных в зимний период времени.

Ключевые слова: кормление, фармакологическое действие, кормовая ценность, вкусовая ценность, питание.

Добавление в корма белково-витаминного концентрата обладающего фармакологическим действием-одно из решении уменьшения заболевания животных в период кормления в условиях крайнего севера. Организация полноценного кормления животных основана на знании их потребности в различных питательных веществах, витаминах, минеральных веществах и ценности определенного корма питания животных. Полноценность кормления обуславливается наличием в рационах определенного количества энергии и питательных веществ в соответствии с потребностями животных.

Недостаток общей энергии в рационе снижает темпы роста молодняка и продуктивность взрослых животных. Дефицит протеина приводит к снижению молочной, мясной, шерстной и яичной продуктивности, т.к. протеин – это единственный и незаменимый источник аминокислот для синтеза белка животного происхождения. Недостаток жира в рационе снижает усвоение жирорастворимых витаминов. Незаменимые жирные кислоты – линолевая, арахидоновая и линоленовая непосредственно контролируют усвоение витаминов А, Д, Е и К. Избыток жира приводит к ожирению животных и получению продукции низкого качества. Углеводы обеспечивают 70% потребности животных в энергии. Их недостаток также снижает уровень продуктивности, а избыток приводит к ожирению. Уровень минеральных веществ в рационе влияет на синтез и состояние костяка и зубов животных, поддерживает в норме осмотическое давление в жидкостях. Микроэлементы играют значительную роль в кроветворении (железо, медь, кобальт) и нормальной работе желез внутренней секреции (йод, цинк) [1,2,5]. Витамины не выполняют в организме ни пластической и энергетической функции: они регулируют весь обмен веществ, причем в ничтожно малых количествах. Их источниками являются кормовые средства и только у жвачных животных микрофлора преджелудков синтезирует витамины группы В и незаменимые аминокислоты. Недостаток витаминов приводит к гипо- и авитаминозам. В масштабах производства проблема микроминерального и витаминного питания решается за счет витаминно-минеральных премиксов. Предлагается технология создания высокопродуктивного штамма кормового белка, в основе процессов приготовления которого лежит совокупность сложнейших изменений сырья под воздействием микроорганизмов. Дрожжи получают технологическим путём, который сопровождается биохимическими, механическими и тепловыми изменениями в клетке, и в самой питательной среде в процессе культивирования. Все схемы по получению кормового белка носят аналогичный характер и предусматривают выполнение в несколько стадий: получение питательной среды, подогрев и отделение крахмала, ферментация, расфасовка, укупоривание, маркировка, хранение [3,4].

Вкусовую, питательную и фармакологическую ценность и, соответственно, повышенный выход биомассы мы осуществляем рациональным выбором инокулята. Так как от содержания в составе инокулята витаминов, макро –и микроэлементов зависит конечный состав питательных веществ и придают дрожжам фармакологические свойства. Добавление раствора морошки придаст дрожжам фармакологические свойства. Ягода содержит лимонную, яблочную кислоты, пектиновые и дубильные вещества, сахар, витамин А, соли калия и магния. На рис.1 представлена схема получения кормового белка. На рис. 2 изображена поэтапность технологичности получения кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами.

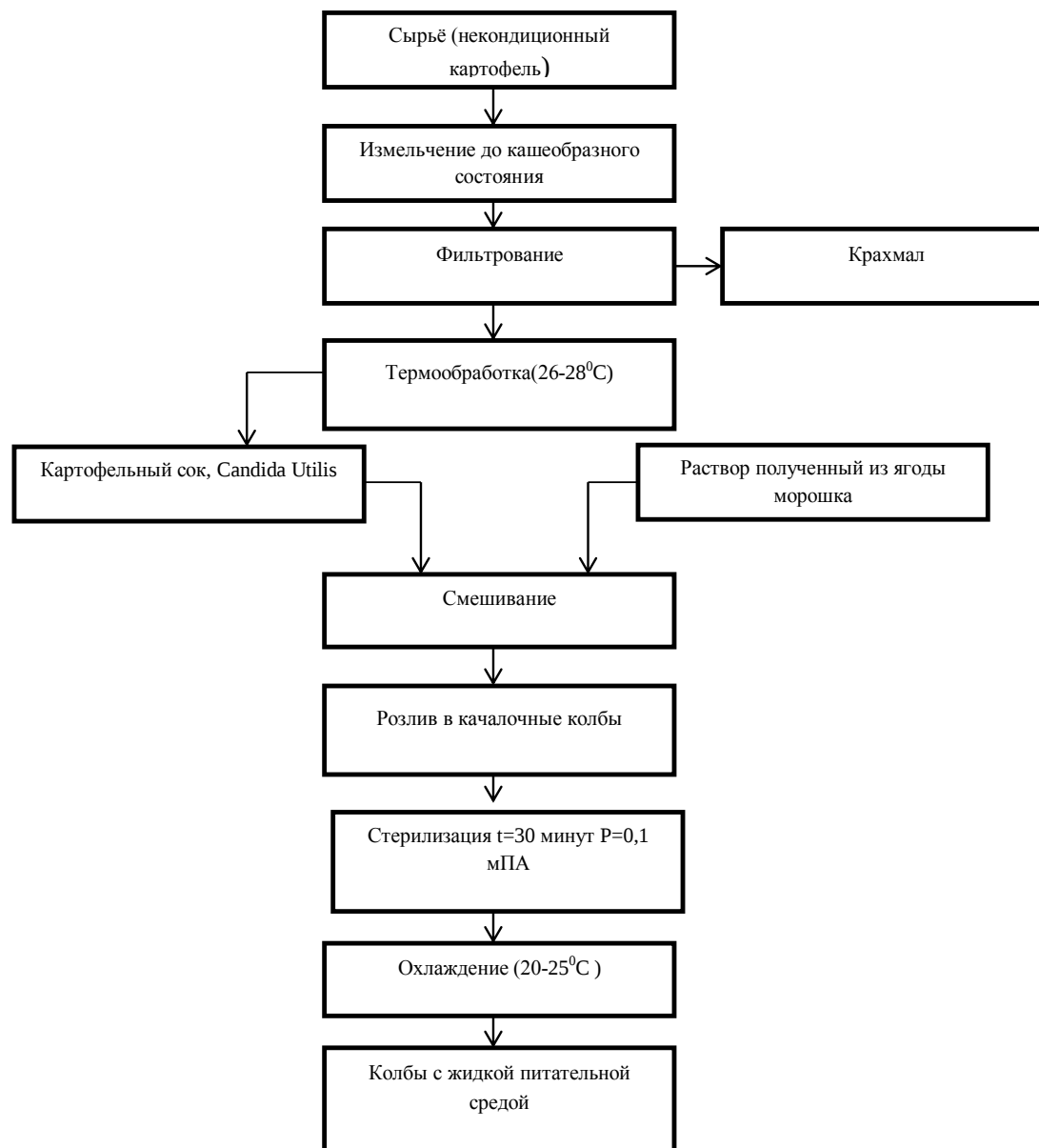


Рис. 1. Технологическая схема подготовки питательной среды на картофельном соке

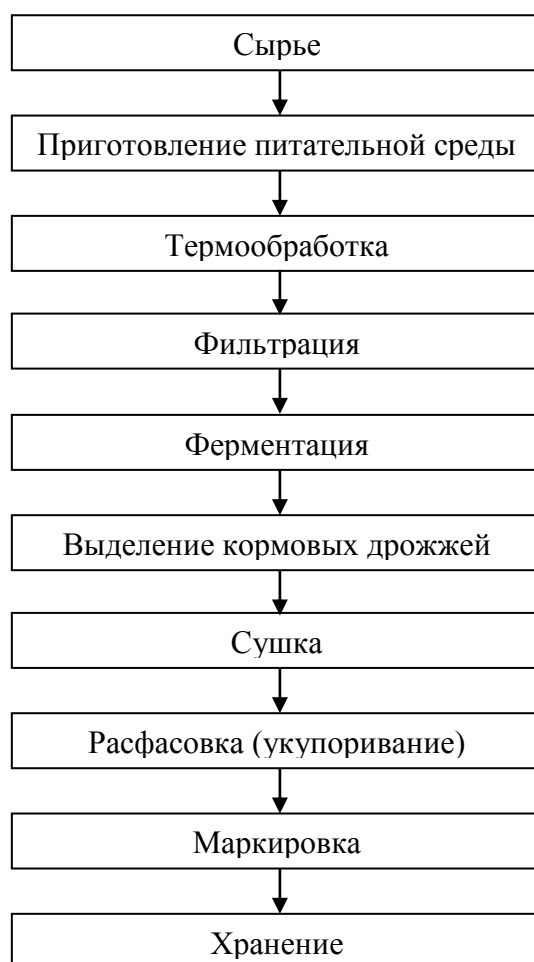


Рис. 2. Этапы получения кормового белка

Рациональным считается такое питание, которое удовлетворяет энергетические потребности организма, обеспечивая при этом необходимый уровень жизнедеятельности и продуктивности. Несбалансированность кормления приводит к авитаминозам, заболеваниям костяка, язвам, гастритам и отравлениям, поэтому терапевты считают, что более 80% внутренних незаразных болезней связаны с неправильным питанием и нарушением техники кормления и подготовки кормов к скармливанию [2].

Таким образом, питательная среда для культивирования дрожжей, содержащая натуральный сок из некондиционного или выжимок ягод морошки, обогащает дрожжи комплексом витаминов, биологически активными веществами, что улучшает качество готового продукта, придает ему лечебно-профилактические свойства.

Список литературы

1. Кокиева, Г.Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования. Сб. Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. – Новосибирск. – 2013.
2. Кокиева, Г.Е. О производстве кормовых дрожжей // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006г.
3. Кокиева, Г. Е. Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья в ферментаторе новой конструкции / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : матер. IV междунар. конф. : сб. науч. тр. – Новоси-бирск, 2008. – С. 1.
4. Кокиева, Г. Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : матер. III Регион. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 39-42.
5. Кокиева, Г. Е. Система автоматизации регулирования работоспособности оборудования (аппарат для культивирования микроорганизмов) : монография / Г. Е. Кокиева, И. Б. Шагдыров, Ю. А. Шапошников – Барнаул, 2016. – 116 с.

02.00.00

П.Н. Федорова канд. биол. наук, Т.А. Парникова

Якутская ГСХА

**ДОБАВЛЕНИЯ В РАЦИОН РЫБАМ КОРМОВОГО БЕЛКА В ЦЕЛЯХ
ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ**

Основные причины, по которым у рыб в пруду могут начаться заболевания, провоцируются неправильными условиями содержания или кормления. Интенсивность выдачи кормов и их состав напрямую зависят от выращиваемых видов. Каждому сорту рыбы требуется определенное количество белковых и энергетических продуктов, поэтому этот показатель нужно обязательно принимать в расчет при заготовке кормов.

Ключевые слова: заболевание рыб, рацион, лекарственные средства, дополнительные корма, пищевые потребности.

Для успешного выполнения задач, стоящих перед рыбной промышленностью, крайне важно широкое развертывание работ по физиологии рыб. Изменение характера и интенсивности питания обусловлено рядом факторов: возрастом, полом, состоянием здоровья, временами года, химическим и температурным режимом водоема и др. Экзогенное питание рыб начинается с личиночного возраста, когда рассасывается желток. При этом следует подчеркнуть, что личинки всех видов рыб питаются одинаковой пищей: вначале поедают инфузорий, коловраток, затем переходят на ракообразных (дафний, циклопов и др.), т.е. питаются зоопланктоном. По мере роста примерно в мальковом возрасте они переходят на специфический тип питания или значительно расширяют спектр потребления кормовых объектов.

Ключевое значение в обмене веществ играет протеин. Необходимый для рыб объем (35-60% сухого вещества-рациона) в 2-3 раза превышает потребности сельскохозяйственных животных. Интенсивный рост рыб, особенно молоди, происходит благодаря пище, в которой содержится много белка. Например, молодым особям карпа весом до 1 г требуется 13-59 г белка в сутки, если вес превышает 1 г, то 4-7 г на 1 кг рыбы.

Белок ценен тем, что в его состав входят незаменимые аминокислоты - метионин, валин, треонин, аргинин, гистидин, фенилаланин, триптофан, лейцин, лизин, изолейцин. Если в пище не будет хватать аминокислот, то через 2 недели аппетит у рыб пропадет, их рост замедлится и начнут развиваться болезни.

На рис.1 приведена схема получения кормового белка в условиях сельскохозяйственных предприятий.

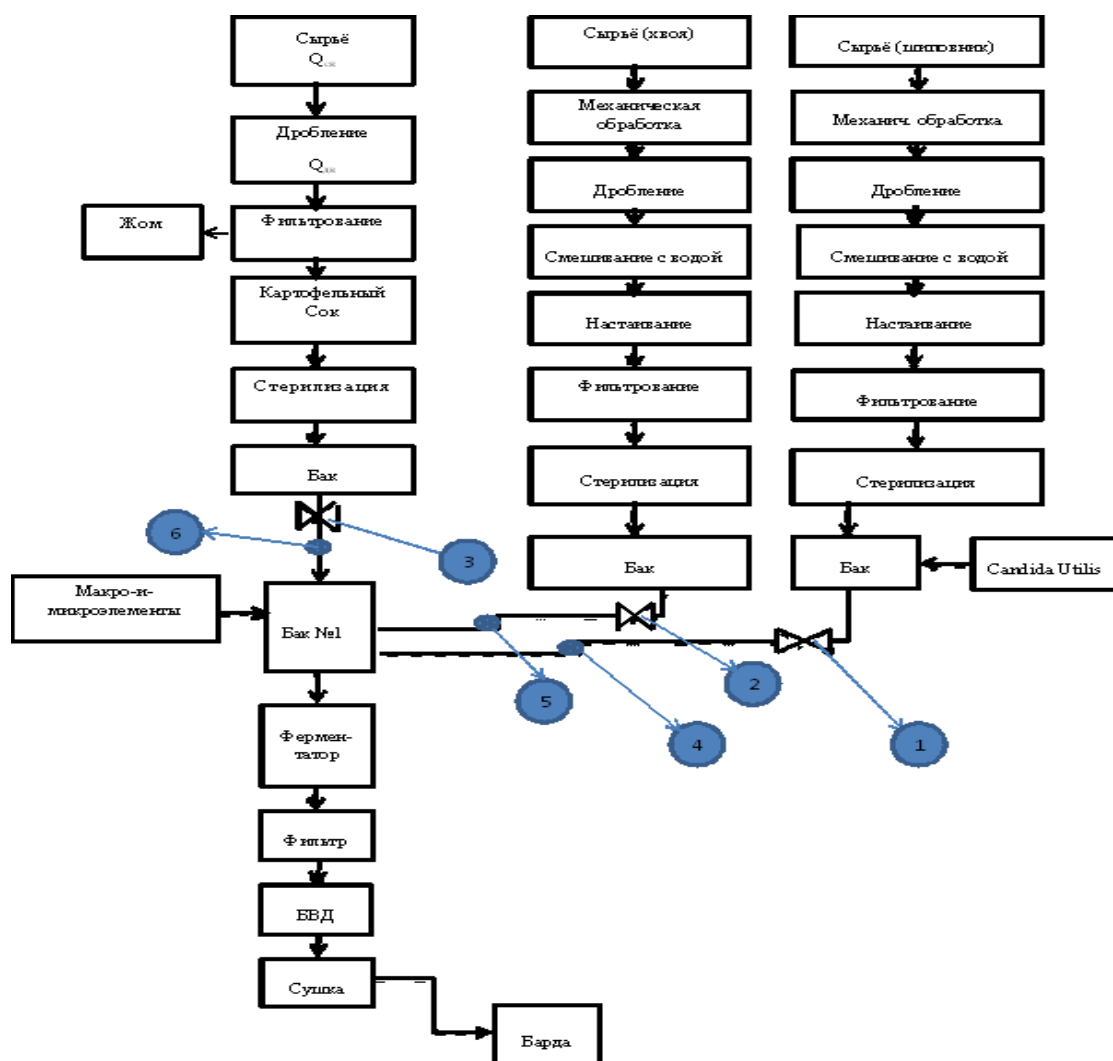


Рис. 1. Технологическая схема производства кормового БВК в условиях сельскохозяйственных предприятий: 1,2,3 – вентили; 4,5,6 – насосы;

На рис.2 приведена конструктивно-технологическая схема производства кормового БВК

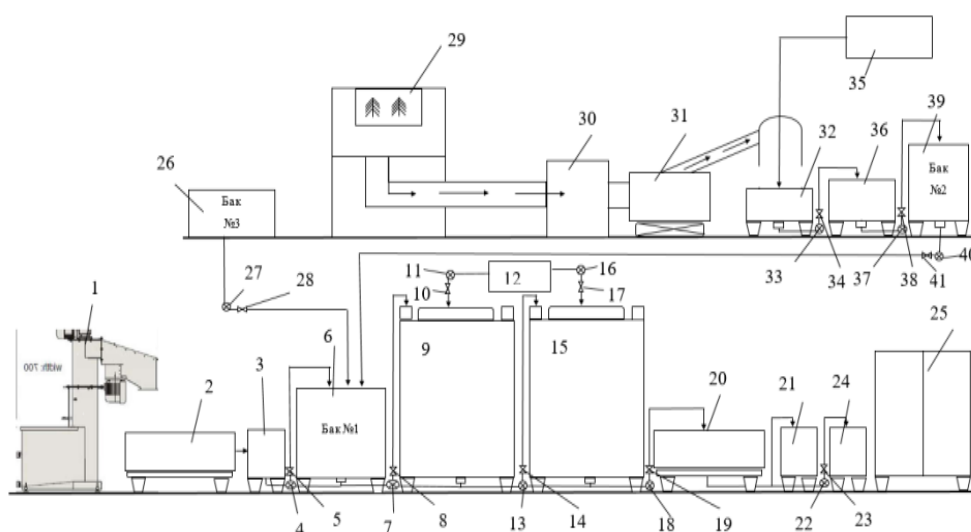


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема производства кормового БВК:

1 – дробилка-измельчитель картофеля ИКМ-5; 2 – ленточный пресс-измельчитель ЕВР 500; 3 – ёмкость для сбора жома; 4 – насос подачи сока картофеля в бак-стерилизатор; 5 – вентиль; 6 – смеситель (№ 1 – бак подготовки питательной среды); 7, 13 – насосы подачи питательной

среды в ферментаторы; 8 – вентиль; 9 – ферментатор №1 ($V_p = 2,5 \text{ м}^3$); 10 – вентиль; 11 – счётчик подачи воздуха в реактор №1; 12 – компрессор; 13 – насос подачи питательной среды из баков №1 и №2; 14 – вентиль; 15 – реактор № 2 ($V_p = 2,5 \text{ м}^3$); 16 – счётчик подачи воздуха в реактор № 2; 17 – вентиль; 18 – насос подачи субстрата из реакторов №1 и №2; 19 – вентиль; 20 – фильтр-пресс; 21 – стерилизатор; 22 – насос; 23 – вентиль; 24 – бак БВК; 25 – сушильный шкаф; 26 – ёмкость для инокулята (шиповника); 27 – насос; 28 – вентиль; 29 – машина для получения хвои из веток (располагается в лесу); 30 – измельчитель (располагается в лесу); 31 – мойка-измельчитель хвои; 32 – бак для настоя сока хвои; 33 – насос; 34 – вентиль; 35 – бак для воды; 36 – фильтр; 37 – насос подачи сока хвои; 38 – вентиль; 39 – бак № 2 готового раствора хвои; 40 – насос подачи сока хвои в бак № 1; 41 – вентиль.

По данной технологии можно получить белковый концентрат, обладающий фармакологическими свойствами.

Важным фактором увеличение продукции рыбоводства являются кормление, виды кормов, специфические добавки, биологически активные вещества, призванные способствовать откормочному процессу, плодовитости популяции, стимуляции иммунной системы рыб, активному развитию организма молоди и мн.др. Физиологические принципы кормления требуют, чтобы корма были полноценными, то есть содержали все компоненты питания, необходимые для нормального роста и жизнедеятельности организма.

Список литературы

1. Бауэр, О.Н. Болезни прудовых рыб. 2-е изд. - М.: Изд-во Легкая и пищевая промышленность, 1981г. - 320с.
2. Грищенко, Л. И. , Акбаев, М. Ш., Васильков Г. В. Болезни рыб и основы рыбоводства. - М.: Колос, 1999г.
3. Кокиева, Г.Е. Устройство для выращивания кормовых дрожжей // Матер. Всерос. науч. - практ. конф. «Перспективы развития пищевой промышленности России». – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2005г.
4. Кокиева, Г.Е. Устройство для выращивания кормовых дрожжей // Матер. Всерос. науч. - практ. конф. «Технологии и техника агропромышленного комплекса». - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005
5. Ляйман, Э.М. Курс болезней рыб, М.: Изд-во Высшая школа, 1978г. – 274 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (05.02.00)

05.02.11

Н.А. Абышев, А.В. Ключников канд. техн. наук, С.А. Терехова

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина,
Снежинск, a.klyuchnikov@bk.ru

**АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ
МАЯТНИКОВОГО СТЕНДА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЦИХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Рассмотрена работа автоматизированной системы контроля массо-центровочных и инерционных характеристик длинномерных летательных аппаратов после изготовления и сборки. Система построена на базе стенда, реализующего метод астатического маятника, и средств вычислительной техники. Рабочая программа обеспечивает регистрацию и обработку экспериментальных данных, проведение математических расчётов, визуализацию процесса измерений, вывод на печать отчётных документов.

Ключевые слова: *летательный аппарат, испытательный стенд, центр масс, момент инерции, компьютер, алгоритм, измерение.*

Задача экспериментального определения массы, координат центра масс и моментов инерции аппарата на заключительном этапе общей сборки летательного аппарата (ЛА) возникает в результате появления неизбежных отличий указанных массо-центровочных и инерционных характеристик (МЦИХ) от расчётных значений из-за возникающих в процессе сборки погрешностей в массах и пространственном расположении составных частей и полезных грузов. Определение массы ЛА обычно выполняют на стандартных, например, платформенных весах, обладающих требуемой точностью измерений. Для определения МЦИХ применяют специализированные контрольно-измерительные стенды, учитывающие характерные конструктивные особенности (форма корпуса, наличие оперения, отсутствие удобных базовых поверхностей для установки в измерительное устройство и т.п.) контролируемых объектов. При этом для измерения координат центра масс в основном используются стенды, реализующие методы двух или трёх весов, а моменты инерции определяют по периодам колебаний (крутильных или качательных) маятниковых стендов [1, 2]. Высокая трудоёмкость и низкая производительность весовых и маятниковых стендов делает важной задачу проектирования универсальных контрольно-измерительных стендов, позволяющих определять МЦИХ с одной установки объекта контроля на измерительное устройство стенда, что позволяет сократить время эксперимента.

Для определения МЦИХ ЛА с одной установки на измерительном устройстве спроектирован и изготовлен контрольно-измерительный стенд, реализующий метод астатического маятника (т.е. когда центр масс колеблющейся механической системы лежит выше оси качания) [3, 4]. В состав стенда входит механическая установка с качающейся платформой, на которой установлен позиционер с ложементами для закрепления объекта контроля, и набор рабочих эталонов, МЦИХ и базовые поверхности которых соответствуют аналогичным характеристикам и поверхностям контролируемых ЛА различных типов. Позиционер обеспечивает базирование ЛА или рабочего эталона в ложементах по базовым поверхностям, имеющимся на корпусе, и перевод аппарата в заданные фиксированные пространственно-угловые положения в горизонтальной плоскости. Рабочие эталоны предназначены для периодического тестирования технических характеристик стенда. Применение схемы астатического маятника позволяет увеличить чувствительность стенда и, таким образом, повысить точность определения МЦИХ ЛА. Горизонтальное расположение объекта контроля на стенде снижает требования к высоте потолков производственных помещений, используемых для определения МЦИХ ЛА.

Качательные колебания платформы в ходе эксперимента выполняются в вертикальной плоскости. При этом объект контроля располагается на стенде всегда горизонтально.

В соответствии с методикой измерений определение моментов инерции, а также поперечных координат центра масс контролируемого ЛА или рабочего эталона производится по результатам измерений периодов колебаний платформы стенда относительно шести пространственно распределённых осей. Продольную координату центра масс определяют с использованием принципа статического уравнивания. При этом предварительно балансировочными грузами платформу с закреплённым на ней позиционером выставляют горизонтально, контролируя с помощью уровня. Затем объект контроля произвольно устанавливают на позиционер. При несовпадении по вертикали центра масс изделия по продольной оси с осью колебаний платформа приобретает наклон. Устанавливая грузы известной массы на позиционер, добиваются горизонтального положения платформы, контролируя положение помощью уровня. Зная массу и расстояния до мест установки грузов, рассчитывают продольное положение центра масс объекта контроля.

С целью выделения МЦИХ ЛА измерения периодов колебаний для каждого пространственно-углового положения платформы, в соответствии с методикой измерений, выполняют дважды – для механической системы, включающей в себя платформу с оснасткой и установленным объектом контроля, и для механической системы, состоящей только из платформы и оснастки, с последующим усреднением результатов измерений для каждого исследованного пространственно-углового положения [5].

Измерительно-вычислительная система стенда построена на базе персонального компьютера (ПК), дополнительно оснащённого устройством печати, и обеспечивает ввод и обработку экспериментальных данных, визуализацию результатов измерений и проведение математических расчётов, вывод результатов эксперимента на твёрдую копию. Измерения периодов колебаний выполняют бесконтактным способом с помощью оптоволоконного фотодатчика (ФД) шторочного типа, с прорезью, закреплённого на оси качания [3]. Регистрацию и обработку получаемых от ФД сигналов выполняет таймер-счётчик типа CNT-90, входящий в состав измерительной системы и представляющий собой измерительный прибор, оснащённый внутренней памятью для сохранения результатов измерений. Обеспечивается измерение периодов колебаний с точностью до 1 мкс [6].



Рис. 1. Внешний вид измерительно-вычислительной системы и механической установки стенда

При проведении контроля МЦИХ ЛА для каждого пространственно-углового положения позиционера выполняют четыре измерения периодов колебаний сериями из трёх пусков с последующим усреднением результатов измерений. При определении технических характеристик стенда с помощью рабочего эталона, для каждого положения позиционера выполняют по десять измерений также сериями из трёх пусков с усреднением.

Компьютерная программа выполняет (с клавиатуры) выбор рода работы – определение МЦИХ ЛА или метрологические испытания стенда с использованием рабочего эталона, – и выбор типа контролируемого аппарата, обеспечивает операторский интерфейс и выполняет следующую последовательность действий:

- ввод с клавиатуры начальных данных для проведения последующих математических расчётов и подготовки протокола испытаний;
- настройка режима измерений таймера-счетчика;
- считывание из внутренней памяти таймера-счетчика результатов измерений периодов колебаний механической системы, включающей в себя платформу, позиционер и объект контроля;
- считывание из внутренней памяти таймера-счетчика результатов измерений периодов колебаний механической системы, включающей в себя только платформу и позиционер;
- вывод на экран монитора для визуального контроля результатов измерений трех периодов колебаний в каждом из четырех измерительных серий для каждого пространственно-углового положения позиционера;
- расчёт и вывод на экран монитора среднего значения периода колебаний за четыре пуска измерений (усредняются вторые периоды колебаний в каждом пуске);
- расчёт координат центра масс объекта контроля;
- расчёт моментов инерции объекта контроля;
- сохранение результатов измерений и расчётов в файл
- вывод результатов испытаний на печать (при необходимости).

Таким образом, компьютерная программа, реализующая методику измерений, позволяет вводить в ПК и обрабатывать экспериментальные данные, а также получать протокол испытаний непосредственно в месте проведения эксперимента, что важно при использовании стенда в серийном производстве. Достигнутые (с использованием рабочего эталона) погрешности определения продольной и поперечных координат центра масс на стенде составили соответственно не более 0,7 и 0,1 мм; моментов инерции – не более 2% [5, 6].

Список литературы

1. Основы балансировочной техники. Т.1. Уравновешивание жестких роторов и механизмов / Под ред. В.А. Щепетильникова. – М.: Машиностроение, 1975. – 527 с.
2. Методы исследований на летающих моделях / Под ред. А.Д. Миронова. М.: Машиностроение, 1988. 144 с.
3. Васильев М.А., Ключников А.В., Коньков М.Н., Терехова С.А., Патокина Н.Е., Цынгueva Л.Д. Опытный образец стенда определения МЦИХ крупногабаритных БПЛА // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского» (Москва, 13–14 апреля 2017 г.). – М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2017. – С. 140–145.
4. Абышев Н.А., Васильев М.А., Ключников А.В., Патокина Н.Е. Технический облик и методическое обеспечение стенда для контроля МЦИХ летательных аппаратов // Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – №3. – С. 18–21.
5. Абышев Н.А., Васильев М.А., Криковцов Д.А., Ключников А.В. Стенд для комплексного определения массо-геометрических характеристик деталей методом качающейся платформы // Труды международного симпозиума «Надежность и качество» (Пенза, 25 – 30 мая 2015 г.): в 2-х томах. – Пенза: ПГУ, 2015. – Т. 1. – С. 320–321.
6. Абышев Н.А., Васильев М.А., Ключников А.В., Криковцов Д.А., Терехова С.А., Цынгueva Л.Д. Автоматизация измерений характеристик геометрии масс летающей модели на стенде, реализующем метод астатического маятника // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии (Сочи, 1–10 октября 2016 г.). – М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2016. – С. 265–268.

05.02.02

¹А.Н. Архипов канд. техн. наук, ²М.В. Волгина,¹А.А. Матушкин канд. техн. наук, ¹Ю.А. Равикович д-р техн. наук, ¹Д.П. Холобцев¹Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
²ПАО «ОДК-Сатурн»,Москва, arkhipov.48@list.ru, radon@inbox.ru, yurav2@yandex.ru, nio203_mai@mai.ru,
Рыбинск, marina.volgina@uec-saturn.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРА КНД С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ВЕСОВЫХ ДОПУСКОВ

Представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния в критической зоне ротора компрессора низкого давления газотурбинного двигателя при различных геометрических отклонениях и нагрузках от лопаток.

Была проведена серия детерминированных 3D расчетов номинальной подмодели, скорректированных автоматически для каждого отклонения размера от номинального значения в сторону неблагоприятного (минимального или максимального) допуска или изменения удельного веса материала.

Вероятностная оценка коэффициентов влияния допусков и напряжений показала, что при случайном (некоррелированном) разбросе допусков на геометрические размеры ротора и веса лопаток КНД с вероятностью разрушения 0,01% можно принять увеличение возможных максимальных напряжений (для номинальной модели) на ~6%.

Ключевые слова: Газотурбинный двигатель; вентилятор; компрессор низкого давления; ротор; метод конечных элементов; модель; напряженно-деформированное состояние; допуски; вероятностное моделирование.

Введение

Созданный в России региональный самолет с двухконтурным газотурбинным двигателем-прототипом успешно эксплуатируется на мировом рынке регионально-магистральных перевозок. Для обеспечения конкурентных преимуществ российского двигателя необходимо дальнейшее повышение ресурса и снижение стоимости жизненного цикла.

Первым шагом при оценке ресурса является расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) основных узлов двигателя и выявление критических зон, ограничивающих ресурс. В мировой практике такой расчет, как правило, проводится с помощью трехмерных конечно-элементных моделей.

Одним из узлов, ограничивающих ресурс двигателя-прототипа, является ротор компрессора низкого давления (КНД). Учитывая сложность конструкции ротора КНД [1], из-за недостатка вычислительных мощностей персональных компьютеров рекомендуется решать эту задачу в 2 этапа [2], [3]:

1. Предварительный анализ перемещений ротора в двухмерной постановке.
2. Расчет НДС трехмерной субмодели, вырезанной из ротора вокруг критической зоны.

Как правило, геометрическая модель ротора строится по номинальным размерам деталей [2]. По данной детерминированной модели ротор рассчитывается, проектируется, изготавливается и испытывается для большинства отечественных двигателей. Однако на характер НДС, особенно в зонах концентрации напряжений, существенно влияют отклонения размеров и нагрузок сопряженных деталей. Влияние этих отклонений учитывается величиной запасов по напряжениям и долговечности, предельные значения которых назначаются по результатам испытаний и эксплуатации.

В то же время существуют подходы, при которых геометрическая модель ротора строится по худшим отклонениям. Так, например, в работе [4] показано, что при неблагоприятном сочетании допусков геометрических размеров, расчётная разрушающая частота вращения диска компрессора может уменьшиться на величину до 1,5% в сравнении с расчётами по номинальным размерам. Поэтому такой подход к созданию модели ротора по худшим отклонениям в настоящее время находит все более широкое применение, в том числе и для ротора двигателя-прототипа. Ресурс детали назначается по результатам расчета модели с худшими отклонениями и с запасом, зависящим от накопленной наработки в эксплуатации. В начале эксплуатации запас максимальный, но по мере увеличения наработки величина запаса уменьшается, а ресурс, соответственно, увеличивается. Недостатком данного подхода является переоценка действующих напряжений и занижение ресурса, особенно в начальный период эксплуатации.

Наиболее соответствующие опыту эксплуатации (консолидированные) значения долговечности получаются при использовании вероятностных методов [3], [5]. В отличие от детерминированного дискретного подхода вероятностные и статистические методы более четко оценивают риск повреждения детали в эксплуатации. Вместо дискретных минимальных/максимальных и средних значений размеров, нагрузок, свойств материалов задаются их распределения, и проводится вероятностное моделирование по методу Монте-Карло. Это позволяет снизить риск повреждения детали в тех случаях, когда детерминированные оценки не удовлетворяют заданным критериям. Один из примеров такого подхода применительно к сопловым лопаткам турбин приведен в работе [6].

Данный подход может быть использован при вероятностном моделировании долговечности элементов ротора компрессора КНД с различными геометрическими отклонениями, нагрузками от лопаток и свойствами материала. 3D конечно-элементные расчеты напряженно-деформированного состояния ротора КНД показали, что критической зоной является радиус в окне для установки рабочих лопаток 3-й ступени (рис. 1). Поэтому это место было исследовано более подробно при оценке влияния допусков на НДС.

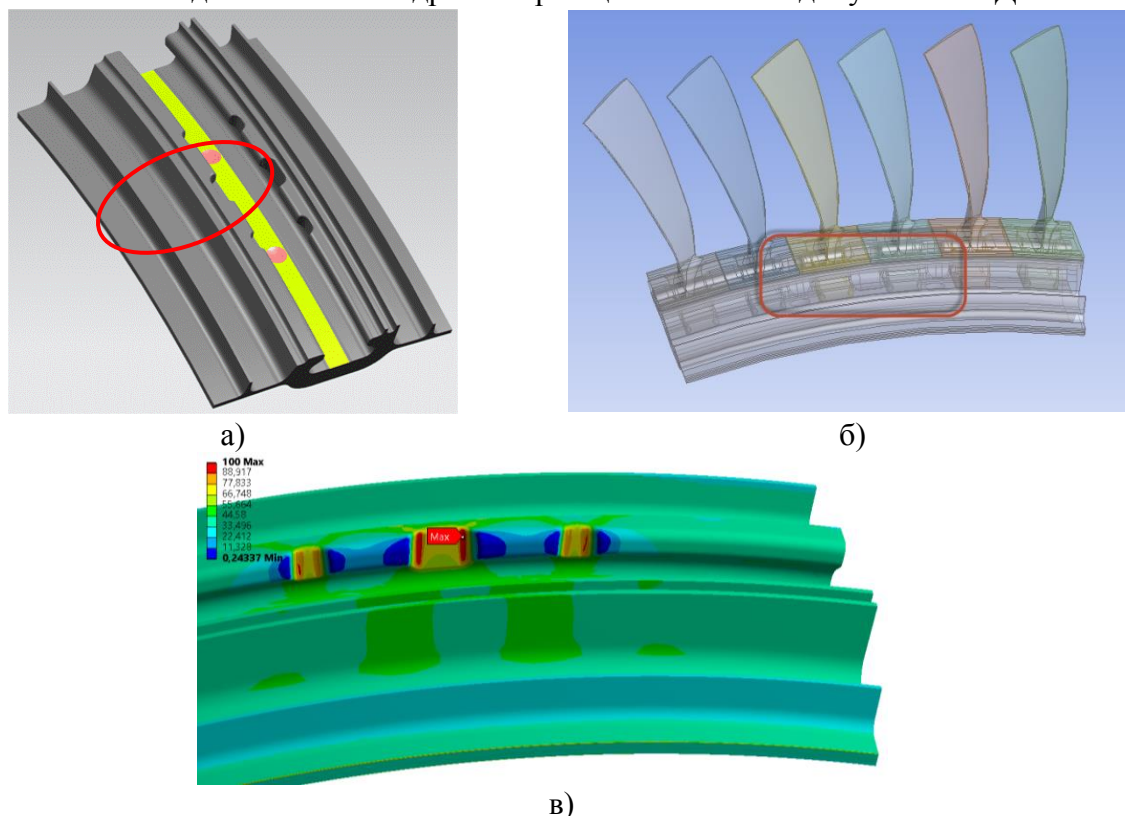


Рис. 1 – Критическая зона в центре сектора (а), субмодель с 6 лопатками (б) и относительное распределение напряжений Мизеса (%) в критической зоне субмодели ротора(в)

Вероятностная оценка НДС выполняется следующим образом 6:

1. Проводится серия детерминированных расчетов 3D субмоделей детали с выбранными предельными отклонениями размеров и нагрузок
2. Определяются коэффициенты влияния каждого допуска на размеры и нагрузки на НДС
3. Проводится вероятностная оценка напряжений и коэффициентов влияния при случайном разбросе допусков

Таким образом, для оценки влияния неблагоприятных геометрических отклонений размеров ротора и веса лопаток на НДС необходима коррекция номинальной субмодели для каждого геометрического размера от номинального в сторону неблагоприятного (минимального или максимального) допуска.

На рис. 2 приведены размеры с допусками, которые могут оказать неблагоприятное влияние на напряжения в критической зоне. Красными сплошными и синими пунктирными овалами обозначены изменяемые размеры, которые могут повлиять на НДС критической зоны.

Кроме размеров на напряжения может повлиять разброс весов лопаток 3-ей ступени бустера, который показан в Таблице 1.

Для повышения достоверности результатов при анализе напряжённо-деформированного состояния был использован принцип сравнительных расчётов, выполненных различными исполнителями (round robin test). Для этого расчеты проводились параллельно двумя исполнителями на двух различных конечно-элементных субмоделях ротора КНД (см. рис. 3). Обе субмодели представляли собой сектор барабана бустера 3-ей ступени с 6 лопатками, но субмодель 1 была сделана с критической зоной по центру сектора (рис. 1), в то время как субмодель 2 была сделана с критической зоной на краю сектора. Перенос положения окна для установки лопаток из центра субмодели на её край приводит к увеличению напряжений на 3,35%, вероятно вследствие дополнительного влияния боковой грани сектора на величину напряжений и увеличения окружной жесткости сектора.

Корректировка номинальной субмодели

Корректировка номинальных субмоделей осуществлялась на базе исходных субмоделей барабана и лопатки в формате Siemens NX *.prt. При этом было создано дерево построения деталей с историей всех операций и параметрическими зависимостями. На базе исходной номинальной модели создавались скорректированные субмодели путем изменения параметрических зависимостей, использующихся при построении. С целью минимизации ошибок и увеличения скорости перестроения барабана, часть операций, не влияющих на интересующий участок 3 ступени бустера, была удалена из дерева построения.

Таблица 1 – Разброс веса лопаток 2-й, 3-й и 4-й ступеней бустера

Ступе нь	Вес лопатки, грамм					
	По 3D модели			Статистически измеренные лопатки		
	Номиналь ная	Минимал ная	Максималь ная	Средн ие значен ия	Среднеквадрати чное отклонение	Среднемаксимал ьное в наборе (P=0.999)
R2	38.7	35.5	41.7	39.1	0.88	39.42
R3	27.0	24.5	30.1	28.36	0.3	28.46
R4	27.1	24.8	29.4	26.77	0.54	26.95

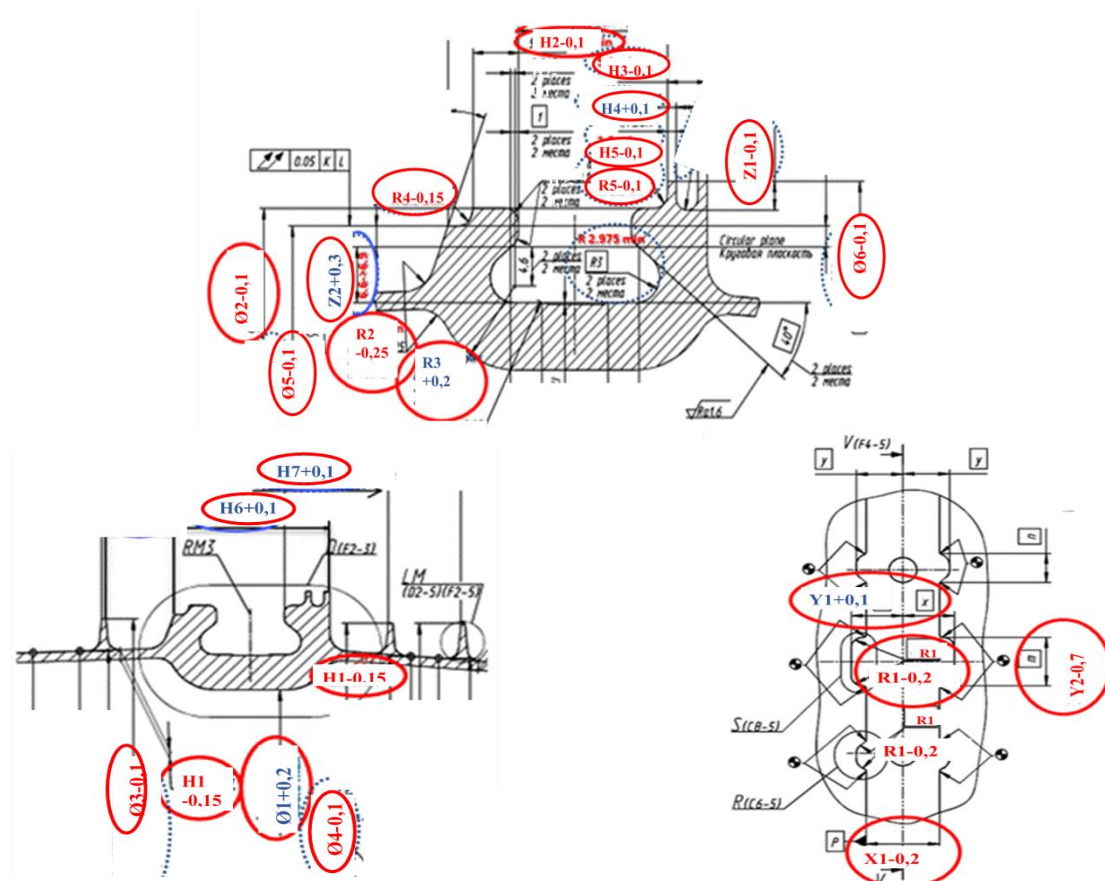


Рис. 2 – Размеры с допусками, которые оказывают наиболее неблагоприятное влияние на напряжения в критической зоне

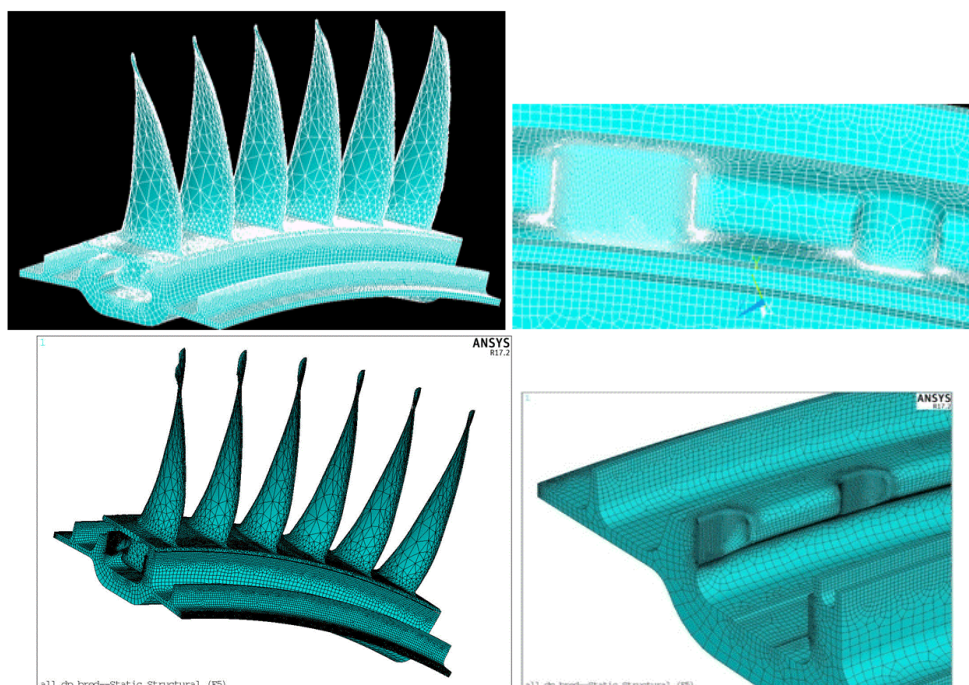


Рис. 3 – КЭ сетка субмоделей 1 и 2

В связи с тем, что для получения коэффициентов влияния было выбрано достаточно много геометрических размеров, было принято решение автоматизировать процесс расчёта. В качестве механизма автоматизации был выбран программный продукт ANSYS Workbench, позволяющий в пакетном режиме получать и изменять параметры геометрической модели, полученной из пакета Siemens NX.

Для автоматического изменения размеров в геометрической модели, изменяемым параметрам был присвоен префикс DSS, для того, чтобы в модуль перестроения геометрии передавались только необходимые для изменения параметры.

Таким образом, для параметрической модели бустера и лопатки, была выполнена следующая коррекция:

- проведена очистка дерева построения от лишних геометрических операций, не влияющих на геометрию 3 ступени бустера;
- переименованы части размеров и задан префикс DSS для передачи данных размеров в качестве параметров в модуль ANSYS Workbench;
- обрезаны субмодели и выделены критические зоны бустера;
- создана ассоциативная сборка сектора бустера и лопаток.

В дальнейшем, сборка импортировалась в расчётный модуль, что позволило перестраивать имеющуюся геометрию в пакетном режиме.

Расчёты скорректированных субмоделей и оценка коэффициентов влияния

Для автоматизации и ускорения расчёта влияния допусков модели на напряжения, расчёты проводились с использованием программного продукта ANSYS Workbench и встроенной в него части функционала оптимизации.

На рис. 4 приведена схема автоматического расчёта коэффициентов влияния.

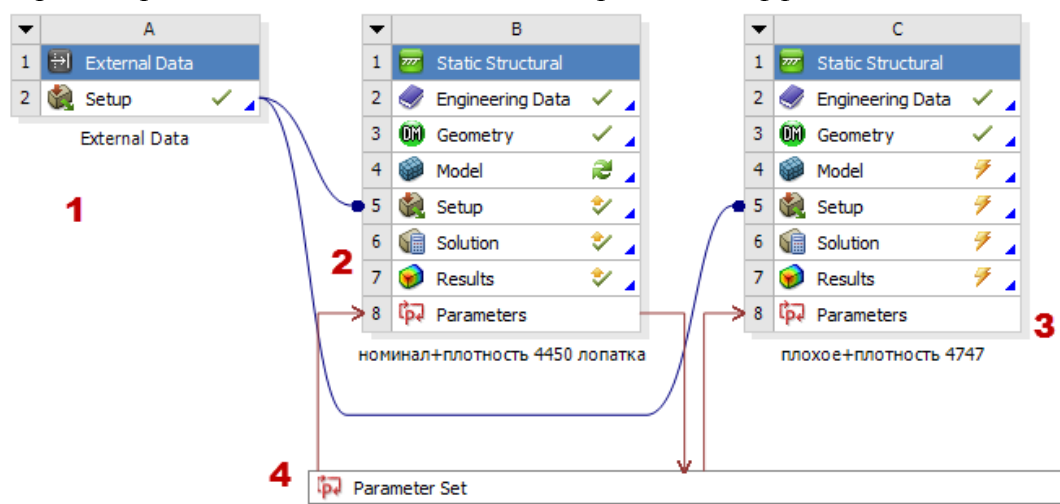


Рис. 4 – Схема расчёта коэффициентов влияния (1 - импорт температур из 2D расчёта, 2 - модуль расчёта субмодели с различными параметрами, 3 - модуль расчёта с наихудшими параметрами, 4 – модуль задания перебора параметров)

Благодаря выбранной схеме автоматического расчёта влияния геометрических отклонений на напряжения в критической зоне, можно за достаточно короткое время, перебрать большое количество вариантов, не затрачивая время на препроцессинг каждого расчётного случая.

Граничные условия не менялись, а изменения затрагивали только саму геометрию и, частично сетку модели, т.к. после каждого изменения геометрии сетка автоматически строилась заново.

Изменяемые при расчёте параметры и коэффициенты влияния допусков на напряжения в критической зоне для двух субмоделей, выполненных различными исполнителями (round robin test), показаны в таблице 2. Результаты для размеров, оказывающих наибольшее влияние на величину напряжений, выделены более темным фоном. Для этих размеров можно изучить возможность корректировки допусков с целью снижения уровня напряжений.

С целью проверки и верификации оценки коэффициентов влияния на напряжения в модели была создана модель с наиболее неблагоприятными геометрическими размерами (худший вариант) и проведён ее расчет. При этом остальные граничные условия оставались неизменными. Напряжения, полученные в результате расчёта субмоделей 1 и 2 при сочетании всех неблагоприятных геометрических размеров, приведены в последней строке таблицы 2.

Несмотря на то, что значения напряжений в критической зоне для субмоделей 1 и 2 отличаются на $\sim 3,35\%$, коэффициенты влияния допусков отдельных размеров и их неблагоприятного сочетания отличаются не более, чем на 1%, т.е. практически совпадают.

Таблица 2 – Относительные напряжения в критической зоне и коэффициенты влияния параметров

№	Параметр	Коэффициенты влияния допусков на напряжения в критической зоне, %	
		Субмодель 1	Субмодель 2
	Геометрия		
1	R1 (ном) $\rightarrow$ R1-0,2 (откл)	1,30	1,66
2	Y1 $\rightarrow$ Y1+0,1	1,58	1,57
3	X1 $\rightarrow$ X1-0,2	0,66	0,62
4	Y2 $\rightarrow$ Y2-0,7	1,28	1,09
5	H1 $\rightarrow$ H1-0,15	0,69	0,88
6	$\varnothing 1 \rightarrow \varnothing 1+0,2$	0,50	0,41
7	$\varnothing 2 \rightarrow \varnothing 2-0,1$	0,21	0,11
8	H2 $\rightarrow$ H2-0,1	0,22	0,08
9	R2 $\rightarrow$ R2-0,25	0,04	0,28
10	R3 $\rightarrow$ R3+0,2	-0,08	-0,13
11	$\varnothing 3 \rightarrow \varnothing 3-0,1$	0,08	-0,004
12	$\varnothing 4 \rightarrow \varnothing 4-0,1$	0,01	0,24
13	$\varnothing 5 \rightarrow \varnothing 5-0,1$	0,16	0,26
14	R4 $\rightarrow$ R4-0,15	0,06	0,39
15	H3 $\rightarrow$ H3-0,1	0,11	-0,08
16	H4 $\rightarrow$ H4+0,1	0,37	0,61
17	Z1 $\rightarrow$ Z1-0,1	0,08	-0,11
18	$\varnothing 6 \rightarrow \varnothing 6-0,1$	0,11	0,02
19	H5 $\rightarrow$ H5-0,1	0,08	0,19
20	R5 $\rightarrow$ R5-0,15	0,07	-0,001
21	Z2 $\rightarrow$ Z2-0,3	1,85	1,83
22	H6 $\rightarrow$ H6+0,1	0,07	0,04
23	H7 $\rightarrow$ H7+0,1	0,05	-0,019
	Плотность материала		
24	$\rho \rightarrow \rho \cdot 1,07$	2,29	2,23
	Худший вариант	10,81	10,78

Предварительная вероятностная оценка коэффициентов влияния допусков

Предварительная вероятностная оценка коэффициентов влияния допусков на напряженно-деформированное состояние ротора при случайном разбросе допусков проводилась, исходя из следующих допущений:

1. Распределение геометрических размеров и весов лопаток (параметров) ротора $x_{i,j}$ принималось нормальным. Среднее значение каждого параметра $\bar{x}_i$ равно номинальному значению параметра. Среднее квадратичное отклонение (с.к.о.) для каждого i -го параметра S_{xi} определяется по формуле: $S_{xi} = (x_{i,max} - x_{i,min})/6$ или $S_{xi} = (x_{i,max} - \bar{x}_i)/3$ или $S_{xi} = (\bar{x}_i - x_{i,min})/3$ (для вероятности 0,1%), где $x_{i,j}$ – текущее значение параметра, i – номер параметра из таблицы 15, j – текущий номер параметра x_i , $x_{i,max}$ и $x_{i,min}$ – максимальные и минимальные значения допуска на i -ый размер

2. Значения коэффициентов влияния $k_{i,j}$ принимались пропорциональными отклонению параметра $x_{i,j}$ от номинала $\bar{x}_i$.

3. Параметры считались некоррелированными случайными величинами, поэтому среднее значение коэффициентов влияния принималось равным единице и соответствовало напряжению в критической зоне номинальной модели, а среднее квадратичное отклонение коэффициентов влияния при сложении всех факторов определялось по формуле: $S_{сумм} =$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{24} S_{xi}^2}$$

Таким образом, после суммирования дисперсий коэффициентов влияния из таблицы 1 было получено суммарное среднее квадратичное отклонение при сложении всех параметров, равное $S_{сумм} = 0,01707$ для обеих моделей 1 и 2.

Это дает предельное значение суммарного (на вероятностной основе) коэффициента влияния допусков на напряжения в критической зоне, равное 1,051 (для квантиля 3, соответствующего вероятности разрушения 0,1%).

Для квантиля 3,715, соответствующего вероятности разрушения 0,01%, значение коэффициента влияния увеличивается до 1,06.

Для уточнения вероятностной оценки напряжений можно рекомендовать:

1. Проанализировать данные замеров геометрических размеров ротора и весов лопаток компрессора и провести статистическую оценку их распределений и взаимной корреляции.

2. Провести вероятностное моделирование напряжений барабана бустера в критической зоне при случайном (по методу Монте-Карло) выборе размеров, нагрузок и свойств материала с учётом законов распределений, полученных при анализе измеренных параметров.

3. Изучить возможность корректировки допусков на наиболее значимые размеры (выделены голубым цветом в таблице 2) и пересчитать напряжённо-деформированное состояние и долговечность барабана бустера.

Следует отметить, что данные вероятностные оценки коэффициентов влияния на напряжения при оценке циклического ресурса барабана бустера по минимальным значениям долговечности дадут заниженные (консервативные) значения расчетного числа полетных циклов. Поэтому при создании модели вероятностного расчета ресурса детали при циклическом нагружении следует дополнительно учесть разброс самого значимого фактора – долговечности материала с учетом всех технологических факторов.

Заключение

Проведённая предварительная вероятностная оценка напряжений и коэффициентов влияния допусков показывает, что при случайном (некоррелированном) разбросе допусков на геометрические размеры ротора и веса лопаток КНД с вероятностью разрушения 0,01% можно принять увеличение возможных максимальных напряжений (для номинальной модели) на ~6%.

Работы выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в ходе реализации комплексного проекта, шифр 2017-218-09-172.

Список литературы

1. *Киселев, Ю.В., Киселев Д.Ю.* Двигатель SaM 146. Устройство основных узлов. Электронное учебное пособие. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П.Королева (нац. исслед. ун-т), 2012. 39 с.
2. *А.А.Иноземцев, М.А.Нихамкин, В.Л.Сандрацкий.* Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Том 1-5. Москва, «Машиностроение», 2008
3. Машиностроение. Энциклопедия, раздел IV Расчет и конструирование машин, том IV-21 Самолеты и вертолеты, книга 3 Авиационные двигатели, редакторы В.А.Скибин, Ю.М.Темис, В.А.Сосунов. Москва, «Машиностроение», 2010
4. *Волгин А.В.* Исследование несущей способности дисков компрессоров газотурбинных двигателей на основе компьютерного моделирования разгонных испытаний. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук, Рыбинск, 2012.
5. *А.В.Пахоменков, Р.А.Азимов, С.А.Букатый.* Расчетное определение ресурса основных деталей газотурбинных двигателей при малоцикловом нагружении. Изв. вузов. Авиационная техника. 2017, №3.
6. *A.N.Arkipov, Y.E.Krasnovskiy, I.V.Putchkov.* Probabilistic life assessment of turbine vanes. ASME Paper GT2011-45841, Proc. of ASME Turbo Expo 2011. June 6-10, 2011, Vancouver, British Columbia, Canada.

05.02.00

М.Г. Бруяко канд. техн. наук, Л.С. Григорьева канд. хим. наук

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
институт строительства и архитектуры,
Москва, pehel@yandex.ru

ПЕРЕДВИЖНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В работе представлены результаты изучения воздействия низкотемпературной неравновесной плазмы на подготовленные модельные растворы и пробы из муниципальной канализационной сети. Предложена разработка мобильного устройства для очистки воды на основе воздействия низкотемпературной неравновесной плазмы.

Ключевые слова: *низкотемпературная неравновесная плазма, очистка, водоподготовка, сточные воды, установка.*

Вода является ценнейшим природным ресурсом. Актуальность работы определяется существующими в настоящее время проблемами, связанными с водоподготовкой и очисткой сточных вод.

Целью исследования является разработка энергоэффективного, экологичного мобильного устройства для очистки воды на основе воздействия низкотемпературной неравновесной плазмы (НТП).

Потребность в обеспечении качественной водой небольших населенных пунктов обусловлена участвовавшими случаями возникновения техногенных ситуаций, в результате изменений климатических условий, локальных аварийных ситуациях, связанных с водоснабжением.

Очистка вод является вынужденным и дорогостоящим мероприятием, которое связано с большим разнообразием загрязняющих веществ.

Традиционные биологические методы удаления загрязнений востребованы и в настоящее время. [1,2].

В работе [3] приведён сравнительный анализ традиционных методов и современных с использованием микроводорослей для удаления азота, фосфора, тяжелых металлов. Авторы [4] показали, что удаление азота, при использовании микроводорослей составляет от 72 до 83%.

Основными химическими загрязнителями в сточных водах являются азот и фосфор. Для удаления этих веществ используются комбинированные методы очистки.

Авторы [5] проверили возможность внедрения интегрированного стационарного реактора с активным илом. Удаление азота составило 82%.

Не утратили своего значения и сорбционные методы. В работе [6] представлен новый наноматериал, обладающий способностью к адсорбции, осаждению.

Исследование [7] связано с разработкой двухступенчатого метода очистки сточной воды, что позволяет уменьшать концентрацию NH_4^+ почти в три раза. Авторы [8] предлагают методику очистки сточных вод с использованием ионного обмена, объединив мембранные технологии с ионным обменом. При этом достигнуто снижение ХПК до 65%.

Современное направление исследований связано с разработкой технологий, направленных на энерго- и ресурсоэффективность. К таким технологиям относятся и плазменные технологии. Авторы [9-12] изучали воздействие плазмы на органические загрязнители, цианиды [13]. В работе [14] изучали возможности метода для создания мобильных устройств по очистке воды.

Экспериментальная часть.

Для исследования подготовлены модельные растворы, с различным содержанием основных химических загрязнителей. Так же подвергались воздействию НТНП пробы сточных вод до и после биоочистки.

В модельных растворах и пробах сточной воды определены следующие показатели: NH_4^+ , азот аммонийный, фосфат-ионы, фосфор фосфатов, ХПК, БПК₅. Содержание ионов аммония по методике ПНД Ф 14.1:2:4.262-10, нитрит-ионов – по НДП 10.1:2:3.91-06, азот нитратов – по ПНД Ф 14.1:2:4.4-95 (издание 2011 г.), фосфат-ионов – по ПНД Ф 14.1:2:4.248-07, химическое потребление кислорода (ХПК) – по ПНД Ф 14.1:2:4.210-05 (издание 2013 г.), определение показателя БПК₅ проводили в соответствии с методикой, изложенной в ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 (издание 2004г.).

В модельных растворах после однократного воздействия НТНП значительно уменьшилось содержание иона аммония на 90 – 98%, аммонийного азота до 94-96%. Уменьшение БПК₅ составило 80-85%. В незначительном количестве снизилось содержание фосфатов 10-15%.

Для исследования хозяйственно-бытовых сточных вод отбор произведен из канализационных очистных сооружений реабилитационного отделения медцентра. На рисунке 1 представлены результаты воздействия НТНП в водах без предварительной биоочистки. Наибольшее снижение наблюдается по БПК₅.

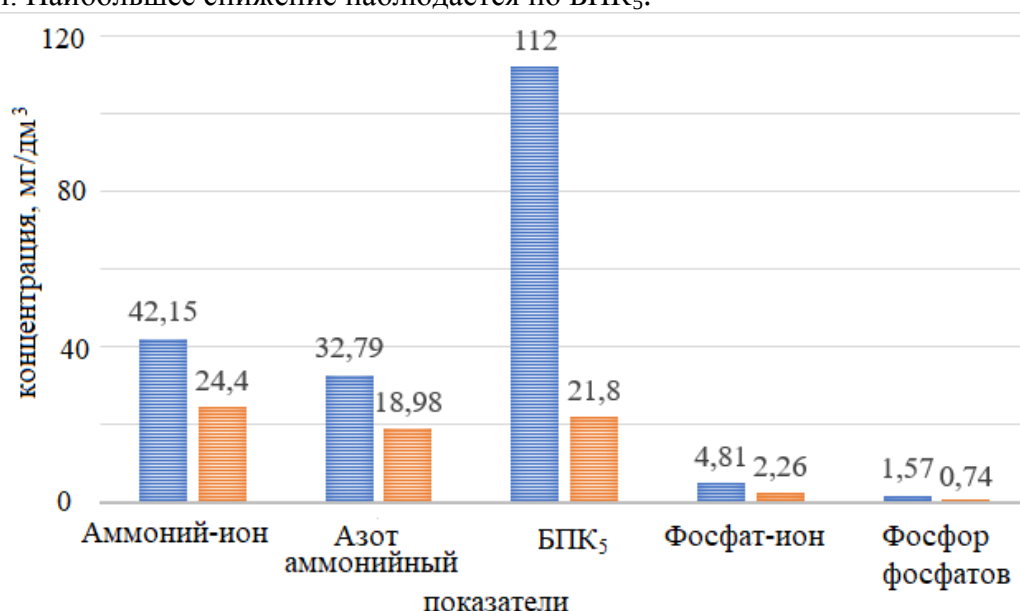


Рис. 1 – Показатели качества воды до и после воздействия НТНП без предварительной биоочистки

Принцип работы установки заключается в комплексном воздействии физических и химических факторов (высокочастотные электромагнитные колебания, тепловое воздействие, озонирование и т.д.), возникающих при воздействии низкотемпературной плазмы на очищаемую воду в рабочем объеме плазмотрона. Время воздействия на воду в проточном режиме составляет менее $2 \cdot 10^{-2}$ сек, что обуславливает низкие удельные энергозатраты и высокую эффективность предлагаемой установки. Установка автономно работает от генератора (с выходным напряжением 220В и частотой 50Гц). Генератор подключается к высокочастотному источнику питания, от которого питается устройство генерирования низкотемпературной плазмы. Водяным насосом сточные воды подаются в устройство, где происходит воздействие низкотемпературной неравновесной плазмы на проточные сточные воды. После воздействия плазмы воды попадают в емкость для очищенной воды (рис.3). Установка с производительностью до 500 л/сут обеспечивается генератором мощностью до 5кВт. Ввиду импульсного воздействия электроразрядом потребление электроэнергии на 1м³ очищаемой воды составляет до 2кВт/ч.

Выводы

Воздействие низкотемпературной неравновесной плазмы показало высокую степень очистки при одноразовом воздействии при низких значениях расхода электроэнергии на единицу объема очищаемой воды. Лучшие результаты предлагаемого метода достигаются по снижению азота, БПК₅ в анализируемых водах.

Суммарная масса установки составляет в зависимости от требуемой производительности составляет от 20 до 50 кг. Ввиду незначительного объема и площади занимаемой такой установкой, а также ее малой массой она способна доставляться к месту использования на любых видах автотранспорта, что имеет значительные преимущества по сравнению с существующими выпускаемыми промышленными аналогами.

Список литературы

1. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. // Москва: Бюро НДТ 2015. – ИТС 10-2015. – 395с.
2. Чертков М.П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод // Российский инженер. – 2017. – № 1(7). – С. 44-49.
3. *Rajasulochana P., Preethy V.* Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water – A comprehensive review // Resource-Efficient Technologies. – 2016. – Vol. 2 (4). – P. 175-184.
4. *Delgadillo-Mirquez L., Lopes BehnamTaidi F., Pareau D.* Nitrogen and phosphate removal from wastewater with a mixed microalgae and bacteria culture // Biotechnology Reports. – 2016. – Vol. 11. – P. 18-26.
5. *Yang Y., Zhan L., Cheng J. et al.* Achieve efficient nitrogen removal from real sewage in a plug-flow integrated fixed-film activated sludge (IFAS) reactor via partial nitrification/anammox pathway // Bioresource Technology. – 2017. – Vol. 239. – P. 294-301.
6. *Zhou K., Wu B., Su L. et al.* Development of nano-CaO₂-coated clinoptilolite for enhanced phosphorus adsorption and simultaneous removal of COD and nitrogen from sewage // Chemical Engineering Journal. – 2017. – Vol. 328. – P. 35-43.
7. *Podstawczyk D., Witek-Krowiak A., Dawiec-Liśniewska A. et al.* Removal of ammonium and orthophosphates from reject water generated during dewatering of digested sewage sludge in municipal wastewater treatment plant using adsorption and membrane contactor system // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 161 (10). – P. 277-287.
8. *Hui G., Zhijie W., Xue Z. et al.* Organics and nitrogen recovery from sewage via membrane-based pre-concentration combined with ion exchange process // Chemical Engineering Journal. – 2017. – Vol. 311 (1). – P. 13-19.
9. *Ceriani E., Marotta E., Shapoval V., Favaro G., Paradisi K.* Complete mineralization of organic pollutants in water by treatment with air non-thermal plasma // Chemical Engineering Journal. – 2018. – Vol. 337. – P. 567-575.
10. *Gumuchian D., Cavadias S., Dutenc X., Tatoulia M., Da Costa P., Ognier S.* Organic pollutants oxidation by needle/plate plasma discharge: On the influence of the gas nature // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. – 2014. – Vol. 82. – P.185-192.
11. *Bobkova E.S., Rybkin V.V.* Peculiarities of Energy Efficiency Comparison of Plasma Chemical Reactors for Water Purification from Organic Substances // Plasma Chem. Plasma Processing. – 2015. – V.35. – № 1. – P.133-142.
12. *Великодный В. Ю., Беркова М. Д., Воротилин В. П. и др.* Плазменные технологии очистки сточных вод // Прикладная физика. – 2008. – №6. – С.105-110.
13. *Hijosa-Valseroa M., Molina R., Schikora H., Müller M., Bayona J.M.* Removal of cyanide from water by means of plasma discharge technology // Water Research. – 2013. – Vol. 47. – Issue 4. – P. 1701-1707.
14. *Одарук В.А., Тронин С.Я.* Плазмохимические технологии очистки промышленных сточных вод, газовых выбросов, переработки нефти, твердых бытовых отходов (ТБО) и промышленных отходов // Технологии гражданской безопасности. – 2014. – Т.11. – № 3 (41). – С. 46-51.

05.02.00

Т.И. Васильева, Г.А. Герасимова

Якутская ГСХА

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ РАСЧЕТЕ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА**

Передача продукта от одного элемента к другому моделируется передачей информации о его параметрах и изменением состояний элементов. Обеспечение культур микроорганизмов кислородом в промышленных условиях осуществляется пропусканием воздуха через культуральную жидкость с одновременным перемешиванием. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количество.

Ключевые слова: блок-схема, математическое описание, перемещение, разработка алгоритма, промежуточные испытания.

Перемешивание культуральной жидкости способствует равномерному распределению питательных веществ и перемешиванию (транспорту) их к клеткам, способствует удалению от клеток микроорганизма продуктов обмена и лизиса, с также обеспечивает равномерное распределение кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора.

Разработана и представлена в виде алгоритма блок-схемы математической модели алгоритм управления процессом микробного синтеза, позволяющая на основании данных о биохимическом процессе, полученных на лабораторной установке, смоделировать промышленный аппарат без необходимых дополнительных промежуточных испытаний [1,2,3].

Оптимальный профиль концентрации субстрата $S(t)$ находится численным методом на ЭВМ, таким образом задача синтеза оптимального стохастического управления биотехнологического процесса состоит из двух задач:

- разработка алгоритма для совершенствования оценки основных переменных процесса биосинтеза по получаемой статистической информации;
- разработка алгоритма детерминированного алгоритма управления процессом глубинного периодического культивирования микроорганизмов.

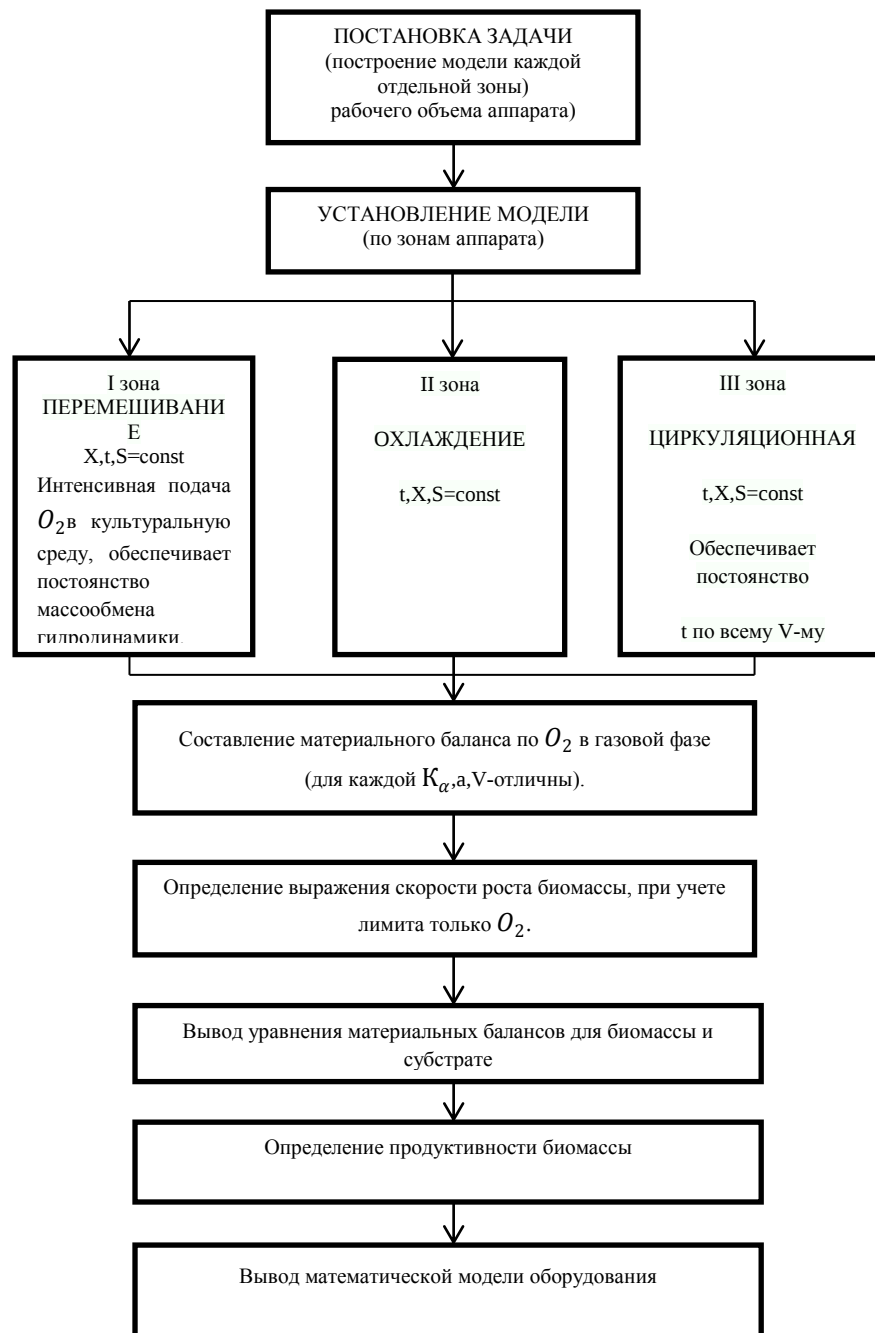


Рис. 1. Блок-схема математической модели процесса получения кормового белка

Имея определенную математическую модель, адекватную протекающему процессу, можно изучить поведение исследуемой модели в различных режимах с помощью расчетов, не прибегая к проведению дополнительных экспериментов [3,4]. Математическая модель позволяет достаточно быстро выбрать оптимальный технологический режим, который после экспериментальной проверки можно реализовать на практике. Наиболее распространен метод наименьших квадратов, не требующий априорных знаний распределения наблюдаемых ошибок и приводящий к минимальной дисперсии всех линейных несмешанных оценок. Если наблюдения выполнены в дискретные моменты времени, то для оценки констант модели необходимо минимизировать функционал вида [4,5]:

$$W = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (y_{ji}) - x_{ji} \quad (1)$$

где m - число параметров состояния; n - число опытных точек; x_{ji} - значение j - го параметра состояния в момент времени t_i по модели; y_{ji} - опытное значение j -го параметра состояния. Метод максимального правдоподобия основан на условии оценки параметров

модели, которые обеспечивают наибольшую вероятность получить значения параметров состояния, имеющих место в процессе эксперимента. Диффузионная модель (однопараметрическая) может быть успешно применена для расчета микробиологических аппаратов колонного типа (полых, барботажных).

Уравнение модели вид:

$$\frac{dC}{dt} = -u \frac{dC}{dz} + D_L \frac{d^2C}{dz^2} \quad (2)$$

где C – концентрация компонента, кмоль/м³; D_L – коэффициент турбулентной (эффективной) диффузии; u – скорость потока, м/с.

При комплексном исследовании микробного синтеза в аппарате для культивирования микроорганизмов происходит сбор неограниченного количества материала о его характере, свойствах, особенностях протекания в ходе экспериментальных исследований. Для обобщения полученных результатов в ходе теоретических и экспериментальных исследований, выделения основных взаимосвязей и закономерностей, которые характеризуют изучаемый процесс, в основном используют метод математического моделирования. Данный метод позволяет описать поведение микроорганизмов, как правило, системой алгебраических или дифференциальных уравнений, связывающих важнейшие технологические и биохимические параметры.

Список литературы

1. *Кокиева, Г. Е.* Система автоматизации регулирования работоспособности оборудования (аппарат для культивирования микроорганизмов) : монография / Г. Е. Кокиева, И. Б. Шагдыров, Ю. А. Шапошников .- Барнаул: изд-во АлтГТУ 2016. – 103с. ISBN 978-5-7568-1207-7
2. *Кокиева, Г. Е.* Эксплуатация ферментатора в сельском хозяйстве : монография / Г. Е. Кокиева, И. Б. Шагдыров, Ю. А. Шапошников –Барнаул: изд-во АлтГТУ 2016. – 119с. ISBN 978-5-7568-1208-4
3. *Кокиева, Г. Е.* Состояние деформации деталей сложных технических систем / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 6. – С. 341-343.
4. *Малыгин, Е. Н.* Методология определения аппаратурного оформления многоассортиментных химических производств / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, Е. Н. Туголуков // Химическая промышленность. – 2004. – № 3. – С. 148-156.
5. Массообменные процессы и аппараты химической технологии : межвуз. Темат. Сб. науч. Трудов / М-во науки, высш. Шк. И техн. политики РФ, Казан. Техн. ун-т ; отв. Ред. С. Г. Дьяконов. – Казань : КГТУ, 1993. – 154 с. : граф.

05.02.00

И.В. Гоголева канд. педагог. наук, Л.А. Дарбасова канд. педагог. наук, Г.А. Герасимова

Якутская ГСХА

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

Имея определенную математическую модель, адекватную протекающему процессу, можно изучить поведение исследуемой модели в различных режимах с помощью расчетов, не прибегая к проведению дополнительных экспериментов. Математическая модель позволяет достаточно быстро выбрать оптимальный технологический режим, который после экспериментальной проверки можно реализовать на практике.

Ключевые слова: *математическая модель, расчет, технологический режим, экспериментальная проверка.*

Есть две разновидности непрерывных процессов культивирования микроорганизмов: процессы полного вытеснения, или тубулярные, и процессы полного перемешивания, или хемостатные. В ходе данного процесса питательная среда и посевной материал непрерывно поступают в аппарат, в котором нет обратного смешения. Преимущественно влияние того или иного механизма определяется гидродинамической обстановкой процесса. Механизм переноса в пределах каждой фазы непосредственно связан с гидродинамикой однофазного потока, механизм же переноса через поверхность раздела фаз - с гидродинамикой двухфазного потока. Поэтому при макропереносе вещества важное значение приобретает вихревое движение жидкости, так как вихри являются переносчиками энергии и вещества в потоке.

На основании анализа конструкции и принципа работы оборудования (рисунок 1).

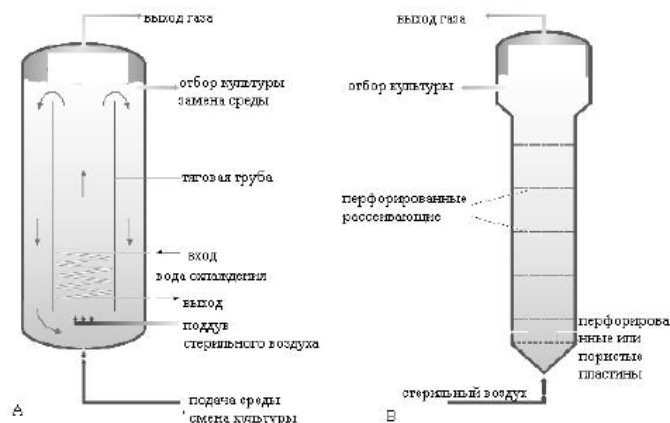


Рис. 1. Конструкция оборудования

В процессе движения жидкости происходит изменение некоторых физических величин, по которым можно оценивать сам процесс движения. Изменение физической величины в общем случае может происходить как в данной точке со временем (локальное изменение), так и при переходе от одной точки пространства к другой (конвективное изменение). Преимущества математического анализа любых, в том числе и производственных, процессов очевидны. Математическое моделирование не только помогает строго формализовать знания об объекте, но и в ряде случаев (при хорошей изученности объекта) оно может дать количественное описание процесса и предсказать его ход и эффективность.

Согласно утверждению Л.Г. Лойцянского скорость распространения возмущения в газе зависит только от давления смеси и её плотности, т.е.:

$$a = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}}. \quad (1)$$

Гораздо сложнее описание явления проникновения кислорода в клетку в неоднородной гетерогенной среде, как питательные смеси. К тому же в питательной смеси на всем протяжении культивирования ведется постоянный барботаж [1,2,4].

Для описания процесса проникновения кислорода в клетку введем обозначения α и $(1 - \alpha)$, чтобы выделить объёмные концентрации газа и жидкости.

Плотности газожидкостной смеси, газа и жидкости по отдельности обозначим через ρ , ρ_Γ и $\rho_{ж}$, а соответствующие им скорости через a , a_Γ , $a_{ж}$.

Плотность смеси определится как сумма плотностей газа и жидкости в соответствующих единицах объёма, т.е.:

$$\rho_\Gamma = \text{const} \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \rho_{ж}. \quad (2)$$

Примем, что пузырьки газа полностью увлекаются жидкостью и что при этом давление в пузырьке P_Γ совпадает с давлением жидкости, а следовательно и смеси в соответствующей точке, температура в газовом пузырьке постоянна, а следовательно, давление P пропорционально плотности ρ_Γ , тогда:

$$P = \text{const} \rho_\Gamma = \text{const} \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \rho_{ж}. \quad (3)$$

Предполагая, что распространение малых возмущений в газожидкостной смеси происходит баротропно, возьмем от обеих частей производную по P :

$$\frac{d\rho}{dP} = \alpha \frac{d\rho}{dP} + (1-\alpha) \frac{d\rho}{dP} + \frac{d\rho_{ж}}{dP} + (\rho_\Gamma - \rho_{ж}) \frac{d\rho}{dP}. \quad (4)$$

Согласно (9) имеем:

$$\frac{d\rho}{dP} = \frac{1}{a^2}, \quad \frac{d\rho_\Gamma}{dP} = \frac{1}{a_\Gamma^2}, \quad \frac{d\rho_{ж}}{dP} = \frac{1}{a_{ж}^2}, \quad (5)$$

$$\frac{d\alpha}{dP} = -\frac{\alpha(1-\alpha)}{\rho} + \frac{\alpha(1-\alpha)}{\rho_{ж} \cdot a_{ж}^2}. \quad (6)$$

Тогда будем иметь:

$$\frac{1}{a^2} = \frac{\alpha}{a_\Gamma^2} + \frac{(1-\alpha)}{a_{ж}^2} - \frac{\alpha(1-\alpha)\rho_\Gamma}{P} + \frac{\alpha(1-\alpha)\rho_\Gamma}{\rho_{ж} d_\Gamma^2} + \frac{\alpha(1-\alpha)\rho_{ж}}{P} - \frac{\alpha(1-\alpha)}{a_{ж}^2}. \quad (7)$$

В третьем слагаемом справа используем изотермичность сжатия газового пузырька и заменим P на $\rho_\Gamma d_\Gamma^2$. Тогда неравенство (7) запишем в форме:

$$\frac{1}{a^2} = \frac{\alpha}{a_\Gamma^2} + \frac{(1-\alpha)}{a_{ж}^2} \left(1 - \frac{\rho_\Gamma a_{ж}^2}{\rho_{ж} \cdot a_{ж}^2}\right) + \frac{(1-\alpha)}{d_\Gamma^2} - \frac{\alpha(1-\alpha)}{d_\Gamma^2} + \frac{\alpha(1-\alpha) \cdot \rho_{ж}}{P}. \quad (8)$$

Принимая во внимание, что:

$$\rho_\Gamma \ll \rho_{ж}, \quad a_\Gamma \ll a_{ж} \quad \text{и} \quad \rho_\Gamma d_\Gamma^2 \ll P_{ж} d_{ж}^2, \quad (9)$$

получим следующую зависимость:

$$\frac{1}{a^2} = \frac{\alpha^2}{d^2} + \frac{(1-\alpha)^2}{d_{ж}^2} + \frac{\alpha(1-\alpha) \cdot \rho_{ж}}{P}. \quad (10)$$

Имея определенную математическую модель, адекватную протекающему процессу, можно изучить поведение исследуемой модели в различных режимах с помощью расчетов, не прибегая к проведению дополнительных экспериментов [1,3,5]. Математическая модель позволяет достаточно быстро выбрать оптимальный технологический режим, который после экспериментальной проверки можно реализовать на практике.

Список литературы

1. Кокиева, Г. Е. Комплексный подход и анализ эксплуатации оборудования пищевой промышленности, диагностика и повышение долговечности / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. Матер. III Рег. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 48-50.
2. Кокиева, Г.Е. Разработка методики экспериментального изучения масштабирования основных параметров ферментатора / Г. Е. Кокиева // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 5. – С. 28-33.
3. Кокиева, Г. Е. Состояние деформации деталей сложных технических систем / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 6. – С. 341-343.
4. Малыгин, Е. Н. Методология определения аппаратурного оформления многоассортиментных химических производств / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, Е. Н. Туголуков // Химическая промышленность. – 2004. – № 3. – С. 148-156.
5. Массообменные процессы и аппараты химической технологии : межвуз. Темат. Сб. науч. Трудов / М-во науки, высш. Шк. И техн. политики РФ, Казан. Техн. ун-т ; отв. Ред. С. Г. Дьяконов. – Казань : КГТУ, 1993. – 154 с. : граф.

05.02.02

К.Г. Горгоц канд. техн. наук

Югорский государственный университет,
Институт (НОЦ) Технических систем и информационных технологий,
Ханты-Мансийск, gorgotz_konst@mail.ru

УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ КОЛЕБАНИЙ

В работе представлены результаты разработки конструкции управляемого выпрямителя механических импульсных колебаний для бесступенчатой импульсной передачи. Предложенная конструкция обеспечивает реверсивность передачи и управляемый разрыв передаваемого силового потока, также позволяет повысить её коэффициент полезного действия и долговечность.

Ключевые слова: *бесступенчатая импульсная передача, выпрямитель, колебания, реверсивность, силовой поток.*

Перед разработчиками различных механических передач с давних пор стояла проблема преобразования передаваемого силового потока от источника энергии к рабочим механизмам по скорости движения, крутящему моменту или усилию и направлению движения звеньев. Наиболее предпочтительным с точки зрения обеспечения функциональных свойств для подавляющего числа машин является плавное регулирование силового потока по скорости движения звеньев и передаваемому крутящему моменту или усилию. Такое плавное регулирование обеспечивают многочисленные бесступенчатые преобразователи в том числе бесступенчатые импульсные передачи.

В состав бесступенчатой импульсной передачи входит генератор колебаний и выпрямитель механических импульсных колебаний, часто называемый механизмом свободного хода. Структурная схема такой передачи представлена на рис 1а.

Вырабатываемый двигателем (Д) силовой поток преобразуется генератором колебаний (Г) в круговые колебательные движения и далее выпрямителем механических импульсных колебаний (В) вновь преобразуется во вращательное движение, передаваемое на рабочий механизм (РМ).

Традиционно выпрямители механических импульсных колебаний (в литературе часто используется термин «механизмы свободного хода (МСХ)») выполняется в виде обгонных муфт. Такие муфты обеспечивают возможность совместного движения ведущего и ведомого звеньев при вращении их в одном направлении и свободное движение ведомого звена при отставании или остановке ведущего звена. Для всех обгонных муфт характерным является условие различия взаимодействия ведущего и ведомого звеньев при их относительном движении в том или ином направлении. Данное обстоятельство связано с их конструктивным исполнением. Обгонные муфты состоят из входного (ведущего) и выходного (ведомого) звеньев, между которыми устанавливается устройство, блокирующее их при вращении в одну сторону и обеспечивающее разблокировку при вращении в другую сторону.

В работе [1] представлен обширный материал по истории развития конструкций МСХ, описаны их скоростные и кинематические характеристики, а также описаны недостатки, ограничивающие применение в современных приводах машин.

У всех известных современных МСХ передача крутящего момента от ведущих звеньев к ведомым осуществляется за счёт сил трения. При блокировании входного и выходного звеньев имеет место разница их угловых скоростей, это ведёт к их взаимному проскальзыванию и возникновению импульсных нагрузок. Данные явления ведут к повышенному износу деталей, снижению коэффициента полезного действия и долговечности механизма.

Таким образом, являясь по своей конструкции обгонной муфтой, все известные МСХ при использовании их в качестве выпрямителя механических импульсных колебаний обеспечивают передачу от ведущего звена к ведомому звену импульс только одного направления. Противоположный импульс от ведущего звена к ведомому звену такими механизмами не передаётся. Также не один из известных МСХ не обладает свойством реверсирования передаваемого силового потока и не обеспечивает его управляемый разрыв.

В связи с выше сказанным представляется целесообразным усовершенствовать структурную схему бесступенчатой импульсной передачи, введя в неё блок управления (БУ) выпрямителем механических импульсных колебаний (рис. 1б). Такой блок должен обеспечить расширение функциональных возможностей самой бесступенчатой импульсной передачи и максимально исключить проявление негативных факторов внутри выпрямителя механических импульсных колебаний.

Кинематическая схема и принцип работы управляемого выпрямителя механических импульсных колебаний представлена на рис. 2. Выпрямитель механических импульсных колебаний состоит из корпуса зубчатой муфты 1 с внутренними зубьями, являющегося ведущим звеном и установленной на входном валу 14, диска 4 с внешними зубьями, ведомого диска 5 с расположенными на нём электромагнитами 2 и жестко соединённого с выходным валом 10, ведомого диска 6 с расположенными на нём по окружности электромагнитами 3 и имеющего зубчатый венец внутреннего зацепления, промежуточных шестерён 7 и 8 с неподвижными осями, центральной шестерни 9, установленной на выходном валу 10, датчика угловых скоростей 11, установленного на ведущем звене – корпусе зубчатой муфты 1 и соединённого с блоком управления 12, вращающегося контактного устройства 13, подающего электрический ток по сигналам блока управления к электромагнитам 2 ведомого диска 5 или электромагнитам 3 ведомого диска 6. Конструкция данного управляемого выпрямителя механических импульсных колебаний защищена патентом [2]. Механизм работает следующим образом. Ведущее звено 1 совершает угловые колебательные движения в следующих двух направлениях: **П** – против часовой стрелки если смотреть со стороны ведущего звена 1 (прямой ход) или в направлении **О** – по часовой стрелке если смотреть со стороны ведущего звена 1 (обратный ход). Остановка ведущего звена 1 после совершения каждого колебательного движения отслеживается блоком управления 12 с помощью датчика угловых скоростей 11. В момент остановки ведущего звена 1 блоком управления 12 через вращающееся контактное устройство 13 подаётся электрический ток на электромагниты 2 ведомого диска 5 или электромагниты 3 ведомого диска 6. Электромагниты 2 или 3 притягивают, диск 4, блокируя при этом его соответственно с ведомым диском 5 или ведомым диском 6.

Возможны два варианта передачи силового потока от ведущего звена 1 к выходному валу 10.

Первый вариант. Момент начала совершения углового колебательного движения ведущего звена 1 в направлении **П** отслеживается блоком управления 12 посредством датчика угловых скоростей 11. Блок управления 12 через вращающееся контактное устройство 13 подаёт электрический ток на электромагниты 2, расположенные на ведомом диске 5, они притягивают и блокируют диск 4, который далее движется заодно с ведомым диском 5 в направлении **П** и передаёт силовой поток непосредственно на соединённый с ним выходной вал 10. При этом центральная шестерня 9 вращается совместно с выходным валом 10 в направлении **П**, входящие с ней в зацепления промежуточные шестерни 7 и 8 вращаются в направлении **О**, а входящий с ними в зацепления ведомый диск 6 свободно вращается в направлении **П**.

Остановка ведущего звена 1 после совершения колебательного движения в направлении **П** отслеживается блоком управления 12 посредством датчика угловых скоростей 11. В момент остановки ведущего звена 1 блок управления 12 прекращает подачу электрического тока на электромагниты 2 через вращающееся контактное устройство 13, при этом происходит разблокировка диска 4 и ведомого диска 5.

При начале совершения ведущим звеном 1 углового колебательного движения в направлении **О** блок управления 12 через вращающееся контактное устройство 13 осуществляет подачу электрический тока на электромагниты 3, расположенные на диске 6, они притягивают и блокируют освободившийся диск 4, который далее движется заодно с диском 6 в направлении **О** и передаёт силовой поток через промежуточные шестерни 7 и 8, вращающиеся в направлении **О**, на центральную шестерню 9, которая вращается заодно с выходным валом 10 в направлении **П**. Таким образом осуществляется преобразование движения ведущего звена 1 из направления колебательного движения **О** во вращательное движение выходного вала 10 в направлении **П**.

Из кинематической схемы механизма очевидно, что направления вращения и угловые скорости ведущего звена 1, ведомого диска 5 с выходным валом 10 и ведомого диска 6 всегда совпадают. Такое совпадение направлений и скоростей вращения исключает импульсные нагрузки при блокировании ведущего звена 1 через диск 4 с ведомыми дисками 5 и 6, обеспечивая высокую плавность и долговечность работы выпрямителя механических импульсных колебаний.

Второй вариант (реверсирование передаваемого силового потока). Момент начала совершения углового колебательного движения ведущего звена 1 в направлении **П** отслеживается блоком управления 12 посредством датчика угловых скоростей 11. Блок управления 12 через вращающееся контактное устройство 13 подаёт электрический ток на электромагниты 3, расположенные на диске 6, они притягивают и блокируют диск 4, который далее движется заодно с ведомым диском 6 в направлении **П** и передаёт силовой поток через промежуточные шестерни 7 и 8, вращающиеся в направлении **П**, на центральную шестерню 9, вращающуюся совместно с выходным валом 10 в направлении **О**.

Остановка ведущего звена 1 после совершения колебательного движения в направлении **П** отслеживается блоком управления 12 посредством датчика угловых скоростей 11. В момент остановки ведущего звена 1 блок управления 12 прекращает подачу электрического тока на электромагниты 3 через вращающееся контактное устройство 13, при этом происходит разблокировка диска 4 и ведомого диска 6.

При начале совершения ведущим звеном 1 углового колебательного движения в направлении **О** блок управления 12 через вращающееся контактное устройство 13 осуществляет подачу электрический тока на электромагниты 2, расположенные на ведомом диске 5, они притягивают и блокируют освободившийся диск 4, который далее движется заодно с ведомым диском 5 в направлении **О** и передаёт силовой поток непосредственно на соединённый с ним выходной вал 10, вращающийся также в направлении **О**.

В отличие от рассмотренного выше первого варианта во втором варианте осуществляется преобразование колебательного движения ведущего звена 1 во вращательное движение выходного вала 10 в направлении **О**, что является реверсированием передаваемого силового потока.

При обесточивании блоком управления 12 электромагнитов 2, передача силового потока на выходной вал 10 прекращается. В данном режиме механизм свободного хода выполняют роль муфты сцепления, обеспечивающей разрыв силового потока.

Таким образом, применение предлагаемой конструкции управляемого выпрямителя механических импульсных колебаний в механических бесступенчатых импульсных передачах позволяет:

- исключить взаимное проскальзывание ведущих и ведомых звеньев;
- снизить износ поверхностей трения деталей, повысить коэффициент полезного действия и долговечность механизма;
- обеспечить возможность реверсирования передаваемого силового потока, а также осуществлять его разрыв.

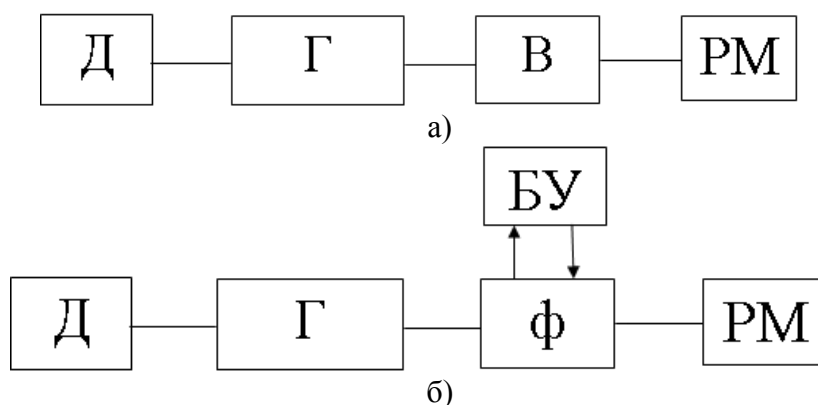


Рис. 1- Структурная схема бесступенчатой импульсной передачи: а – традиционного исполнения; б - с блоком управления (БУ) выпрямителем механических импульсных колебаний; Д – двигатель; Г - генератор колебаний; В - выпрямитель механических импульсных колебаний; БУ - блок управления

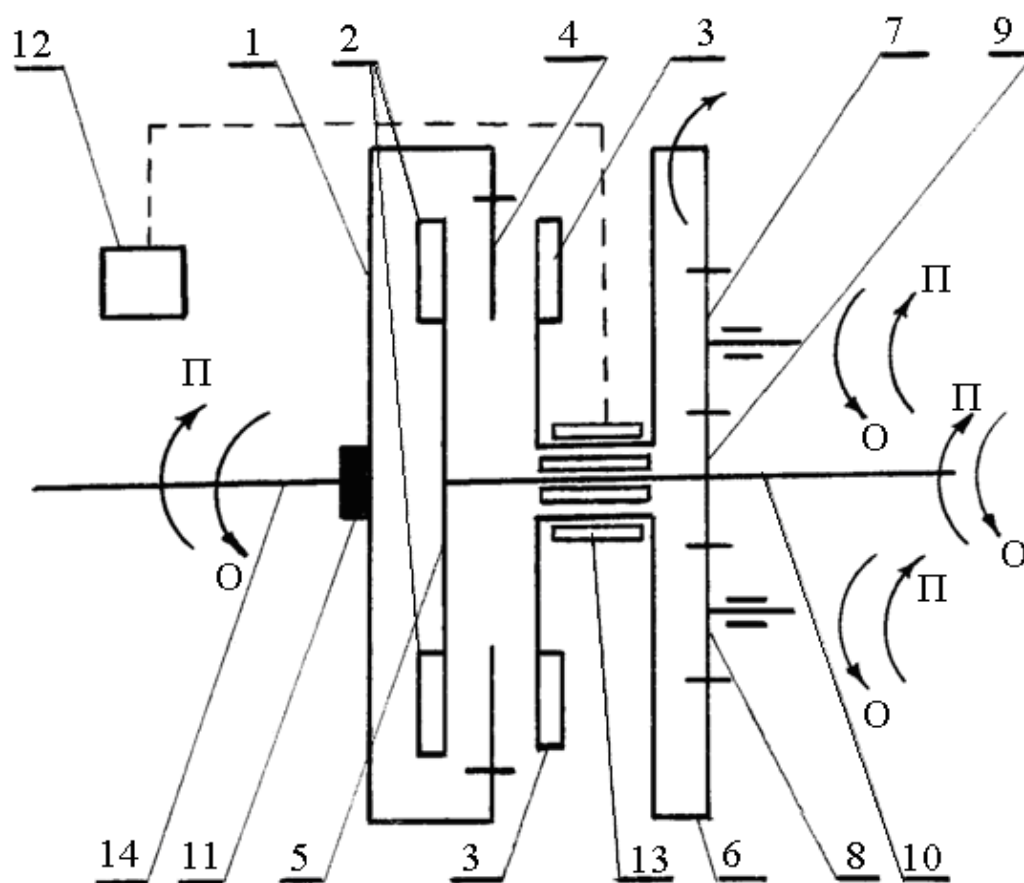


Рис. 2 - Кинематическая схема и принцип работы управляемого выпрямителя механических импульсных колебаний

Список литературы

1. Благонравов А.А. Механические бесступенчатые передачи. Екатеринбург: УрО РАН, 2014г. – 203 с.
2. Патент РФ № 2563380 / Горгоц К.Г., Горгоц О.В. Выпрямитель механических импульсных колебаний. МПК F16D 27/00. 2015.

05.02.00

Л.А. Дарбасова канд. педагог. наук, Т.И. Васильева

Якутская ГСХА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФЕРМЕНТАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА БВК

При использовании математического моделирования разработчик должен прежде всего определить, как создать (получить, разработать) модель. Математическое описание является отражением физической сущности процесса со свойственными ему особенностями и ограничениями. Эти особенности и ограничения должны учитываться как при формулировании задачи, так и при составлении описания и выборе численного метода моделирования.

Ключевые слова: математическая модель, математическое описание, численный метод, масштабирование, ограничения.

Современная технологическая система — это совокупность взаимосвязанных потоков энергии, материалов и информации, действующая как единое целое, в котором осуществляется определенная последовательность технологических процессов [1,2,5]. В современной практике проектирования больших промышленных систем часто используется эмпирический подход. Это объясняется тем, что большую систему принципиально невозможно точно описать и точно предсказать ее поведение. Единственный метод, позволяющий облегчить проектирование (а часто и эксплуатацию) такой системы, — это моделирование и в первую очередь — математическое.

На рис.1 представлены типичные установки.

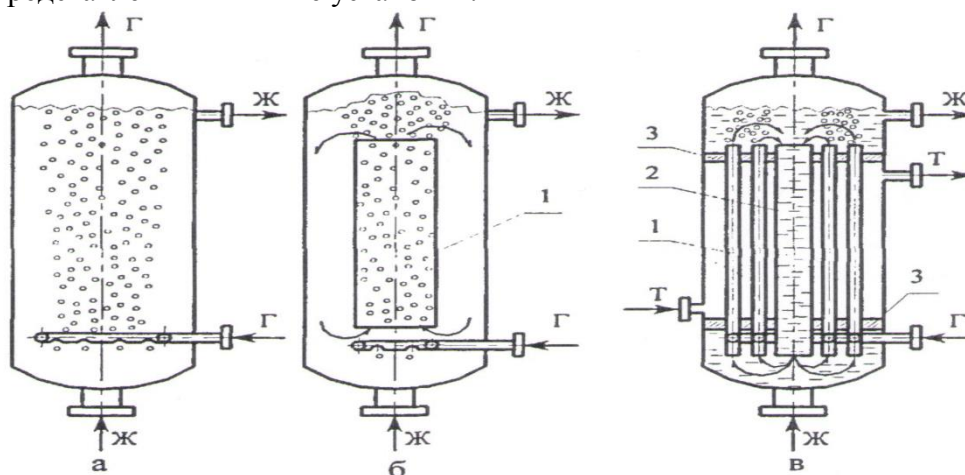


Рис. 1. Конструктивные схемы барботажных реакторов

а- с центральным барботёром; б- с газлифтной (эрлифтной) трубой; в-кожух отрубный аппарат с центральной циркуляционной трубой;

В табл.1 приведены расчётные формулы для определения массоотдачи и поверхности раздела фаз.

Таблица 1- Расчётные формулы для определения массоотдачи и поверхности раздела фаз

№п/п	Вид расчетной формулы	Примечание
1-1	$dM = \beta_{ж} (x_p - x) F d\tau$	уравнение массоотдачи для жидкой фазы где: M - концентрация кислорода, кг; $\beta_{ж}$ - коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/ч; x_p - равновесные концентрации кислорода, кг/м ³ ; x - рабочая концентрация кислорода в жидкой фазе, кг/м ³ ; F - площадь поверхности массоотдачи, м ² ; τ - продолжительность процесса, ч.

1-2	$F = V_p a$	площадь поверхности раздела фаз F в барботажных аппаратах где: V_p - рабочий объем ферментатора, м ³ ; a - удельная площадь поверхности массоотдачи, м ² /м ³
-----	-------------	---

Рассматривается методика масштабирования, которая точно описывает и точно предсказать ее поведение процесса микробного синтеза [3].

С учётом того, что ряд параметров является для конкретного типа ферментатора постоянными, получим уравнение, имеющее вид:

$$Q = C \left(\frac{R}{d}\right)^a \left(\frac{r}{d}\right)^f \left(\frac{n_1}{\tau}\right)^l \left(\frac{d_k}{d}\right)^l \left(\frac{\rho_{cm}}{\rho}\right)^p \quad (1)$$

где $C = f(n_1, d_k)$

R – радиус реактора, м ;

r – удельное потребление кислорода, м³/м³с;

n_1 – число оборотов вала мешалки, об/мин ;

d_k – размер молекулы (клетки) полученной в ферментаторе грибковой (белковой) массы, мкм;

d – диаметр мешалки, м.

ρ_{cm} – плотность субстрата, кг/м³ ;

Формула выводится по результатам эксперимента, поэтому коэффициент при производительности должен определяться по данным лабораторной установки, а затем с учетом методики масштабирования ввести поправки [4].

Допущена неточность при определении коэффициента $C = 0,23 \cdot 10^{-6}$. В связи с тем, что обороты имеют размерность об/мин, а размер белковой молекулы (клетки) мкм, коэффициент будет равен: $C = 3,14/30 \cdot 10^{-6} = 0,1 \cdot 10^{-6}$, тогда

$$Q = 0,1 \cdot 10^{-6} \left(\frac{R}{d}\right)^{0,18} \left(\frac{r}{d}\right)^{0,105} \left(\frac{n_1}{d}\right)^{0,07} \left(\frac{d_k}{d}\right)^{0,105} \left(\frac{\rho_{cm}}{d}\right)^{0,58} \quad (2)$$

Просуммируем показатели степени диаметра мешалки, которая находится в знаменателе, то есть степень будет при множителе отрицательной

$$d^{-(0,18+0,105+0,07+0,105+0,58)} = d^{-1,04}$$

$$\text{В этом случае: } Q = 0,1 \cdot 10^{-7} (R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}) (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}), \quad (3)$$

$$\text{Найдем формулу производительности при } C = 0,1 \cdot 10^{-6} (R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}),$$

$$Q = 0,1 \cdot 10^{-7} (R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}) (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}) \quad (4)$$

$$R^{0,18} = 0,15^{0,18} = 0,71, d_k^{-0,105} = 50^{0,105} = 1,51, d^{-1,04} = 0,2^{1,04} = 0,187 =$$

$$(R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}) = 0,214$$

$$Q = 0,1 \cdot 10^{-7} \cdot 0,214 \cdot (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}) = 0,0022 \cdot 10^{-6} (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58})$$

Поскольку вместо размера молекулы $d_k = 0,05^{0,105} = 0,73$ при определении $(R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04})$ использовали $d_k = 50^{0,105} = 1,51$, что привело к изменению коэффициента от $(R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}) = 0,095$ до 0,214, вместо $(R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}) = 0,214$ используем $(R^{0,18} \cdot d_k^{-0,105} \cdot d^{-1,04}) = 0,095$ и учтем объем экспериментального ферментатора, тогда теоретическая производительность ферментатора производства белково – витаминного концентрата, работающего по непрерывному процессу :

$$Q = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,095 \cdot 0,07 \cdot V_p \cdot (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}) = 0,1 \cdot 0,095 \cdot 0,07 \cdot 10^{-6} V_p (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58})$$

$$= 0,00069 \cdot 10^{-7} V_p (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}), \text{ кг/с}$$

$$Q = 3600 \cdot 10^{-7} \cdot 0,00069 \cdot V_p (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}) = 0,248 \cdot V_p \cdot 10^{-6} (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}), \text{ кг/ч}$$

Итак, расчетная формула производительности ферментатора производства кормового белково – витаминного концентрата

$$Q = 0,248 \cdot V_p \cdot 10^{-6} \cdot (n_1^{0,07} \cdot r^{0,105} \cdot \rho^{0,58}), \text{ кг/ч} \quad (5)$$

На основании вышеизложенного можно сказать что методика масштабирования очень эффективна, она дает возможность переноса лабораторных исследований на производственные [4,5].

Список литературы

1. Кокиева, Г.Е., Принцип построения САУ процесса культивирования микроорганизмов, осуществляющих подвод кислорода.
2. Кокиева, Г.Е. О производстве кормовых дрожжей // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». - Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006г.
3. Кокиева, Г. Е. Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья / Г. Е. Кокиева // Материалы IV региональной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2014. – С. 53-54.
4. Кокиева, Г. Е. Производство кормового лизина с разработкой вакуум-выпарного аппарата / Г. Е. Кокиева, Н. С. Балдаев // Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности : матер. II Междунар. Науч.-техн. конф., посвящённой 100-летию заслуж. Деятеля науки и техники РСФСР, проф. В. И. Попова. – Воронеж : Изд-во ВСГТА, 2004. – С. 233-234.
5. Кокиева, Г. Е. Разработка методики экспериментального изучения масштабирования основных параметров ферментатора / Г. Е. Кокиева // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 5. – С. 28-33.

05.02.00

¹Ю.Ж. Дондоков канд. техн. наук, ¹И.А. Бурцева канд. ветеринар. наук,
²И.Б. Елтунова, ²В.В. Рабданова канд. экон. наук

¹Якутская ГСХА,
²БНИК СибГУТИ

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ИКТ

Использование ИКТ позволяет открыть широкий доступ к учебной, методической и научной информации, помимо этого, а также моделирование научной и исследовательской деятельности. Создание проектов объектов технологии (отдельные процессы, технологические стадии, линии) составляет другое направление инженерного проектирования – технологическое проектирование. Экспериментальные данные, полученные в процессе исследования обрабатываются при помощи ИКТ.

Ключевые слова: техника, оборудование, ИКТ, перемешивание среды, массообменная способность аппарата.

В настоящее время существуют три основных подхода к использованию возможностей средств ИКТ при проведении лабораторного эксперимента. Применен подход на использовании программных продуктов, позволяющих осуществить компьютерное моделирование различных явлений и процессов [1,3] Следует отметить, что отсутствие точных математических моделей макрокинетики процесса биосинтеза кормового белка и сложные математические описания структуры потоков в ферментаторах пока не позволяют в достаточной степени использовать это интересное направление в практической работе при расчете и конструировании ферментаторов.

Анализировать массообменную способность аппарата с мешалками при принудительной подаче воздуха более сложная задача, чем в режиме самовсасывания. Скорость циркуляции жидкости оказывает существенное влияние на гидродинамические параметры газожидкостного потока в аппаратах. Скорость циркуляции жидкости зависит от скорости газа и газосодержания.

В диапазоне малых скоростей газа при её увеличении быстро растёт газосодержанием, соответственно, скорость жидкой фазы. Скорость жидкости не зависит от поверхностного натяжения и только вязкость влияет на скорость циркуляции, причем при постоянном расходе газа скорость циркуляции снижается с увеличением вязкости жидкости [1,2]. Принцип циркуляции газожидкостного потока в аппарате определяет его конструктивные особенности. Определение мощности перемешивания культуральной жидкости в оборудовании является первостепенной задачей при проектировании ферментатора любой конструкции. В табл. 1 приведены значения геометрических соотношений параметров ферментаторов [4,5].

Таблица 1-Значения геометрических соотношений параметров ферментаторов

№ п/п	Наименование показателя	Обозначения
1	2	3
1	Отношение высоты ферментатора к диаметру	$\frac{H}{D}$
2	Отношения диаметра мешалки к диаметру ферментатора	$\frac{d_m}{D}$

3	Отношение ширины мешалки к диаметру мешалки	$\frac{b}{d_m}$
4	Отношение длины лопасти (крыльчатки) к диаметру мешалки	$\frac{l}{d_m}$
5	Количество лопастей (крыльчаток)	n_l
6	Количество отбойников	n_0
7	Отношение ширины отбойника к диаметру мешалки	$\frac{c}{d_m}$
8	Количество ярусов мешалки	n_y
9	Расстояние от нижней мешалки до днища	h_0
10	Расстояние между ярусами мешалок	h_1

Для построения динамической модели взаимодействия частицы и лопасти рассмотрели схему относительного движения частицы по поверхности плоской лопасти при вращении мешалки.

Несмотря на большое количество проведенных исследований совершенно мало данных о исследовании о переходе по скорости массообмена от модельной системы к культуральной среде. Недостаточно сведения о влиянии ярусов на скорость растворения кислорода, времени гомогенизации и мощности затрачиваемой на перемешивание культуральной среды.

В ходе исследования задаются исходные данные на входе в установку, а на выходе проводятся необходимые замеры [1,3]. Возможности средств ИКТ позволяют осуществить сбор информации и постановку эксперимента, создать условия, в которых возможны те или иные наблюдения и проведение научного исследования. В данном случае результаты измерений могут быть мгновенно проанализированы и представлены в наглядной форме.

На рис.1 приведена зависимость массопередачи от приведенной скорости газа (аппараты с тремя многоярусными мешалками), данные обрабатывались при помощи ИКТ.

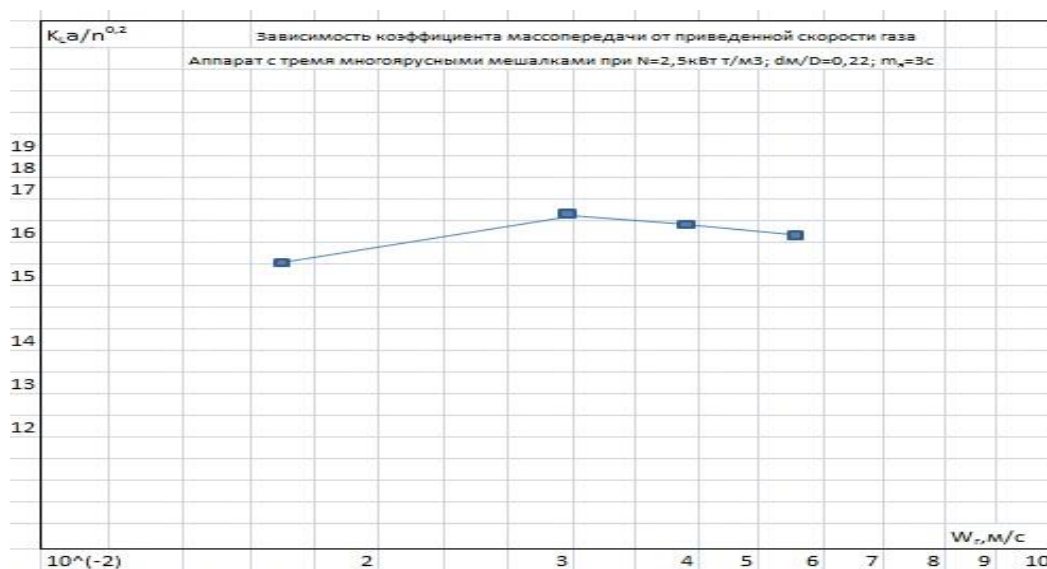


Рис. 1. Зависимость массопередачи от приведенной скорости газа (аппараты с тремя многоярусными мешалками)

Система позволяет при наличии заданной математической модели легко получить результаты моделирования (как правило, в числовом выражении, а если это в принципе возможно, то и в формульном) при построении графика.

Умения перевести проблему из реальной действительности в адекватную модель, исследовать эту модель, правильно интерпретировать результаты исследования становится возможным при использовании икт.

Список литературы

1. *Дмитриченко, О.Н.* Эффективные методы численного моделирования динамики нелинейных систем абсолютно твердых и деформируемых тел: дис...канд. Физ.-мат. Наук.-М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2003.
2. *Добров, Г.М.* Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании.-М.: Прогресс, 1974.-с. 59-84.
3. *Дубровин В.И., Субботин С.А.* Нейросетевое моделирование и оценка параметров нелинейных регрессий// 6-я Всероссийская научно-практическая конференция «Нейрокомпьютеры и их применение».-М.: «Радиотехника», 2000.-с.118-120.
4. *Кокиева, Г.Е., Елтунова И.Б., Рабданова В.В.* Математическое компьютерное моделирование конструктивно-режимных и технологических параметров установки. Научно-технический вестник Поволжья, Казань, 2018, №4, С. 112-118.
5. *Кокиева, Г.Е., Елтунова И.Б., Рабданова В.В.* Проведение многофакторного эксперимента путём математического моделирования с помощью инфокоммуникационных технологии. Научно-технический вестник Поволжья, Казань, 2018, №5, С. 112-118.

05.02.00

Ю.Ж. Дондоков канд. техн. наук, А.Г. Дранаева канд. техн. наук

Якутская ГСХА

МЕХАНИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ВЫПУСКА БВК В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Кормление занимает центральное место в технологическом процессе производства продуктов животноводства. В условиях интенсификации животноводства и перевода его на промышленную основу повышается роль полноценного кормления, которое обеспечивает получение продукции высокого качества при снижении затрат корма.

Ключевые слова: *белок, микробная масса, микробный синтез, культивирование, рост микроорганизмов.*

Питательность корма или рациона определяют комплексной оценкой всех показателей детализированных норм кормления. Большое значение для полного кормления имеют протеины, белки.

Продукцией цеха производства БВК является белок, полученный путём микробиологического синтеза. Производство микробной биомассы - самое крупное микробиологическое производство. Микробная биомасса может быть хорошей белковой добавкой для домашних животных. При выборе микроорганизма учитывают удельную скорость роста и выход биомассы на данном субстрате, стабильность при поточном культивировании, величину клеток. В настоящее время известны только две группы микроорганизмов, которым присущи свойства, необходимые для крупномасштабного промышленного производства: это дрожжи рода *Candida* на *n*-алканах (нормальных углеводородах) и бактерии *Methylophilus methylotrophus* на метаноле. Грибные дрожжи привлекают внимание исследователей благодаря способности утилизировать самое разнообразное по составу органическое сырьё: мелассу, молочную сыворотку, сок растений и корнеплодов, лигнин и целлюлозосодержащие твердые отходы пищевой, деревообрабатывающей, гидролизной промышленности. Поэтому тема диссертации посвящена производству кормового белка на растительном сырье – соке картофеля.

В качестве инокулята грибами используются глюкоза и другие питательные вещества, а общим источником азота служат аммиак и аммонийные соли. Процесс микробного синтеза состоит из различных технологических операций, основная масса из которых проходит при подводе кислорода. Кислород играет большую роль при производстве кормового белка, так как при его наличии происходит рост микробного белка и его интенсификация. Следует подчеркнуть, что ферментатор является основным аппаратом любого микробиологического производства и в значительной степени определяет его экономическую эффективность. Процесс производства кормового белка микробиологическим синтезом можно подразделить на несколько этапов (стадий). На первом этапе предусматривается получение инокулята – культуральной жидкости для винных дрожжей (так называемого посевного материала). Производство инокулята для производства винных дрожжей также делится на две стадии.

На первой стадии в выделенный прессованием сок шиповника, который служит питательной средой винных дрожжей, засевают винные дрожжи *Vini Muscat*, добавляют необходимые для активного роста минеральные компоненты – суперфосфатные соли, биотин, соли хлора. Для поддержания pH среды добавляется серная кислота, выдерживая стандарты по технологическому расчету при температуре среды $t=30...33$ градусов Цельсия. Так получается посевной материал для винных дрожжей, который используют на второй стадии их выращивания. На второй стадии производства инокулята полученная на первой стадии жидкость разбавляется водой в соотношении 1:2 и вводятся минеральные соли и

настоянный на воде раствор хвои ели и разводка дрожжей *Candida Utilis*. Также вносятся следующие питательные соли, г/дм³: K_2HPO_4 – 1,56; MgSO_2 – 0,62. Подогрев питательной среды с целью уничтожения посторонней микрофлоры (грибки, бактерии и т.д.) осуществляется при температуре 26..28 °С, в течение 12..24 часов. Затем для придания фармакологических свойств в полученную питательную среду добавляется дрожжевой лизат с йодом и смешивается. Это будет способствовать увеличению выхода биомассы с улучшенными фармакологическими свойствами.

Технологические схемы производства инокулята на соке шиповника и сока хвои приведены в таблицах 1 и 2, которые одновременно являются контрольными в процессе производства.

Программу выпуска кормового белка в течении года предлагается рассчитывать по предложенной нами математической модели :

$$G_{б.год} = \frac{G_{суб} \cdot \beta_б}{\beta \cdot \beta_{сум}} D = H_r \cdot \Delta_n; D, \text{ кг/год} \quad (1)$$

где Δ_n – норма микробиологического белково – витаминного концентрата в килограммах на одну корову в день, может колебаться от $\Delta_n = 0,10$ кг/сут. гол до 0,1 г / кг живого веса сут. гол.

H_r – поголовье фермы,

D – количество рабочих дней в году равное длительности стойлового периода;

β – коэффициент выхода сока при прессовании картофеля, $\beta = 0,55$;

$\beta_б$ – коэффициент выхода белка из картофеля, $\beta_б = \beta \cdot \beta_{суб} = 0,0022$;

$\beta_{суб}$ – коэффициент выхода белка из субстрата, $\beta_{суб} = 0,004$; (по данным эксперимента)

$\beta_{сум}$ – суммарный коэффициент выхода соков (кроме добавок), $\beta_{сум} = 0,979$

Норма Δ_n микробиологического белково – витаминного концентрата в килограммах на одно животное в день определяется из следующих соображений.

Δ_n - норма микробиологического белково – витаминного концентрата в килограммах на одну корову в день, может колебаться от $\Delta_n = 0,10$ кг/сут. гол до 0,1 г / кг живого веса сут. гол. При решении вопроса о годовой норме выпуска кормового белка для проектирования цеха необходимо решить вопрос о возможности получения годовой потребности растительного сырья .

Для этого необходимо рассчитать потребную площадь посадки картофеля.

Количество картофеля, необходимое для производства годовой программы белкового концентрата определяется по формуле

$$G_{к.год} = H_r \frac{\Delta_n \beta_1}{\beta_б} D \quad (2)$$

Для получения такого количества картофеля потребуются посевные площади:

$$F = \frac{10^{-2} G_{к.год}}{y}, \text{ га} \quad (3)$$

где: y – урожайность картофеля, ц/га при $y = 100$ ц/га и $H_r = 200$ коров необходимая площадь посадки картофеля равна

$$F = \frac{10^{-2} G_{треб}}{y} = 186 \text{ га};$$

Жизнедеятельность животных неразрывно связана с процессами образования и распада белковых веществ в организме. Для планомерного образования белков, а также молока, животное должно получать необходимое количество протеина в составе рациона. Однако потребность в них часто удовлетворяется не более чем на 75—80%, что ведет к недополучению продукции, перерасходу кормов на ее производство, снижению воспроизводства.

Список литературы

1. Кокиева, Г. Е. Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья / Г. Е. Кокиева // Материалы IV региональной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2014. – С. 53-54.
2. Кокиева, Г. Е. Производство кормового лизина с разработкой вакуум-выпарного аппарата / Г. Е. Кокиева, Н. С. Балдаев // Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности : матер. II Междунар. Науч.-техн. конф., посвящённой 100-летию заслуж. Деятели науки и техники РСФСР, проф. В. И. Попова. – Воронеж : Изд-во ВСГТА, 2004. – С. 233-234.
3. Кокиева, Г. Е. Получение экономически выгодных кормовых дрожжей как биодобавку в комбикормах / Г. Е. Кокиева // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006. – С. 20-21.
4. Кокиева, Г. Е. Комплексный подход и анализ эксплуатации оборудования пищевой промышленности, диагностика и повышение долговечности / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. Матер. III Рег. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 48-50.
5. Кокиева, Г. Е. Разработка методики экспериментального изучения масштабирования основных параметров ферментатора / Г. Е. Кокиева // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 5. – С. 28-33.

05.02.00

В.П. Друзьянова д-р техн. наук, Г.И. Гао, Н.И. Кондакова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Якутская государственная сельскохозяйственная академия
Якутская ГСХА

ВЫВОД КРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

С целью вывода критериальной зависимости определения производительности ферментатора от определяющих параметров были рассмотрены серии опытов. Эффективность перемешивающего устройства характеризует качество проведения процесса перемешивания и может быть выражена по-разному в зависимости от цели перемешивания.

Ключевые слова: диаметр, производительность, вращение, скорость, перемешивание, мешалка, радиус мешалки.

Перемешивание в жидких средах применяется для приготовления эмульсий, суспензий и получения однородной, гомогенной смеси из различных компонентов, а также для интенсификации химических, тепловых и диффузионных процессов. В процессах тепло — и массообмена скорость переноса будет тем выше, чем выше интенсивность перемешивания, т.к. при этом увеличивается поверхность контакта фаз. Способы перемешивания и выбор аппаратуры для его проведения определяются целью перемешивания и агрегатным состоянием перемешиваемых материалов. Различают два основных способа перемешивания в жидких средах: механический (с помощью мешалок различных конструкций) и пневматический (сжатым воздухом или инертным газом). Кроме того, применяют перемешивание в трубопроводах и перемешивание с помощью сопел и насосов.

Наиболее важными характеристиками перемешивающих устройств, которые могут быть положены в основу их сравнительной оценки, являются:

- 1) эффективность перемешивающего устройства;
- 2) интенсивность его действия.

В процессах получения суспензий эффективность перемешивания характеризуется степенью равномерности распределения твёрдой фазы в объёме аппарата; при интенсификации тепловых и диффузионных процессов – отношением коэффициентов тепло — и массоотдачи при перемешивании и без него. Интенсивность перемешивания определяется временем достижения заданного технологического результата или числом оборотов мешалки.

Экспериментально выявлено, что от увеличения диаметра и скорости вращения мешалок производительность ферментатора не увеличивается. Оптимальный радиус (диаметр) мешалок (рис. 1) и частота вращения мешалок (рис.2) в зависимости от которых производительность максимальна, находится в интервале: $0,2..0,3 \leq d_m/D \leq 0,35..0,5$ и до 500 $n < Q < 400...500 n$ [4,5].

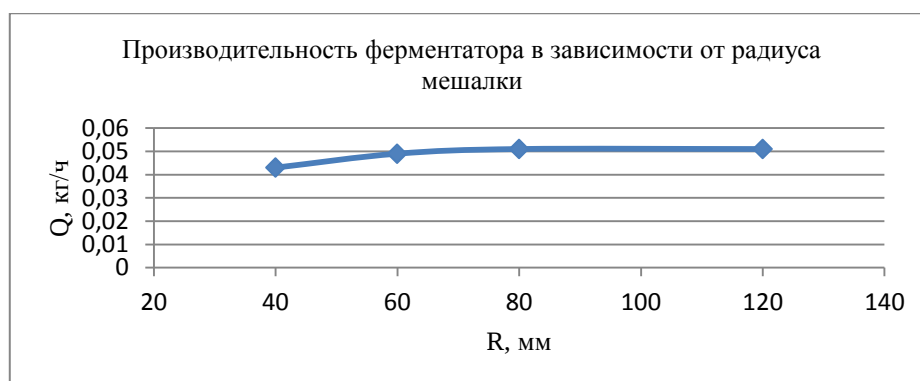


Рис. 1. Производительность ферментатора в зависимости от радиуса мешалки

От расстояния между мешалками производительность ферментатора также не изменяется (рис. 3). Расстояние между ярусами мешалок особого влияния на производительность ферментатора не оказывает. С целью равновесия системы, центральную мешалку необходимо устанавливать в центральной части ферментатора.

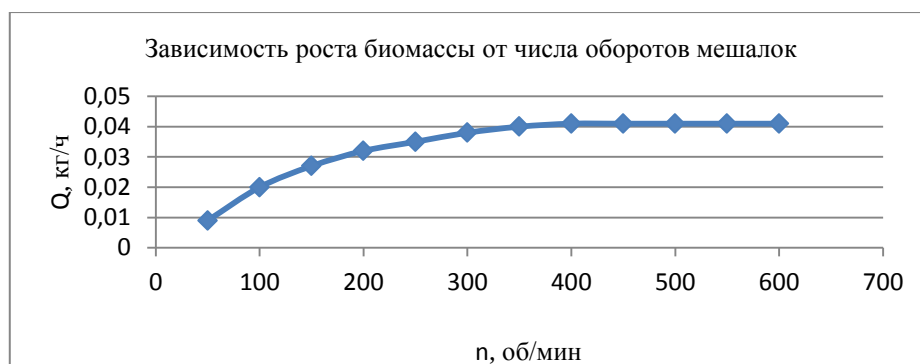


Рис. 2. Зависимость роста биомассы от числа оборотов мешалок

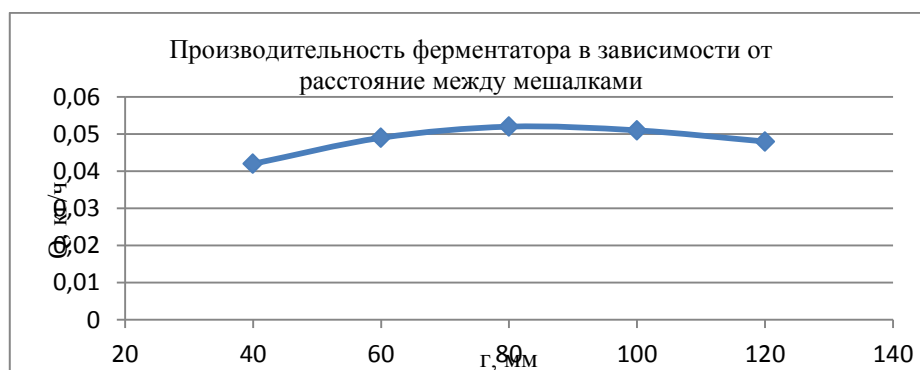


Рис. 3. Производительность ферментатора в зависимости от расстояние между мешалками

Производительность ферментатора возрастает с увеличением плотности питательной среды. Начальную, среднюю и конечную плотность приняли соответственно 960, 980 и 1010 кг/м³. Соответственно возрастала производительность ферментатора (рис.4).

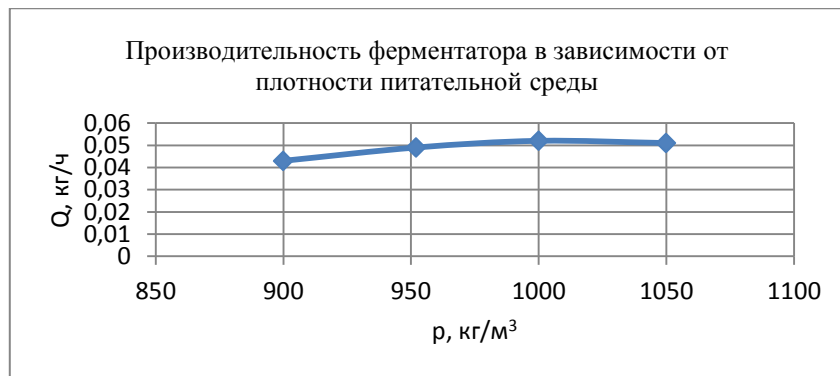


Рис. 4. Производительность ферментатора в зависимости от плотности питательной среды

Неизвестные показатели степеней в уравнении (1) можно было определить двумя способами – расчетным (поиском логарифмических чисел) и графическим. В данной работе мы использовали графический метод нахождения показателей степеней как более простой и достаточно надежный. Порядок определения степеней покажем на примере нахождения значения G из равенства:

$$G = \left(\frac{R}{d}\right)^a. \quad (1)$$

Подставляя значения постоянных $d=0,5$ мкм, $R=0,12$ м и экспериментально найденные величины средней производительности $0,03$ кг/ч получали численные значения, которые наносили на логарифмическую координатную сетку и определяли искомую точку.

Аналогичным образом находили ряд расчетных значений, а при других условиях опыта, которые наносили на сетку. Через найденные точки проводили прямую, тангенс угла наклона которой даёт соответствующее значение a .

Значение остальных показателей степеней находим аналогичным образом. В результате получено:

$a=0,18$; $f=0,105$; $g=0,07$; $l=0,105$; $p=0,58$.

Поправочный коэффициент $C=0,23 \times 10^{-6}$ находили при $R=0,12$ м и $dk=0,5$ мкм.

Формула для расчета производительности окончательно приобретает вид:

$$Q = 0,23 \times 10^{-6} \left(\frac{R}{d}\right)^{0,18} * \left(\frac{r}{d}\right)^{0,105} * \left(\frac{n_1}{\tau}\right)^{0,07} * \left(\frac{dk}{d}\right)^{0,105} * \left(\frac{P_{cm}}{P}\right)^{0,58} \quad (2)$$

Обработка результатов экспериментов проводилась с использованием методов математической статистики. В частности, анализ данных проводился с помощью критерия Стьюдента, проверка дисперсий измерений с помощью критерия Фишера.

Список литературы

1. Дмитриченко, О.Н. Эффективные методы численного моделирования динамики нелинейных систем абсолютно твердых и деформируемых тел: дис...канд. Физ.-мат. Наук.-М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2003.
2. Добров, Г.М. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании.-М.: Прогресс, 1974.-с. 59-84.
3. Добров, Г.М., Еришов, Ю.В., Левин, Е.И. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. -Киев: НАУКОВА ДУМКА, 1974.-160 с.
4. Кокиева, Г.Е. Устройство для выращивания кормовых дрожжей // Матер. Всерос. науч. - практ. конф. «Перспективы развития пищевой промышленности России». – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2005г.
5. Кокиева, Г.Е. Устройство для выращивания кормовых дрожжей // Матер. Всерос. науч. - практ. конф. «Технологии и техника агропромышленного комплекса». - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005

05.02.00

В.А. Иванов канд. техн. наук, И.А. Мутугуллина канд. техн. наук

Бугульминский филиал ФГБОУ ВО «Казанского национального
исследовательского технологического университета»,
Бугульма, vladivanov56@yandex.ru

ОБ ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПУЗЫРЬКОВОМ КИПЕНИИ ЖИДКОСТИ

Существует несколько физических концепций, объясняющих интенсификацию теплопередачи при кипении. Предполагается простая физическая модель, объясняющая рост сдвиговых напряжений распространением «волн вязкости», вызванных прохождением пузырьков пара через пристеночный слой. Суть модели в комбинации двух схем: схемы микроструй Кутателадзе-Леонтьева-Кирдяшкина [1] и схемы сдвиговых напряжений (модель шероховатости, модель мольного обмена и др.) Предложена формула, устанавливающая зависимость между коэффициентом теплопередачи и плотностью теплового потока при пузырьковом кипении воды при умеренных гидродинамических параметрах, которая подтверждается экспериментальными материалами физики кипения. Это в свою очередь служит в качестве верификации предложенной модели.

Ключевые слова: поверхностное кипение, плотность центров парообразования, коэффициент теплопередачи, плотность теплового потока

Рассмотрим периодическое движение жидкости в слое $0 < z < \delta$, вызванное периодическим возмущением на плоскости $Z = \delta$. Введем следующие обозначения (рис. 1).

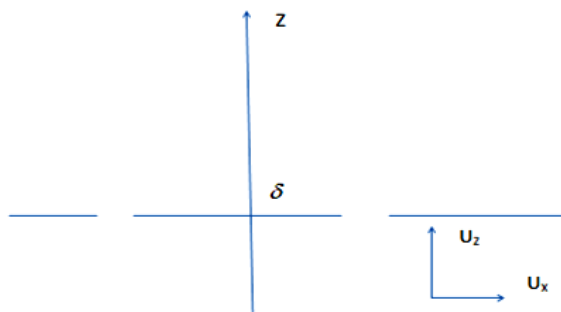


Рис. 1 – К выводу формулы

$$x_1 = \frac{x}{\delta}, \quad z_1 = \frac{z}{\delta}, \quad t_1 = \frac{t}{t_0}$$

здесь t_0 – характерное время процесса. Рассмотрим в первом приближении стержневой режим течения жидкости. Поперечная компонента U_z будет удовлетворять уравнению

$$\frac{\partial U_z}{\partial t_1} = K \left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} \right) U_z, \quad (1)$$

где $K = \frac{\nu t_0}{\delta^2}$,

ν – коэффициент кинематической вязкости.

Причем $U_z(x_1, 0, t_1) = U_z(x_1, 1, t_1) - F(x_1, t_1) = 0$, (2)

где $F(x_1, t_1)$ – распределение скорости возмущения на внешней границе слоя. Предположим, что $F(x_1, t_1)$ – спектральная плотность возмущения с волновым числом μ :

$$F(x_1, t_1) = e^{x_1 \mu i} \cdot \varphi(t_1), \text{ при этом } \varphi^K(t \pm 1) - \varphi^{(K)}(t) = 0.$$

Решение (1), (2) будет:

$$U_z(x_1, z_1, t_1, \mu) = 2\pi e^{x_1 \mu i} \cdot K \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot \sin \pi \cdot z_1 \cdot \int_{-\infty}^{t_1} \varphi(\tau) \cdot e^{-(n^2 \pi^2 + \mu^2) K (t_1 - \tau)} d\tau \quad (3)$$

τ – переменная интегрирования.

Решение (3) можно интерпретировать как сдвиговое течение, вызываемое скоростным полем: $F(x_1, t_1, \mu)$

Решение (3) можно переписать в виде:

$$U_z(x_1, z_1, t_1; \mu) = 2\pi \cdot e^{x_1 \mu \cdot i} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \varphi_n(t_1) f_n}{(K)^n}, \quad (4)$$

где $\varphi_n(t_1) = \left(\frac{d}{dt_1}\right)^n \cdot \varphi(t_1)$

$$f_n(z_1) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \cdot n \cdot \sin \pi \cdot z_1}{(n^2 \cdot \pi^2 + \mu^2)^{n+1}} \quad (5)$$

Суммируя ряд (5) получим:

$$f_0(z_1) = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{Sh \mu z_1}{Sh \mu}, f_1(z_1) = \frac{1}{4\pi^2 \mu^2} \cdot \left(\frac{\mu \cdot z_1 ch \mu z_1}{Sh \mu} - \frac{\mu \cdot Sh 2\mu z_1}{2Sh^2 \mu} \right) \text{ и т. д.}$$

Учитывая в (4) только член 0 (1) будем иметь:

$$U_z(x_1, z_1; \mu) = e^{x_1 \mu \cdot i} \cdot \varphi(t_1) \frac{Sh \mu z_1}{Sh \mu} \quad (6)$$

Из (6) следует, что возрастание сдвигового напряжения пропорционально $\frac{\mu}{Sh \mu}$.

На всем спектре этот вклад пропорционален:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\mu}{Sh \mu} d\mu = \frac{\pi^2}{2}$$

Учитывая, что

$$U_x = \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad U_z = -\frac{\partial \psi}{\partial x},$$

где ψ – функция тока, можно записать:

$$\psi(x_1, z_1, t_1, \mu) = \frac{i}{\mu} \cdot e^{x_1 \mu i} \cdot \varphi(t_1) \cdot \frac{Sh \mu z_1}{Sh \mu}$$

Пусть $\varphi(\tau) = -\varphi_0(\tau) \cdot e^{\beta i}$

$\beta = \frac{2m}{m+1}$, $m \frac{d \ln U_e}{d \ln X}$, где U_e – скорость на внешней границе пограничного слоя.

$$\text{Тогда } \psi(x_1, z_1, \tau, \mu) = -\frac{i}{\mu} e^{(x_1 \mu + \beta) i} \cdot \varphi_0(\tau) \cdot \frac{Sh \mu z_1}{Sh \mu} \quad (7)$$

Физический смысл имеет только вещественная часть: $Re \psi = \bar{\psi}$,

$$\bar{\psi} = \varphi_0(\tau) \sin(x_1 \mu + \beta) \frac{Sh \mu z_1}{Sh \mu} \quad (8)$$

Тогда, мгновенная линия тока удовлетворяет уравнению:

$$\sin(\mu x_1 + \beta) Sh \mu z_1 = const$$

При $\mu \gg 1$ подавляющее большинство траекторий возмущенного движения – прямые параллельные твердой стенке (начало пузырькового кипения).

При $\mu \ll 1$ – траектории перпендикулярны стенке.

Если $x_1 = -\frac{\beta}{\mu} \pm 2\pi \cdot n$, то получаем узлы.

Таким образом, можно считать, что волновое число μ обратно пропорционально плотности центров парообразования. То есть $\mu = f(Bo)$, где Bo – число Бонда кипения.

С другой стороны: $Bo = E(q)$,

$$\text{Где } \bar{q} = \frac{q}{q_{\infty}},$$

$$q_{\infty} - \text{критическая плотность теплового потока, то есть } \mu = f(\varepsilon(\bar{q})) = f_1(\bar{q}) \quad (9)$$

Пусть μ_{∞}, μ_0 при этом $\mu_{\infty} = f_1(1)$, $\mu_0 = f_1(0)$

В первом приближении, осуществляя линейную интерполяцию, получим:

$$\mu(\bar{q}) = \mu_0 - (\mu_0 - \mu_{\infty}) \bar{q} \quad (10)$$

Таким образом, влияние паровой фазы на пристеночное течение можно смоделировать

как систему источников, расположенных на парогенерирующей стенке с шагом $S = \frac{2\pi}{\mu}$.

Так как, $\mu \in]\mu_\infty, \mu_0[$, то $S \in]S_0, S_\infty[$, где S_0 – предельная плотность центров парообразования, соответствующая началу кипения, S_∞ – критическое значение плотности центров парообразования.

Рассмотрим уравнение энергии:

$$Sh \cdot \frac{\partial \theta}{\partial t_1} + \frac{\partial(\theta, \bar{\psi})}{\partial(x_1, z_1)} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z_1^2}. \quad (11)$$

Здесь Pe – число Пекле, Sh – число Струхала.

$$\theta = \frac{T_e - T}{T_e - T_w},$$

T_e – температура на внешней границе пограничного слоя,

T_w – температура стенки.

Обычно при кипении $Pe \gg 1$, поэтому в нулевом приближении вместо $Sh \cdot \frac{\partial \theta}{\partial t_1} + \frac{\partial(\theta, \bar{\psi})}{\partial(x_1, z_1)} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z_1^2}$ можно решать уравнение Лагранжа:

$$Sh \frac{\partial \theta}{\partial t_1} + \frac{\partial(\theta, \bar{\psi})}{\partial(x_1, z_1)} = 0 \quad (12)$$

Решение $Sh \frac{\partial \theta}{\partial t_1} + \frac{\partial(\theta, \bar{\psi})}{\partial(x_1, z_1)} = 0$ будем искать в виде $\theta(x_1, z_1, t_1) = C_1(t_1) \cdot \xi(\bar{\psi})$, $\xi(\bar{\psi})$ – произвольная функции от $\bar{\psi}$

$$\text{Тогда } \theta(x_1, z_1, t_1) = \theta \cdot \xi(\bar{\psi}) \cdot \exp \left\{ \int \frac{\xi'}{\xi} \frac{\partial \bar{\psi}}{\partial t_1} dt_1 \right\} \quad (13)$$

будет общим решение (12).

Пусть $\xi(\bar{\psi}) = \bar{\psi}$, Это вполне корректно, если иметь в виду аналогию Рейнольдса.

Из (8) и (13) следует, что:

$$\theta = (x_1, z_1, t_1) = C \cdot \sin \mu x_1 \cdot \frac{Sh \mu z_1}{Sh \mu} \quad (14)$$

Тогда будем иметь, что

$$Nu = C \cdot Sh x_1 \mu \cdot \mu_1 C S ch \mu \quad (15)$$

Nu - число Нуссельта

Рассмотрим значение

$$n = \frac{\ln Nu}{\ln \bar{q}}$$

Из (10) и (15) имеем:

$$n = \frac{\mu_0 - \mu_\infty}{\mu_\infty} (\mu_\infty c th \mu_\infty - 1), \quad (16)$$

$$\text{где } \mu = \frac{2\pi}{S}$$

Без ограничения общности можно считать, что $S_\infty = 1$

Численные значения S плотности центров парообразования приводятся в работах Вачона, Морхауза и др. [2].

Для воды на линии насыщения имеем:

$$n = 0,69; \quad P = 1 \text{ бар;}$$

$$n = 0,72; \quad P = 2 \text{ бар;}$$

$$n = 0,74; \quad P = 10 \text{ бар.}$$

То есть, можно считать, что для воды при умеренных параметрах справедлива формула:

$$h' = A \cdot q^n, \quad (17)$$

где q – плотность теплового потока, h' – коэффициент теплопередачи,

A – константа, которая зависит от многих факторов, в частности от зашлакованности поверхности и определяется только эмпирическим путем, $n \approx 0,7$.

Экспериментальные материалы физики кипения подтверждает этот вывод (см. таблицу 1).

В таблице 1 приводятся расчетные зависимости по теплообмену при пузырьковом кипении воды для различных термодинамических и геометрических условий.

Таблица 1.

Формулы	Примечания
$h' = 3q^{0,7}p^{0,18}$	Горизонтальная медная хромированная пластина; вода, область Рэлея. $1,2 \cdot 10^5 < q < 6 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$ $p' \leq 28$ бар
$h' = 1,26 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,44}$	То же $p' \leq 71,4$ бар
$h' = 10,3 \cdot q^{0,62} \cdot p^{0,62}$	То же $0,09 \leq p \leq 1,03$; $10^5 \leq q \leq 10^6$
$h' = 3q^{0,7}$	То же $p = 1,03$ бар $q \leq 10^6$ Вт/м ²
$h' = 2,6 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,14}$	Кипение в горизонтальной точеной трубе из стали, область Рэлея
$h' = 3 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,2}$	То же, труба латунная
$h' = 4,2 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,3}$	То же $p' \geq 0,14$ бар
$h' = 4,9 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,5}$	То же $p' \leq 1,56$ бар
$h' = 8 \cdot q^{0,7}$	То же $p' = 1,03$ бар $q < 6 \cdot 10^4$ Вт/м ²

В таблице 1 приводятся экспериментальные зависимости по теплообмену при пузырьковом кипении воды для различных термодинамических условий. Таблица 1 составлена на основании [3]. Хорошая корреляция экспериментальных данных, приведенных в таблице 1 является косвенным подтверждением достоверности предложенной модели.

Список литературы

1. Кутателадзе С.С. Анализ подобия и физические модели. Новосибирск; Наука, 1986г. – 297с.
2. Вачон, Морхауз. Использование растрового микроскопа для использования центров парообразования на поверхности нержавеющей стали при кипении в большом объеме. Теплопередача. 1974.
3. Справочник по теплопередаче/С.С. Кутателадзе, М.В. Борищанский – М., Книга по требованию, 2012. – 415с. ISBN 978-5-458-36211-5

05.02.13

**И.В. Ивенина канд. техн. наук, Ю.Г. Смирнов канд. физ.-мат. наук,
А.А. Лютоев**

Ухтинский государственный технический университет,
институт фундаментальной подготовки,
Ухта, iv_ivenina@list.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ ПРИ ПОМОЩИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

В работе рассмотрен метод очистки промышленных сточных вод нефтяных месторождений от эмульгированной нефти при помощи наночастиц магнетита и силового воздействия магнитного поля. Приведены результаты экспериментальных исследований, позволяющих оценить эффективности метода. Установлена зависимость между полнотой извлечения нефти данным методом, ее химическим составом и относительным количеством магнетита, используемого для очистки воды.

Ключевые слова: очистка воды от нефти, водонефтяная эмульсия, наночастицы магнетита.

Нефтедобывающая промышленность неизменно является источником больших объемов сточных вод, образующихся в ходе различных технологических процессов, в частности при извлечении обводненной нефти из добывающих скважин. Обводненность добываемой продукции на длительно эксплуатируемых месторождениях достигает 50-80%. На некоторых скважинах в составе извлекаемой жидкости только 3-5% приходится на нефть, остальное – на воду. Такая вода содержит большое количество нефти, в том числе и в эмульгированном виде. Подобного рода высокодисперсные эмульсии, стабилизированные функциональными соединениями, относящимися к категории поверхностно-активных веществ, довольно сложно подвергаются разделению.

В публикациях [1-3] в ходе экспериментальных исследований был описан способ извлечения эмульгированной нефти в магнитном поле из загрязненной воды после обработки водонефтяной эмульсии наночастицами магнетита Fe_3O_4 . Обладая высокой удельной поверхностной энергией, эти частицы агрегируются на границе раздела фаз вода-нефть, то есть на поверхности эмульсионных капель. Направленно двигаясь в неоднородном магнитном поле, частицы магнетита увлекают за собой эмульгированную нефть. Собранная таким образом нефть легко отделяется от жидкой фазы, чем и достигается очистка воды.

Задачей экспериментов было определение оптимального массового соотношения «магнетит-нефть» для достижения наибольшей эффективности извлечения нефти из воды. Показателем эффективности служило достижение содержания нефти в воде, не превышающего норм ПДК (0,3 мг/л). В ходе экспериментальной работы проводили исследования по очистке воды:

1) загрязненной ярегской нефтью (содержание нефти 80 мг/л – как показал литературный обзор, это довольно распространенный показатель загрязнения пластовой воды для данного месторождения) – эта степень загрязнения соответствует категории «Очень сильное загрязнение»;

2) загрязненной усинской (легкой) нефтью (содержание 20 мг/л), что соответствует категории «Сильное загрязнение».

Для оценки эффективности извлечения нефти из воды использовали однолучевой сканирующий спектрофотометр. Экстракцию органических компонентов загрязненной воды проводили при помощи толуола. На приборе определяли такие характеристики экстракта,

как оптическая плотность и процент светопропускания. Для построения оценочной шкалы загрязнения была подготовлена и исследована серия стандартных смесей типа «вода-нефть». После предварительной подготовки загрязненной воды с необходимым содержанием нефти образец смешивали с магнетитом в нужных массовых отношениях. Далее проводили извлечение магнетито-нефтяной смеси из воды в неоднородном магнитном поле. Очищенную таким образом воду исследовали на предмет содержания остаточной нефти. Результаты исследований эффективности очистки отражены графически (рис. 1, 2).

Для получения наночастиц использовали метод Рене Массарта [4], заключающийся в осаждении Fe_3O_4 в ходе реакции гидролиза смеси растворов солей железа (II, III) раствором аммиака. Во всех экспериментах использовали свежесоздаанные частицы магнетита. Для определения необходимого его количества следует производить расчет не исходя из концентрации самого магнетита в рабочей жидкости, а исходя из массового соотношения нефть-магнетит.

Снижение содержания эмульгированной нефти в воде до допустимых норм возможно, как минимум, при трехкратном избытке массы магнетита по сравнению с массой нефти в исходном образце загрязненной воды в случае с нефтью Ярегского месторождения (рис. 1). В то время как с образцами нефти Усинского месторождения потребовался избыток магнетита не менее, чем в пять раз по отношению к исходному загрязнению (рис. 2). Таким образом, полнота извлечения определяется, в частности, химическим составом нефти. Данная серия опытов показала большую эффективность данного метода для тяжелых нефтей, содержащих в составе молекул большое количество гидрофильных молекул. По-видимому, наличие функциональных групп обеспечивает лучшее сцепление наночастиц магнетита с поверхностью нефтяных капель. В то время как нефть Усинского месторождения характеризуется преимущественным содержанием алканов и гидрофобных циклов и низким содержанием функциональных соединений [5].

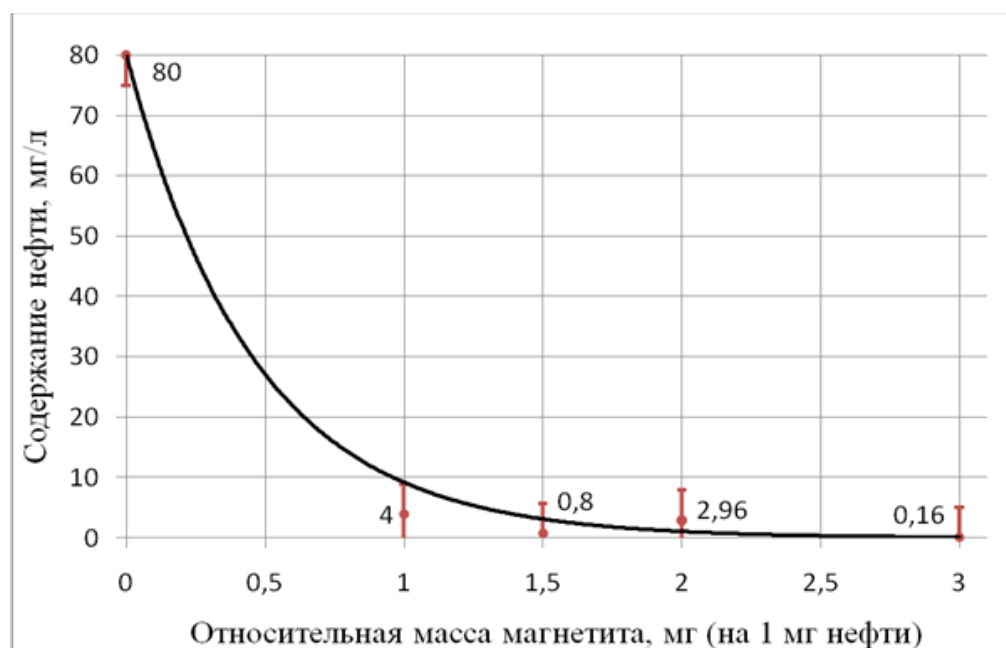


Рис. 1 - График зависимости содержания остаточной нефти от массового соотношения «нефть-магнетит» в разделяемой смеси (для нефти Ярегского месторождения)

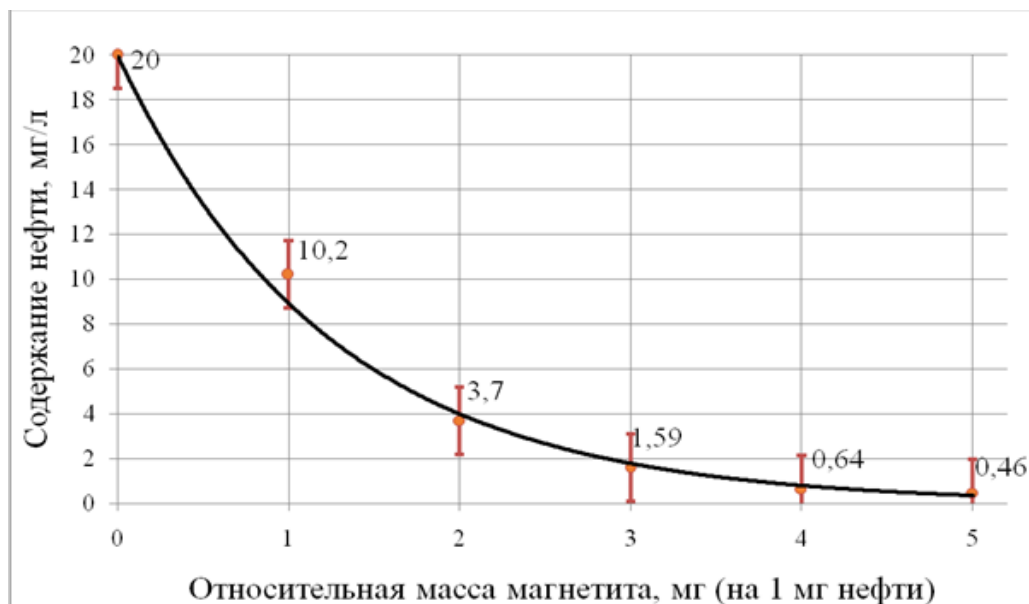


Рис. 2 - График зависимости содержания остаточной нефти от массового соотношения “нефть-магнетит” в разделяемой смеси (для нефти Усинского месторождения).

Опытным путем показано, что при содержании магнетита в количестве, достаточном для полного связывания нефтяных капель, не наблюдается отслоения нефти, налипания на стенки тары, в которой хранится загрязнённая вода, что может объясняться высокой удерживающей способностью магнетита.

Целью следующей серии экспериментов было установить зависимость полноты извлечения нефти из загрязненной воды от продолжительности контакта водонефтяной эмульсии с магнетитом (рис. 3).

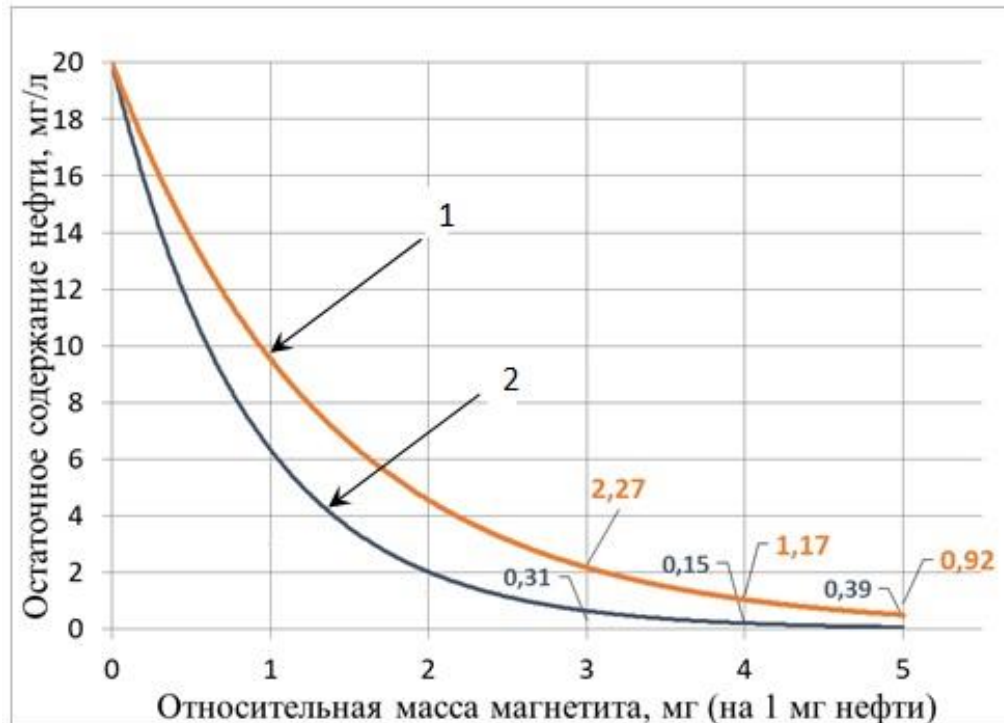


Рис. 3 - График зависимости содержания остаточной нефти от массового соотношения “нефть-магнетит” в разделяемой смеси, с учетом продолжительности контакта водонефтяной эмульсии с магнетитом (1 – результаты извлечения нефти сразу после смешивания магнетита с загрязненной водой; 2 – результаты извлечения нефти после суток отстаивания смеси загрязненной воды с магнетитом).

Эксперимент показал необходимость обеспечения более длительного контакта магнетита с водонефтяной эмульсией для увеличения эффективности метода. В исследовании время выдержки соответствовало суткам. В промышленных условиях, по-видимому, столько времени не потребуется. В дальнейшем потребуются дополнительные эксперименты по определению временного промежутка между этапом смешивания магнетита с водой и этапом магнитной очистки воды от нефте-магнетитной массы.

При длительном отстаивании магнетит оседает, объединяясь в более крупные агрегаты и увлекает за собой потерявшую стабильность нефтяную фазу эмульсии, органолептические свойства воды при этом улучшаются: исчезает запах нефти, вода приобретает заметную прозрачность. Таким образом, седиментационные явления могут быть объединены с действием магнитного поля, что увеличит скорость разделения.

По итогам экспериментов были сделаны следующие выводы:

1. Использование свежесозданного магнетита для очистки воды от нефтяного загрязнения показало высокую эффективность полученного продукта даже без стабилизаторов.

2. Предварительный весовой анализ показал, что при помощи частиц магнетита из сильно загрязненной воды (более 100 мг/л) можно извлечь нефтепродукты, по массе превышающие сам магнетит в 1,5 раза. При этом степень очистки достигает 95%. Но при более низком содержании нефтепродуктов (8-50 мг/л) необходим кратный массовый избыток частиц магнетита.

3. Один литр рабочей жидкости содержащий свежесозданный Fe_3O_4 , в зависимости от типа и интенсивности загрязнения может очистить от 50 до 230 л загрязненной воды. Метод позволяет извлечь из водо-нефтяной эмульсии нефть до достижения норм ПДК в соответствии с «Перечнем предельно допустимых концентраций о ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов». Эффективность извлечения нефти зависит от размера частиц магнетита, химического состава нефти, продолжительности контакта магнетита и водонефтяной эмульсии.

Предлагаемая методика тонкой очистки показывает эффективность, не уступающую такому методу извлечения нефтепродуктов из воды, как электрокоагуляция. Наряду с этим описанный метод менее энергоемкий и, как показано в нашей предыдущей работе [6], предусматривает замкнутый цикл использования реагента.

Список литературы

1. Sullivan A.P., Kilpatrick P.K. The effect of inorganic solid particles on water and crude oil emulsion stability // Ind. Eng. Chem. Res. – 2002. – Vol.41. – P.3389-3404.
2. Лютеев А.А., Смирнов Ю.Г. Разработка технологической схемы очистки сточных вод от нефтяных загрязнений с использованием магнитных наночастиц // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2013. №4. С. 424-435. URL: http://www.ogbus.ru/authors/LyutovAA/LyutovAA_1.pdf (дата обращения: 16.08.2018).
3. Лютеев А.А., Смирнов Ю.Г., Ивенина И.В. Извлечение эмульгированных примесей нефти из воды при помощи высокодисперсных частиц магнетита // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. - №4. – С. 40-45.
4. Massart R. Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media // IEEE Trans. Magn., 1981, Mag-17, 2. P. 1247–1248.
5. Козырева О. С., Чуйкина Д. И. Состав нефтей пермокарбоновой залежи Усинского месторождения // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Междунар. симпозиума им. академика М. А. Усова: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 1. – С. 344-346. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/32291> (дата обращения: 16.08.2018).
6. Ивенина И.В., Смирнов Ю.Г., Лютеев А.А., Истомина Е.И. Разработка технологии регенерации наночастиц магнетита в процессе очистки воды от эмульгированной нефти // Научно-технический вестник Поволжья, 2018, №7. – С.24-28.

05.02.00

Е.Н. Ильина канд. с.-х. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГОВЯДИНЫ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО СОСТАВА КОРМОВ

Освоение прогрессивной технологии животноводства на промышленной основе включает в себя наряду с рациональным использованием имеющихся кормов и производство новых видов, а также совершенствование техники кормления скота.

Ключевые слова: *кормление скота, биологически активная добавка, растительные корма, продуктивность, поедаемость.*

Мясо крупного рогатого скота содержит все необходимые для организма элементы питания: белки, жиры, углеводы, минеральные соли, а также витамины А, Б и группы В. Однако в последние 25-30 лет из-за неблагоприятной экологической ситуации в организм животных вместе с кормами поступали токсичные вещества, в том числе тяжелые металлы. Они аккумулировались в организме, в мышечной и других тканях, вызывая ряд специфических заболеваний. Данную проблему можно решить путем добавления в корм скоту биологически активную добавку. При кормлении сельскохозяйственных животных необходимо, помимо традиционных кормов, максимально использовать дополнительные кормовые ресурсы и добавки. От качества кормов и кормовых добавок в значительной степени зависит поедаемость, продуктивность, состояние здоровья сельскохозяйственных животных, себестоимость продукции. Организация полноценного кормления животных основана на знании их потребности в различных питательных веществах, витаминах, минеральных веществах и ценности определенного корма в питании животных. Полноценность кормления обуславливается наличием в рационах определенного количества энергии и питательных веществ в соответствии с потребностями животных. В полноценных рационах должно быть оптимальное соотношение между грубыми, сочными и концентрированными кормами. Необходимое условие полноценности рационов- корма высоко качества и хорошая поедаемость их животными. Полноценность кормления складывается из ряда показателей: содержания общей энергии в рационе, сбалансированности кормления по протеину, углеводам, жирам, минеральным веществам, витаминам и биологически активным веществам. Производство микробной биомассы - самое крупное микробиологическое производство. Микробная биомасса может быть хорошей белковой добавкой для домашних животных [1,3,4]. При выборе микроорганизма учитывают удельную скорость роста и выход биомассы на данном субстрате, стабильность при поточном культивировании, величину клеток.

На рис. 1 приведена конструктивно-технологическая схема, в которой показан порядок продвижения компонентов от машины к машине и подача полученного сока в бак питательной среды (бак №1), порядок подачи которого в реактор в процессе работы цеха показан на графике рабочего процесса цеха.

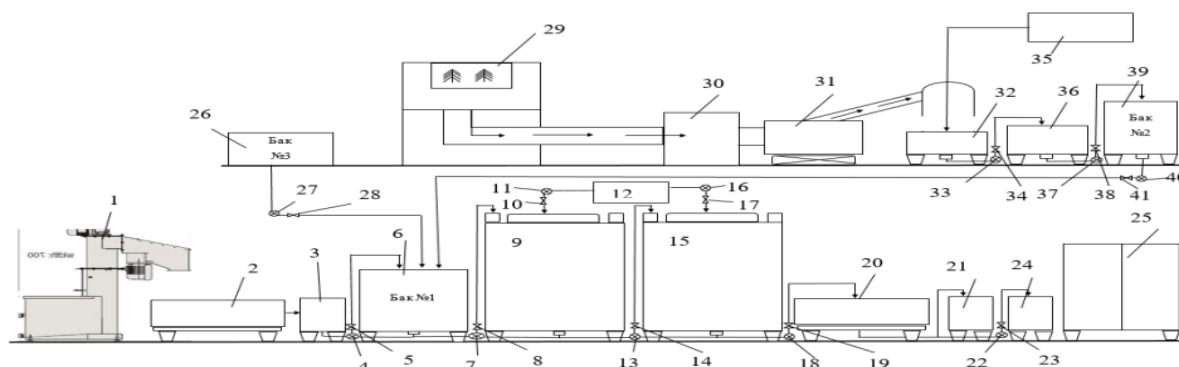


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема производства кормового БВК:

1 – дробилка-измельчитель картофеля ИКМ-5; 2 – ленточный пресс-измельчитель ЕВР 500; 3 – ёмкость для сбора жома; 4 – насос подачи сока картофеля в бак-стерилизатор; 5 – вентиль; 6 – смеситель (№ 1 – бак подготовки питательной среды); 7, 13 – насосы подачи питательной среды в ферментаторы; 8 – вентиль; 9 – ферментатор №1 ($V_p = 2,5 \text{ м}^3$); 10 – вентиль; 11 – счётчик подачи воздуха в реактор №1; 12 – компрессор; 13 – насос подачи питательной среды из баков №1 и №2; 14 – вентиль; 15 – реактор № 2 ($V_p = 2,5 \text{ м}^3$); 16 – счётчик подачи воздуха в реактор № 2; 17 – вентиль; 18 – насос подачи субстрата из реакторов №1 и №2; 19 – вентиль; 20 – фильтр-пресс; 21 – стерилизатор; 22 – насос; 23 – вентиль; 24 – бак БВК; 25 – сушильный шкаф; 26 – ёмкость для инокулята (шиповника); 27 – насос; 28 – вентиль; 29 – машина для получения хвои из веток (располагается в лесу); 30 – измельчитель (располагается в лесу); 31 – мойка-измельчитель хвои; 32 – бак для настоя сока хвои; 33 – насос; 34 – вентиль; 35 – бак для воды; 36 – фильтр; 37 – насос подачи сока хвои; 38 – вентиль; 39 – бак № 2 готового раствора хвои; 40 – насос подачи сока хвои в бак № 1; 41 – вентиль.

В табл.1 приведены данные количества добавок субстрата на сутки на 200 коров. В табл.2 представлен суточный состав добавок субстрата на 200 коров для приготовления 0,1 кг белкового концентрата на одну голову

Таблица 1 – Данные количества добавок субстрата на сутки на 200 коров

№ п/п	Наименование ингредиента субстрата и добавок	Коэффициент выхода сока	Формула для расчёта количества i-ых соков $G_{\text{сок},i} = 25 \cdot N_{\text{г}} \cdot \beta_i$	Количество i-ых соков для поголовья $N_{\text{г}} = 200$ коров
1	Сок картофельный	$\beta_1 = 0,837$	$G_{\text{с.к}} = \beta_1 \cdot G_{\text{карт}}$	$G_{\text{с.к}} = 4100 \text{ л}$
2	Раствор хвои	$\beta_2 = 0,137$	$G_{\text{хв}} = \beta_2 \cdot G_{\text{карт}}$	$G_{\text{хв}} = 685 \text{ л}$
3	Раствор шиповника	$\beta_3 = 0,0056$	$G_{\text{ш}} = \beta_3 \cdot G_{\text{карт}}$	$G_{\text{ш}} = 28 \text{ л}$
4	Кол-во суспензии	$\beta_{\text{сум.}} = 0,979$	$G_{\text{сум.}} = \beta_{\text{сум.}} \cdot G_{\text{карт}}$	$G_{\text{сум.}} = 4895 \text{ л}$
4	Добавки	$\beta_4 = 0,021$	$G_4 = \beta_4 \cdot G_{\text{карт}}$	$G_4 = 105 \text{ л}$

Кормовые дрожжи применяют и используют в качестве кормового средства не только в случае изменения их свойств, но и в связи с нарушением технологии производства или превышением сроков их хранения [1,2,4]. На рис.2 представлена зависимость кормления от привеса у животных в период кормления. Были поставлены две экспериментальные группы, на основании полученных данных была получена следующая зависимость.



Рис. 2. Зависимость кормления от привеса у животных в период кормления

■ - экспериментальная группа
◆ - стандартная группа

Данные преимущества поставили свои приоритеты в развитии микробного синтеза, а именно, в получении кормового белка. При таком обширном исследовании микробного синтеза, которое является на данный момент самой крупнотоннажной отраслью биотехнологии и микробиологии и открывает большие перспективы возможности получения в промышленной индустрии различных кормовых добавок для кормления животноводства

Список литературы

1. Кокиева, Г. Е. Исследование дрожжевания кормового белка в оборудовании пищевой промышленности / И. Б. Шагдыров, Г. Е. Кокиева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2016. – № 2. – С. 95-100.
2. Кокиева, Г. Е. Методика лабораторных и производственных исследований в экспериментальной установке / Г. Е. Кокиева // Проблемы развития современной науки : Сб. науч. статей по матер. I Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь, 2016. – С. 45-48.
3. Кокиева, Г. Е. Конструктивная особенность аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // I междунар. науч.-практ. конф. «Во-просы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы» (13 апреля 2016 г.) : Сб. публ. науч. журн. "Chronos". – Москва, 2016. – С. 24-29.
4. Кокиева, Г. Е. Основные направления разработок на современном этапе развития экономики Республики Бурятия / Г. Е. Кокиева // Бизнес и образование на современном этапе развития экономики Республики Бурятия : Сб. ма-тер. рег. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2016. – С. 156-161.

05.02.00

Г.В. Ильных, О.Ю. Сметанников д-р техн. наук

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия**МНОГОУРОВНЕВОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ТКАНЕВЫХ КОМПОЗИТОВ**

Представлено комплексное исследование термомеханических свойств полимерных композитов на тканевой основе с использованием многоуровневого подхода. Рассмотрены три масштабных уровня: волокна, ткани и многослойного изделия. Использована модель упругого приближения. На верхнем масштабном уровне эффективные свойства адаптированы к модели Prony в ANSYS Mechanical, проведена экспериментальная верификация численного аналога.

Ключевые слова: Многоуровневая модель, композиционный материал, термовязкоупругость, эффективные свойства.

Композиты на тканевой основе в настоящее время широко применяются для производства тонкостенных изделий, используемых в аэрокосмической отрасли. Актуальной является проблема прогнозирования и исключения дефектов различного рода, таких как отклонения в углах укладки и толщинах слоев, складки, смоляные карманы, дефекты, вызванные отклонением режима отверждения полимерного связующего и др. [1]. Одной из причин появления дефектов является нарушение технологического режима при автоклавном формовании композитного изделия [2], в том числе в процессе нагрева-охлаждения в широком диапазоне температур. Неравномерность разогрева и охлаждения наряду с другими факторами приводит к появлению технологических и остаточных напряжений, служащих причиной коробления и отслоений. Точность описания термомеханического поведения композитов в указанных условиях является ключевым фактором достоверности расчетных данных. Это требует разработки новых определяющих соотношений, адаптированных к применению в известных САЕ-системах и создания численных методик многоуровневого моделирования композитов, позволяющих, в том числе, учитывать несовершенства материала на различных масштабных уровнях.

Математическая постановка. Общая постановка краевой задачи теории термоупругости для тела V с границей $S \equiv S_u \cup S_\sigma$, включает в себя:

$$\operatorname{div} \hat{\sigma}(\mathbf{x}, t) + \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) = 0, \quad \mathbf{x} \in V; \quad (1)$$

$$2\hat{\varepsilon}(\mathbf{x}, t) = \nabla \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + (\nabla \mathbf{u}(\mathbf{x}, t))^T, \quad \mathbf{x} \in V; \quad (2)$$

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{U}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in S_u; \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}(\mathbf{x}, t) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x}) = \mathbf{p}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in S_\sigma. \quad (4)$$

Для замыкания системы (1)-(4) необходимо записать определяющие соотношения в соответствии с исследуемым масштабным уровнем композита. В рамках используемой модели упругого приближения [3] предполагается определение эффективных термоупругих характеристик отдельно для стеклообразного и высокоэластического состояний связующего.

Первый масштабный уровень. На уровне пряди рассматривается неограниченная непрерывно-армированная среда $V \equiv V^a \cup V^m$ со структурой, образованной волокнами V^a и пространством между волокнами V^m , заполненным матрицей. Для большинства типов волокон (борное, углеродное, стекловолокно), можно считать их механическое поведение упругим:

$$\sigma_{ij}(\mathbf{x}) = C_{ijkl}^a(T) [\varepsilon_{kl}(\mathbf{x}) - \varepsilon_{Tkl}^a(\mathbf{x})], \mathbf{x} \in V^a \quad (5)$$

Характеристики рассматриваемых волокон представлены в табл. 1.

Таблица 1- Свойства волокон

Свойства	Углеволокно High Strength	Стекловолоконно E glass
Модуль упругости при растяжении, ГПа	240	72
Коэффициент Пуассона	0.27	0.22
Плотность гр/см ³	1,82	2,58
КЛТР, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	0.08	10

В соответствии с гипотезой континуума такую среду пряди можно считать однородной и описываемой двумя группами эффективных параметров:

в высокоэластическом состоянии:

$$\sigma_{ij}(\mathbf{x}) = \left[B^{(1)m}(T) - \frac{2}{3} G^{(1)m}(T) \right] \theta(\mathbf{x}) \delta_{ij} + 2G^{(1)m}(T) \varepsilon_{ij}(\mathbf{x}) - 3B^{(1)m}(T) \varepsilon_T^m(\mathbf{x}, T) \delta_{ij}, \mathbf{x} \in V^m \quad (6)$$

в стеклообразном состоянии:

$$\sigma_{ij}(\mathbf{x}) = \left[B^{gm}(T) - \frac{2}{3} G^{gm}(T) \right] \theta(\mathbf{x}) \delta_{ij} + 2G^{gm}(T) \varepsilon_{ij}(\mathbf{x}) - 3B^{gm}(T) \varepsilon_T^m(\mathbf{x}, T) \delta_{ij}, \mathbf{x} \in V^m \quad (7)$$

Определение модулей упругости и коэффициентов Пуассона осуществляется с помощью численных экспериментов на одноосное растяжение модели в трех ортогональных направлениях. Расчет модулей сдвига проводится на базе численных экспериментов на чистый сдвиг в трех плоскостях. КЛТР определяется при приращении температуры модели на заданное значение ΔT . Вводятся средние напряжения и средние деформации в ячейке:

$$\langle \sigma_{ij} \rangle = \frac{1}{V} \int_V \sigma_{ij}(\mathbf{x}) dV, \langle \varepsilon_{ij} \rangle = \frac{1}{V} \int_V \varepsilon_{ij}(\mathbf{x}) dV. \quad (8) \text{ Характеристики определяются из}$$

соответствующих расчетов следующим образом:

$$E_i = \langle \sigma_{ii} \rangle / \langle \varepsilon_{ii} \rangle; \nu_{ij} = \langle \varepsilon_{jj} \rangle / \langle \varepsilon_{ii} \rangle; G_{ij} = \langle \sigma_{ij} \rangle / \langle \varepsilon_{ij} \rangle; \alpha_i = \langle \varepsilon_{ii} \rangle / \Delta T \quad (9)$$

В условиях квадратной укладки волокон материал является ортотропным. Учитывается взаимное смещение горизонтальных слоев волокон, эффективные характеристики пряди представляют собой комбинацию эффективных характеристик ячейки «волокно+матрица» для различных значений смещения волокон X (см. рис. 1). Характеристики были усреднены методом Фойгта по формулам:

$$E_i = \int_{x_k} E_i^k dX_k; \nu_{ij} = \int_{x_k} \nu_{ij}^k dX_k; G_{ij} = \int_{x_k} G_{ij}^k dX_k; \alpha_i = \int_{x_k} \alpha_i^k dX_k \quad (10)$$

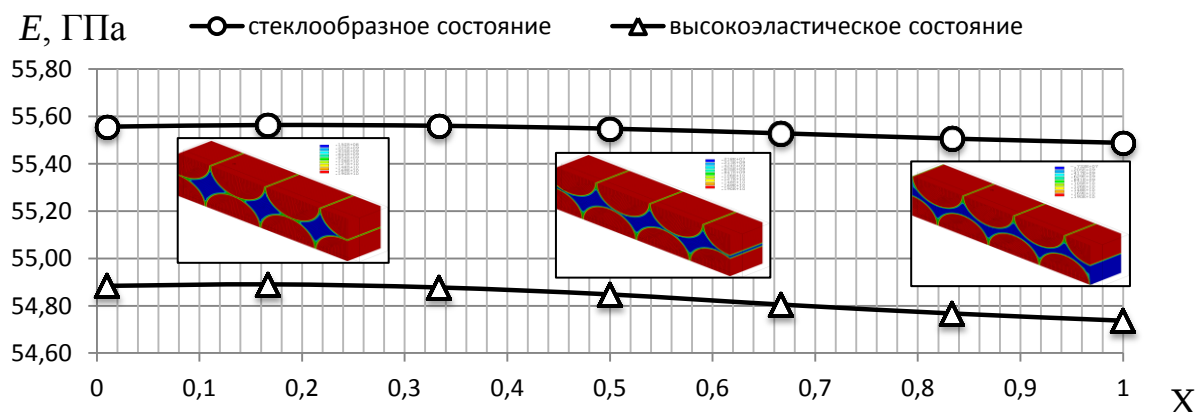


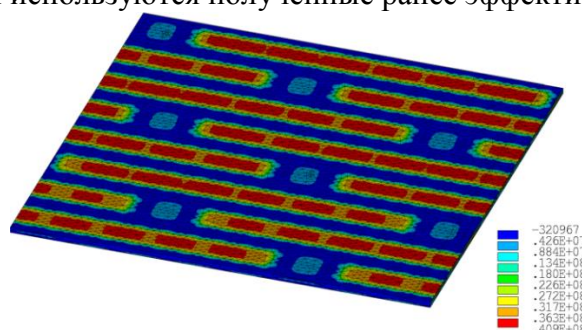
Рис.1- Зависимость продольного модуля упругости от смещения

Полученные эффективные характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 2- Эффективные характеристики прядей

Состояние	Стеклообразное		Высокоэластическое	
Характеристика	EC6 68	3K HS	EC6 68	3K HS
E_1 , ГПа	55.55	188.4	54.81	187.7
E_2 , ГПа	30.72	57.4	19.13	34.9
E_3 , ГПа	35.61	80.4	23.84	50.4
ν_{12}	0.26	0.29	0.29	0.33
ν_{13}	0.25	0.28	0.25	0.29
ν_{23}	0.15	0.20	0.45	0.33
ν_{21}	0.28	0.09	0.11	0.06
ν_{31}	0.15	0.12	0.11	0.08
ν_{32}	0.32	0.29	0.53	0.51
G_{12} , ГПа	9.34	14.8	0.81	0.92
G_{13} , ГПа	12.42	22.1	1.16	1.22
G_{23} , ГПа	8.48	12.2	0.53	0.55
α_1 , 10^{-6} K^{-1}	11.1	0.44	10.2	0.11
α_2 , 10^{-6} K^{-1}	22.3	13.9	32.3	24.4
α_3 , 10^{-6} K^{-1}	17.9	6.73	17.8	8.09

Второй масштабный уровень. На уровне ткани используется модель ячейки периодичности композита в виде взаимного переплетения множества прядей $V \equiv V^t \cup V^m$, где V^t - общий объем, занятый прядями. Межнитьевое пространство заполнено связующим. Рассматриваются стеклоткань Porcher арт. 7781 и углеткань арт. 3692. При построении геометрии представительного объема используется макрос, разработанный ранее для решения задачи фильтрации связующего [4]. Схемы численных экспериментов аналогичны первому уровню, при этом используются полученные ранее эффективные свойства прядей.

Рис. 2- Поля напряжений σ_{11} при одноосном растяжении стеклоткани

Полученные эффективные характеристики представлены в табл. 3.

Таблица.3- Эффективные характеристики тканых композитов

	E_1 , ГПа	E_3 , ГПа	ν_{12}	ν_{13}	ν_{23}	G_{12} , ГПа	G_{13} , ГПа	$\alpha_1, 10^{-6}$ К ⁻¹	$\alpha_2, 10^{-6}$ К ⁻¹
Стеклообразное состояние									
7781	24.2	10.2	1.25	0.03	0.10	1.36	3.54	3.74	115
3692	80.8	20.5	0.54	0.14	0.11	4.54	11.8	4.71	43.9
Размягченное состояние									
7781	24.2	6.16	1.25	0.03	0.10	1.36	3.54	3.74	115
3692	66.1	13.5	0.94	0.08	0.14	0.58	0.74	5.64	102.0

Третий масштабный уровень. На уровне изделия рассматривается модель многослойной пластины из углепластика на основе ткани арт. 3692 (см. рис.3.).

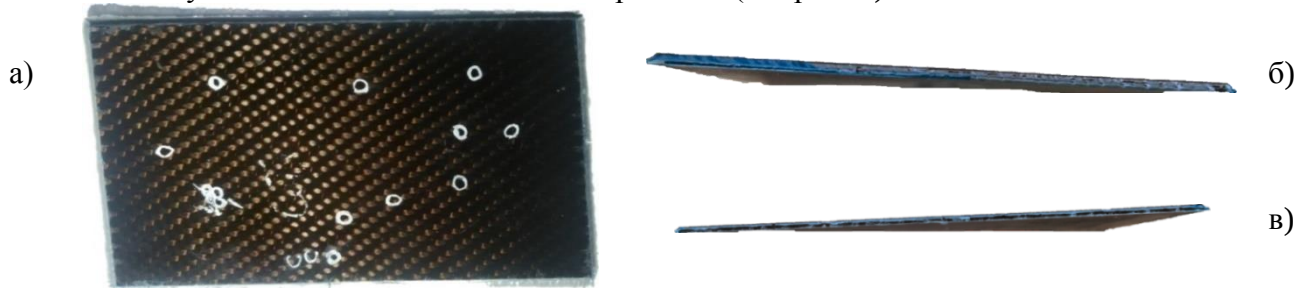


Рис. 3 - Деформированный образец: а) вид сверху, б) сбоку, в) спереди

Присутствует дефект укладки, заключающийся в повороте нитей утка к нитям основы на верхнем и нижнем слоях на угол 71.8° (вместо 90°). Для прогнозирования термомеханического поведения при охлаждении после полимеризации в процессе автоклавного формования используется модель линейной теории вязкоупругости (10), реализованная в ANSYS в виде модели Rponu с ядром сдвиговой релаксации в виде суммы экспонент (11) и упругими характеристиками, полученными на предыдущем масштабном уровне. Учитывается температурно-временная аналогия по модели Вильямса-Ланделла-Ферри.

$$\hat{\sigma}(\mathbf{x}, t) = \int_0^t {}^4\hat{R}(t' - \tau') d(\hat{\varepsilon}(\mathbf{x}, \tau) - \hat{\alpha}(T(\mathbf{x}, \tau) - T_0)), \mathbf{x} \in V; \quad (10)$$

$$t' = \int_0^t \frac{d\omega}{\alpha_T(T(\mathbf{x}, \omega))}, \lg \alpha_T = \frac{D_1(T(\mathbf{x}, t) - T_b)}{D_2 + (T(\mathbf{x}, t) - T_b)} \mathbf{x} \in V;$$

$${}^4\hat{R} = R_0 \left[1 - \sum_{i=1}^{n_R} C_i + \sum_{i=1}^{n_R} C_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) \right], \quad (11)$$

где ${}^4\hat{R}^m$ – ядро сдвиговой релаксации; t' – приведенное время релаксации; T_0 – начальная температура; α_T – коэффициент температурно-временного сдвига; T_b – базовая температура, D_1 , D_2 – константы Вильямса-Ланделла-Ферри. Нестационарное температурное поле $T(\mathbf{x}, t)$, определяется из решения краевой задачи неоднородного охлаждения теплопроводности с граничными условиями третьего рода [5]. Результаты расчета показаны на рис. 4.

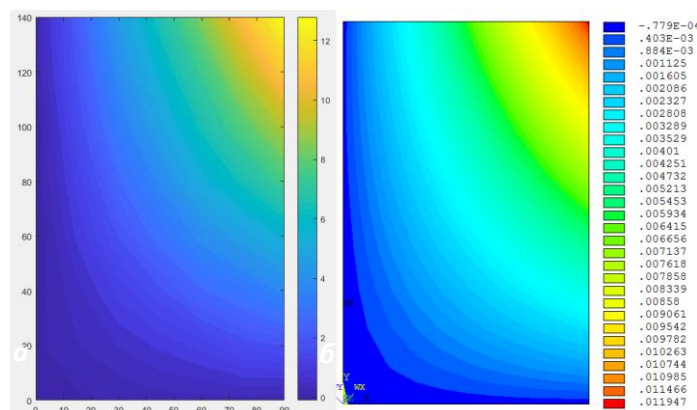


Рис. 4- Прогиб пластины. а) эксперимент б) численный расчёт

Максимальный прогиб составил 11.9 мм, при этом относительная невязка с экспериментом составила 4.03%, что подтверждает адекватность предложенной модели.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 16-48-590809, 16-01-00474).

Список литературы

1. K. Senthil, A. Arockiarajan, R. Palaninathan, B. Santhosh, K.M. Usha. Defects in composite structures: Its effects and prediction methods – A comprehensive review // Composite Structures. – 2013. – V. 106. – pp. 139–149. doi:10.1016/j.compstruct.2013.06.008
2. М.В. Постнова, В. И. Постнов. Опыт развития безавтоклавных методов формования ПКМ [Электронный документ] // Труды ВИАМ. – 2014. – № 4. (<http://viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/660.pdf>).
3. Matveenko V.P., Smetannikov O.Y., Trufanov N.A., Shardakov I.N. Constitutive relations for viscoelastic materials under thermorelaxation transition // Acta Mechanica. 2015. Vol. 226. Iss. 7 2015
4. О.Ю. Сметанников, Г.В. Ильиных. Многоуровневое математическое моделирование фильтрационных характеристик тканевых композитов при инфузии // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – №6. – С. 133-137
5. Беляев Н.М., Рядно А.А. Метод нестационарной теплопроводности, М. Высшая школа. 1978 - 328с.

05.02.00

О.В. Исламова канд. техн. наук, А.А. Жилиев

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
Нальчик, islamova_81@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе показана эффективность использования принципов риск-менеджмента для снижения количества опасных факторов, возникающих в процессе деятельности организации. Построена карта рисков для бизнес-процессов машиностроительного предприятия. Для возможности применения инструментов риск-менеджмента в модель бизнес-процессов предприятия внедрен субъект управления.

Ключевые слова: *риск-менеджмент, моделирование бизнес-процессов, карта рисков, управление рисками.*

Практически все организации сталкиваются с необходимостью оценки риска для снижения количества опасных событий и достижения поставленных целей. Менеджмент риска помогает в принятии решений в условиях неопределенности и возможности возникновения событий или обстоятельств (плановых и непредвиденных), воздействующих на достижение целей организации.

Оценка риска является частью процесса менеджмента риска и представляет собой структурированный процесс, в рамках которого идентифицируют способы достижения поставленных целей, проводят анализ последствий и вероятности возникновения опасных событий для принятия решения о необходимости обработки риска. Оценка риска позволяет ответить на следующие основные вопросы:

- какие события могут произойти и их причина (идентификация опасных событий); - каковы последствия этих событий;
- какова вероятность их возникновения;
- какие факторы могут сократить неблагоприятные последствия или уменьшить вероятность возникновения опасных ситуаций.

Эффективность моделирования бизнес-процессов машиностроительного предприятия была ранее продемонстрирована на примере ООО «Автозапчасть», расположенного в Кабардино-Балкарской республике (Россия), г. Баксан, специализирующегося на выпуске глушителей для легковых и грузовых автомобилей [1].

В рассматриваемом секторе, весомым конкурентным преимуществом организаций может стать грамотная оптимизация существующих бизнес-процессов компании, учитывающая вероятности возникновения рисков на этапах деятельности предприятия и способная дать оценку вероятности возникновения этих рисков с учетом степени тяжести последствий и воздействующих механизмов.

Основная цель заключается в получении на выходе перечня рисков, расположенных в порядке убывания существенности.

Принципы риск-менеджмента применены к процессам «Закупка сырья», «Входной контроль», «Хранение и складирование сырья». Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень возможных рисков

Возможные риски				
№ п/п	Риск	Вероятность возникновения	Значимость потерь	Следствие риска
ЗАКУПКА СЫРЬЯ				
1	Дефицит средств	1	4	Остановка производства
2	Нарушение сроков поставки	4	2	Срыв производственного графика
3	Дефицит качественного сырья	2	3	Снижение качества готовой продукции
4	Ошибка исполнителя	2	2	Дополнительные затраты и срыв производственного графика
ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ				
5	Неподходящий метод контроля	1	3	Недостоверные результаты, ошибочные управленческие решения
6	Усеченный объем выборки	2	2	Недостоверные результаты
7	Низкая квалификация исполнителя	1	3	Ошибочные управленческие решения
8	Ошибка исполнителя	2	4	Ложная оценка качества сырья
9	Неточности оборудования	2	4	Недостоверные результаты
ХРАНЕНИЕ И СКЛАДИРОВАНИЕ СЫРЬЯ				
10	Неполная маркировка	1	2	Невозможность идентификации продукции
11	Несоответствие комплектации	1	3	Нарушение комплектности
12	Нарушенная упаковка	2	1	Сохранность продукции
13	Недопустимые условия хранения	3	2	Снижение качества и появление дефектов
14	Увеличение срока хранения	3	2	Дополнительные затраты и снижение качества

Экспертным методом дана оценка вероятности возникновения риска и значимости потерь. По полученным данным построена карта рисков (рисунок 1) и определены наиболее значимые из них.

Из рис.1 видно, что большее внимание требуют риски под номерами 2, 8 и 9, а именно нарушение сроков поставки на стадии закупки сырья, ошибка исполнителя и неточности оборудования на этапе входного контроля. В дальнейшем необходимо разработать программу мероприятий по снижению рисков.

очень высокая		2		
высокая		13 14		
умеренная	12	4 6	3	9 8
незначительная		10	5 7 11	1
	незначительные потери	умеренные потери	значимые потери	очень значимые потери

Рис. 1 – Карта рисков

Процессное представление является в определенном смысле моделью исследуемого предприятия или организации, изображающей не систему управления, а его деятельность. Поэтому, для целей формирования системы риск-менеджмента, возможна трансформация стандартного изображения бизнес-процессов, путем добавления необходимого элемента – субъекта управления. (рисунок 2).

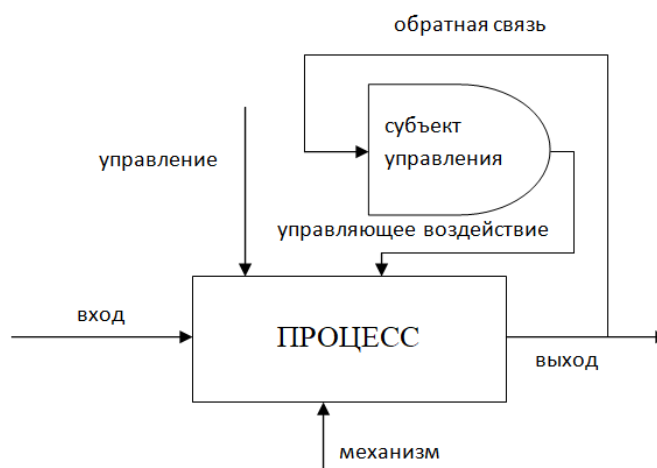


Рис. 2 - Единичный «блок» графического изображения процесса управления рисками

Таким образом, можно получить наглядное изображение единичного процесса управления риском, путем комбинации модели процессного представления и кибернетического подхода к системам управления.

В случае, когда для управления рисками требуются данные не об окончании - «выходах», а о протекании процесса, он должен быть детализирован, то есть, разделен на более мелкие подпроцессы, для достижения возможности получения необходимой информации в соответствии с указанным принципом: чтобы значений «выходов» было достаточно для риск-менеджмента.

Таким образом преобразуется все процессное представление деятельности предприятия, на котором выстраивается система риск-менеджмента, то есть на каждый единичный «блок» накладывается «веточка» обратной связи к субъекту управления, а также управляющее воздействие, призванное скорректировать ход процесса в случае, если параметры «выходов» не соответствуют желаемым с точки зрения целей текущего управления рисками (рисунок 3).

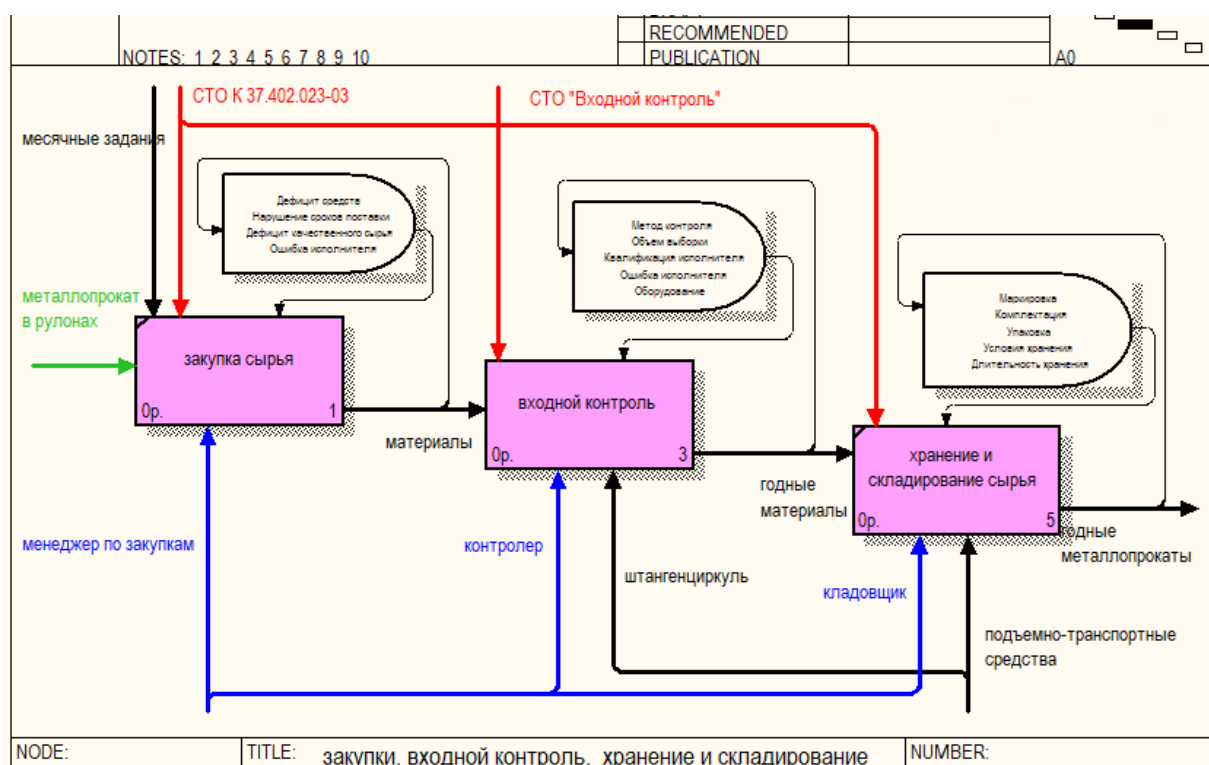


Рис. 3 - Процессное представление системы управления рисками

В стандартах процессного моделирования IDEF для каждого процесса выделяется его «владелец» или «хозяин» – должностное лицо, являющееся основным управляющим звеном данного процесса и несущее ответственность за его результаты. При этом детализация процессов проводится только до некоторого необходимого уровня, достаточного для получения требуемой для эффективного управления процессом информации. Однако в практике риск-менеджмента требуется, чтобы для каждого процесса и подпроцесса существовал субъект, несущий ответственность за его результаты. В отличие от владельца процесса, данный субъект не обязательно самостоятельно выполняет все функции управления. Он может играть исключительно роль «регулятора», то есть непосредственно воздействовать на процесс с целью изменения некоторых его параметров, и получать данные о протекании процесса. При этом остальные функции реализуются вышестоящим субъектом управления, то есть на основе полученной информации сравниваются текущие характеристики с желаемыми и вырабатывается управляющее воздействие, которое передается субъекту-регулятору, который его реализует, воздействуя на процесс.

Таким образом, процессное представление риск-менеджмента дает возможность декомпозиции всего процесса и его составляющих, выделить «точки» возникновения риска и лиц, ответственных за его управление в отдельных элементах процесса. Поэтому его применение целесообразно при синтезе системы риск-менеджмента: исследовав бизнес-процессы предприятия с необходимой степенью детализации, можно выделить те из них, где возникают отдельные риски. Это даст возможность идентификации и оценки этих рисков, а также выработки некоторых внутрифирменных стандартов по управлению ими. Кроме того, такая модификация стандартного изображения бизнес-процессов позволяет формировать структуру управления рисками путем выделения лиц, ответственных за управление каждым выявленным риском.

Список литературы

1. Islamova O.V., Zhilyaev A.A., Bozieva A.M. SADT technology as a tool to improve efficiency in the use of process approach in the management of engineering enterprise. Quality Management, Transport, and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS), IEEE Conference on, Nalchik, Russia, November 2016, P. 55-59.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска

05.02.00

Г.Е. Кокиева д-р техн. наук, Ю.Ж. Дондоков канд. техн. наук, А.И. Неустроева

Якутская ГСХА

СОВРЕМЕННЫЕ КОРМОЦЕХИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

В производстве продукции животноводства решающее значение имеет правильное и сбалансированное по всем элементам питания кормление животных. Для размещения технологического оборудования кормоприготовления на фермах и комплексах строятся специальные помещения — кормоцехи, в которых ежедневно перерабатываются десятки тонн различных кормов.

Ключевые слова: корм, смеси, кормоцех, животноводческие фермы, кормление, полноценные корма.

Для того чтобы можно было готовить корма для большой концентрации животных и птицы, необходимо иметь совокупность согласованных между собой нескольких поточных технологических линий с полной механизацией основных и вспомогательных операций всех технологических процессов. На рис.1 приведена схема конструктивно – технологическая схема производства кормового БВК. Основная задача рис.1 показать конструктивно – кинематическую схему производства БВК в условиях сельскохозяйственных предприятий. Картофель моется на мойке – измельчителе ИКМ -5 ($Q = 5,0$ т/ч, $N = 5,5$ кВт), подается на ленточный пресс ЕВР 500 ($Q = 0,7$ т/ч, $N = 0,67$ кВт). Полученный сок картофеля подается насосом 4. В бак № 1. (бак питательной среды $V_p = 5,0$ м³). Из этого бака питательная среда подается в реакторы в соответствии с графиком. Одновременно в таком же количестве из баков выводится субстрат с белковой массой в фильтр – пресс 20, затем – в стерилизатор 21 соответствующими насосами 18,22. Полученный белок высушивается в сушильном шкафу 25. Перед подачей картофельного сока в реакторы в бак № 1 подается в соответствии с рецептом количество сока звои и инокулята шиповника. Иногулят шиповника подается в бае № 1 периодически – один раз в неделю (уточняется при эксплуатации).

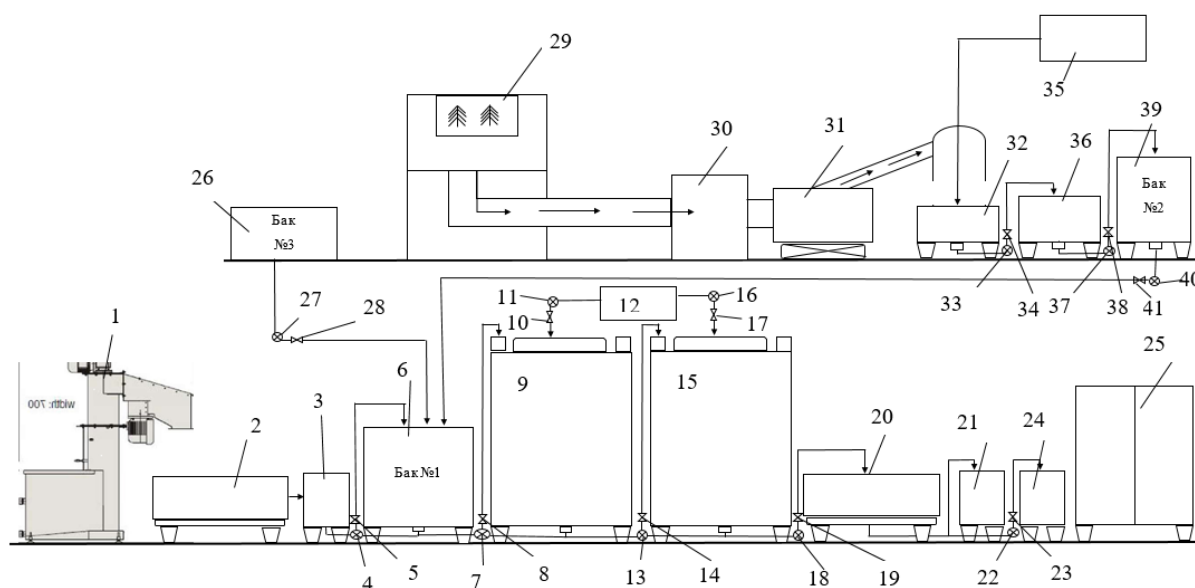


Рис. 1. Конструктивно – технологическая схема производства кормового БВК

1 –дробилка – измельчитель картофеля ИКМ - 5; 2 – ленточный пресс– измельчитель ЕВР 500; 3 – емкость для сбора жома; 4 – насос подачи сока картофеля в бак – стерилизатор, смесител 6 (№ 1 – бак подготовки питательной среды); 5 – вентиль; 7,13 – насосы подачи

питательной среды в ферментаторы; 8 – вентиль; 9 – ферментатор №1 ($V_p = 2,5 \text{ м}^3$); 10 – вентиль; 11 – счетчик подачи воздуха в реактор №1; 12 – компрессор; 13 – насос подачи питательной среды из баков №1 и №2; 14 – вентиль; 15 – реактор № 2 ($V_p = 2,5 \text{ м}^3$); 16 – счетчик подачи воздуха в реактор № 2; 17 – вентиль; 18 – насос подачи субстрата из реакторов №1 и №2; 19 – вентиль; 20 – фильтр - пресс; 21 – стерилизатор ; 22 – насос; 23 – вентиль; 24 – бак БВК ; 25 – сушильный шкаф; 26 – емкость для инокулята (шиповника); 27 – насос; 28 – вентиль; 29 – машина для получения хвои из веток (располагается в лесу); 30 – измельчитель (располагается в лесу); 31 – мойка – измельчитель хвои; 32 бак для настоя сока хвои; 33– насос; 34 – вентиль; 35 – бак для воды; 36 – фильтр; 37 – насос подачи сока хвои; 38 – вентиль; 39 – бак № 2 готового раствора хвои; 40 насос подачи сока хвои в бак № 1; 41 – вентиль[1,2,5].

Очередность внесения питательной среды и удаления порции концентрации субстрата S , используемой для выделения биологической массы (БВК) устанавливается экспериментально в процессе эксплуатации реактора. Производительность цеха, полученная определяется по формуле:

$$g = (V_{II} / V_p) \cdot X = DX, \quad (1)$$

где V_{II} – объем культуральной жидкости, отбираемой из реактора в единицу времени, $\text{м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$; V_p – рабочий объем культиватора (реактора), м^3 ; X – количество биомассы, клеток / мл ; D – коэффициент разбавления, ч^{-1}

Концентрация микроорганизмов по экспериментальным данным $X = \beta_{\text{сум}} = 0,004$. Производительность цеха равна $g = (0,26/2,5)0,004 = 0,000416 \text{ ч}^{-1}$. За 24 часа в цехе будет произведено БВК в двух реакторах $2g = 0,020 \text{ м}^3$, или 20,0 кг. Лимитирующим фактором является содержание растворенного в среде кислорода. Достаточной считается такая интенсивность аэрирования, при которой концентрация растворенного кислорода равна критической или незначительно превышает её. Интенсивность аэрирования среды равна, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \times \text{ч})$:

$$Q = \frac{XDq}{0,03K}, \quad (2)$$

где X — содержание абсолютно сухих дрожжей (АСД) в среде, г/л; $X = 0,004$ D – скорость разбавления среды в аппарате, $D = 2,5/ 0,26 = 9,2 \text{ ч}^{-1}$; q — расход кислорода на синтез 1 г АСД, г (при выращивании дрожжей на меласной и зерно-картофельной барде $q = 1,5, \dots 1,75 \text{ г О}_2/\text{г}$, принимаем $q = 1,5$; K — коэффициент использования кислорода воздуха, % (в зависимости от аэрирующих устройств аппарата K изменяется от 10 до 40 %), принимаем:

$$K = 0,35 \quad Q = \frac{0,004 \cdot 9,2 \cdot 1,5}{0,03 \cdot 0,35} = 5,26 \text{ ч}^{-1}$$

Для аэрирования объема суспензии потребуется подавать $G_{\text{O}_2} = Q \cdot V_p \text{ м}^3$ кислорода в час $G_{\text{O}_2} = 5,26 \cdot 2,5 = 13,15 \text{ м}^3 \text{ ч}^{-1}$

Основной показатель работы дрожжерастильного аппарата — продуктивность, которую выражают количеством абсолютно сухой биомассы в 1 кг, получаемой из 1 м^3 полезного объема аппарата за 1 ч.

Продуктивность процесса составляет, $\text{г}/(\text{м}^3 \times \text{ч})$:

$$P = X_6 \mu = X_6 D, \quad (3)$$

где X_6 — концентрация абсолютно сухой биомассы, г/л; μ — удельная скорость роста дрожжей, ч^{-1} .

Возможная концентрация биомассы в среде, $\text{кг}/\text{м}^3$, равна:

$$X_6 = S_0 \gamma, \quad (4)$$

где S_0 — концентрация ассимилируемых углеродсодержащих веществ в исходной среде (30–40), $\text{кг}/\text{м}^3$; γ — средний выход АСД из ассимилированных источников углерода, равный 45 $\text{кг}/100 \text{ кг}$ (0,45 %).

Фактическая концентрация биомассы, кг/м^3 , находится по уравнению:

$$X_6' = (S_0 - S)\gamma, \quad (5)$$

где S — остаточная концентрация ассимилируемых углеродсодержащих веществ в культуральной среде, кг/м^3 (принимают равной концентрации питательных веществ, лимитирующих рост дрожжей, $0,2 \text{ кг/м}^3$). Современные животноводческие фермы и комплексы с переходом на промышленную основу становятся крупными специализированными сельскохозяйственными предприятиями, где внедряется комплексная механизация технологических процессов, в том числе и в кормоприготовлении [1,3,4].

Список литературы

1. *Кокиева, Г. Е.* Получение кормовых дрожжей на отходах растительного сырья в ферментаторе новой конструкции / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : Матер. IV междунар. конф. : Сб. науч. тр. – Новосибирск, 2008. – С.1.
2. *Кокиева, Г. Е.* Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона: Матер. III рег. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 39-42.
3. *Кокиева, Г. Е.* Комплексный подход и анализ эксплуатации оборудования пищевой промышленности, диагностика и повышение его долговечности / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона : Матер. III рег. науч.-практ. конф. : Сб. науч. тр. – Улан-Удэ, 2013. – С. 48-50.
4. *Кокиева, Г. Е.* Техничко-экономическое обоснование эксплуатации ферментатора / Г. Е. Кокиева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 3-1. – С. 60-63.

05.02.02

К.И. Лушин, Н.Ю. ПлющенкоФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»,
LushinKI@mgsu.ru, RambovskayaNY@mgsu.ru**РЕЖИМ РАБОТЫ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ЧАСТИ СОВРЕМЕННЫХ
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ**

В работе рассмотрены влияние внешних факторов среды на параметры работы конструктивной подосновы и механической части экранирующей части фасадов современных зданий с пониженным потреблением энергии.

Ключевые слова: *фасадные системы, механическая прочность, долговечность, надежность.*

В сложившейся практике принято считать, что инженерные и механические системы и оборудование в здании размещаются в его внутреннем объеме и надежно защищены его оболочкой – всеми видами ограждающих конструкций. В этой связи, к оборудованию и материалам таких систем не принято предъявлять повышенных требований по устойчивому реагированию на негативные факторы воздействия со стороны внешней среды. Повышенная влажность наружного воздуха, обледенение поверхностей, ускоренная коррозия под воздействием агрессивной среды, влияние существенных перепадов температуры – все то, что характеризует климатические и экологические условия многих населенных человеческом территорий, не учитывается проектировщиками и конструкторами при размещении оборудования энергоснабжения, систем вертикального транспорта, вентиляторов, теплогенераторов и холодильных машин. Некоторые современные типы конструкций фасадных систем могут содержать достаточное число признаков, характерных для механических систем. Однако, при их устройстве многие специалисты склонны применять подходы и методы, характерные для строительных конструкций со свойственной им устойчивостью на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Распространенной практикой в современных условиях является устройство так называемых многослойных фасадных систем в зданиях. В зависимости от своей конструкции такой фасад позволяет достигать различных и встречающихся в самых разных сочетаниях результатов. Так, почти всегда многослойный фасад содержит слой теплоизолирующего материала. И чем толще такой слой, выше теплоизолирующие свойства материала и лучше режим его эксплуатации, тем больший теплозащитный эффект достигается при его применении. На режим эксплуатации слоя тепловой изоляции в значительной степени влияет влажность материала, из которого этот слой выполнен. Влажность при этом может существенно изменяться как в зависимости от внешних климатических условий, так и в связи с особенностями технологического режима в самом помещении [1]. В качестве характерного примера можно привести здания с высокой влажностью внутреннего воздуха, в которых через поры и микротрещины в наружном ограждении влага фильтруется, а в случае особенно неблагоприятных обстоятельств еще и накапливается в толще материала, из которого это ограждение выполнено. Чаще всего это происходит в холодный период года, когда влагосодержание наружного воздуха минимально и возникает разность потенциалов, способствующая переносу влаги из внутреннего объема здания во внешнюю среду, заполненную предельно сухим воздухом. Если при этом наружную часть фасада выполнить из слоя плотного материала, то велика вероятность, что сразу под этим слоем в толще внутреннего ограждения будет происходить накопление влаги с намоканием как тепловой изоляции, так и несущих элементов стены. И если намокание изоляции вызывает в качестве основного эффекта лишь снижение эффективности тепловой защиты, то конструктивный

или несущий элемент, подвергающийся после намокания воздействию отрицательных температур, может прийти к преждевременному старению и деструкции. Произойдет явление снижения показателя морозостойкости. В качестве защитной меры в такой ситуации проектировщики применяют многослойные наружные ограждающие конструкции с экранирующей частью. Чаще всего такое решение реализуется с применением так называемых навесных фасадных систем. Для обеспечения безопасного и эффективного режима эксплуатации фасада рекомендуется оставлять существенную прослойку между поверхностью основных слоев и экранирующей частью.

Другим встречающимся в практике примером многослойных ограждающих конструкций со сложными требованиями к режиму эксплуатации являются технические решения с устройством декоративных и солнцезащитных экранов. Основным негативным фактором в таком случае является воздействие интенсивного потока лучистой теплоты на поверхность экрана. В тех случаях, когда экранирование выполнено в виде сплошной облицовки, козырьков, уступов и подобных приемов, такая конструкция действует в основном по правилам, характерным для строительных конструкций. Однако, если возникает необходимость сделать часть элементов такого экрана подвижными [2] для наилучшего соответствия требованиям по защите основного объема здания от прямых солнечных лучей, такую систему уже невозможно рассматривать как строительную конструкцию. В таком случае это уже скорее механическая система с довольно неудобными для ее конструктора характеристиками, среди которых, прежде всего, выделяются значительные габаритные размеры ее основных элементов и предстоящая исключительная сложность обслуживания нагруженных узлов в процессе эксплуатации системы.

Дополнительные сложности как для проектировщиков, так и для монтажников могут создавать экранирующие части многослойных фасадов, на которые в попытках повысить энергоэффективность эксплуатации объекта приходится размещать фотогальванические элементы системы электроснабжения. Следует учитывать не только дополнительный вес такого элемента и высокую эффективность восприятия темной поверхностью солнечной батареи солнечных лучей с последующим интенсивным нагревом, но особенности работы самой солнечной батареи при выработке электроэнергии. Характерной особенностью при этом является так же интенсивное собственное нагревание.

Существенный нагрев за короткое время протяженных по длине и существенных по площади элементов фасада, часть из которых может быть закреплена подвижно или оснащена приводом, может вызвать значительные температурные деформации, которые приведут к изменению кинематики работы основных узлов, а в ряде случаев и заклиниванию механизмов.

Среди основных требований, предъявляемых к устройству механических систем таких как надежность, экономичность, технологичность, жёсткость, устойчивость, прочность, надежность и работоспособность, следует, применительно к рассматриваемому случаю, особенно выделить последнее. Под работоспособностью при этом понимается способность машины или механизма нормально выполнять заданные функции с параметрами, определенными разработчиком.

В основном, перечисленные требования без коррекции применимы и к строительным системам. Однако, учитывая, что все системы в строительстве носят статичный характер, требование обеспечения работоспособности может не быть учтено конструктором в качестве приоритетного. Неблагоприятный режим эксплуатации, а фактически подмена подходов и ожиданий, характерных для механических систем приемами, методами и прогнозами строителей могут привести к незапланированным результатам.

Таким образом, на приведенном выше примере хорошо видно, что при устройстве такой важной части здания, как современный высокотехнологичный фасад, следует руководствоваться принципами, характерными как для проектирования строительных конструкций, так и специфичных для крупных нагруженных механических систем.

Авторы настоящей статьи в ходе исследований классифицировали многослойные ограждающие конструкции с экранирующей частью по ряду характерных признаков. По герметичности облицовочного слоя или экрана предложено выделить сплошные экраны и сборные, выполненные из штучных элементов. Плиток и панелей. Экраны из штучных элементов могут быть с полным или частичным покрытием поверхности [3]. По расположению элементов экраны могут быть параллельными основной поверхности фасада или расположенными под различными углами. По фиксации подвижными и неподвижными. Подвижные элементы экранов могут быть как оснащены приводом, так и без него.

В качестве основной гипотезы исследования было принято, что при наличии движения воздуха в воздушной прослойке под экранирующим элементом возможно достижение эффекта, когда за счет снятия избыточной теплоты с внутренней поверхности экрана воздухом вся конструкция будет сохранять работоспособность за счет достижения приемлемых температурных параметров отдельных ее элементов [4].

Для подтверждения выдвинутого предположения было проведено моделирование воздушно-теплого режима воздушной прослойки [5] составлением уравнения воздушно-теплого баланса для элементарного участка:

$$t_{i-1} \cdot c_v \cdot V \cdot d \cdot \rho_v - t_i \cdot c_v \cdot V \cdot d \cdot \rho_v + K_{\text{констр}}(t_v - t_{\text{при}}) \cdot \Delta x - K_{\text{обол}}(t_{\text{при}}(x) - t_{\text{н}}^{\text{усл}}) \cdot \Delta x = 0,$$

где $t_{\text{пр}}$ – температура воздуха в вентилируемой прослойке навесной фасадной системы (НФС), °C; c_v – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°C); d – ширина воздушной прослойки, м; ρ_v – плотность воздуха, кг/м³; V – скорость движения воздуха в прослойке, м/с; t_v – температуры внутреннего воздуха, °C; $t_{\text{н}}^{\text{усл}}$ – условная температура наружного воздуха, с учетом солнечной радиации, попадающей на стену, °C; $K_{\text{констр}}$, $K_{\text{обол}}$ – коэффициент теплопередаче частей конструкции от внутреннего воздуха помещения до воздушной прослойки и от воздушной прослойки до наружного воздуха соответственно, м² °C/Вт; Δx – толщина расчетного слоя в вентилируемой прослойке, м.

Наиболее значимым для задачи оценки охлаждения конструкции движущимся вдоль нее воздухом имеет четвертый член приведенного выше уравнения.

Одновременно с этим было предложено провести натурное исследование [6] воздушно-теплого режима вентилируемой прослойки [7, 8] ограждающей конструкции навесной фасадной системы эксплуатируемого здания [9] (Рис. 1). При выполнении этого исследования авторы пользовались поддержкой в рамках проекта 13.11847.2018/11.12, реализуемого для получения первичных научных результатов, обеспечивающих расширение участия подведомственных образовательных организаций в реализации Национальной технологической инициативы.



Рис. 1. Размещение датчиков в воздушной прослойке

Полученные результаты (Рис. 2) указывают на то, что в периоды со значительной интенсивностью солнечного излучения перепад температуры в воздушной прослойке может составлять десятки градусов за сутки. Это не будет иметь существенного значения для статичных элементов экрана, но не может быть проигнорировано при устройстве подвижных экранов или размещении фотогальванических элементов на фасадах зданий.

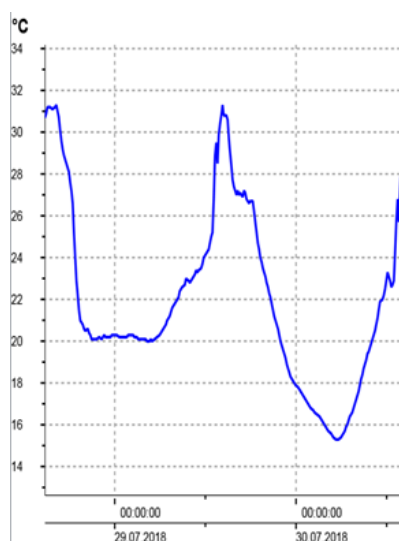


Рис. 2. Амплитуда суточных колебаний температуры воздушной прослойки в июле 2018 года.

Список литературы

1. *Petrichenko M., Nemova D., Kotov E., Tarasova D., Sergeev V.* Ventilated facade integrated with the HVAC system for cold climate. Magazine of Civil Engineering, 2018.vol: 77 (1) pp: 47-58.
2. *Molter Philipp, Cecile Bonnet, Tobias Wagner, Reifer Michael, Klein Tillmann* Autoreactive components in double skin facade. Conference: Advanced Building Skins, October 2017, Bern, Switzerland. At: Bern, Switzerland Volume: 17.
3. *Nizovtsev M., Belyi V., Sterlygov A.* The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings. Energy and Buildings, 2014, vol: 75 pp: 60-69.
4. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И. Скорость движения воздуха в прослойке навесной фасадной системы, при естественной вентиляции. // Жилищное строительство. 2013. №10. с. 14-17.
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Плющенко Н.Ю. Учет теплопроводных включений и вентилируемой прослойки при расчетах сопротивления теплопередаче стены с навесной фасадной системой (НФС). // Строительные материалы. 2016. № 6. с. 32-35.
6. *Christina Sanjuan, Maria Nuria Sánchez, Ricardo Enríquez, Maria del Rosario Heras Celemin,* Experimental PIV techniques applied to the analysis of natural convection in open joint ventilated facades. Energy Procedia, 2012, № 30 pp: 1216 – 1225.
7. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Пастушков П.П. О применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой. // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 128-131.
8. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Пастушков П.П. К вопросу о применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой. // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 3. с. 120-122.
9. Гагарин В.Г., Плющенко Н.Ю., Косарев А.Р. Методика экспериментального определения параметров уравнения распределения температуры воздуха по высоте вентилируемой прослойки НФС. // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2017. № 6 (58). С. 107-113.

05.02.00

Т.А. Никонова канд. экон. наук

Якутская ГСХА

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ ОСОБЕННОСТИ

Получение кормового белка происходит по сложной технологической цепи, основным оборудованием считается ферментатор. Сравнение двух конструкций производили по упрощенной схеме, только по капитальным затратам, текущие затраты приняли одинаковые, т.е. расходы на подготовку и освоение производства, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общезаводские расходы.

Ключевые слова: экономическая эффективность, расчет, затраты, капитальные затраты, затраты на содержание.

Постоянное совершенствование техники и технологии сопровождается значительными дополнительными капитальными вложениями. Внедрение новой техники и технологии, рационализаторских предложений, оргтехмероприятий будет оправдано лишь тогда, когда оно ведет к снижению себестоимости продукции, повышению производительности труда, улучшению условий труда, повышению качества продукции (экономия у потребителей). Анализируя работы [1,4,5] экономическую эффективность можно вывести путём сравнения двух конструктивных вариантов ферментаторов – существующего и предлагаемого, а также двух технологий – существующей и предлагаемой.

Сравнение двух конструкций производили по упрощенной схеме, только по капитальным затратам, текущие затраты приняли одинаковые, т.е. расходы на подготовку и освоение производства, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общезаводские расходы. На рис.1 представлены схема базового (а) и предлагаемого (б) ферментаторов[3,4,5].

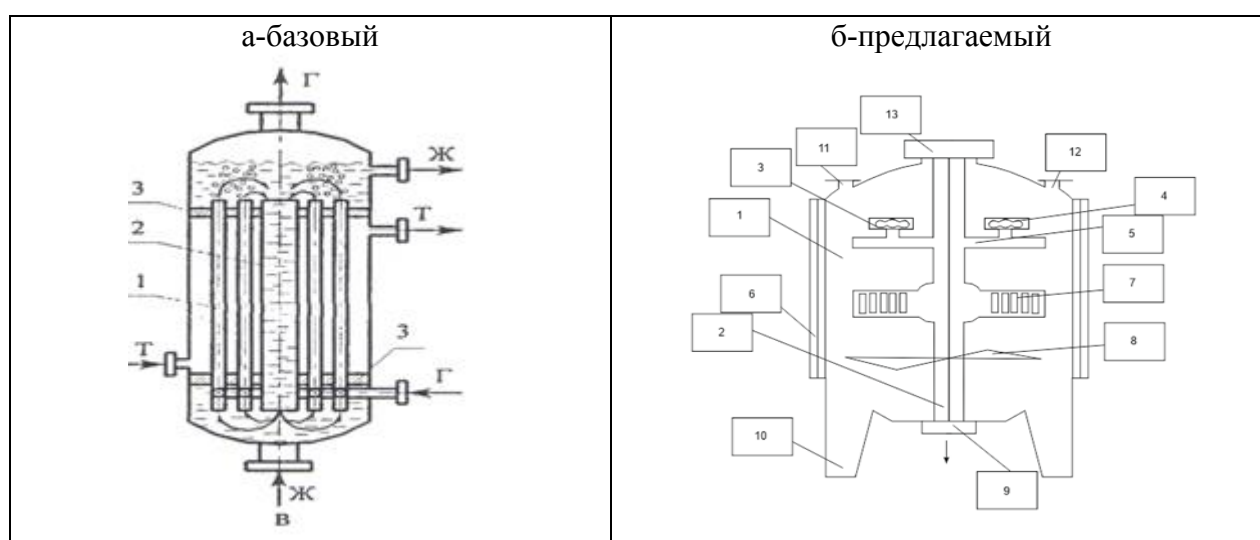


Рис. 1. Схема базового (а) и предлагаемого (б) ферментаторов

В предполагаемом варианте в результате технических разработок высвобождается барботёр путём ввода конструктивной особенности (полого вала) 2. В таблице 1 приведены составные части, их вес и ориентировочная стоимость в зависимости от материала изготовления.

В результате сравнение двух конструкций ферментаторов только по капитальным затратам, без текущих затрат, определили, что оснащение предлагаемого ферментатора экономичнее на 18715 руб. Годовой экономический эффект определяем по стандартам методикам и по следующей формуле:

$$\Delta = (C_{1y} + E_n \cdot K_{1y}) - (C_{1y} + E_n \cdot K_{2y}), \quad (1)$$

где Δ -годовой экономический эффект от внедрения предлагаемого ферментатора, руб.

C_{1y} и C_{2y} – удельные текущие издержки по базовой и предлагаемой технике, руб.;

K_{1y} и K_{2y} – удельные капитальные издержки по базовой и предлагаемой технике, руб.;

E_n - нормативный коэффициент капитальных вложений, равный 0,15.

Так как $C_{1y} = C_{2y}$, то: $\Delta = (E_n \cdot K_{1y}) - (E_n \cdot K_{2y}) = (0,15 \cdot 47070 - 0,15 \cdot 20000) = 7070 - 2500 = 4570$ руб.

Таблица 1-Сравнительные технико-экономические показатели по двум вариантам

№№ п/п	Наименование показателей	Вес, кг		Стоимость, руб.	
		Базовый	Предлагаемый	Базовый	Предлагаем.
1	Мешалка верхняя	220	220	7260	7260
2	Мешалка Центральная	220	220	7260	8250
3	Мешалка нижняя	230	230	7300	7300
4	Вал	1050	350	8980	4505
5	Барботер	350	-	4505	-
6	Аэрирующая труба	350	-	4505	-
7	Пенегаситель	220	-	7260	-
	Итого			47030	28315

С целью определения экономичности предлагаемой технологии, составим перечень материалов и сырья, необходимых для осуществления процесса культивирования по двум технологиям – существующей и предлагаемой. По расходу использованных материалов и сырья найдем себе стоимость 1 кг сухих дрожжей. По базовой технологии стоимость всех использованных материалов составила 47,86 руб., а по предлагаемой технологии 41,86 руб. на 1 кг сухих дрожжей. В таблице 2 приведён перечень материалов и сырья, использованных по двум технологиям.

Таблица 2-Перечень материалов и сырья, использованные по двум технологиям

№№ п/п	Наименование	На 1 кг продукции		Стоимость, руб.	
		Базовая	Предлагаем.	Базовая	Предлагаем.
1	Картофельный сок, л	2,5	1,25	2,05	1,23
2	Раствор хвои		0,2		0,2
3	Сульфат аммония, кг	0,063	0,057	3,6	3,3
4	Сульфат магния, кг	0,015	0,009	3,8	2,32
5	Калий хлористый, кг	0,03	0,026	2,5	2,2
6	Серная кислота, л	0,016	0,014	7,3	6,4
7	Сода каустическая, кг	0,0007	0,0005	1,4	1,18
8	Сода кальцинированная, кг	0,00006	0,000006	1,45	1,25
9	Формалин, кг	0,00002	0,00005	2,78	2,32
10	Сульфанол, кг	0,002	0,000015	3,01	2,32
11	Хлорная известь, кг	0,032	0,0018	3,7	3,35
12	Аммиак водный, л	2,3	0,025	2,6	2,1
13	Глюкоза, л	2,3	1,1	2,28	1,08
14	Спирт этиловый (Ректификат)	2,5	1,24	2,47	1,21

15	Вата медицинская	0,001	0,001	0,004	0,004
16	Гипохлорид натрия	0,026	0,026	2,2	2,2
17	Бельтинг фильтровальный, м	0,0007	0,0007	6,6	6,6
18	Бумага этикеточная марки Б (масса 1 2м) для дрожжей развесом 1000г	0,012	0,012	0,0798 0,022	0,0798 0,022
19	Подпергамент для затаривания дрожжей в ящики	0,013	0,013	0,0154	0,0154
20	Олеиновая кислота	0,015	-	-	-
21	Candida Utilis	3,2	2,2	-	1,4
22	Sacharomyces Yini Muscat		2,0	-	1,28
23	всего			47,87	41,87

Таким образом от внедрения ферментатора с новым перемешивающим устройством в виде верхней, центральной и нижней мешалок и полым валом, внутри которого нагнетается воздух, экономический эффект составит 4570 руб. на один аппарат. В результате сравнение двух конструкций ферментаторов только по капитальным затратам, без текущих затрат, определили, что оснащение предлагаемого ферментатора экономичнее на 18715 руб. Таким образом от внедрения ферментатора с новым перемешивающим устройством в виде верхней, центральной и нижней мешалок и полым валом, внутри которого нагнетается воздух, экономический эффект составит 4570 руб. на один аппарат.

Список литературы

1. Волков, О.И. Экономика предприятия [Текст]: Учебник. О.И. Волков.- М.: Ин-фра - М, 2011.
2. Горфинкель, В.Я. Экономика предприятия. – ЮНИТИ. Москва, 2011.
3. Кокиева, Г. Е. Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.
4. Кокиева Г.Е. Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.- практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006 .
5. Кокиева Г.Е. Кормовые дрожжи как источник белка и витаминов // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи».- Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006.

05.02.00

Н.В. Попова канд. биол. наук, М.С. Саввинова д-р ветеринар. наук

Якутская ГСХА

ВВЕДЕНИЕ КОРМОВОГО БЕЛКА В КОРМ РЫБАМ

Дополнительная подкормка рыб позволит получить больше готовой продукции, чем при содержании их исключительно на естественном питании. Однако подкормка будет эффективнее, если учитывать биологические особенности рыб. К тому же необходимо принимать во внимание, что значительное воздействие на обмен веществ оказывают температура, уровень кислорода и соли в воде, освещенность и прочие нюансы. Предлагается технология получения кормового белка обладающего фармакологическими свойствами.

Ключевые слова: высокопродуктивный штамм, технология, сырьё, процесс культивирования.

Основным компонентом в питании является состав питательных веществ, так как энергетическую подпитку рыбы получают из пищи. Их потребности довольно малы по сравнению с птицами и млекопитающими. Например, чтобы рыба набрала 1 кг веса, в пище должно находиться 4000-5000 ккал, тогда как потребности сельскохозяйственных животных превышают 7000-9000 ккал. Новые разработки по созданию высокопродуктивных штаммов кормового белка ведутся ежегодно. Главным фактором при продумывании рационов для рыб является сбалансированность по ключевым элементам питания. Впрочем, к комбикормам для рыб, выращиваемым в пруду, предъявляются менее строгие требования, поскольку в водоеме имеется естественный корм, который в определенной мере обеспечит рыб питательными веществами и витаминами. Все схемы по получению кормового белка носят аналогичный характер и предусматривают выполнение в несколько стадий: получение питательной среды, подогрев и отделение крахмала, ферментация, расфасовка, укупоривание, маркировка, хранение. На рисунке 1 изображена поэтапность технологичности получения кормового белка [1,2].

Вкусовую, питательную и фармакологическую ценность и, соответственно, повышенный выход биомассы мы осуществляем рациональным выбором инокулята. Так как от содержания в составе инокулята витаминов, макро –и микроэлементов зависит конечный состав питательных веществ и придают дрожжам фармакологические свойства. Питательной средой для получения кормовых дрожжей служит картофельный сок, посевным материалом служит штамм *Sacharomyces Vini Muscat*. Фармакологическое действие кормовых дрожжей достигается выбора инокулята и добавлением хвои, так как от содержания в составе инокулята витаминов, макро-и-микроэлементов зависит конечный состав питательных веществ, а добавление раствора настоянного на хвое придают дрожжам фармакологические свойства. Питательной средой для получения кормовых дрожжей служит картофельный сок, посевным материалом служит штамм *Sacharomyces Vini Muscat*. Технологическая схема подготовки питательной среды на картофельном соке, представлена на рисунке 1. В выделенный питательный сок шиповника, который служит питательной средой, засеваем винные дрожжи *Vini Muscat*, добавляем необходимые для активного роста минеральные компоненты – суперфосфатные соли, биотин, соли хлора. Для поддержания pH среды добавляем серную кислоту, выдерживая стандарты по технологическому расчету, время при температуре среды $t=30...33$ гр. Таким образом, получаем культуральную жидкость, которую можем использовать для второй стадии выращивания. Затем в отработанную культуральную жидкость разбавляем водой в два раза, вводим минеральные соли и настоянный на воде раствор хвои ели и разводку дрожжей *Candida Utilis*.

Также вносим в питательную среду следующие питательные соли, г/(дм)³: K_2HPO_4 - 1.56; MgSO_4 - 0,62 и настой хвои, приготовленной по специальной технологии. Подогрев питательной среды с целью уничтожения посторонней микрофлоры (грибки, бактерии и т.д.) осуществляли в термостате при температуре 26..28 °С, в течение 12..24 часов. Затем для придания фармакологических свойств в полученную питательную среду добавляем дрожжевой лизат с йодом и смешиванием. Это будет способствовать увеличению выхода биомассы с улучшенными фармакологическими свойствами. Широко известно, что йод предотвращает заболевание щитовидной железы и др. Раствор переносим в качалочные колбы, стерилизуем, охлаждаем.

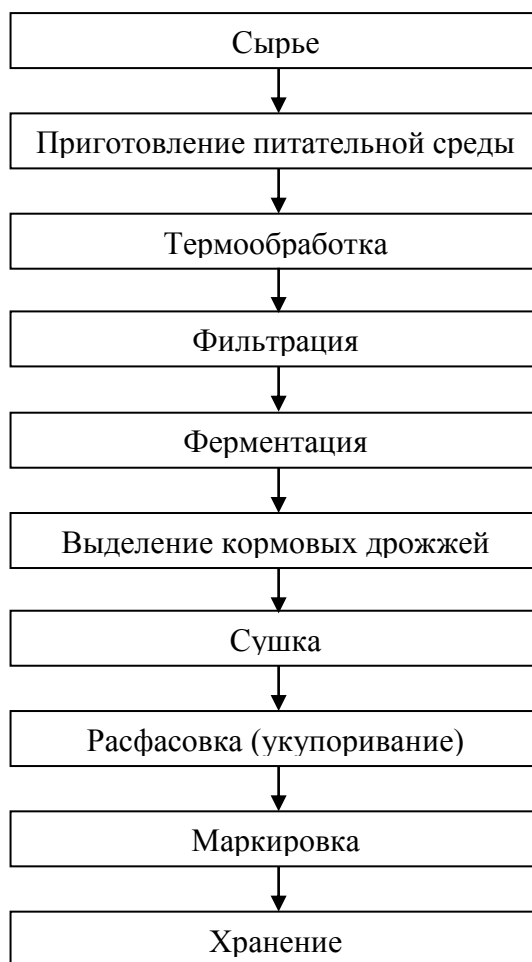


Рис. 1. Поэтапность технологичности получения кормового белка

Ключевое значение в обмене веществ играет протеин. Необходимый для рыб объем (35-60% сухого вещества-рациона) в 2-3 раза превышает потребности сельскохозяйственных животных. Интенсивный рост рыб, особенно молоди, происходит благодаря пище, в которой содержится много белка. Например, молодым особям карпа весом до 1 г требуется 13-59 г белка в сутки, если вес превышает 1 г, то 4-7 г на 1 кг рыбы.

Белок ценен тем, что в его состав входят незаменимые аминокислоты - метионин, валин, треонин, аргинин, гистидин, фенилаланин, триптофан, лейцин, лизин, изолейцин. Если в пище не будет хватать аминокислот, то через 2 недели аппетит у рыб пропадет, их рост замедлится и начнут развиваться болезни.

На потребности в белке влияние оказывают условия содержания подопечных, в частности, температура воды, например, при 8°С содержание белка должно быть на уровне 40-42%, тогда как при 15°С уже 52-55%.

Для повышения темпа роста выращиваемой рыбы необходимо обеспечить ее всеми питательными и биологически активными веществами, к которым относятся витамины и минеральные вещества. В результате несбалансированного кормления резистентность организма рыбы значительно снижается, они становятся более восприимчивы к заболеваниям. Нарушение минерально-витаминного питания ведет к глубокому расстройству общего обмена веществ.

Список литературы

1. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.- практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006 .
2. *Кокиева, Г.Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.
3. Химико-фармацевтический журнал./1981.-JSTo2. - с. 109-114.
4. *Янчевский В.К., Коваленко В.И., Шевченко В.И.* Интенсификация биосинтеза дрожжевой биомассы в бродильных производствах/ Обз. Инф. АгроНИИТЭИПП. Спиртовая и ликероводочная промышленность, 1984. - № 4. – с. 20

05.02.00

О.Ю. Сметанников д-р техн. наук, Л.Р. СахабутдиноваПермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ВЯЗКОУПРУГОСТИ**

Рассматривается проблема разработки численных алгоритмов для расчета эффективных вязкоупругих свойств композиционных материалов, в том числе для многослойного волокнистого композита. Полученные методики применены при моделировании термомеханического поведения системы «оправка-кокон» в процессе изготовления баллона высокого давления. Проведена оценка влияния учета релаксации компонентов на формирование контактного давления.

Ключевые слова: баллон высоко давления, линейная вязкоупругость, нестационарная теплопроводность, волокнистый композит.

Композиционные материалы на сегодняшний день являются наиболее востребованными в высокотехнологичных отраслях благодаря высокой прочности и малому весу. Особые требования по прочности и точности предъявляются к силовым оболочкам. Технологический процесс изготовления композитного баллона высокого давления связан с образованием различных дефектов формы (коробление, отслоение и др.), поэтому актуальной является задача численного исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) с целью их достоверного прогнозирования и устранения. Вопросу моделирования баллонов высокого давления посвящено немало работ [1-3] разных лет, однако в большинстве из них отсутствует учет вязкоупругих свойств материалов. В статье рассматривается процесс термообработки при изготовлении реальной конструкции с учетом вязкоупругого поведения компонентов. Использована новая методика адаптации расчетных эффективных вязкоупругих характеристик многослойной композитной оболочки для применения в пакете ANSYS Mechanical APDL.

Математическая постановка

Общая математическая постановка краевой задачи термовязкоупругости для тела, занимающего область V с границей S , включает в себя для $t > 0$:

$$\operatorname{div} \hat{\sigma}(\mathbf{x}, t) = 0, \mathbf{x} \in V \quad (1)$$

$$2\hat{\varepsilon}(\mathbf{x}, t) = \nabla \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + (\nabla \mathbf{u}(\mathbf{x}, t))^T, \mathbf{x} \in V \quad (2)$$

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{U}(\mathbf{x}, t), \mathbf{x} \in S_u \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}(\mathbf{x}, t) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x}) = \mathbf{p}(\mathbf{x}, t), \mathbf{x} \in S_\sigma, \quad (4)$$

где S_u , S_σ – границы с заданными перемещениями и нагрузками соответственно [4].

Определяющие соотношения для линейно-вязкоупругого материала с отсутствием объемной релаксации с учетом температурно-временной аналогии по формуле Вильямса-Ланделла-Ферри:

$$\hat{\sigma}(\mathbf{x}, t) = \int_0^t 4R(t'_R - \tau'_R) \cdot d\left(\hat{\varepsilon}(\mathbf{x}, \tau) - \alpha_T^R (\mathbf{T}(\mathbf{x}, t) - T_0)\right), \mathbf{x} \in V$$

$$t'_R = \int_0^t \frac{d\omega}{\alpha_T^R (\mathbf{T}(\mathbf{x}, \omega), T_H^R)}, \mathbf{x} \in V$$

$$\lg \alpha_T^R = -C_1 \frac{T(\mathbf{x}, t) - T_b}{C_2 + (T(\mathbf{x}, t) - T_b)},$$

где ${}^4\hat{R}$ – ядро сдвиговой релаксации; α_T^R – функция температурно-временного сдвига; t_R' – приведенное время релаксации; T_H^R – начальная температура; T_0 – температура приведения, T_b – базовая температура, C_1, C_2 – эмпирические константы.

В ANSYS для описания линейно-вязкоупругих материалов используется модель Prony с ядром сдвиговой релаксации в виде суммы экспонент:

$${}^4\hat{R}(t) = {}^4\hat{R}_0 \left[1 - \sum_{i=1}^{n_R} a_i^R + \sum_{i=1}^{n_R} a_i^R \exp\left(-\frac{t}{\tau_i^R}\right) \right], \quad (5)$$

где ${}^4\hat{R}_0$ – ядро релаксации при $t = 0$; a_i^R, τ_i^R – параметры функции релаксации, определяемые из эксперимента.

Получение вязкоупругих свойства материалов конструкции

Формообразующая оправка для изготовления оболочки баллона высокого давления представляет собой песчано-полимерную смесь (ППС), которая обладает термовязкоупругими свойствами. Для получения кривых релаксации были проведены испытания цилиндрических образцов на сжатие в условиях нормальной и повышенных температур. В результате исследования получена зависимость, описывающая реологическое поведение ППС. С помощью технологии обработки экспериментальных данных Prony Curve Fitting получены константы температурно-временного сдвига по формуле Вильямса-Ланделла-Ферри. При прогнозировании эффективных вязкоупругих параметров пакета слоев кокона использовался двухуровневый подход. На первом масштабном уровне на основе анализа экспериментальных кривых релаксации органопластика в направлении армирования и связующего по методике осреднения из [5] в ANSYS Mechanical APDL определялся эффективный тензор релаксации однонаправленного слоя. На втором масштабном уровне, уровне пакета, значения компонент эффективного тензора релаксации слоя для каждого момента приведенного времени вводились в матрицу упругих констант. Подобное упрощение обосновано низким показателем квазиконстантности органопластика [4]. При этом для каждого слоя в пределах представительного объема задавалась своя локальная система координат, ориентированная в соответствии со схемой армирования. Полученные описанным способом эффективные функции релаксации пакета (рис. 1) адаптировались к модели Prony (5) с учетом тензорности мгновенной функции ${}^4\hat{R}_0$ и скалярности остальных параметров (5). Степень дискретизации была выбрана исходя из вычислительного эксперимента, в котором оценивалась сходимость решения в виде зависимости значения мгновенных модулей от числа конечных элементов. По полученным для трех различных температур расчетным кривым релаксации были определены константы температурно-временного сдвига.

Пример полученных кривых релаксации для пакета слоев цилиндрической части конструкции (рис. 2) представлен на рис. 1. Для донных частей был определен целый набор свойств в зависимости от угла укладки волокна.

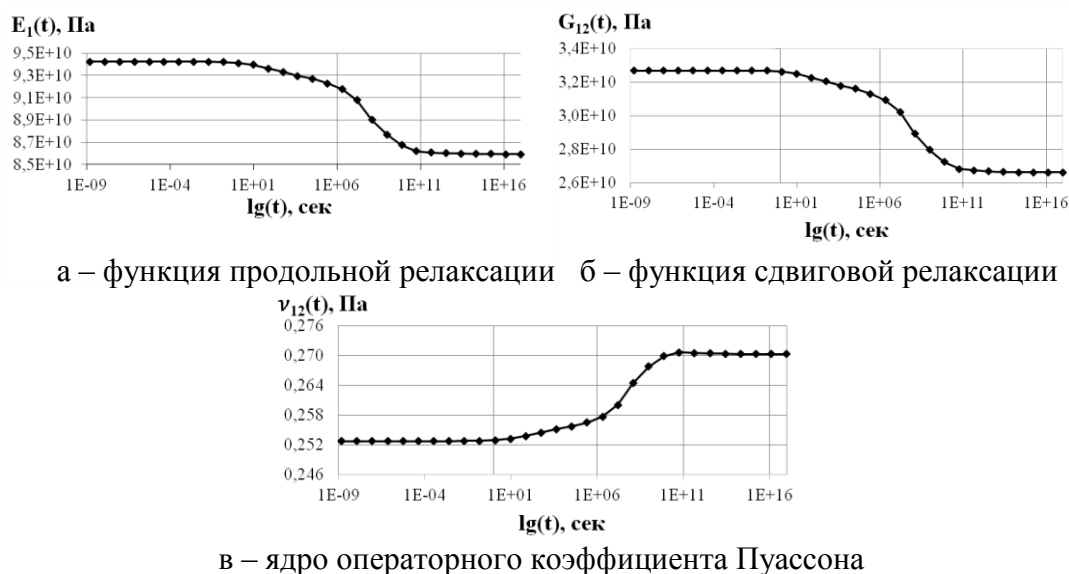


Рис. 1 – Расчетные обобщенные кривые релаксации пакета слоев

Решение задачи нестационарной теплопроводности

Построение геометрического и конечно-элементного аналогов системы кокон-оправка (рис. 2) реализовано в специально разработанном модуле на языке APDL, предоставляющем возможность варьирования геометрических и физических параметров расчетной модели. Создаваемая сетка совместна по узлам граничащих областей с отличающимися термомеханическими свойствами. Теплофизические параметры были получены экспериментально. При этом теплопроводность кокona считалась изотропной. Постановка задачи нестационарной теплопроводности идентична описанной в [6]. На внешней поверхности композиционной оболочки и составных частей задавались граничные условия третьего рода с переменной температурой окружающей среды (рис. 3). Полученное распределение температур при нагреве на разных временных интервалах представлено на рис. 2.

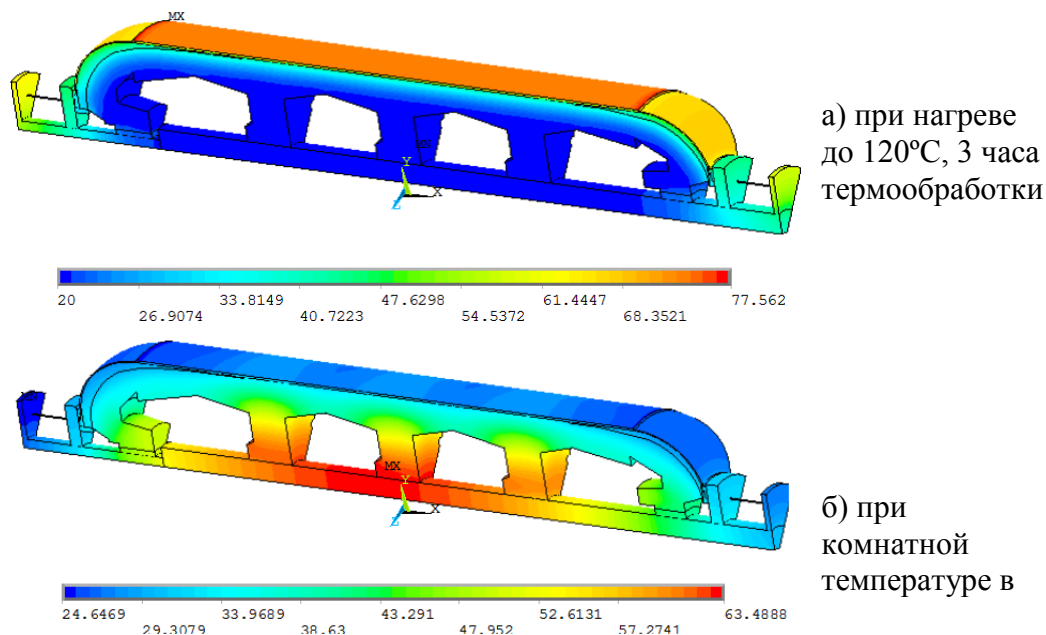


Рис. 2 – Распределение температур в конструкции

Определение НДС системы оправка-кокон

Постановка квазистационарной задачи термомеханики соответствует модели (1)-(4). Помимо температурной нагрузки на систему действуют начальные напряжения от намотки кокona, расчет которых проводился по методике [7]. На рис. 3 представлены графики

зависимости от времени давления в центральной точке внешней поверхности оправки для трех комбинаций свойств компонентов. Как видно из рисунка, при учете вязкоупругости только оправки (кривая 2) общий уровень контактного давления существенно (более 20%) снижается в сравнении с упругим вариантом (кривая 1). Учет термовязкоупругого поведения кокона приводит к дальнейшему небольшому, не более 5%, снижению уровня давления (кривая 3).

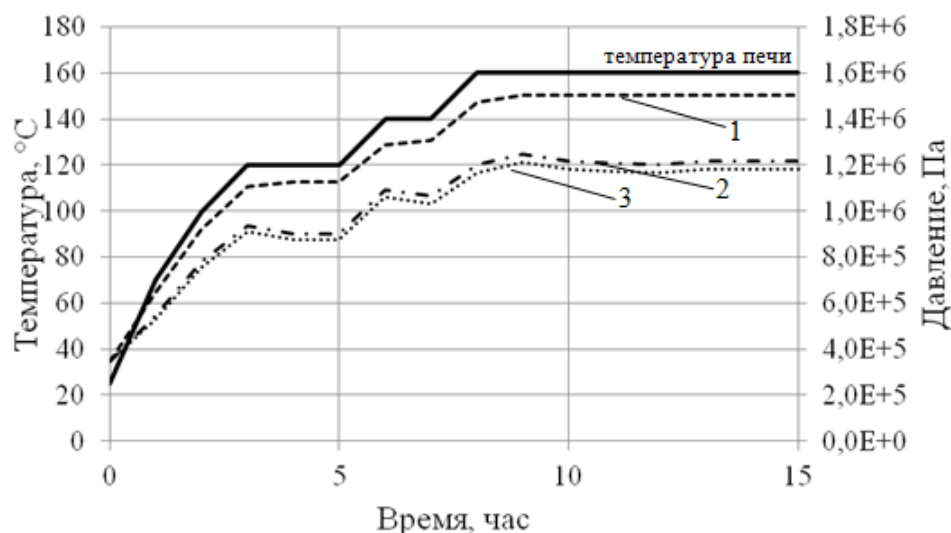


Рис. 3 – Распределение контактного давления от времени

Заключение

Полученные в работе результаты, основанные на экспериментальных данных и разработанных численных методиках определения термовязкоупругих характеристик слоистых однонаправленных композитов, позволяют с высокой степенью достоверности оценить вклад релаксации напряжений в оправке и коконе в формирование уровня контактного давления – ключевого параметра при производстве композитных баллонов. Использование разработанного модуля построения параметризованной твердотельной модели дает возможность с минимальными затратами времени варьировать геометрические и физические параметры расчетной модели для выбора наилучшего конструктивного варианта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 16-48-590809, 16-01-00474).

Список литературы

1. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
2. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982-136с.
3. Труфанов Н.А., Суходоева А.А. Напряженно-деформированное состояние вязкоупругой системы оболочка-оправка при силовой намотке // Механика композиционных материалов и конструкций. Том 6, №4. 2000.- С. 495-503.
4. Адамов А.А., Матвеев В.П., Труфанов Н.А., Шардаков И.Н. Методы прикладной вязкоупругости. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 411 с.
5. Куимова Е.В., Труфанов Н.А. Численное прогнозирование эффективных термовязкоупругих характеристик однонаправленного волокнистого композита с вязкоупругими компонентами, Вестн. СамГУ. Естественнонаучн. сер., 2009, № 4(70).- С. 129–148
6. Беляев Н.М., Рядно А.А. Метод нестационарной теплопроводности, М. Высшая школа. 1978 - 328с.
7. Рубцова Д.М., Сметанников О.Ю. Моделирование процесса намотки композитной силовой оболочки. – Пермь: в сб. Математика и междисциплинарные исследования, 2016. – С. 60-64.

05.02.00

А.С. Филатов канд. с.-х. наук

Якутская ГСХА

**ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ГАЗСОДЕРЖАНИЯ В ОБОРУДОВАНИИ
МИКРОБНОГО СИНТЕЗА ПРИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФЕРМЕНТАТОРА**

Производительность ферментатора любой конструкции определяется совокупностью гидродинамических, массообменных, тепловых, технологических и микробиологических условий. Под двумя последними условиями конструкторы и машиностроители понимают качество исходного сырья, соблюдение оптимальных параметров ведения технологического процесса по концентрации питательных солей, микроэлементов, количеству возвращаемой в ферментатор отработанной бражки, состоянию дрожжевой культуры и т.п.

Ключевые слова: *технология, условия, проектирование, расчет, классификация, аппараты, кислород, культивирование, микроорганизм.*

Многолетний опыт эксплуатации показал, что в зависимости от технологических и микробиологических факторов при одинаковых гидродинамических, массообменных и тепловых условиях, производительность аппарата может колебаться более чем в два раза.

Технологические и микробиологические условия не зависят от конструкции ферментатора и, следовательно, при его проектировании конструкторы в первую очередь несут ответственность за достижения в аппарате заданных условия по интенсивности перемешивания, массообмена и теплообмена, которые определяются правильностью расчета основных конструктивных элементов и режимов работы ферментатора. Однако, в настоящее время нет обоснованных и надежных методик расчета основных конструктивных элементов и режимов работы ферментаторов, на базе которых конструкторы могли бы уверенно вести техническое проектирование аппаратов. Предложено около 30 критериев и параметров масштабирования аппаратов и десятки уравнений для расчета удельной мощности на перемешивание питательной среды, мощности на перемешивание газожидкостной системы и других характеристик, что ставит конструкторов в весьма затруднительное положение и подчеркивает сложность проблемы. Нет единой классификации аппаратов. Все это приводит специалистов к неоднозначной оценке эффективности той или другой конструкции ферментатора и порождает разработку все новых аппаратов, когда многие из них кроме конструктивных отличий не имеют преимуществ друг перед другом. В настоящее время важное значение имеет сложное сочетание принципов работы, многообразие разновидностей и типоразмеров пищевого оборудования с условиями их функционирования. Совершенствование надежности аппарата для культивирования микроорганизмов - является одним из важнейших направлений, предназначенных на развитие различных отраслей, в том числе пищевой промышленности. В связи с этим одним из перспективных направлений в науке можно считать - повышение надежности аппарата для культивирования микроорганизмов. Одно из мероприятий, направленных на решение Продовольственной программы является увеличение ресурсов кормового белка. Известно, что растворимость кислорода в среде очень низка и она зависит от температуры t , давления P , а также от концентрации растворенных компонентов n . При давлении 0,1 МПа и температуре 30°C в 1 литре дистиллированной воды максимальное количество растворенного кислорода составляет 7,63 мг [2,3]. В реальной питательной среде максимальная растворимость кислорода еще ниже и составляет 2...5 мг/л. С повышением в питательной среде концентрации питательных веществ, pH и температуры, растворимость кислорода уменьшается. Запасы кислорода в среде способны поддерживать жизнедеятельность микроорганизмов в течение 0,5...2 мин [5].

Микроорганизмы, нуждающиеся в кислороде для своей жизнедеятельности, активно реагируют на изменение его концентрации. Скорость роста микроорганизмов увеличивается при увеличении кислородосодержания в жидкости, повышает выход урожайности клеток [1,3].

Известно, что в условиях аэробно-анаэробного процесса при понижении концентрации растворенного в среде кислорода до 0,5...1 мг/л, считающейся критической, размножение дрожжей почти прекращается [4,5]. В табл.1 представлены технические характеристики аппарата. На рис.1 представлена схема аппарата [4,5].

Таблица 1-Технические параметры аппарата для культивирования микроорганизмов [4,5]

Наименование Параметра	Обозначение	Единицы измерения
Рабочий объем ферментатора	V	м ³
Диаметр ферментатора	D	м
Высота ферментатора	H	м
Доля объема перемешивания	α_1	-
Доля объема охлаждения	α_2	-
Доля объема циркуляции	α_3	-

Искусственно созданный гидродинамический режим в аппарате для культивирования микроорганизмов оказывает существенное влияние на скоростной режим протекания химических, тепловых и массообменных процессов. Это непосредственно связано с производительностью аппарата и всей технологической установки в целом.

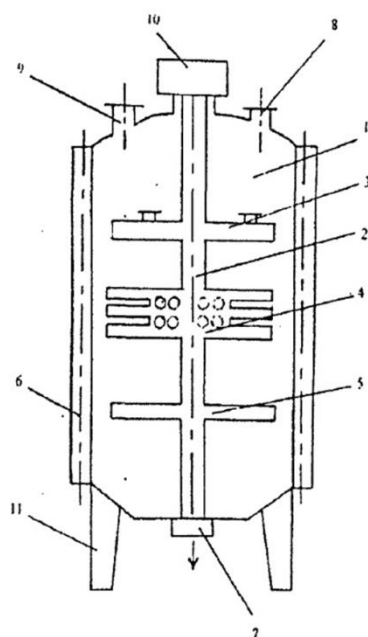


Рис. 1. Схема лабораторного ферментатора

1-корпус; 2-вал; 3-мешалка верхняя; 4-мешалка центральная; 5-мешалка нижняя; 6-рубашка теплообменная; 7-патрубок выгрузной; 8-патрубок для отработанного воздуха; 9-патрубок для ввода питательной среды; 10 –электродвигатель; 11-основание.

Характер распределения газовой фазы по рабочему объему аппарата для культивирования микроорганизмов позволяет существенно проводить сравнительную оценку систем газораспределения в аппарате позволяет проводить сравнительную оценку систем газораспределения в аппарате для культивирования микроорганизмов.

Список литературы

1. Кутепов, А.М., Бондарева, Г.И., Беренгартен, М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1985.-484 с.
2. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Механика сплошных сред. – М.: Гостехтеорио-издат, 1953. – 788с., ил.
3. Левитский, И.С. Организация ремонта и проектирование ремонтных предприятий.-3-е изд., перераб. И доб.- М.: Колос, 1977.-240 с.
4. Кокиева, Г.Е., Принцип построения САУ процесса культивирования микроорганизмов, осуществляющих подвод кислорода.
5. Кокиева, Г.Е.О производстве кормовых дрожжей // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». - Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006г.

05.02.08

И.Н. Фролова канд. техн. наук, А.А. Сарбаев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
институт промышленных технологий машиностроения,
кафедра технологии и оборудования машиностроения,
Нижний Новгород, andrewiv@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОПЕРАЦИИ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

В работе изложено описание программного модуля выбора режущего инструмента на операции фрезерной обработки. Подробно разобрана работа алгоритма обнаружения столкновений для проверки на возможность формообразования деталей сложной формы. Продемонстрирован анализ столкновений и выбор режущего инструмента для конкретного вида поверхности.

Ключевые слова: *программный модуль, САПР ТП, обнаружение столкновений, анализ столкновений, формообразование, режущий инструмент.*

Цель статьи.

Проверка на возможность формообразования деталей сложной формы и выбор режущего инструмента для каждой поверхности.

Введение.

В работе рассматривается возможность применения разработанного алгоритма обнаружения столкновений (АОС) для проверки на возможность формообразования деталей сложной формы и выбора режущего инструмента для каждой поверхности на примере торцевых фрез.

В современных САМ системах реализован контроль на коллизии инструмента с деталью и элементами оснастки. Используя существующие алгоритмы даже на самых передовых компьютерах, на проверку будет затрачиваться слишком много времени.

Разработанный алгоритм, отличается от существующих алгоритмов своей простотой и надёжностью. Опираясь существенными сторонами геометрии детали и инструмента, (АОС) позволяет исключить ненужные перемещения, тем самым имеет преимущества по скорости расчёта.

По утверждению разработчиков, некоторые САМ системы (например, ESPRIT) способны производить автоматизированный выбор инструмента из стандартных каталогов. На практике, скорее всего, имеется лишь платформа для работы с базой данных инструмента (производители типа Sandvik и Kennametal), виртуальных моделей станков, постпроцессоров, оснастки, технологий и режимов резания, из которых выбор происходит на основании ранее принятых решений.

Программный модуль, рассматриваемый в статье, позволяет совершать автоматизированный выбор режущего инструмента для каждой поверхности из базы данных САПР ТП на основе анализа столкновений, при работе разработанного (АОС).

1. Описание форм поверхностей.

Таблица – описание форм поверхностей

Форма поверхности	Описание в программном модуле
Плоская	Прямые линии, окружности (для криволинейных участков). Уравнение кривой хранится в параметрической форме. $\begin{cases} x(t) \\ y(t) \end{cases}$
Цилиндрическая	Два эллипса, прямые линии (для боковой поверхности).
Коническая	Эллипс, точка вершины, прямые линии (для боковой поверхности).

Эллипсоид	Каноническое уравнение эллипсоида, направляющие косинусы (для задания наклона большой оси эллипсоида). $\cos(EF^{\wedge}Ox) = \cos\alpha; \cos(AB^{\wedge}Oy) = \cos\beta; \cos(CD^{\wedge}Oz) = \cos\gamma$.
Сегмент эллипсоида	То же, что и у эллипсоида, с уравнением сечения эллипсоида вида $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 - \frac{h^2}{x^2},$ где h – параметр, определяющий положение сечения.
Слой эллипсоида	То же, что и у эллипсоида, с двумя уравнениями сечений эллипсоида.
Внутренняя	Пересечение геометрических тел, описанных вышеуказанными способами.

2. Выбор исходной точки.

Для каждой элементарной поверхности, примеры которых приведены в таблице, выбирается исходная точка.

2.1. Для плоской поверхности.

Выбирается начальная точка одной из линий, которыми ограничены обрабатываемые поверхности (рис. 1,а).

2.2. Для цилиндрической и конической поверхностей.

Для цилиндрической поверхности выбирается точка одного из эллипсов (для конической – единственного эллипса) с наибольшей координатой по оси X (рис. 1,б,в). Если для эллипса невозможно выбрать точку с наибольшей координатой по оси X (эллиптическая плоскость перпендикулярна оси X), то выбирается точка с наибольшей координатой по оси Y. В случае, когда координаты по оси Y тоже совпадают (эллиптическая плоскость перпендикулярна оси Y), выбирается координата по оси Z.

2.3. Для эллипсоида.

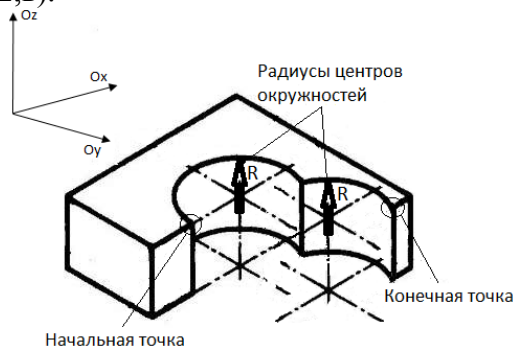
Выбирается точка эллипсоида, находящаяся на расстоянии равном большой полуоси от центра эллипсоида, и имеющей при этом наименьшую координату по оси Y (рис. 2,а). В случае, когда координаты по оси Y подходящих точек совпадают, выбирается точка с наименьшей координатой по оси X. В случае, когда координаты по оси X тоже совпадают, выбирается координата по оси Z.

2.4. Для сегмента и слоя эллипсоида.

Для сегмента эллипсоида точка выбирается так же, как для конической поверхности, а для слоя эллипсоида так же, как для цилиндрической поверхности (рис. 2,б).

2.5. Для внутренних поверхностей.

Выбирается точка на пересечениях геометрических тел. Особенности пересечения тел рассматриваются ниже (рис. 2,в).



а) с плоскостями, образованными с помощью кривых

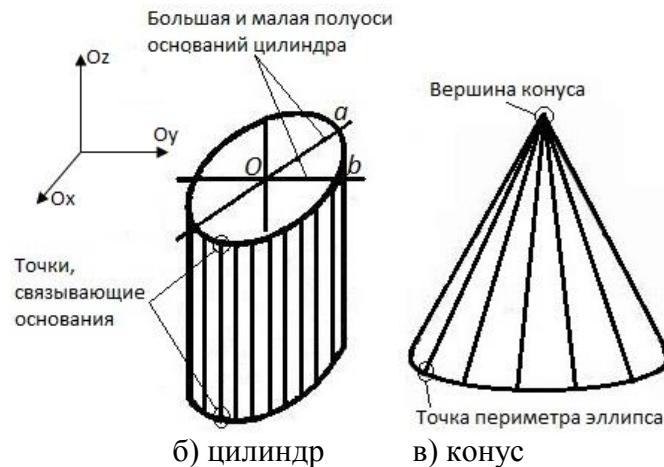


Рис.1. Геометрические тела с иллюстрациями характеристик, участвующих в работе АОС

3. Выбор траектории движения.

Выбор траектории движения будет разобран на примере торцевых фрез.

3.1. Для плоской поверхности.

Для прямолинейных участков траектория движения инструмента не отличается от описанной в предыдущей работе [1]. Для криволинейных участков проход осуществляется посредством изменения параметра функции в установленном диапазоне значений.

3.2. Для цилиндрической поверхности.

По уравнениям эллипсов находятся принадлежащие им точки, по которым совершается обход. Боковая поверхность обходится путём связывания двух, уже заданных, поверхностей друг с другом. Для каждой точки периметра одного эллипса находится соответствующая точка периметра другого эллипса, в направлении которой и двигается инструмент (рис. 1,б). Далее происходит сдвиг стартовых точек на шаг, установленный в программном модуле. Сдвиг следует по периметру против часовой стрелки, и действия алгоритма повторяются до тех пор, пока стартовая точка не вернётся в своё начальное положение.

3.3. Для конической поверхности.

Траектория движения инструмента такая же, как и для цилиндрической поверхности, только боковая поверхность обходится путём связывания эллипса с вершиной конуса (рис. 1,в).

3.4. Для эллипсоида.

Начиная с выбранной точки, строится уравнение сечения эллипсоида вида

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 - \frac{h^2}{x^2},$$

где h – параметр, определяющий положение сечения.

Полученное сечение обходится по периметру, затем параметр h изменяется с заданной дискретностью. Проход продолжается до тех пор, пока полученное сечение не станет включать в себя другую точку эллипсоида, находящуюся на расстоянии, равном большой полуоси эллипсоида (рис. 2,а).

3.5. Для сегмента эллипсоида.

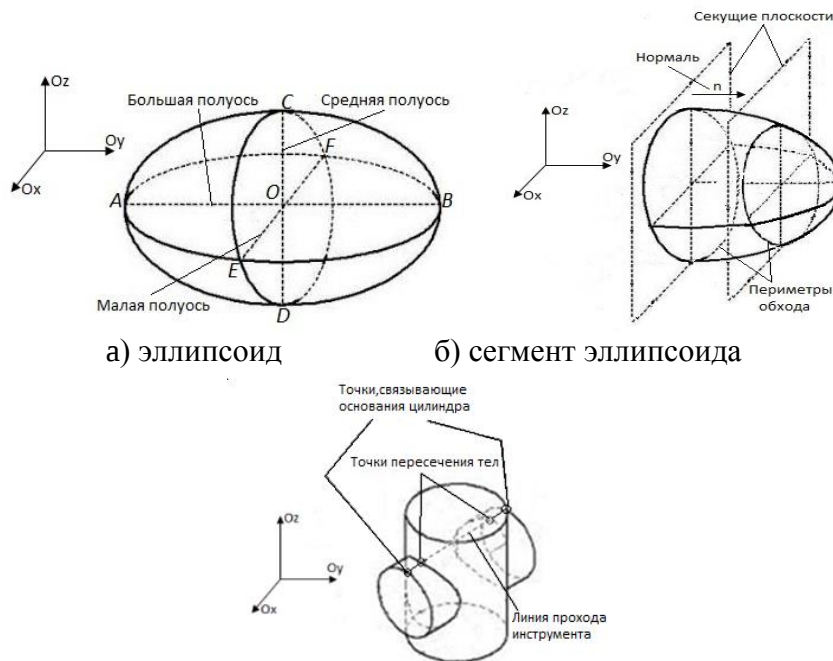
Сначала проход осуществляется по периметру секущей плоскости. Затем происходит построение новой секущей плоскости для обхода посредством параллельного переноса имеющейся секущей плоскости в направлении нормали (рис. 2,б). Построение секущих плоскостей кончается, когда плоскость перестаёт иметь общие точки с эллиптической поверхностью.

3.6. Для слоя эллипсоида.

Обход осуществляется подобно обходу цилиндрической поверхности. В качестве соответствующих точек выбираются точки, полученные из параметрических уравнений плоскостей оснований при одном и том же значении параметра.

3.7. Для внутренних поверхностей различного вида.

Находятся точки пересечения тел, совершается проход по образующим линиям одной из поверхностей. Для каждой линии ищутся точки пересечения с образующими линиями другой поверхности. По найденным точкам строится линия, по которой проходит инструмент (рис. 2, в). В случае пересечения трёх и более геометрических тел дополнительно указывается основное обрабатываемое тело, а обработка производится попарным и последовательным пересечением плоскостей.



в) пересечение геометрических тел

Рис.2. Геометрические тела с иллюстрациями характеристик, участвующих в работе АОС

4. Анализ столкновений и выбор режущего инструмента для конкретного вида поверхности.

Рассмотрим задачу выбора РИ для обработки детали сложной формы, за наименьшее число проходов, с наименьшей шероховатостью и при одинаковых режимах резания.

Выбор происходит для каждой поверхности и между инструментами из одного материала.

Выбор инструмента происходит в три этапа.

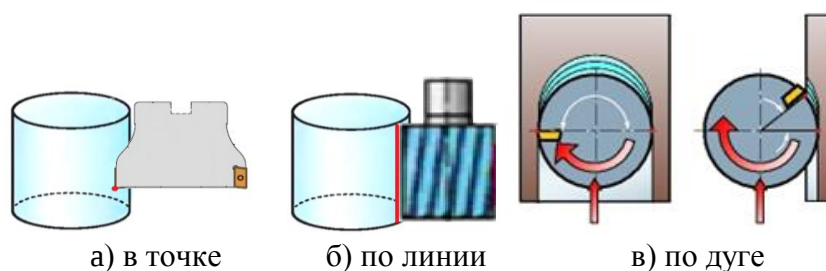


Рис.3. Виды контактов инструмента и заготовки.

4.1 Определение возможности обработки на указанном оборудовании.

Отбираются все инструменты способные совершить обработку данной поверхности на указанном оборудовании.

4.2. Определение возможность обработки за наименьшее число проходов.

Отбираются инструменты способные совершить обработку данной поверхности на указанном оборудовании за наименьшее число проходов. Выбор происходит в результате анализа столкновений по коллектору контакта.

4.2.1 Для наружных поверхностей.

К наружным поверхностям относятся: плоские, цилиндрические, конусные и сферические.

Наружные поверхности могут контактировать с инструментом: в точке, по прямой линии

или по кривой линии (рис. 3,а,б).

Предпочтение отдаётся инструменту, контактирующему с заготовкой по линии, а не в точке. При выполнимости обработки двумя разными инструментами, контактирующими с заготовкой по линии, предпочтение отдаётся инструменту с наибольшей длиной линии контакта.

4.2.2 Для внутренних поверхностей.

К внутренним поверхностям относятся: отверстия, открытые, полузакрытые и закрытые пазы. Внутренние поверхности контактируют с инструментом по дуге. Предпочтение отдаётся инструменту с наибольшей дугой контакта (рис. 3,а,б).

4.3.Получение поверхности с наименьшей шероховатостью.

Выбор осуществляется только между инструментами из одного материала, так как в данной работе рассматриваются геометрические особенности деталей и инструментов и не принимаются во внимание свойства материалов.

Рассматриваются только наружные поверхности. Для внутренних поверхностей инструмент с наибольшей дугой контакта (рис. 3,в) и будет обеспечивать наименьшую шероховатость, вследствие наибольшего радиуса.

Значения шероховатостей сравниваются, и определяется инструмент или инструменты с наименьшей шероховатостью.

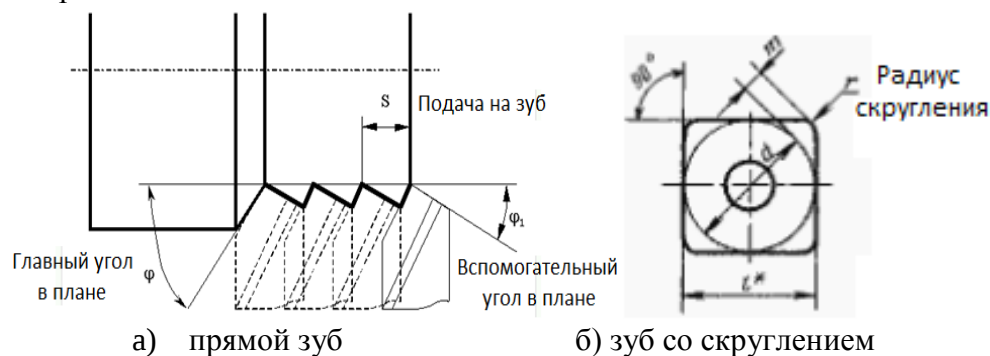


Рис.4.Геометрия зубьев торцевой фрезы.

4.3.1. Для инструментов с прямыми зубьями.

Определяются главный и вспомогательный углы в плане в местах контакта (рис. 4,а), и по формуле

$$R_z = \frac{S \cdot \sin \varphi \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \quad [2]$$

высчитывается шероховатость.

4.3.2. Для инструментов со скруглёнными зубьями.

Для инструментов со скруглёнными зубьями шероховатость вычисляется по формуле учивающей величину радиусов скруглений (рис. 4,б).

$$R_z = \frac{S_z^2}{4D} \quad [2]$$

где S_z – подача на зуб; D – диаметр фрезы.

Выводы

Выбор режущего инструмента из базы данных САПР ТП для каждой поверхности можно осуществить, если определить возможность обработки заданных поверхностей заданным инструментом и проанализировав столкновения при помощи разработанного алгоритма обнаружения столкновений.

Список литературы

1. И.Н. Фролова, А.А. Сарбаев, И.О. Пантелеев, С.К. Сахаровский. Применение алгоритма обнаружения столкновений для выбора средств технологического оснащения на операции механической обработки/ "Научно-технический вестник Поволжья". – Казань, №5 2017г. - с. 79-83
2. Зорев Н.Н. Развитие науки о резании металлов. – М.: Машиностроение, 1967 – 416 стр. 306-310стр.

05.02.02

Б.В. Шогенов канд. техн. наук

Институт информатики, электроники и робототехники Кабардино-Балкарского
государственного университета имени Х.М. Бербекова,
кафедра «Мехатроника и робототехника»,
Нальчик, beslanshogenov@mail.ru

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОВЕНЬ ШУМА ЗУБЧАТО-РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

В работе проведены исследования по уменьшению спектра шума в зубчато-ременной передаче (ЗРП). Рассмотрены оптимальные режимы работы ЗРП с применением метода активного многофакторного планирования. Получено уравнение регрессии для исследуемого зубчатого ремня.

Ключевые слова: шум, вибрация, зубчато-ременная передача, снижение шума, спектр шума.

В машиностроении, в частности, приводах современных машин, механизмов и приборов часто используются передачи с гибкой связью. Практика показывает, что использование в главных приводах машин передач с гибкой связью, в частности, зубчато-ременной передачи во многом зависит от шумовых характеристик передачи. Решение этой задачи имеет актуальное практическое значение. В работах [1,2] показано, что с возрастанием скорости шкива, увеличивается уровень звукового давления L передачи. Для решения этой проблемы проведены исследования. Был применен метод активного многофакторного планирования.

При проведении анализа уровня звукового давления были определены параметры и режимы работы, значительно оказывающие влияние на шум возникающий в ЗРП. В [3] проведен анализ параметров влияющих на уровень шума ЗРП. И выявлено, что таковыми являются, частота вращения ведущего шкива передачи – n_1 , предварительное натяжение ремня – F_0 и окружная сила передачи – $F_{окр}$.

Исследования показали, что одним из факторов, также влияющим на шум в ЗРП является разношаговость $\Delta t = (t_p - t_{шк})$ между зубьями шкива $t_{шк}$ и ремня t_p .

Уровень шума, возникающий в рассматриваемой ЗРП с одинаковыми прочими условиями и геометрическими параметрами передачи приведенными в [3] определялась в зависимости от следующих факторов: частота вращения ведущего шкива (n_1), предварительное натяжение ремня (F_0), передаваемая окружная нагрузка ($F_{окр}$), и разношаговостью $\Delta t = (t_p - t_{шк})$ между зубьями шкива $t_{шк}$ и ремня t_p .

Был проведен эксперимент на основе, которого получены данные. В зависимости от указанных параметров передачи была составлена и реализована матрица эксперимента (таблица 1). Получены интервалы варьирования изученных факторов: частота вращения шкива, мин^{-1} – 500...3500; предварительное натяжение ремня, Н – 10...15; передаваемая окружная сила, Н – 5 – 40; разношаговость между зубьями шкива и ремня, мм – +0,2 ... -0,2.

Обработка полученных экспериментальных данных выполнена с использованием компьютерной программы STATISTICA.

По результатам проведенных исследований установлена математическая модель. Процесс шумообразования в зависимости от регулируемых параметров и режимов работы ЗРП, записано в виде уравнения регрессии:

$$y = A + A_1 x_1 - A_2 x_1^2 + B_1 x_2 + B_2 x_2^2 + C_1 x_3 - C_2 x_3^2 + \\ + D_1 x_4 - D_2 x_4^2 - F_1 x_1 x_2 + F_2 x_1 x_3 - F_3 x_1 x_4 - F_4 x_2 x_3 - F_5 x_2 x_4 + F_6 x_3 x_4,$$

В кодированном виде, полученное уравнение регрессии, имеет вид:

$$y = 47,5299 + 0,0046x_1 - 0,00001x_1^2 + 0,3562x_2 + 0,0005x_2^2 + 0,6874x_3 - 0,0147x_3^2 + 14,4116x_4 - 33,8724x_4^2 - 0,0001x_1x_2 + 0,0001x_1x_3 - 0,0025x_1x_4 - 0,0018x_2x_3 - 0,1314x_2x_4 + 0,0161x_3x_4, \quad (1)$$

где y – уровень звука, ДБА; x_1 – соответствует частоте вращения ведущего шкива, мин⁻¹; x_2 – натяжению ветви, Н; x_3 – окружной силе, Н; x_4 – разношаговости между зубьями шкива и ремня, мм.

Таблица 1. Матрица планирования экспериментов

№ эксперимента	x_1	x_2	x_3	x_4	y
	n_1	F_0	$F_{опр}$	Δt	L
1	500	30	40	0,15	65
2	1500	30	10	-0,15	67
3	2500	10	40	0	73
4	500	10	40	0	58
5	3500	20	40	0	82
6	500	20	40	-0,15	60
7	500	30	10	0	65
8	1500	20	40	0,15	69
9	2500	20	40	0,15	75
10	1500	10	10	0,15	65
11	3500	20	25	0,15	84
12	3500	10	40	0,15	85
13	500	30	25	-0,15	66
14	500	10	25	0,15	63
15	1500	10	25	0,15	70
16	2500	10	25	-0,15	75
17	3500	10	25	0,15	79
18	1500	20	25	-0,15	66,6
19	1500	20	10	0	71
20	1500	30	25	0,15	74
21	500	10	10	-0,15	55,5
22	1500	20	10	0,15	65
23	2500	10	10	0	69
24	3500	10	10	0	73
25	2500	20	25	0	77
26	3500	30	40	-0,15	84

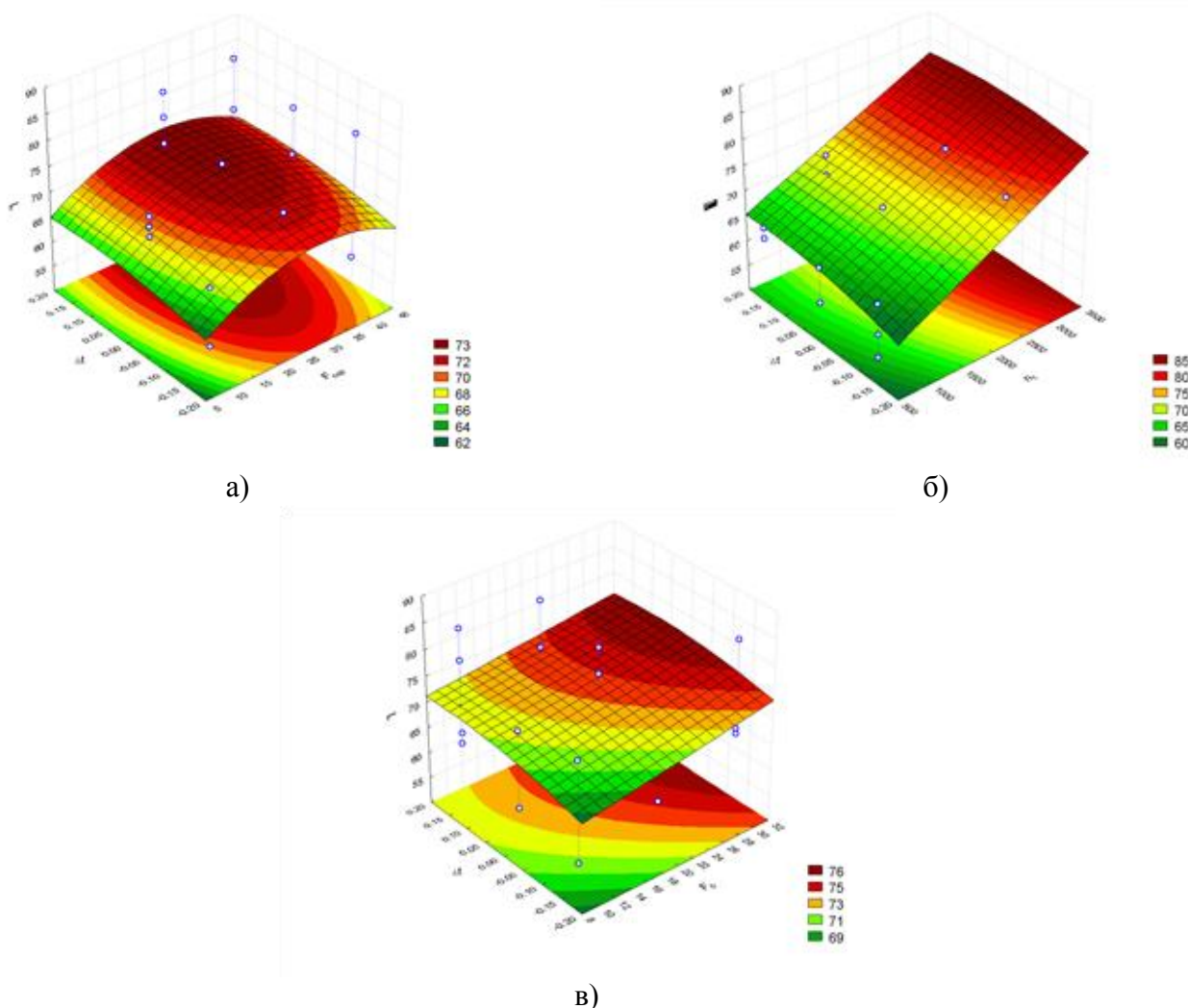


Рис.1. Графики зависимости уровня шума ЗРП:

а) от разношаговости зубьев и передаваемой силы; б) от частоты вращения ведущего шкива и разношаговости зубьев; в) от предварительного натяжения и разношаговости зубьев.

Проанализировав полученные графики видно, что оптимальные значения параметров находятся в следующих пределах: частота вращения 500 - 1500 мин⁻¹, – $L = (55-70)$ ДБА; окружная сила 15–20Н, – $L = (63-72)$ ДБА; предварительное натяжение 10–20Н, $L = (63-69)$ ДБА. Выявлено также, что на уровень звука существенное влияние оказывает разношаговость зубьев Δt . Повышение уровня шума происходит с увеличением шага зубьев ремня по сравнению с шагом зубьев шкива. Можно сделать вывод, что при $t_{шк} > t_p$, когда Δt имеет положительное значение и оно увеличивается.

Анализ уравнения (1) показывает, что на показатель L - уровень звукового давления, наряду с рассмотренными ранее в [3] факторами, как частота вращения шкива $n_1(x_1)$ и окружная сила $F_{опр}(x_3)$, также влияет разношаговость зубьев $\Delta t(x_4)$. Из графиков зависимостей уровня звука (рис. 1) следует, что оптимальные значения разношаговости зубьев находятся в пределах 0,12 – 0,15, мм.

Список литературы

1. Сабанчиев Х.Х. Шум и вибрация в зубчато-ременных передачах. // Извест. СКНЦ ВШ сер. «Технические науки». – 1981. - №2. – с. 56-59.
2. Сабанчиев Х.Х. Снижение шума в зубчато-ременных передачах. // Вестник машиностроения. – 1987. - №1. – с. 32-36.
3. Шогенов Б.В., Казиев А.М., Сижажев А.И., Ципинов А.С. Оптимизация шумообразования в передачах с гибкой связью методом многофакторного планирования эксперимента. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. -№5. –с. 321-323.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (05.11.00)**

05.11.00

И.И. Воротынцева канд. физ.-мат. наук, Н.О. Марценюк

Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ),
кафедра физики и строительной аэродинамики,
Москва, tyncher@inbox.ru, MarcenjukNO@mgsu.ru

**СХЕМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОФАЗНОЙ ЛБВ В РЕЖИМЕ ОБРАТНОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Рассмотрена схема построения автофазной ЛБВ с многократным вводом ВЧ энергии. Вводы энергии выполнены по типу направленных ответвителей, что позволяет подпитывать преимущественно прямую волну, энергия которой преобразуется в постоянный ток. Для обеспечения требуемого фазового положения сгустка, в конструкцию вводится регулируемый делитель ВЧ мощности и фазовращатель. Группирователь выполнен на основе отрезка ЛОВ, как имеющий меньшую длину и большую широкополосность. Предложенная схема построения позволяет повысить к.п.д. обратного преобразования энергии и расширить эксплуатационные характеристики устройства.

Ключевые слова: обратное преобразование энергии, автофазная секция, группирователь.

В последнее время существенно повысился интерес к исследованию СВЧ устройств с электронными пучками. Изучению электронных потоков, их формированию и транспортировке в электромагнитных полях различной конфигурации посвящено значительное число работ [1-4]. Повышенный интерес вызван тем, что СВЧ приборы при включении их в специальную схему или каскадном соединении успешно преобразуют СВЧ мощность в мощность постоянного тока. Решающий фактор – к.п.д. преобразователя, однако весьма важны и другие технико-экономические показатели. Так, представляет интерес работа тракта передачи энергии в обоих направлениях. В этом случае ценным качеством преобразователя оказывается возможность реверсивного режима работы, причем с минимальной перенастройкой и переналадкой. Стабильность режима работы и большой к.п.д. позволяет рассмотреть ЛБВ с автофазной секцией в качестве устройства, способного работать как в режиме прямого, так и обратного преобразования энергии [5].

Недостатком известных устройств при работе их в режиме обратного преобразования является узкий диапазон преобразуемых мощностей и ограниченная длительность процесса взаимодействия электронного потока с ВЧ-полем, что снижает эффективность преобразования ВЧ энергии. С целью устранения указанных недостатков было предложено выходной участок замедляющей системы разделить на секции, соединенные непосредственно или разделенные трубками дрейфа, а в начале каждой секции расположить вводы ВЧ энергии, выполненные через регулируемые фазовращатели. На рис. 1 изображен вариант выполнения автофазной ЛБВ работающей в режиме обратного преобразования энергии, с многократным вводом ВЧ мощности. Электронный пучок, формируемый электронной пушкой 1, проходит сквозь замедляющие системы группировочной секции 2 и автофазной секции 4. В группировочном участке замедляющей системы 2, под действием поля ВЧ волны, подводимой через регулируемый делитель 12, фазовращатель 13 и петлю связи 14 на замедляющую систему 2, происходит модуляция электронного потока по скорости, которая переходит в модуляцию по плотности, и образовавшиеся электронные сгустки через трубку дрейфа 3 попадают в первую секцию 5 выходного участка замедляющей системы 4, на входе в которую захватываются в область минимума потенциальной энергии поля бегущей волны.

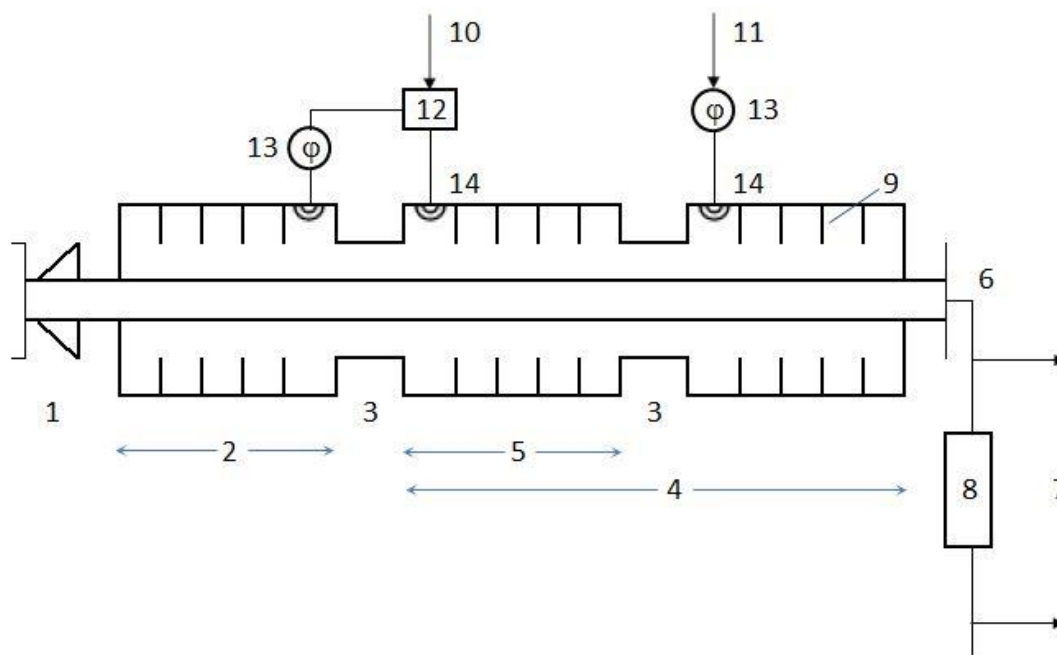


Рис. 1- Схема преобразователя энергии

Чтобы обеспечить требуемое фазовое положение электронного сгустка, в конструкцию введены регулируемый делитель и фазовращатель, обеспечивающие требуемую величину и фазу высокочастотной мощности на входе в группирователь. Группирующий участок в такой конструкции целесообразно выполнять на основе отрезка ЛОВ, как имеющий меньшую длину и большую широкополосность. С этой целью ввод ВЧ мощности в группирователе выполнен со стороны трубки дрейфа. Противоположный конец отрезка замедляющей системы 2 подключается к нагрузке, которая является согласованной в случае ЛОВ или может быть подобрана с целью работы группирователя в режиме ЛБВ.

Изучение характеристик рассматриваемой схемы: ЛОВ – трубка дрейфа – автофазная секция, показывает, что при условии встрела сгустка в область минимума потенциальной энергии, данная схема обладает большим динамическим диапазоном [6].

На входе в автофазную секцию, тормозящим статическим потенциалом, приложенным к разделенным по постоянному току элементам замедляющей системы 9, электронные сгустки смещаются в ускоряющий полупериод ВЧ-поля, амплитуда которого резко возрастает за счет дополнительной ВЧ мощности, подводимой с ввода 10 в первую секцию 5 выходного участка замедляющей системы 4. Высокочастотное поле будет проводить работу по перемещению электронов в тормозящем статическом поле, преобразуя ВЧ энергию в энергию постоянного тока.

В месте расположения промежуточного ввода 11 подводится дополнительная ВЧ мощность, равная по величине преобразованной мощности в первой секции 5 выходного участка замедляющей системы 4. Во второй секции 5 выходного участка замедляющей системы процесс преобразования энергии полностью повторяется. Отработанный электронный поток оседает на коллекторе 6, включенном во внешнюю цепь с нагрузкой 8, с которой снимается постоянная мощность, при помощи устройства вывода 7.

Как отмечалось [5], вводы энергии целесообразно выполнять до нарушения условия захвата электронного сгустка, которое происходит вследствие уменьшения высокочастотной мощности, распространяющейся в замедляющей системе и, соответственно, накладывает ограничение на напряженность статического поля.

В результате эксперимента на основе численной модели [7], были выявлены значения напряженности электростатического поля, оптимальные с точки зрения энергообмена между ВЧ-полем и электронным потоком на минимальной длине участка взаимодействия. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Предположим, что в первой секции безразмерная напряженность электростатического поля $F_{cm} = -0.2$, тогда значение статического поля во второй секции автофазного участка необходимо положить равным $F_{cm} = -1.2$ (табл.), в третьей секции - $F_{cm} = -1.4$, в четвертой - $F_{cm} = -0.8$. Последующее увеличение числа секций не приведет к значительному росту преобразуемой мощности, т.к. в этом случае при $n \geq 5$ суммарное падение амплитуды во всех последующих секциях остается постоянным. При значении статического потенциала в первой секции $F_{cm} = -0.4$ число секций выходного участка замедляющей системы должно быть равно 6, и т.д.

Таблица - Оптимизация энергообмена

Значение статического поля		Суммарное падение амплитуды ВЧ поля в $n-1$ и n секциях
$n-1$ секция	n секция	
-0.2	-1.2	2.2
-0.4	-1.6	3.4
-0.6	-1.0	2.3
-0.8	-0.8	3.0
-1.0	-1.4	1.8
-1.2	-1.4	2.4
-1.4	-0.8	2.2
-1.6	-1.0	3.0
-1.8	-1.2	3.2
-2.0	-2.0	3.3

Приведенная таблица позволяет в предложенной схемной реализации обратного преобразования энергии оценить число секций в выходном участке замедляющей системы и значения напряженности статических полей в каждой из секций с целью получения максимального энергообмена между подводимой ВЧ волной и электронным потоком.

Вводы энергии целесообразно выполнять по типу направленных ответвителей, что позволяет подпитывать преимущественно прямую волну, энергия которой преобразуется в постоянный ток.

Описанное устройство обладает большим уровнем преобразуемой СВЧ мощности. Наряду с этим, оно имеет дополнительный положительный эффект, заключающийся в расширении динамического диапазона в режиме обратного преобразования. Как показывает расчет, к.п.д. обратного преобразования при использовании многократного ввода ВЧ энергии достигает 70-80%.

Таким образом, использование схем автофазной ЛБВ с многократным вводом энергии в качестве преобразователя энергии СВЧ в энергию постоянного тока позволяет расширить функциональные возможности устройства и существенно повысить его эффективность.

Список литературы

1. Pershing D. et al. Demonstration of a wideband 10-kW Ka-band sheet beam TWT amplifier // IEEE Trans. Electron Devices. Vol. 61. № 6. 2014. PP. 1637-1642.
2. Pasour J. et. al. Demonstration of a multikilowatt, solenoidally focused sheet beam amplifier at 94 GHz // IEEE Trans. Electron Devices. Vol. 61. № 6. 2014. PP. 1630-1636.
3. Gamzina D., Barnett L. R., Ravani B., Luhmann N. C. Mechanical Design and Manufacturing of W-Band Sheet Beam Klystron // IEEE Trans. Electron Devices. Vol. 64. № 6. 2017. PP. 2675-2682.
4. Ruan C. et. al. Theoretical and experimental investigation on intense sheet electron beam transport with its diocotron instability in a uniform magnetic field // IEEE Trans. Electron Devices. Vol. 61. № 6. 2014. PP. 1643-1650.
5. Воротынцева И.И., Кашинцева В.Л. Автофазный преобразователь СВЧ энергии // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 6. С. 145-148.
6. Vorotyntseva I.I., Martsenyuk N.O. The numerical modelling of dynamic processes in autophase electron beams // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. №4 (19). С.4.
7. Воротынцева И.И., Аникин А.В. Минимизация численных погрешностей в динамических моделях крупных частиц // Вестник МГСУ. 2011. № 4. С. 294.

05.11.15

¹Г.М. Мучкаева канд. с.-х. наук, ¹С.А. Шараев, ²Д.В. Бадмаева,
³М.Б. Коокуева, ⁴А.С. Барангов

Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова,
инженерно-технологический факультет,
¹кафедра агроинженерии,
²кафедра технологии и менеджмента профессионального образования,
³кафедра природообустройства и охраны окружающей среды,
⁴кафедра строительства
Элиста, galya_2508@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ СЛОЖНЫМ ПРОФИЛЕМ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИХ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Рассмотрены параметры геометрии, выполняющие роль функций зависимости от координат данных точек, находящихся на действительной поверхности. Приведены зависимости, выражающие параметры отклонений формы поверхностей, отличающихся сложным профилем. Проанализированы условия, необходимые для воспроизведения единицы длины в части измерений геометрических параметров поверхностей, характеризующихся сложным профилем.

Ключевые слова: геометрические параметры, сложнопрофильные поверхности, измерение, действительные значения, единица физической величины, система координат, отклонения формы.

На современном этапе отмечается увеличение производств разных отраслей промышленности, использующих высокие технологии, которые способствуют переходу на другой уровень характеристик изделий, влияющих на эксплуатационные показатели деталей. В приборостроении, машиностроении, топливно-энергетической отраслях производятся большие объемы деталей и сборочных единиц, имеющих сложнопрофильные поверхности: разной геометрической формы резьбы, штампы, лопасти и другие. Геометрия сложнопрофильных поверхностей характеризуется показателями, выполняющими определенные функции.

К геометрическим параметрам относятся размеры линейные и угловые, разного рода зависимости между данными величинами, дающие представление о конфигурации объекта и расположении его отдельных элементов относительно друг друга. Геометрические параметры характеризуют взаимосвязь эксплуатационных показателей детали с геометрией её поверхностного слоя посредством выражения на математическом уровне. Геометрические параметры, полученные теоретически, выполняют роль сложных функций зависимости от координат данных точек, находящихся на действительной (реальной) поверхности, итогов вычислительных действий по системе, определяющей их реализацию с математической стороны. Геометрические параметры возможно выразить следующей зависимостью [1]:

$$GP = f(g_{1,1}, \dots, g_{1,m}, \dots, g_{i,l}, \dots, g_{i,m}, \dots, g_{n,l}, \dots, g_{n,m}), \quad (1)$$

где $g_{i,l}, \dots, g_{i,m}$ – координаты i -ой точки ($i = 1 \dots n, n \rightarrow \infty$) в исследуемой системе координат с $(m+1)$ – числом степеней свободы, расположенной на действительной поверхности детали. В случае ортогональной декартовой системы координат $g_{i,l}, \dots, g_{i,m}$ определяют x_i, y_i, z_i .

Измерения в пространстве параметров геометрии поверхностей, отличающихся сложным профилем, принципиально отличаются от измерений длины одномерного линейного вида. При выполнении измерений геометрических параметров сложнопрофильных поверхностей возникает потребность: в задании и сохранении в ходе опыта определенной системы

координат, в которой выполняются измерения; в задании в данной системе координат всех точек действительной поверхности и выполнении аналитического расчета параметров геометрии сложнопрофильных поверхностей по зависимости (1).

Реализация на практике всего ряда элементов комплекса измерений пространственного характера параметров геометрии поверхностей, характеризующихся сложным профилем, отличается определенными особенностями. Главной метрологической проблемой здесь является сложность передачи размера единицы длины с необходимыми параметрами по точности от государственного или специального эталона к средствам измерения пространственного характера геометрических параметров сложнопрофильных поверхностей, применяемым в рабочем порядке [2].

При прямом методе передачи размера единицы длины при таких измерительных процессах от государственного или специального эталона единицы длины распространенными методами и измерительными средствами одномерной характеристики отмечается снижение точности в существенных объемах. В данном случае возникает потребность в методологии специального назначения и обеспечении соответствующего технического оснащения, которые с потребной точностью позволяют передавать единицу длины при применении системы координат и систем, в соответствии с которыми рассчитываются параметры геометрии сложнопрофильных поверхностей.

К наиболее характерным параметрам геометрии для сложнопрофильных поверхностей возможно отнести отклонения формы действительной поверхности от формы номинальной поверхности.

Геометрические параметры отклонений формы сложнопрофильных поверхностей возможно рассчитать зависимостью:

$$GP_{\Delta_f} = F(\Delta_f^l), \quad (2)$$

где Δ_f^l – локальное отклонение формы; F – функционал геометрических параметров сложнопрофильных поверхностей, например, $\max(\Delta_f^l)$ определяет наибольшее расстояние от всех точек прилегающей поверхности по нормали к действительной поверхности.

Локальное отклонение формы сложнопрофильных поверхностей характеризуется длиной отрезка Δ_f от точки, находящейся на координатной поверхности по нормали до точки пересечения нормали и действительной поверхности:

$$\Delta_f = \sqrt{(x_t - x_0)^2 + (y_t - y_0)^2 + (z_t - z_0)^2}, \quad (3)$$

где $x_t; y_t; z_t$ – координаты точки, находящейся на аппроксимированной действительной поверхности; $x_0; y_0; z_0$ – координаты точки, находящейся на координатной поверхности.

Значения данных точек находятся по действительным значениям измерений координат точек в заданной прямоугольной системе координат, имеющих расположение на действительной поверхности, и схемами, в соответствии с которыми они определяются. Выполнить описание номинальной сложнопрофильной поверхности возможно дискретным и аналитическим способами.

Номинальную поверхность, представленную аналитическим способом, возможно характеризовать следующей зависимостью:

$$z_n = f_n(x; y) = \sum_{k=1}^m r_k F_k^n(x; y), \quad (4)$$

где $F_k^n(x; y)$ – базисные зависимости номинальной поверхности; r_k – явные коэффициенты.

Отклонение действительной поверхности от номинальной поверхности возникает по причине наличия погрешности её изготовления [3, 4]. Действительную поверхность можно представить следующей зависимостью:

$$z_r = f_r'(x; y) = \sum_{k=1}^{\infty} s_k F_k^r(x; y), \quad (5)$$

где $F_k^r(x; y)$ – базисные функции реальной поверхности; s_k – неявные коэффициенты; $k = \overline{1 \dots \infty}$; вид функции $f_r'(x; y)$ не представляется известной зависимостью, но до начала измерительного процесса существует определенное её представление на теоретическом уровне.

Таким образом, исследование геометрических параметров отклонений формы заданных поверхностей посредством применения имеющихся по метрологическим характеристикам средств измерений и анализ зависимости (1) показывают, что с целью воспроизведения единицы длины в части измерений параметров геометрии сложнопрофильных поверхностей отклонений формы возникает потребность в соблюдении ряда условий:

- воспроизвести единицу длины в части измерений координат имеющихся точек в пространстве;

- уменьшить величины возможных погрешностей при расчете геометрических параметров отклонений формы поверхностей, отличающихся сложным профилем, по итогам выполнения измерений координат точек.

Измерительное средство, обладающее конкретными точностными характеристиками, служащее для определения параметров геометрии отклонений формы поверхностей, отличающихся сложным профилем, должно обеспечивать воспроизведение единицы длины вдоль осей заданной системы координат и систему вычисления геометрических параметров, которые в свою очередь обеспечивают наименьшую неопределенность в ходе измерений геометрических параметров отклонений формы сложнопрофильных поверхностей при определенном уровне ограничений, зависящих от числа звеньев в используемой поверочной схеме.

Список литературы

1. Мучкаева Г.М., Эрдниева Г.Е., Горяев Ч.А., Даваев Б.В. Определение точности и неопределенности измерений // Форум молодых ученых. – Саратов: изд-во ООО «Институт управления и социально-экономического развития». - 2018. - №5 (21). 5 с.
2. Мучкаева Г.М. Исследование методов повышения точности измерений при наличии систематических погрешностей / Г.М. Мучкаева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – №6. - С. 152-154.
3. Ординарцева Н.П., Фурман О.В. Формирование результата измерения в условиях неопределенности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. - №3(23). – С. 55-61.
4. Мучкаева Г.М., Урустамова А.Т., Омурзаев А., Нахаев М.Б. Методика определения оценки результирующей погрешности // Молодежный научный вестник. – Sterlitamak: изд-во ООО «Вектор науки». - 2018. - №5. С. 230-233.

05.11.00

**И.В. Нелин канд. техн. наук, М.К. Седанкин канд. техн. наук,
В.А. Скуратов, Л.Ю. Мершин**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
ФГБУ «ГНИИЦ РТ» МО РФ,
НИУ «МЭИ», кафедра ОРТ,
Москва, kaf-44-3@yandex.ru;

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА

Для применения в медицине разработан трёхканальный внутриполостной радиотермометр. Основная задача создания прибора заключалась в разработке внутриполостной антенны. Для этого проведено математическое моделирование собственного излучения органов малого таза на основе численного решения уравнений Максвелла. Разработана внутриполостная антенна, которая может являться сенсорной частью медицинских робототехнических комплексов.

Ключевые слова: микроволновая радиотермометрия, радиотермометр, радиояркостная температура, медицинская робототехника.

В настоящее время наблюдается рост заболеваемости раком предстательной железы [1]. Сегодня на рынке медицинских изделий существует недостаток приборов, позволяющих неинвазивно и бездозово проводить диагностику органов малого таза. Микроволновая радиотермометрия (далее МР) – современный метод сверхранней диагностики различных заболеваний посредством измерения внутренней температуры тела с помощью контактных антенн. Интенсивность микроволнового излучения может быть измерена как через внешнюю поверхность биологического объекта (далее БО), так и внутри его естественных полостей. Это открывает возможности для более эффективного обследования внутренних органов и тканей, следовательно, необходимы внутриполостные антенны (далее ВА). Измерить температуру внутри тела без его травматизации и применения дорогостоящего радиологического оборудования можно только с помощью МР. Сегодня МР успешно применяется в различных областях медицины: в терапии инсульта [2], в диагностике воспалительных процессов сонных артерий [3], в диагностике заболеваний суставов [4], малого таза [5] и др. Необходима техническая адаптация технологии к обследованию простаты, т.к. в этом случае необходим доступ во внутренние полости, а значит новые технические решения в области антенн. В мире работы разработка термометрических устройств идет в 2 направлениях: разработка внутриполостных датчиков и датчиков, измеряющих температуру через кожный покров. Созданы внутриполостные датчики [6] для мониторинга вагинальной температуры для изучения фертильности женщин и планирования беременности. В работе [5] использовался радиотермометр «РТМ-01-РЭС» с одноканальной ВА. По итогам работы, авторы отмечают, что проведение МР трансвагинальным датчиком позволяло диагностировать, помимо острого, ещё и обострения хронического сальпингоофорита и осложненных форм воспалительных процессов в области придатков матки. Специалистами ООО «Фирма РЭС» разработана одноканальная трансректальная антенна для обследования предстательной железы. ВА представляет собой щелевую антенну, которая измеряет температуру не открытым концом волновода, а через щель в боковой поверхности корпуса антенны. Данный корпус сделан полностью из металла, поэтому может изменять температуру БО в зоне контакта. Наиболее оптимальной для использования в урологии является антенна, подобная этой антенне, но сделанная с минимальным

количеством металла. Это позволит исключить влияние собственной температуры антенны на температуру тела. Чтобы обследовать простату рабочая апертура должна располагаться на боковой поверхности антенны. Тогда её легко вращать на 360° и по реперным знакам на корпусе определять в «полуслепому» режиме местонахождение тепловой аномалии. Данная антенна должна быть многоканальной для того, чтобы эффективнее осуществлять более точную диагностику.

Проведение электродинамического моделирования

Обследование трёхканальной ВА, которая представляет собой сенсорную часть радиотермометра, проводится посредством введения ВА в биологическую полость, ориентируясь по реперным знакам на рукоятке прибора. После консультации с врачами определены оптимальные размеры ВА. Антенна должна представлять собой цилиндр диаметром до 18 мм и длиной до 200 мм. Если прислонить микроволновую антенну к телу человека, то мощность теплового излучения на её выходе будет пропорциональна РТ биологических тканей под антенной T_{rad} согласно:

$$P = kT_{\text{rad}}\Delta f(1 - R); \quad (1)$$

где P – мощность шумового сигнала на выходе антенны, Вт; T_{rad} – РТ, которую измеряет медицинский радиотермометр, $^\circ\text{K}$; Δf – полоса частот радиотермометра, МГц; R – коэффициент отражения.

Радиояркость температура (далее РТ), измеряемая медицинским радиотермометром, зависит от термодинамической температуры $T(r)$ и весовой радиометрической функции $W(r)$ как:

$$T_{\text{rad}}(r) = \int_{-\infty}^{\infty} T(r)W(r)dV; \quad (2)$$

$$W(r) = \frac{\frac{\sigma(r)}{2}|E(r)|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sigma(r)}{2}|E(r)|^2 dV}; \quad (3)$$

где $E(r)$ – напряженность электрического поля антенны, создаваемого антенной, $\sigma(r)$ – электропроводность биологических тканей.

Из (1-3) вытекает, что для проведения расчета РТ, необходимо знать биофизические параметры среды $\sigma(r)$, электрическое поле антенны $E(r)$ и распределение термодинамической температуры $T(r)$. Для расчёта $E(r)$ антенны в ближней зоне необходимо численно решить уравнения Максвелла методом конечных разностей во временной области для модели БО в программе электродинамического моделирования. Это позволит определить оптимальную геометрию ВА. Программа численно решает уравнения Максвелла в конечно-разностной форме. Измерительная часть антенны полностью погружена в биологическую полость (прямая кишка), другими словами, антенна окружена со всех сторон биологическими тканями. На рис.1 представлена геометрия модели БО с антенной в плоскости YZ. Ввиду приближенного равенства значений электрофизических параметров различных органов малого таза, параметры БО заданы как $\sigma=51.63$ См/м и $\epsilon=3.25$ (биологические ткани кишечника).

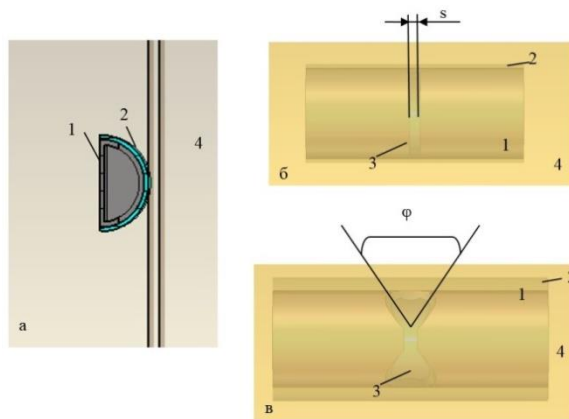


Рис.1. Модель антенны: а – сечение антенны, б – щелевой излучатель, в – вариант раскрытия излучателя: 1 – корпус излучателя, 2 – защитная втулка, 3 – дискретный порт, 4 – БО

В данной модели рассмотрен излучатель ВА, который обращён в биологические ткани и отделён от них защитной втулкой толщиной 1,5 мм с диэлектрической проницаемостью ϵ . Корпус антенн моделировался как полуцилиндр соответственно разрабатываемой конструкции реальной ВА. Высота биологической ткани над антенной составляет 30 мм. Модель БО изотропна по физическим свойствам. Размер исследуемой модели БО: 100 мм x 100 мм x 130 мм. Минимальный размер пространственной сетки был выбран 0,01 мм. В качестве системы возбуждения электромагнитных волн в антенне используется щелевой вибратор. Антенна проектируется в активном режиме («на излучение»), однако необходимо понимать, что метод МР пассивный, и излучение в БО не производится.

Результаты электродинамического моделирования

Анализ вариантов геометрии ВА проводился с помощью оценки КСВ антенн. В ходе моделирования были выполнены расчёты КСВ для различных геометрических параметров ВА (ширина щели s , диэлектрическая проницаемость защитной втулки, угол раскрыва щели излучателя ϕ и пр.).

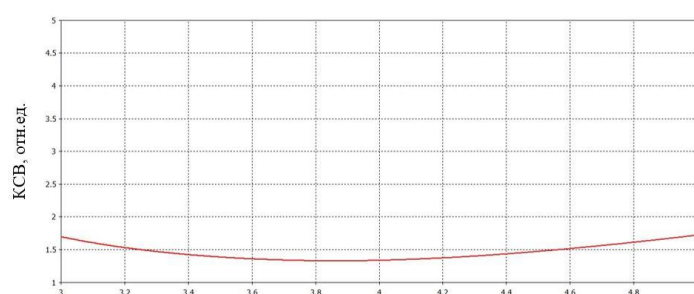


Рис.2. Итоговый КСВ антенны

В конечном итоге, получены оптимальные параметры антенны: $s=2$ мм, внешний диаметр ВА 16,5 мм, толщина защитной втулки 0,75 мм. Разработанный радиотермометр компенсирует ошибку рассогласования при $\text{КСВ} \leq 2$. Поэтому данное условие является критерием оптимальности разрабатываемых антенн. КСВ итогового варианта представлен на рис.3.

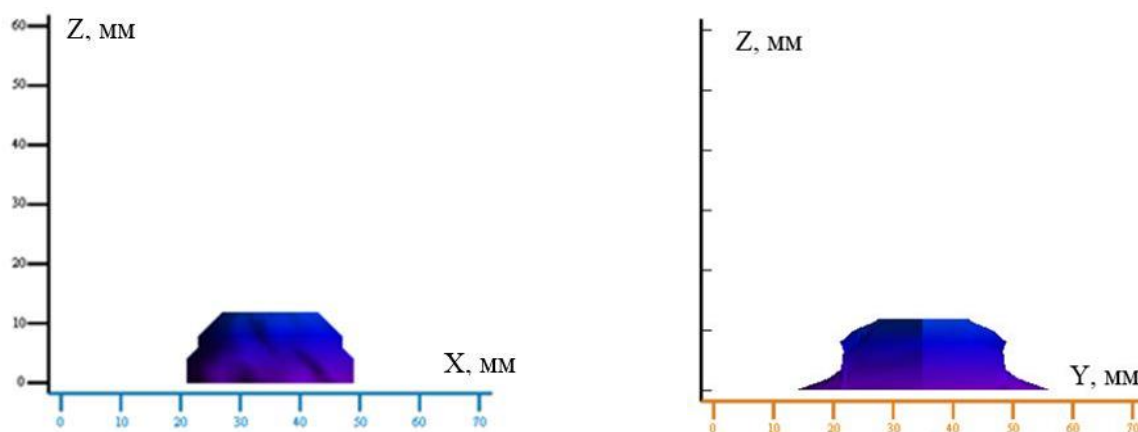


Рис.3. Область измерения внутренней температуры в E-плоскости и H-плоскости

К другим важным параметрам ВА, работающей в БО, можно отнести следующие: размеры и форма области измерения; глубина измерения; повышение температуры на проекции тепловой аномалии ΔT_{rad} . Глубина и размеры области измерения определяются как длина объема, в котором сосредоточено 85% мощности, принимаемой ВА в БО в двух плоскостях E и H (рис.3). По результатам расчёта параметров области измерения глубина измерения составила 12 мм, ширина области измерения по оси X – 30,5 мм, а по оси Y – 24 мм. В соответствии с (2) РТ представляет собой усредненную температуру в объеме под антенной,

причём каждый слой БО вносит вклад в неё в соответствии со своим весовым коэффициентом. Очевидно, что чем выше вклад поверхностного слоя (первые 2 мм), тем меньший вклад более глубоких слоёв. По результатам расчётов вклад поверхностного слоя составляет $\approx 61\%$, остальная доля энергии приходится на последующие слои БО. Для расчёта ΔT_{rad} необходимо рассчитать распределение физической температуры в БО. Подставляя полученное распределение температур при наличии тепловой аномалии согласно [8] в формулу (2), получаем повышение внутренней температуры $\Delta T_{\text{rad}} = 1,3^\circ\text{C}$.

Заключение

По результатам исследований разработана трёхканальная ВА для обследования органов малого таза. Для понимания диагностических возможностей МР выполнены расчёты электромагнитного поля антенны в БО на основе численного решения уравнений Максвелла в программе электродинамического моделирования. При оптимизации геометрии антенны в качестве критерия эффективности использовался КСВ в рабочем диапазоне частот. По результатам расчётов моделирования повышение внутренней температуры на проекции опухоли составило $\Delta T_{\text{rad}} = 1,3^\circ\text{C}$, что подтверждает, что данный вариант построения антенны обеспечивает возможность измерения внутренней температуры предстательной железы. Разработанная внутриполостная антенна может являться составной частью различных диагностических средств, в том числе и медицинских робототехнических комплексов.

Список литературы

1. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. Состояние онкологической помощи населению России в 2015 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ» Минздрава России. 2016. 236 с.
2. Shevelev O.A. et al. Diagnostic opportunities of noninvasive brain thermomonitoring//J. anes. and intensive care. 2015. V. 60. № 1. P. 66-69.
3. First in vivo application of microwave radiometry in human carotids/ E. Siores [et al.]// Journal of the american college of cardiology. 2012.V.59,№18.P.1645-1653.
4. Zampeli E. et al. Detection of subclinical synovial inflammation by microwave radiometry// PLoS ONE.2013. V.8(5). P.1-6
5. Хащукоева А.З., Цомаева Е.А., Водяник Н.Д. Применение трансабдоминальной и вагинальной радиотермометрии в комплексной диагностике воспалительных заболеваний придатков матки// Лечение и профилактика. 2012. № 1. С. 26-30
6. A new wireless biosensor for intra-vaginal temperature monitoring/ Joel J. P.C. Rodrigues [et al.]// Sensors.2010. V.10. P.10314-10327.
7. S. Gabriel, R. W. Lau, C. Gabriel, The dielectric properties of biological tissues. 2. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz// Phys. Med. Biol. .V.41. P. 2251–2269
8. Математическое моделирование теплового поля предстательной железы/ М.К. Седанкин [и др.]//Научно-технический вестник Поволжья. 2018.№8.С.44-48

05.11.08

**В.Н. Хмелев д-р техн. наук, А.В. Шалунов д-р техн. наук,
В.А. Нестеров канд. техн. наук, Р.Н. Голых канд. техн. наук**

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
Бийск, shalunov@bti.secna.ru

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ КОАГУЛЯЦИЯ В ТОНКОМ СЛОЕ

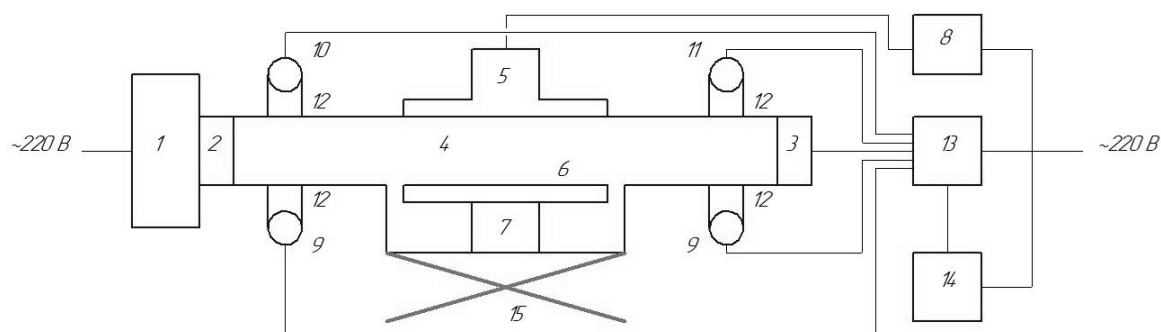
В статье описаны результаты экспериментов, проведенных на начальном этапе исследования процесса коагуляции высокодисперсных частиц в тонком газовом промежутке наложением акустических полей ультразвуковой частоты и высокой интенсивности.

Ключевые слова: интенсификация, коагуляция, ультразвук.

Несмотря на доказанную эффективность применения аэрозолей различных веществ во многих отраслях промышленности и медицины, их неконтролируемое нахождение в воздушной среде приводит к крайне негативным воздействиям на человека, окружающий животный и растительный мир. Так проведенные эпидемиологические исследования показали наличие четкой связи между уровнем загрязнения атмосферы тонкодисперсными аэрозолями небиологического происхождения и заболеваемостью, а также смертностью людей [1]. Все это обуславливает крайнюю важность поиска путей защиты воздушного бассейна от тонкодисперсных аэрозолей природного и техногенного происхождения.

Перспективным способом удаления дисперсных частиц из газовых сред является их коагуляция под действием ультразвуковых (УЗ) колебаний с последующим осаждением [2, 3, 6]. При этом, УЗ воздействие целесообразно осуществлять в тонком слое между излучателем и отражателем, в котором создаются условия для возникновения резонансных явлений и акустических микровихрей, способствующих осаждению дисперсных частиц.

Целью работы является определения принципиальной возможности осуществления коагуляции высокодисперсных примесей посредством воздействия акустического поля ультразвуковой частоты в тонком газовом промежутке. Для достижения поставленной цели разработан лабораторный стенд, структурная схема которого представлена на Рис. 1. При проведении исследований производилось плавное изменение расстояния между излучателем 5 и подвижным отражателем 6. Высота резонансной камеры (газового промежутка) изменялась от 1 мм до 164 мм включительно. При этом фиксировалось изменение уровня звукового давления (при помощи шумомера Ассистент) и соответствующее ему изменение концентрации аэрозоля на выходе резонансной камеры [4, 5].



1 – ультразвуковой увлажнитель воздуха; 2 – патрубок; 3 – вентилятор; 4 – резонансная камера; 5 – ультразвуковая колебательная система (УЗКС); 6 – подвижный отражатель; 7 – механизм движения отражателя; 8 – УЗГ; 9 – инфракрасные светодиоды; 10, 11 – инфракрасные фотодиоды входного и выходного каналов; 12 – защитные патрубки; 13 – измерительное устройство; 14 – персональный компьютер (ПК); 15 – опорная рама

Рис. 1 – Блок-схема лабораторного стенда

Измерение концентрации аэрозоля на входе и на выходе резонансной камеры осуществлялось оптическим методом. Измеритель концентрации аэрозоля включает в себя четырехканальную оптическую систему, представленную парой светодиода и фотодиода, работающих в инфракрасном диапазоне, усилительный каскад и микроконтроллер серии AVR. Оцифрованный сигнал передавался на ПК для дальнейшей обработки. Зависимость уровня звукового давления от расстояния между излучателем и отражателем приведена на Рис. 2.а, а соответствующее ей потребление электрической мощности – на Рис. 2.б.

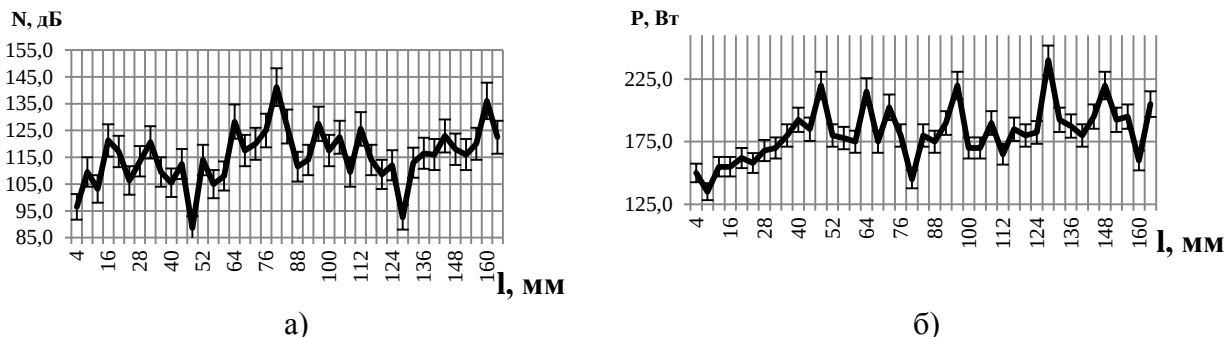


Рис. 2 – График зависимости звукового давления (а) и потребляемой мощности (б) в камере от расстояния между УЗКС и отражателем

При рассмотрении Рис. 2.а выделены пики уровня звукового давления, на расстояниях, равных 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 и 10 длинам волн (длина волны равнялась 16 мм). Соответственно им по графику на Рис. 2.б определены участки, на которых энергопотребление УЗ излучателя возрастало или резко снижалось. Полученные экспериментальные данные позволяют говорить, что условия для передачи энергии в технологическую среду являются наилучшими на расстояниях 5 и 10 длин волн. Указанные участки являются искомыми резонансными промежутками, которые целесообразно считать оптимальными для обеспечения протекания процесса коагуляции с наибольшей интенсивностью. Более целесообразным с энергетической точки зрения является расстояние в 5 длин волн, так как на нем наблюдался максимальный уровень звукового давления, равный 141,6 дБ, при сравнительно небольшом энергопотреблении, равном 163 Вт.

Так же по приведенным выше графикам выявлены участки антирезонанса, в которых при высоком энергопотреблении (до 220 Вт) наблюдался минимальный уровень звукового давления. Они соответствуют расстояниям, равным 3 и 8 длин волн.

Можно заключить, что уровень звукового давления изменяется в зависимости от расстояния между отражателем и излучателем УЗ колебаний, и достигает максимального значения, равного 141,2 дБ, на расстоянии 5 длин волн. Следовательно, при указанном расстоянии между излучателем и отражателем процесс коагуляции высокодисперсных частиц в газовой среде должен протекать наиболее интенсивно при прочих равных условиях [3]. Это подтверждается экспериментальными данными, представленными на Рис. 3 в относительных единицах δ (доля от максимального сигнала выходного датчика в отсутствие тумана).

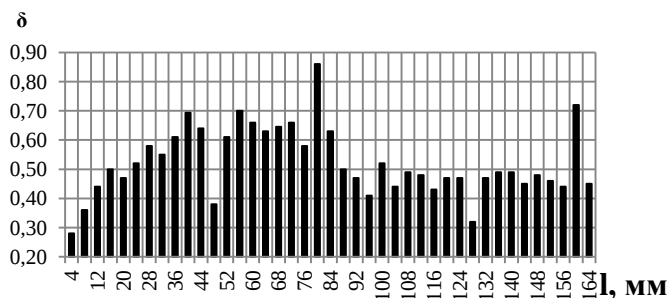


Рис. 3 – График зависимости интенсивности процесса коагуляции тумана от расстояния между УЗКС и отражателем

При рассмотрении гистограммы на Рис. 3 выявлено присутствие выраженных пиков в динамике процесса коагуляции тумана при ультразвуковом воздействии. При этом исследуемый процесс имеет наибольшую интенсивность, при расстоянии между излучателем и отражателем равном 5 длин волн. Очевидно, что использование расстояния менее 1 длины волны и более 6 длин волн не целесообразно в виду низкой эффективности процесса коагуляции. Наблюдаемое снижение эффективности рассматриваемого процесса при зазорах свыше шести длин волн объяснимо увеличением пространства камеры, свободного от воздействия акустического поля в виду того, что диаграмма направленности излучателя имеет конусообразную форму [5]. Следовательно, воздушный поток переносит часть тумана в обход зоны коагуляции. На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что основная цель исследования достигнута, а именно, доказана возможность интенсификации коагуляции высокодисперсных частиц посредством применение ультразвука (без наложения ультразвукового поля выходной показатель измерительного устройства равен $\delta=0.0117$, что примерно в 74.5 раза меньше наилучшего показателя при его наличии).

Направлением дальнейшего развития настоящего исследования является разработка принципиально нового вида УЗКС в виде системы перпендикулярных общему основанию пластин излучателей, чередующихся в установке-стенде с пластинами отражателей, с аналогичной рассмотренной ранее продувкой через эту систему очищаемого воздуха. Одним из основных требований в отношении такой УЗКС будет работа на более высоких резонансных частотах от 50 до 60 кГц при, более компактных размерах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Администрации Алтайского края в рамках научного проекта 18-48-220006.

Список литературы

1. Halonen, J., Lanki, T., Yli-Tuomi, T., Tiittanen, P., Kulmala, M., Pekkanen, J. Particulate air pollution and acute cardiorespiratory hospital admissions and mortality among the elderly // American Journal of Epidemiology. 2009. № 20(1). – С. 143–153.
2. Khmelev, V.N., Shalunov, A.V., Nesterov V.A., Dorovskikh R.S., Golykh R.N. Ultrasonic radiators for the action on gaseous media at high temperatures // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM – Novosibirsk: NSTU, 2015. – С. 224 – 228
3. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Доровских Р.С., Голых Р.Н., Нестеров В.А. Создание высокоэффективного газоочистного оборудования для промышленных производств с применением ультразвуковых колебаний высокой интенсивности // Вестник алтайской науки. 2015. № 2. С. 17-25.
4. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Доровских Р.С., Голых Р.Н., Нестеров В.А. Определение эффективности ультразвуковых дисковых излучателей при работе в газовых средах // Матер. XVII международной научно-технической конференции «Измерение, контроль, информатизация». – Барнаул: Изд-во Алт.ГТУ, 2016. С. 91-94.
5. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Доровских Р.С., Голых Р.Н., Нестеров В.А. Измерение акустической мощности, вводимой в газовую среду ультразвуковыми излучателями дискового типа // Датчики и системы. 2016. № 5. С. 3-11.
6. Хмелёв В.Н., Шалунов А.В., Голых Р.Н., Доровских Р.С., Шалунова К.В., Нестеров В.А., Шалунова А.В., Абрамов А.Д. Повышение эффективности процесса коагуляции субмикронных частиц ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности // Вестник алтайской науки. 2015. 1(23). С. 298–307.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (05.13.00)

05.13.01

И.Э. Барникова канд. педагог. наук, А.В. Самсонова д-р педагог. наук

Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья
имени П.Ф. Лесгафта, кафедра биомеханики,
Санкт-Петербург, barnikova@mail.ru, alla_samsonova@rambler.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

В статье рассмотрены актуальные проблемы создания единой информационной системы в сфере физической культуры и спорта. Определены приоритетные направления создания единой информационной системы. Предложены пути реализации информатизации выбранных направлений.

Ключевые слова: *информационные системы, управление физической культурой и спортом, обработка информации*

Введение

Внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферы государственного управления является одной из стратегических задач реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [1].

Рассматривая вопросы информатизации сферы физической культуры и спорта (ФКиС) нужно отметить, что осуществление этой задачи является необходимым, но довольно сложным процессом в связи с комплексностью организации этой сферы деятельности, включающей в себя целый ряд субъектов, решающих определенные группы задач. Одним из направлений развития информационных технологий в области ФКиС может быть создание единой информационной системы (ЕИС), позволяющей объединить уже существующие системы и базы данных, а также включить новые, требующие разработки.

Понятие «информационной системы» (ИС) на настоящий момент не имеет общепринятого определения. Также не существует универсальных ИС, поскольку каждая из них моделирует определенную предметную область и поддерживается специализированными информационными ресурсами [2]. ИС можно рассматривать, как набор взаимосвязанных компонентов, которые собирают, обрабатывают, хранят и распределяют информацию, используемую в процессе принятия решений, координации и управления в организации [3]. Чаще всего информационные системы создаются для улучшения управления процессами внутри организации и для развития межведомственных связей.

Целью проведенного исследования было выявление актуальных проблем в сфере ФКиС, которые может решить создание ЕИС.

Методы исследования

Для достижения поставленной цели был проведен анализ документальных источников, включающий основные законодательные документы Российской Федерации, Министерства спорта РФ, статистические данные официальных сайтов Государственной статистики, действующих сайтов и интернет-порталов по ФКиС. Также анализировались научные публикации и опыт решения поставленной задачи в зарубежных странах.

Результаты исследования

В результате исследования были определены приоритетные направления создания ЕИС в сфере ФКиС, к числу которых относятся:

1. совершенствование сбора, хранения, обработки и систематизации данных мониторинга за состоянием физической подготовленности населения Российской Федерации;

2. создание единой информационной системы мониторинга подготовки спортивного резерва и спортсменов высокой квалификации;
3. создание единой информационно-аналитической системы управления физической культурой и спортом;
4. повышение открытости и качества информационно-аналитического обеспечения деятельности в области физической культуры и спорта;
5. применение достижений информационных технологий с целью повышения безопасности посещения спортивно-массовых мероприятий.

Анализ документальных источников и Интернет-ресурсов по *первому направлению* выявил наличие разработанных и действующих автоматизированных информационных систем (АИС) в области ФКиС, таких как АИС ГТО (автоматизированной информационной системы комплекса «Готов к труду и обороне») [4] и информационно-аналитической системы (ИАС) «Спортивный советник» [5].

АИС ГТО реализована на официальном интернет-портале ВСФК ГТО (Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне»). Регистрация для сдачи нормативов ГТО осуществляется через Личный кабинет с присвоением уникального ID (идентификационного номера). После регистрации предоставляется возможность выбора центра тестирования, даты и времени сдачи нормативов ГТО.

К настоящему времени в функционировании АИС ГТО был выявлен ряд проблем: отсутствие в целом ряде регионов подключения к АИС ГТО по защищенным каналам связи для обеспечения безопасности персональной информации, нарушение установленного порядка ввода данных и низкое качество вводимой информации в отдельных центрах тестирования [6]. Выявленные проблемы в настоящее время активно устраняются.

По *второму направлению* установлено, что в создании ЕИС мониторинга подготовки спортивного резерва и спортсменов высокой квалификации имеются определенные успехи. Разработана и совершенствуется ИАС «Спортивный советник». В настоящее время она представлена в трех вариантах [7]: для органов исполнительной власти, для спортивных федераций и для спортивных организаций. В ИАС предусмотрен учет спортивных организаций регионов, сведений о спортсменах и их результатах, сведений о тренерском составе. ИАС «Спортивный советник» позволяет сформировать карту спортивных объектов региона, календарь спортивных и физкультурно-массовых мероприятий, организовать учет услуг, предоставляемых населению. Примером эффективной реализации ИАС являются онлайн-сервисы «Спортивного советника» на московском Интернет-ресурсе [8]. На этом ресурсе предоставляется возможность выбрать спортивные сооружения для самостоятельного занятия спортом, спортивную школу, оценить склонность ребенка к определенным видам спорта и записаться в центр тестирования. На сайте представлен полный перечень спортивных объектов на территории Москвы, реестр тренеров, календарь спортивных мероприятий.

По *третьему направлению* «Создание единой информационно-аналитической системы управления физической культурой и спортом» также имеется ряд разработок. Примером может служить действующая ИАС Спорт города Москвы [9], задачами которой является совершенствование системы управления ФКиС в городе Москва и повышение доступности информации для граждан и организаций [10].

Явно назрела проблема повышения открытости и качества информационно-аналитического обеспечения деятельности в области ФКиС. Нам видится, что эта проблема будет решена, если будет запущен интернет-портал «Физическая культура и спорт», посредством которого будет возможно повышение качества и доступности информации для населения Российской Федерации о здоровом образе жизни, различных видах физической активности и видах спорта; о доступных спортивных базах и сооружениях для занятий физической культурой и организации активного отдыха. Через портал также возможно консультирование ведущими тренерами перспективных спортсменов, проживающих на отдаленных территориях; проведение опросов спортсменов и тренеров по управленческим, экономическим, научным и образовательным вопросам ФКиС.

Опыт чемпионата Мира по футболу показал, что проведение соревнований мирового уровня настойчиво требует создание систем идентификации физических лиц во время их нахождения на местах проведения спортивных соревнований. В настоящее время работа по этому направлению также активно проводится.

Заключение

Проведенное исследование показало, что в России имеется потребность в создании ЕИС в сфере ФКиС. Создание такой системы позволило бы объединить уже имеющиеся ИС в качестве подсистем (модулей), а также разработать и дополнить ее информационными системами и базами данных по наиболее актуальным направлениям, таким как создание единой электронной базы данных спортивного резерва и спортсменов высокой квалификации, создание единой базы данных реестра видов спорта Российской Федерации, информационного портала для массовых видов спорта и здорового образа жизни.

Мы находим, что создание ЕИС в сфере ФКиС будет способствовать повышению эффективности взаимодействия территориально расположенных субъектов Российской Федерации в области ФКиС, что в значительной мере может улучшить решение управленческих задач. Доступность, качество и оперативность информационно-аналитического обеспечения будет способствовать дальнейшему развитию физической культуры и спорта.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html> (дата обращения 06.10.2018)
2. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем / М.Р. Когаловский – 2-е изд., – М.: ДМК Пресс, 2018. – 287 с
3. Лодон Дж. Управление информационными системами: учеб. / Дж. Лодон, К.Лодон – 7-е изд. – СПб: Питер, 2005. – 912 с.
4. Официальный сайт ВФСК ГТО [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gto.ru/> (дата обращения 06.10.2018)
5. Спортивный советник [Электронный ресурс]. – URL: <http://gov.sportsovetnik.ru/account/logon?ReturnUrl=%2f> – Заглавие с экрана. – (дата обращения 06.10.2018)
6. Доклад директора департамента развития физической культуры и массового спорта Минспорта России В.Н. Малица «Об итогах трехлетнего этапа внедрения комплекса ГТО в Российской Федерации» от 30.01.2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://docplayer.ru/75284612-Doklad-direktora-departamenta-razvitiya-fizicheskoy-kultury-i-massovogo-sporta-minsporta-rossii-v-n-malica.html> (дата обращения 07.10.2018)
7. ИАС «Спортивный советник» [Электронный ресурс] – URL: <http://anonst.ru/index.php/services/ias>. – Заглавие с экрана. – (дата обращения 06.10.2018)
8. Спортивный советник [Электронный ресурс]. – URL: <http://mos.sportsovetnik.ru/welcome> – Заглавие с экрана. – (дата обращения: 06.10.2018).
9. ИАС Спорт [Электронный ресурс]. – URL: <http://sportsmen.ias.mossport.ru/account/logon?ReturnUrl=%2f> – Заглавие с экрана. – (дата обращения 06.10.2018)
10. Постановление правительства Москвы от 22 апреля 2014 года N 203-ПП «Об автоматизированной информационной системе "Информационно-аналитическая система спортивной отрасли города Москвы" (с изменениями на 19 декабря 2017 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [-http://sportsmen.ias.mossport.ru/account/logon?ReturnUrl=%2f](http://sportsmen.ias.mossport.ru/account/logon?ReturnUrl=%2f) (дата обращения 06.10.2018)

05.13.18

**Д.В. Бережной канд. физ.-мат. наук, М. Шамим, А.А. Саченков канд. физ.-мат. наук,
Л.Р. Секаева канд. физ.-мат. наук**

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, berezhnoi.dmitri@mail.ru, shamimta@aol.com, sarga1507@mail.ru, lrsekaeva@kpfu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОНАСАДКИ МОДЕЛИ ТУРБОКОМПРЕССОРА НА ВАЛ

На основе конечно-элементного анализа реализована методика решения задачи термонасадки упругопластических тел. Алгоритм решения построен на базе «модифицированного подхода Лагранжа» к описанию движения в рамках геометрически нелинейного подхода к описанию деформирования на основе определяющих соотношений между приращениями истинных напряжений и деформаций. На основе предложенной методики решена задача термонасадки ротора турбокомпрессора на вал, исследовано влияние коэффициента трения при контактном взаимодействии на напряженно-деформированное состояние ротора турбокомпрессора и вала.

Ключевые слова: упругопластическое деформирование, термонасадка, метод конечных элементов, контактное взаимодействие.

Введение

В роторе центробежного компрессора применяются различные способы соединения колеса с валом. В данной работе рассматривается соединение с натягом, который обеспечивает неподвижность соединения рабочего колеса с валом. Средние (номинальные) контактные давления, с учетом ослабления натяга от центробежных сил, должны быть такими, чтобы силы трения превышали внешние сдвигающие силы. За допускаемое предельное значение напряжений в ступичной части принимается наименьшее значение предела текучести материалов вала и колеса.

Принято считать, и это подтверждается практикой, что повышенный уровень напряженного состояния вала в зоне контакта не сказывается на работоспособности ротора в целом. Это объясняется массивностью сопрягаемых деталей и перераспределением напряжений. Что касается деформированного состояния ротора, то в предположении равномерного распределения контактных напряжений в окружном направлении, расчеты в осесимметричной постановке показывают, что изгиба вала не происходит. С практической точки зрения, незначительный изгиб вала после насадки колес, не должен вызывать серьезных опасений за нормальную работу ротора в целом.

Литература, посвященная исследованию контактного взаимодействия элементов трехмерных упругопластических конструкций достаточно обширна, как примеры привести [1, 2], где рассматриваются, в том числе, и большие деформации. В данной работе используется подход, в котором определяющие соотношения записываются через приращения «истинных» деформаций и напряжений [3, 4], для реализации контактного взаимодействия строятся специальные контактные элементы [5].

Расчетная схема решения задачи термонасадки

В качестве модельной решалась термоконтатная задача насадки модели компрессора на вал. При изготовлении деталей сопряжения наружный диаметр вала всегда больше внутреннего диаметра компрессора, поэтому при насадке компрессор всегда нагревают, заводят его на вал, а дальше он может остывать постепенно либо под струей холодного газа. При подобной насадке изменение температуры компрессора (и самого вала) влияет на возникающие при насадке контактные давления и уровень пластических деформаций. Схематично процесс насадки изображен на рисунке 1.

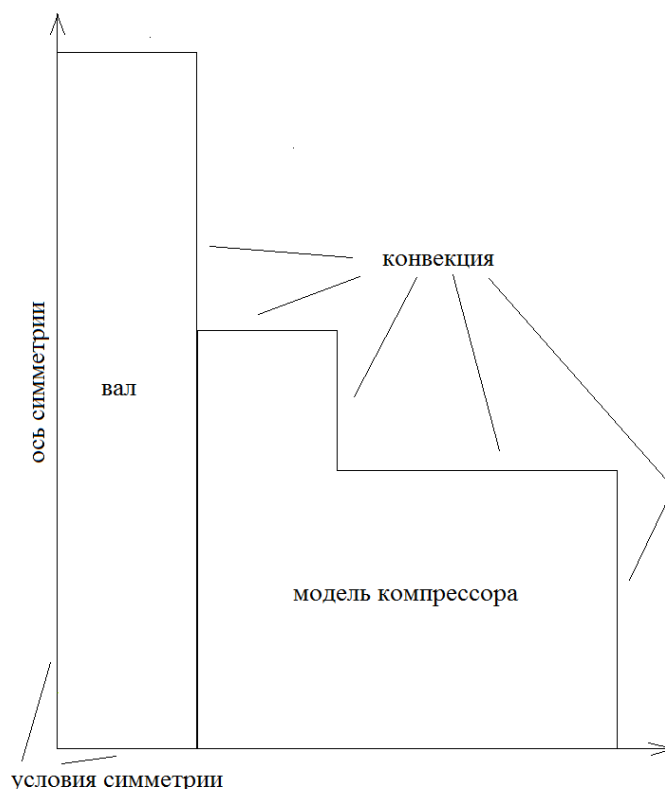
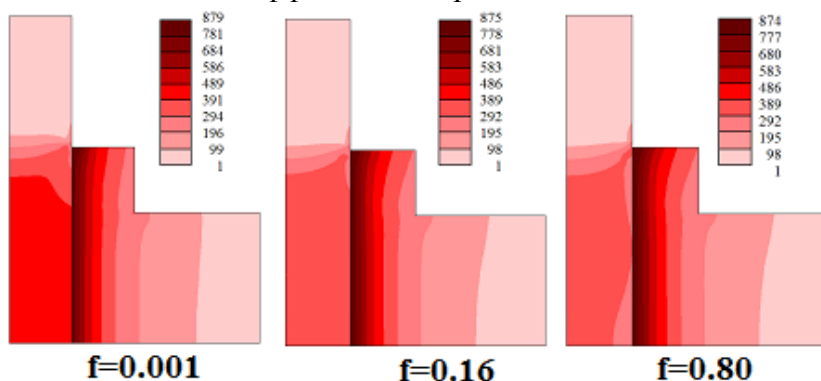


Рис. 1. Схема модельной задачи насадки компрессора на вал

Считается, что зазор между валом и моделью компрессора зазор нулевой, но температура модели компрессора выше температуры вала на 400°C . Решалась несвязная задача термопластичности: первоначально решалась задача теплопроводности, когда на части поверхности были заданы условия конвективного теплообмена, на части (условия симметрии) задавалось равенство нулю потоку тепла, а по верхней границе вала поддерживалась температура окружающей среды. Предполагалось, что между валом и компрессором реализуется тепловой контакт. На каждом шаге значения температуры передавались в упругопластическую задачу контактного взаимодействия вала и компрессора. Некоторые полученные результаты приведены на рисунках 2-4.

На рисунках 2 приведены зависимости интенсивности напряжений по Мизесу для коэффициентов трения между валом и компрессором $f = 0.001$, $f = 0.16$ и $f = 0.80$ соответственно. На рисунках 3 приведены зависимости интенсивности пластических деформаций (по Мизесу) для коэффициентов трения между валом и компрессором $f = 0.001$, $f = 0.16$ и $f = 0.80$ соответственно, а на рисунках 4 – распределения контактных давлений для тех же коэффициентов трения.

Рис. 2. Интенсивность напряжений по Мизесу для коэффициентов трения $f = 0.001$, $f = 0.16$ и $f = 0.80$ соответственно

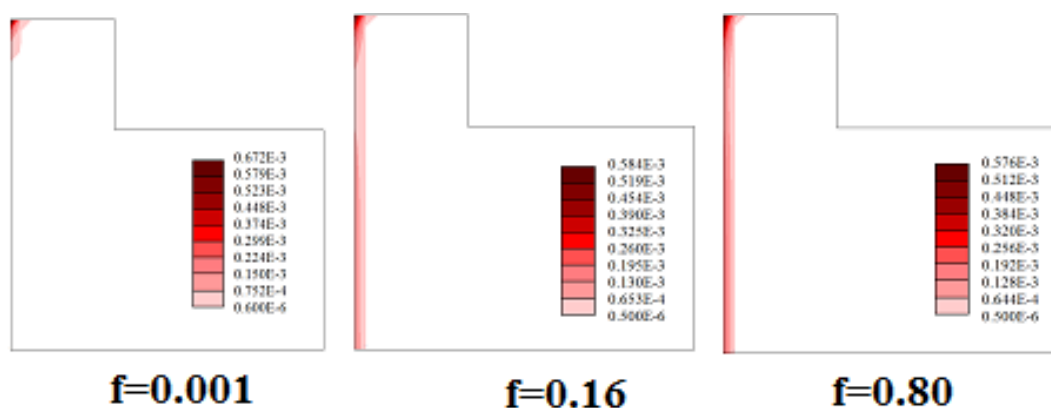


Рис. 3. Интенсивность пластических деформаций по Мизесу для коэффициентов трения $f = 0.001$, $f = 0.16$ и $f = 0.80$ соответственно

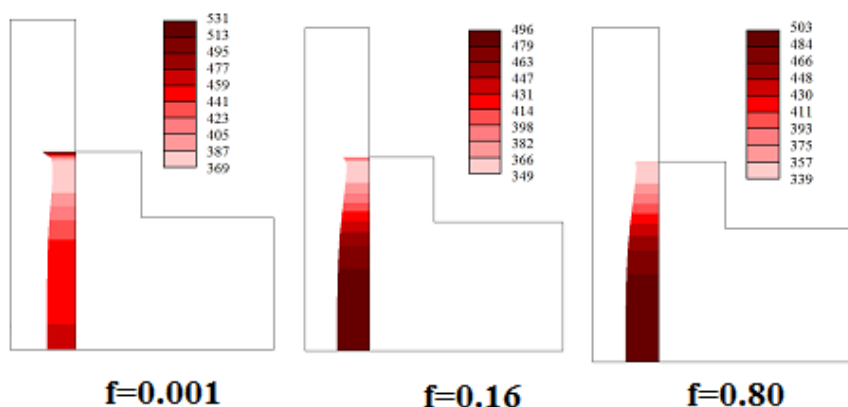


Рис. 4. Контактные давления для коэффициентов трения $f = 0.001$, $f = 0.16$ и $f = 0.80$ соответственно

Анализ результатов и выводы.

Можно отметить, что максимальные напряжения после термонасадки модели компрессора на вал практически не зависят от коэффициента трения, а максимальные значения пластических деформаций с увеличением коэффициента трения падают.

А распределение контактных давлений в зависимости от изменения коэффициента трения претерпевают качественные изменения: при малом коэффициенте трения максимум контактных давлений располагается на границе стыка модели компрессора и вала, а при увеличении коэффициента трения распределение контактных давлений становится более равномерным и максимум сдвигается на плоскость симметрии модели.

Отметим, что в расчетах, проведенных с различной степенью дискретизации рассматриваемой конструкции, зафиксированы близкие результаты, что свидетельствует о правильности и устойчивости полученных решений. Ценным является тот факт, что в результате расчета получаем не только контактные давления, но и НДС рассматриваемых деталей по всему объему. Следует отметить эффективность использованного в программе типа конечного элемента и метода дискретизации.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научных проектов № 18-41-160018 и № 18-41-160021.

Список литературы

1. Поздеев А.А., Трусов П.В., Няшин Ю.И., Большие упругопластические деформации: теория, алгоритм, приложения. – М.: Наука, 1986. – 232 с.
2. Golovanov A., Sultanov L., Numerical Investigation of Large Elastoplastic Strains of Three-Dimensional Bodies // International Applied Mechanics, Volume 41, Issue 6, June 2005, Pages 614-620.
3. Shamim M.R., Berezhnoi D.V., Investigation of deformation at a centrifugal compressor rotor in process of interference on shaft // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, Vol. 158, 012083.
4. Бережной Д.В., Шамим М.Р., Балафендиева И.С. Построение численной методики расчета клинч-соединений // Научно-технический вестник Поволжья. №5, Казань, 2017. – С.126-128.
5. Бережной Д.В., Шамим М.Р., Балафендиева И.С. Построение численной методики расчета процессов создания и эксплуатации фрикционных разъемов // Научно-технический вестник Поволжья. №3, Казань, 2018. – С.37-39.

05.13.11

Н.С. Вайцель, О.А. Бубарева канд. техн. наук, А.В. Шалунов д-р техн. наук

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет имени И.И. Ползунова,
технологический факультет,
кафедра методов и средств измерений и автоматизации,
Бийск, vaitsel.nikita@yandex.com

УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OWL-ОНТОЛОГИЙ

Постоянное изменение в бизнес-процессах организации приводит к рассогласованию пользовательских интерфейсов информационных систем и программных приложений, что, соответственно, требует повторного проектирования и кодирования всех компонентов интерфейса. С целью решения этой проблемы при реализации подсистемы управления учебным процессом ВУЗа был выбран онтологический подход, обеспечивающий автоматизированную настройку интерфейса на предметную область. В статье представлена разработанная онтологическая модель информационной системы аудиторного фонда, разработанной в виде мобильного приложения.

Ключевые слова: учебный процесс ВУЗа, пользовательский интерфейс, мобильное приложение, технологии разработки, онтологическая модель.

На сегодняшний день использование онтологий является ключевым аспектом в семантическом представлении и обработке информации. При постоянном реинжиниринге бизнес-процессов в организации разработчики информационных систем вынуждены заниматься корректировкой компонентов пользовательских интерфейсов. Это приводит к рассогласованию интерфейса и программных приложений и, соответственно, необходимости повторного проектирования и кодирования всех компонентов интерфейса.

С целью решения этой проблемы при создании подсистемы управления учебным процессом ВУЗа был выбран онтологический подход для разработки пользовательского интерфейса. Это позволяет реализовать интуитивно понятную навигацию, поддержку различных типов диалога, а также обеспечивает отдельную модификацию различных компонентов интерфейса. [1]

Управление реализацией пользовательского интерфейса для мобильного приложения с использованием OWL-онтологий [2] выполнялось на примере системы аудиторного фонда ВУЗа. В настоящее время система находится на стадии проектирования и реализации ее отдельных компонентов.

Цель создания мобильного приложения заключается в:

- упрощении процедуры нахождения расположения учебных аудиторий студентам 1-го курса;
- возможности бронирования аудиторий преподавателями;
- возможности уведомления студентов и преподавателей об изменении расписания занятий.

Для достижения поставленной цели необходимо выбрать технологию разработки мобильных приложений, определить систему понятий пользователя и спроектировать онтологию, которая поможет установить связь между интерфейсом и программным модулем.

Были рассмотрены следующие технологии разработки мобильных приложений:

- нативное приложение;
- гибридное приложение;
- Web-приложение.

Для разработки системы аудиторного фонда была выбрана технология Web-приложения, реализованная в рамках Web-сайта, оптимизированного под мобильное устройство. Основным отличием данной технологии является независимость от модели и операционной среды мобильного устройства. [2]

В настоящее время при построении пользовательских интерфейсов большое внимание уделяется UX-дизайну [3]. Согласно принципам UX-дизайна необходимо учитывать следующие параметры: наследственность платформы, последовательная и понятная навигация, большие кнопки, минимальное количество функций на одном экране, минимальный ввод данных, наличие обратной связи, возможность работы с приложением одной рукой и т.д. Для создания гибкости приложения необходимо использовать модульное программирование, наиболее значимые элементы интерфейса разбивать на модули, что даст возможность изменения не всего кода интерфейса, а только отдельного модуля.

При разработке приложения аудиторного фонда была спроектирована модель онтологии, являющаяся необходимым ресурсом, описывающим иерархическую структуру изучаемой предметной области, систему понятий, а так же позволяющая определить взаимосвязь между классами этих понятий. Использование онтологий при этом позволяет:

- производить автоматизированную настройку интерфейса на предметную область;
- избежать ограничений, связанных с описанием семантики «сущностей» классических моделей данных;
- производить семантическую интеграцию информационных ресурсов;
- точно и эффективно описать семантику данных. [1]
- значительно сократить время на проектирование базы данных;
- автоматически генерировать исходный код классов на языке программирования;
- улучшить обмен данными между различными информационными системами.

На рисунке 1 представлен OntoGraf, являющийся частью спроектированной онтологии. Данный OntoGraf в некоторых источниках приравнивается к семантической сети, так как он имеет сетевую структуру, а так же в нем возможно указание типов связи.[4-7]

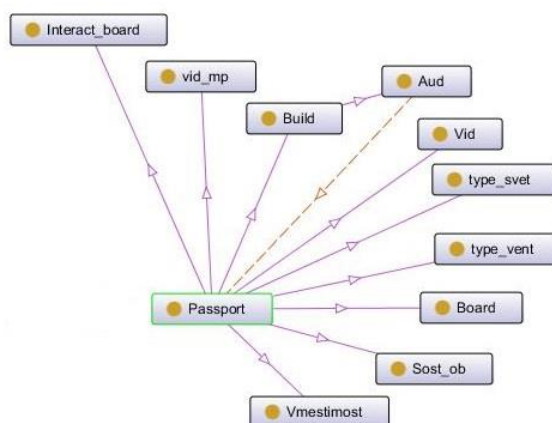


Рис. 1- Фрагмент онтологии аудиторного фонда

В данной онтологии основным классом выступает «Passport», он содержит множества свойств и характеристик, например, такие свойства как «Загруженность аудитории», «Ответственный за аудиторию» и т.д. Данный класс связывается с множеством других классов, образуя семантическую сеть. Изменение информации в других классах приводит к изменению основного класса.

Для разработки системы была создана база данных в СУБД Oracle, а также разработан модуль интеграции данных с интерфейсом API с целью получения актуальных данных из существующей системы на платформе 1С. СУБД Oracle использует модель сервера приложений, что позволяет создавать web-интерфейс для работы с информационными системами.

В результате была создана онтологическая модель пользовательского интерфейса, а так же сгенерирована база данных приложения аудиторного фонда ВУЗа. Были решены следующие задачи:

- 1) проведен выбор технологии разработки мобильного приложения;
- 2) описаны особенности создания пользовательского интерфейса в соответствии с UX-дизайном;
- 3) разработана онтологическая модель системы.

Так же был создан прототип пользовательского интерфейса мобильного приложения, окно которого представлено на рисунке 2.

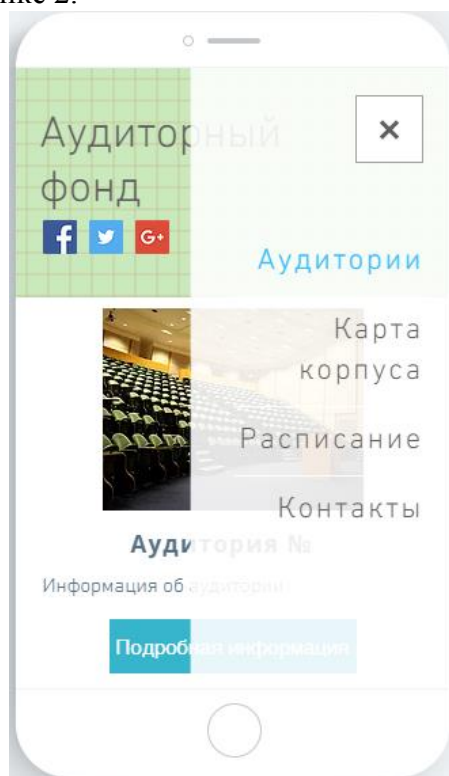


Рис. 2- Окно прототипа пользовательского интерфейса аудиторного фонда

Список литературы

1. Грибова В.В., Клещев А.С. Концепция разработки пользовательского интерфейса на основе онтологий. Инструментарий для разработки пользовательского интерфейса (обзор литературы). Основная идея подхода. – Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2003.
2. Какие существуют технологии разработки мобильных приложений? – toster [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://toster.ru/q/395624>.
3. Дегтярев А.А. Анализ способов сокращения семантического разрыва при разработке программного обеспечения // Материалы конференции. - Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2012. - С. 146-150.
4. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия; Пер. с англ. – Москва., 2010. - 688 с.
5. Mikko Korpela, Anja Mursu, H.A. Soriyan. Information Systems Development as an Activity // Computer Supported Cooperative Work 11. - 2002.
6. Бубарева О.А., Вайцель Н.С. Подход к проектированию пользовательского интерфейса в системах реального времени на базе онтологий. Южно-Сибирский научный вестник. 2018. № 1 (21). – С. 82-86.
7. Ведриганов С.А., Бубарева О.А. Оценка качества программных систем при связывании объектных спецификаций по семантике онтологического уровня // Материалы конференции ИАМП. – Бийск. 2017. – С. 35-37.

05.13.01

И.Б. Гинзбург канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Прикладная информатика»,
Москва, iliagi@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧЕ МОНИТОРИНГА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В работе рассматривается пример применения автономного веб-приложения для облачной геоинформационной системы с использованием данных дистанционного зондирования Земли при мониторинге незаконных рубок в рамках выделенного лесного участка. Показано, что использование автономного веб-приложения позволяет уменьшить время ожидания загрузки данных более чем на 92%, объем загружаемого трафика – более чем на 30% по сравнению с традиционным веб-приложением, а также обеспечивает возможность отказоустойчивой, в том числе полностью автономной, работы.

Ключевые слова: автономные веб-приложения, геоинформационные системы, облачные информационные системы, дистанционное зондирование Земли, мониторинг лесного хозяйства.

Внедрение геоинформационных систем (ГИС) с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с веб-интерфейсом для решения задач мониторинга земной поверхности при использовании автономных веб-приложений (АВП) [1, 2] позволяет обеспечить пользователям различных клиентских платформ унифицированный отказоустойчивый доступ к данным ГИС с различных стационарных и мобильных клиентских устройств с возможностью автономной работы.

Для обеспечения высокопроизводительной обработки данных ДЗЗ, формирования высокодоступных производных продуктов и их использования в ГИС с веб-интерфейсом предпочтительно применение облачных серверных технологий. Это позволит обеспечить необходимый уровень производительности, доступности и отказоустойчивости системы.

Рассмотрим пример работы АВП для облачной ГИС с использованием данных ДЗЗ при решении задач мониторинга вырубки леса, включающий в себя отслеживание выполнения плана вырубки и мониторинг незаконных рубок в рамках выделенного участка.

Рассматривается участок леса площадью 9000 га, арендованный для вырубки сроком на 5 лет, то есть на участке запланирована ежедневная (без выходных) вырубка 4,932 га леса. Помимо запланированной разрешенной рубки на выделенном участке вероятно появление участков незаконной рубки, площадь которых по статистике нарушений за 2009 год может достигать в среднем 3,34% от разрешенного объема [3]. Таким образом, для данного примера площадь незаконной рубки может составлять 300,6 га, то есть примерно 0,165 га леса в день.

Для мониторинга используются многослойная интерактивная карта местности площадью 9000 га, сочетающая в себе растровые данные ДЗЗ с пространственным разрешением 1–10 м [3, 4] (уровни детализации с 14 по 18) и векторные слои, на которых нанесены схемы лесных кварталов и выделов, план разрешенных рубок, схема временных дорог и коммуникаций, а также блоки текстово-графических описаний для точек местности и элементов слоев (200 объектов на векторных слоях).

Ежедневно поступают новые данные ДЗЗ, учитывающие изменения на площади разрешенных и незаконных рубок общей площадью 5,097 га в сутки (что составляет 0,057% общей площади карты). Благодаря серверной обработке полученных данных ДЗЗ на

карте у конечного пользователя изменения затрагивают только участки, на которых произошла вырубка за прошедшие сутки. На векторном слое также могут быть нанесены метки и обведены участки незаконной вырубки, чтобы привлечь внимание пользователя даже к малозаметным участкам, поскольку на этапе серверной обработки может проводиться более точное сравнение новых и предыдущих снимков, чем это может сделать человек. С обновлением данных векторные слои и текстовые обозначения могут меняться в течение каждого рабочего дня (будем считать, что на 10% ежедневно).

Применение АВП позволяет реализовать следующий сценарий работы специалиста по мониторингу разрабатываемого участка (рис. 1).

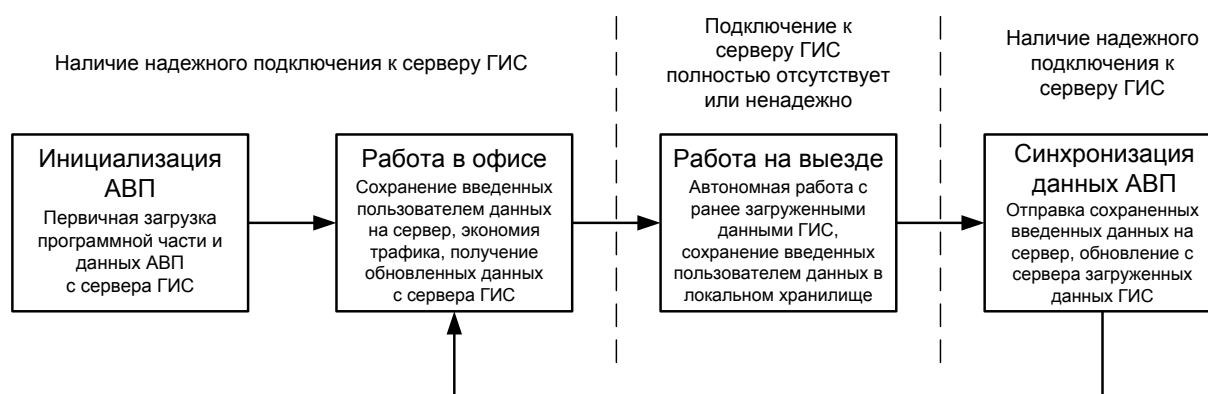


Рис. 1 – Процесс работы пользователя в ГИС с АВП

Перед выездом на проверку (на определенный участок вырубки) специалист из офиса или любого другого места с надежным подключением к серверу ГИС с использованием персонального устройства заходит через Интернет на сервер ГИС с АВП. После авторизации пользователя на его устройство автоматически загружается и сохраняется индивидуально сконфигурированная клиентская часть АВП с необходимыми конкретному пользователю в автономном режиме данными и программными средствами для работы с ними. Это осуществляется средствами одного лишь веб-приложения и происходит в браузере без необходимости установки какого-либо дополнительного программного обеспечения на клиентское устройство, что позволяет использовать различные типы клиентских устройств.

После первичной загрузки данных АВП пользователь может полноценно работать с сохраненными данными в условиях полного отсутствия или плохого соединения с сервером, а также вводить свои пометки (например, для плана вырубок: текстовые комментарии, обновления атрибутов объектов, изменения границ объектов).

Специалист находит на вверенном участке объекты, чьи границы на векторном слое не совпадают с актуальными данными ДЗЗ, отмечает их в АВП, например, выделяя цветом или задавая новые границы, указывая недорубы, участки неразрешенной рубки, не вывезенный лес, свалки и другое. Если все изменения на участке по данным ДЗЗ соответствуют плану на векторном слое, то в выезде на участок нет необходимости. Когда специалисту приходится выезжать на участок рубки для уточнения деталей: визуального подтверждения наличия объектов, их очертаний, актуальности атрибутов, GPS-координат точек объектов и другого, используемое на выезде персональное устройство (ноутбук, планшет), несмотря на полное или частичное отсутствие соединения с сервером, при работе с АВП уже содержит все необходимое для работы.

Осматривая объект, специалист делает пометки на электронном плане и вносит обновления границ и атрибутов объектов в свое устройство, после чего возвращается в зону надежного подключения к серверу через сеть Интернет (например, в офис) для синхронизации с сервером. Все введенные пользователем в автономном режиме данные сохранены АВП и будут отправлены на сервер при возобновлении соединения.

Все сохраненные данные, которые были изменены на сервере за время автономной работы клиента, будут автоматически обновлены на клиентском устройстве при восстановлении соединения с сервером. Обновление данных происходит у всех пользователей, поэтому все получают актуальную информацию.

Синхронизация клиентской части АВП каждого сотрудника с сервером ГИС осуществляется автоматически при наличии подключения к серверу через сеть Интернет. Элементы всех слоев тоже кэшируются для экономии трафика и обеспечения возможности автономной работы. При этом период актуальности составляет не менее одного рабочего дня, поэтому специалист может работать полностью автономно кроме ежедневной синхронизации. Программный код АВП для отображения слоев и обеспечения взаимодействия с ними пользователей не меняется при изменении отображаемых данных, поэтому может быть долговременно закэширован до изменения версии программной части АВП.

В примере АВП функционирует с полным набором сохраненных необходимых данных и программного кода и возможностью автономной работы с резервированием вводимых пользователем данных.

Для сравнения с традиционным веб-приложением (помимо отсутствия у него возможностей автономной работы и резервирования вводимых пользователем данных) отметим, что в традиционном веб-приложении ежедневно загружается около 20% от общего объема растровых и векторных данных карты участка (то есть пользователь работает с различными районами того же участка) и весь программный код традиционного веб-приложения.

Именно здесь проявляются преимущества АВП, обусловленные сохранением на устройстве пользователя необходимых данных на период их актуальности (таблица 1). Эти преимущества действуют для различных каналов связи.

Таблица 1 – Преимущества АВП перед традиционным веб-приложением в задаче мониторинга лесного хозяйства

Пример, №	Площадь растровой подложки, га (км ²)	Количество элементов векторных слоев, ед.	Пропускная способность канала передачи данных, Кбит/с	Экономия времени ожидания загрузки данных одного сеанса АВП по сравнению с традиционным веб-приложением, %	Экономия трафика АВП по сравнению с традиционным веб-приложением, %	
					За первую неделю	За первый месяц
1.	9000 (90)	200	64	92,28	31,84	79,40
			1024	92,54		

Рассматриваемое программное решение АВП содержит: растровый слой данных ДЗЗ уровней детализации с 12 по 18, состоящий из 5334 элементов общим объемом 106680 Кбайт; векторные слои, содержащие 200 объектов общим объемом 16384 Кбайт; программный код и элементы оформления АВП, включающие в себя средства для отображения данных и взаимодействия с ними пользователя – 30 элементов общим объемом 5120 Кбайт; манифест кэша (МК), управляющий локальным кэшированием полученных данных на стороне клиента, объемом 280 Кбайт.

При первичной загрузке (инициализации) АВП на устройство пользователя загрузится 128464 Кбайт. Примерно 1699,21 Кбайт обновляются каждый день.

Будем считать, что за рассматриваемый период программный код и элементы оформления АВП не обновляются. При каждом обращении к АВП с сервера загружается МК, который позволяет клиентской части АВП проверить актуальность локально сохраненных данных и управляет обновлением данных в локальном хранилище.

Таким образом, суммарный трафик при работе с АВП составит: за неделю (7 дней) – 140339,25 Кбайт, за месяц (31 день) – 187840,23 Кбайт.

Традиционным веб-приложением ежедневно загружается 20% от общего объема растровых и векторных данных карты участка (21336 + 3276,8 Кбайт) и программный код, который состоит из 25 элементов общим объемом 4800 Кбайт, МК – нет. Всего ежедневно загружается примерно 29412,8 Кбайт.

В результате суммарный трафик при работе с традиционным веб-приложением составит: за неделю (7 дней) – 205890 Кбайт, за месяц (31 день) – 911797 Кбайт.

Из приведенных данных следует, что начиная уже с пятого дня работы АВП обладает преимуществом перед традиционным веб-приложением и в дальнейшем только увеличивает его.

При этом время инициализации АВП сравнимо со временем загрузки данных одного сеанса традиционного веб-приложения для рассматриваемого примера (и превышает его всего примерно в 5 раз).

В результате экономия трафика при использовании АВП по сравнению с традиционным веб-приложением в рассматриваемом примере составляет 31,84% (65550,4 Кбайт) за неделю использования и 79,40% (723957 Кбайт) за месяц. Суммарная экономия трафика АВП по сравнению с традиционным веб-приложением возрастает пропорционально количеству сеансов работы пользователя с данными ДЗЗ, а относительный расход трафика на один сеанс снижается. Экономия времени загрузки данных АВП с учетом загрузки обновлений составляет более 92%.

Разработанные АВП наиболее эффективны в случаях, когда пользователь продолжительное время работает с повторно используемыми наборами данных. Разница становится особенно заметной на загруженных каналах связи с малой пропускной способностью.

Аналогичное АВП при изменении пространственного разрешения используемых данных ДЗЗ, периода их обновления и состава векторных слоев может использоваться для различных задач спутникового мониторинга лесного хозяйства: определения границ схода снежного покрова и сроков наступления пожароопасного сезона, определения степени увлажнения лесных горючих материалов, выявления очагов возгорания, слежения за динамикой лесных пожаров, определения зон задымленности от лесных пожаров, оценки изменений в лесном фонде от лесных пожаров и многих других [4].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Список литературы

1. Гинзбург И. Б., Падалко С. Н. Автономные веб-приложения для систем обработки космической информации [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». – 2015. – №82. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=58832>
2. Гинзбург И. Б. Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». – 2015. – №84. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=63149>
3. Шимов С. В., Никитина Ю. В. Технология мониторинга вырубок леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения [Электронный ресурс] // ГЕОМАТИКА, №3, 2011 – Режим доступа: http://en.sovzond.ru/upload/iblock/cd2/7shimov_tekhnologia_monitoringa_virybok_lesa.pdf
4. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года [Электронный ресурс] // Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/file/file766.doc>

05.13.18

**В.А. Заговорчев канд. техн. наук, М.Я. Кыласов, В.В. Родченко д-р. техн. наук,
Э.Р. Садретдинова канд. техн. наук, П.Ф. Пронина**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 610 МАИ "Управление эксплуатацией ракетно-космических систем",
Москва, elnara-5@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛУННОГО РЕАКТИВНОГО ПЕНЕТРАТОРА С ГРУНТОМ

В работе исследуется моделирование процесса взаимодействия лунного реактивного пенетратора с грунтом. Путем математических преобразований получено выражение для определения силы сопротивления идеально связного грунта пенетратору. Также рассматриваются общие вопросы скоростного движения пенетраторов в грунтах.

Ключевые слова: *реактивный пенетратор, лунный грунт, разрушение среды, деформация.*

В процессе проникания лунного реактивного пенетратора происходит неупругое столкновение частиц грунта с проникающим телом, в результате чего частицы, прилегающие к поверхности тела, приобретают скорость, равную нормальной составляющей скорости проникания в точках столкновения. При этом происходит пластическое сжатие частиц. В процессе движения в грунте на реактивный пенетратор действуют следующие силы: сила тяги двигательной установки, сила тяжести и сила сопротивления среды. Определение первых двух сил производится по обычным зависимостям движения реактивных снарядов. Поэтому остановимся на определении силы сопротивления, а для первых двух приведем имеющиеся зависимости [1,2].

В результате математических преобразований получается следующая зависимость для определения силы сопротивления среды [3].

$$F = F_0 + aS_M V + C_x S_M \left(\frac{\rho_0 V^2}{2} \right), \quad (1.1)$$

где S_M - площадь миделевого сечения пенетратора; a - постоянная, зависящая от свойств среды и формы проникающего тела; C_x - величина, зависящая от числа Рейнольдса и называемая коэффициентом лобового сопротивления (террадинамическим коэффициентом); ρ_0 - плотность грунта.

При решении задач движения пенетраторов в грунте допустимо пренебрегать вязким сопротивлением, полагая $a=0$. Тогда формула (1.1) может быть записана в следующей упрощенной форме [4].

$$F = \frac{\pi D_H^2}{4} \left(F_{0уд} + C_x \frac{\rho_0 V^2}{2} \right). \quad (1.2)$$

При очень больших давлениях, когда среднегидравлическое давление значительно превосходит касательные напряжения как водонасыщенные грунты, так и грунты воздушной влажности можно рассматривать как сжимаемую жидкость с необратимой или обратимой объемной деформацией. Грунты очень большой связности (скальные породы) могут рассматриваться как упругие или пластические тела. Поскольку подавляющее большинство грунтов, в том числе и грунты-аналоги реголита, - это грунты малой и средней влажности, то целесообразно рассмотреть более подробно модель пластического тела с нелинейной необратимой объемной деформацией.

Это модель, для случая движения, с цилиндрической симметрией, описывается

уравнениями движения, неразрывности предельного состояния, зависимостью между гидростатическим давлением и объемной деформацией, а также соотношением между осевым напряжением и деформацией.

Уравнения движения и неразрывности грунта в переменных Лагранжа в этом случае будут иметь вид [3]

$$\rho_0 r^\nu \frac{\partial u}{\partial t^2} = (r+u)^\nu \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + (\sigma_r - \sigma_\varphi) \frac{\partial}{\partial r} (r+u)^\nu; \quad (1.3)$$

$$\frac{1}{\nu+1} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r+u)^{\nu+1} = \frac{\rho_0}{\rho} r^\nu, \quad (1.4)$$

где r - начальное расстояние частицы от центра симметрии (координаты Лагранжа), u - смещение частицы; ρ_0 , ρ - начальная и текущая массовая плотность частицы грунта; t - текущее значение времени, σ_r - радиальное напряжение; σ_φ - тангенциальное напряжение; $\nu = 2, 1, 0$ - соответственно для сферического, цилиндрического и плоского случаев движения.

Условие предельного состояния для грунтов имеет следующий вид [5]

$$|\tau| = -\sigma \tan \vartheta + k, \quad (1.5)$$

где τ - касательное напряжение на рассматриваемой площадке в грунте, σ - нормальное напряжение, ϑ - угол внутреннего трения, k - коэффициент сцепления.

В компонентах тензора имеем

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = k \cos \vartheta - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \vartheta, \quad (1.6)$$

где $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ - главные напряжения.

Обозначив $2k \cos \vartheta = \tau_0$, $\sin \vartheta = \mu$, уравнение (1.6) можно записать в виде

$$\sigma_r - \sigma_\varphi = -\tau_0 + (\sigma_r + \sigma_\varphi) \mu. \quad (1.7)$$

Зависимость между объемной деформацией и напряжением, записывается в виде

$$\frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = F(\varepsilon), \quad (1.8)$$

где ε - объемная деформация.

Это уравнение имеет место только тогда, когда идет активный процесс, при котором среднегидростатическое давление и объемная деформации растут. При разгрузке уравнение (1.8) заменяется или условием $\rho = \text{const}$ или зависимостью $\frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = F(\varepsilon_0)$, учитывающей остаточную деформацию ε_0 , достигнутую в процессе нагрузки.

Анализ результатов опытов не выявил заметного влияния скорости нагружения на характер динамического сжатия малой и средней влажности. Причем даже при очень сильных сжатиях температура грунта повышалась незначительно, на этом основании можно допустить, что кривые динамического сжатия применимы и на ударном фронте, образовавшемся в грунте при внедрении твердого тела [6].

Уравнения (1.7) и (1.8) являются замкнутой системой уравнений, описывающей движение плоское одномерное и движение со сферической симметрией. В случае движения с цилиндрической симметрией отсутствие осевой деформации вызывает появление осевого напряжения σ_z , которое может быть определено из зависимости

$$\sigma_r + \sigma_\varphi = 2\sigma_z + 2GE, \quad (1.9)$$

называемой условием связи, где G - модуль упругости 2-го рода. Если условие (1.9) присоединить к предыдущим, то получим замкнутую систему уравнений для случая движения с цилиндрической симметрией.

В результате решения этой системы уравнений, получено выражение для определения силы сопротивления идеально связного грунта пенетратору [3]

$$F = F_0 + A \frac{dV}{dt} + BV^2, \quad (1.10)$$

где

$$F_0 = \pi h^2 \operatorname{tg}^2 \beta \varpi (a^{\frac{1}{2}} - 1) \left[P_a + \frac{\tau_0}{\nu(1 + \mu)} \right]; \quad A = \frac{2}{3} \pi h^3 \operatorname{tg}^4 \beta \varpi \frac{\rho_0}{\nu b_1} (a^{\frac{1}{2}} - 1);$$

$$B = \pi h^2 \operatorname{tg}^4 \beta \varpi \frac{\rho_0}{(\nu - 2)b_1} \left[\frac{\nu - 2}{\nu} (a^{\frac{1}{2}} - 1) + b_1(\nu - 2)a^{\frac{1}{2}} - (a^{\frac{\nu-1}{2}} - 1) \right];$$

$$\tau_0 = 2k \cos \vartheta; \quad \varpi = \frac{1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta}{1 - \mu_0 \operatorname{tg} \beta}; \quad \nu = \frac{2\mu}{1 + \mu}; \quad b_1 = \frac{\rho_0}{\rho}; \quad a = \frac{1}{1 - b_1}; \quad \mu = \sin \vartheta,$$

k - коэффициент сцепления; ϑ - угол внутреннего трения; μ_0 - коэффициент трения скольжения; ρ_0 , ρ - плотность грунта перед и за ударной волной; β - угол полураствора головного конуса; P_a - бытовое давление грунта; h - высота головного конуса.

Величина b_1 определяется следующим образом. Из условия на ударной волне следует

$$P - P_a = \rho_0 \nu_0^2 \operatorname{tg}^2 \beta. \quad (1.11)$$

Следует отметить, что в формулу (1.10) входят параметры $(k, \vartheta, \rho_0, P_a, h, \beta)$, которые характеризуют пенетратор и грунт отдельно. Единственным параметром, характеризующим взаимное влияние грунта и материала, из которого выполнена головная часть, является коэффициент трения скольжения μ_0 .

Заключение

Проведенный анализ существующих в настоящее время работ по определению силы сопротивления грунта пенетратору, движущемуся с большой скоростью, показывает, что имеется эмпирическая зависимость, позволяющая определить силу сопротивления с достаточной для инженерной практики точностью. Однако для практического использования этой формулы, необходимо определение коэффициентов, входящих в нее и зависящих от взаимного влияния пенетратора и среды, опытным путем, что приводит к проведению специальных экспериментальных исследований. Моделирование грунта пластическим газом с необратимой нелинейной объемной деформацией позволяет найти такую зависимость для определения силы сопротивления, в которую входят параметры, характеризующие пенетратор и среду отдельно.

Список литературы

1. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. / Н.Н. Маслов М.: Высшая школа, 1982, – С. 511
2. Садретдинова, Э.Р. Метод выбора проектных параметров реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, МАИ, Москва, 2014, С. 35–45
3. Сагомоян, А.Я. Проникание. / А.Я. Сагомоян – М.: МГУ, 1974,
4. Родченко, В.В. Основы проектирования реактивных аппаратов для движения в грунте. / В.В. Родченко - М.: МАИ-ПРИНТ, 2007 – С. 39-40
5. Роза, С.А. Механика грунтов. / С.А. Роза - М.: Высшая школа, 1962, – С. 229
6. Галеев А.Г., Захаров Ю.В., Родченко В.В., Садретдинова Э.Р., Заговорчев В.А. Экспериментальная проверка метода выбора проектных параметров реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте. Альтернативная энергетика и экология (ISJAE). 20 14;(16):46-60.

05.13.00

¹С.М. Коваленко канд. техн. наук, ¹О.В. Платонова канд. техн. наук, ²Г.В. Петушков

ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет»,

¹Институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,²Институт молодежной политики и международных отношений,
kovalenko@mirea.ru, oplatonova@gmail.com, petushkov@mirea.ru

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ — БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

В работе обоснованы современные тенденции развития ИТ-технологий: совершенствование подсистемы коммуникаций компьютеров позволяет решать новые сложные задачи по обработке данных в ЦОД индивидуально для каждого пользователя; использование интеллектуальных алгоритмов делает обработку данных более сложной, но эффективной, что требует организации распределенных вычислений в компьютерных системах. Приведены показатели для оценки уровня интеллектуализации обработки данных. Исследованы аппаратно-программные системы, обеспечивающие массивно-параллельную работу с элементами естественных языков и их значимость в обществе.

Ключевые слова: *распределенные вычисления, искусственный интеллект, циклы, интернет, ЦОД.*

Экономисты насчитывают достаточно много различных экономических циклов, в рамках которых развиваются отдельные отрасли и экономика в целом. Одним из таких циклических изменений, охватывающих развитие экономики и технологий, являются циклы, впервые исследованные Н. Кондратьевым и названные впоследствии Кондратьевскими [1]. Данные циклы развития экономики и технологий прослеживаются в экономике развитых стран начиная с XIX века. Каждый цикл имеет восходящую ветвь в течение примерно 15-20 лет, когда экономики растут за счет превращения в товары повышенного спроса технологий и продуктов, внедряемых в производство за счет научного и технологического задела, полученного в предыдущие годы. Однако потом наступала нисходящая ветвь цикла, когда развитие экономики замедлялось и наступал депрессивный период.

По классификации ученых, занимающихся исследованиями Кондратьевских циклов, в настоящее время мы находимся на нисходящей ветви экономико-технологического цикла, начавшегося в развитых странах в конце 80-х годов XX века. Основными технологиями восходящей ветви данного цикла было развитие персональных компьютеров, мобильной связи, интернета, т.е. прежде всего информационных технологий (ИТ). В научных кругах активно обсуждается, какие области науки и отрасли технологии явятся «мотором» приближающейся восходящей ветви следующего экономико-технологического цикла. Наряду с развитием ИТ в качестве «мотора» рассматриваются нано технологии и биотехнологии.

Рассмотрим более подробно перспективы развития ИТ. Авторам представляется, что некоторым тормозящим фактором в развитии современных ИТ является неэффективная технология создания программных продуктов для компьютеров и программного обеспечения (ПО) в целом. Технология создания ПО более всего похожа на работу ремесленников, когда каждый из них, действуя в рамках задания, создает некий уникальный продукт, имеющий как положительные, так и отрицательные свойства. Главными проблемами существующей технологии создания ПО являются: невысокая производительность процесса ручного программирования, зависимость характеристик ПО от уровня квалификации программиста, недостаточный уровень безошибочности работы ПО при ручном программировании и

тестировании программ. В частности, по данным корпорации Microsoft, уровень ошибок в ПО фирмы составляет величину 0,5 на 1000 строк кода [2].

Серьезного улучшения качества, создаваемого ПО можно ожидать при автоматизации процесса генерации кода. Это может быть сделано при массированном применении библиотек, содержащих отработанные и проверенные фрагменты кода, выполняющие заданные функции.

Следующим шагом может быть создание программ, способных совершенствовать свой код. Самосовершенствующегося программного обеспечения в полном смысле этого слова пока не существует. Однако их предшественники — программы, способные себя модифицировать, — уже работают. Специалисты объединяют значительную часть самомодифицирующихся программных методик понятием «машинное обучение» или «программный интеллект». В простейшем случае программа обучается, когда в ней происходит изменение, позволяющее в следующий раз выполнить определенное задание лучше, чем в первый раз. Эта процедура может приводить также к снижению числа ошибок в программе. Машинное обучение сделало возможным эффективный интернет-поиск, распознавание речи и рукописного текста.

Важной задачей в области искусственного интеллекта (ИИ) будет совершенствование аппаратно-программных систем, обеспечивающих массивно-параллельную работу с элементами естественных языков цель которой — работа со смыслами. Одним из первых примеров таких систем является система Watson, хорошо зарекомендовавшая себя пока в «игровом» пространстве. В смысле аппаратно-программной системы Watson — это три тысячи параллельно работающих процессоров, оперирующих с 180 различными программными модулями. Параллельная работа приложений, поддерживаемая на программном и аппаратном уровне, дает резкое увеличение скорости обработки данных. Разработка структур вычислительных систем, обеспечивающих параллельную работу большого числа приложений — отдельная актуальная тема, которая освещается во многих работах, в том числе и авторов данной статьи [3][4][5][6][7].

Главное достижение Watson — способность самостоятельно обучаться. Его алгоритмы дают возможность находить закономерности в текстовых данных, предъявляемых его создателями. Watson обрабатывает текст со скоростью 500 гигабайт (примерно тысяча книг) в секунду. В число текстовых материалов входят таксономии (систематизированные и классифицированные коллекции слов) и онтологии. Все это позволяет системе строить собственную базу знаний и использовать ее при ответе на вопросы в пределах самых разных предметных областей.

Watson демонстрирует еще одну интересную интеллектуальную особенность. Его программа Deep QA генерирует сотни возможных ответов на вопрос и собирает данные в пользу каждого из них. Затем система фильтрует и ранжирует ответы по уровню своей уверенности в каждом из них. Если система не чувствует уверенности ни в одном ответе, она не станет отвечать. С Иными словами, система Watson знает, чего она не знает.

Развитие систем в области работы с естественными языками ведет к повышению их интеллектуального уровня, поскольку человеческий интеллект проявляется прежде всего в языке. На определенном этапе уровень интеллекта таких систем может приблизиться к человеческому, причем по мнению некоторых ученых это произойдет уже в 30-х — 40-х годах нашего века [8][9][10].

Интересным вопросом в отношении интеллектуальных систем как искусственных, так и живых (животных и человека) является выбор характеристик, которые могли бы дать количественную оценку степени интеллектуальности или, иначе, степени пригодности к решению интеллектуальных задач. Представляется, что такими характеристиками могут быть число образов или построенных на их основе понятий, различаемых интеллектуальной системой (ИС), а также число программ или алгоритмов манипулирования указанными образами или понятиями для достижения ИС поставленных целей.

Для живых ИС низкой степени сложности (например, для мозга пресмыкающихся) характерно небольшое число различаемых образов, а все имеющиеся алгоритмы являются инстинктивными, т.е. изначально генетически заданными. Лягушка, например, может умереть голодной смертью в окружении насекомых, являющихся ее пищей, если они перестанут двигаться, а значит перестанет работать врожденный алгоритм охоты. Напротив, мозг млекопитающих, который можно отнести к ИС средней сложности, не только различает большее число образов, но также способен создавать в процессе жизни новые алгоритмы, идущие на пользу животному, т.е. обучаться.

Согласно оценкам Рея Курцвейла [9] мозг человека, который несомненно следует отнести к ИС высокой степени сложности (самой высокой из известных нам), в середине человеческой жизни способен различать до миллиона разных образов и манипулировать с соответствующим числом понятий. Проблемой является оценка числа алгоритмов, наработанных человеком в течение своей сознательной жизни, но ясно, что их много и число их связано с числом распознаваемых образов и понятий. Принципиальной особенностью живого мозга является параллельный принцип распознавания любого из миллиона образов всего за несколько шагов срабатывания нейронной сети мозга.

Что касается искусственных ИС (ИИС), куда можно отнести систему Watson, то в настоящее время их база знаний может быть весьма обширной по числу понятий, поскольку формируется программами машинного обучения на основе всей доступной информации интернета. Методы создания новых алгоритмов манипулирования понятиями для ИИС являются ближайшей задачей информационных технологий в области ИИ. Представляется, что по этому параметру ИИС пока далеки от живого мозга.

Список литературы

1. *Малинецкий Г.Г.* Мировая наука и будущее России / АНО «Центр Междисциплинарных Исследований» (ЦМИ), сайт С.П. Курдюмова, 2016 // URL: <http://www.spkurdyumov.ru/future>
2. *Семенов Ю.А.* Технологический кризис ИТ 2020-2025 / АНО «Центр Междисциплинарных Исследований» (ЦМИ), сайт С.П. Курдюмова, 2016 // URL: <http://www.spkurdyumov.ru/forecasting>
3. *Воеводин В.В., Воеводин Вл. В.* Параллельные вычисления. Санкт-Петербург. БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
4. *Орлов С.А., Цилькер Б.Я.* Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 2-е изд. Санкт-Петербург. Питер, 2011. – 688 с.
5. *Танненбаум Э., Остин Т.* Архитектура компьютера. - 6-е изд. Санкт-Петербург. Питер, 2017. – 816 с.
6. *Коваленко С.М.* О влиянии характеристик сети передачи данных на организацию работы параллельных вычислительных систем. Вестник МГТУ МИРЭА (электронный журнал), №2, 2014, С. 49-52.
7. *Коваленко С.М.* Оценка влияния характеристик задачи на организацию работы параллельных вычислительных систем. Вестник МГТУ МИРЭА (электронный журнал), №4, 2015, С. 91-94.
8. *Каку М.* Будущее разума. Пер с англ.яз.- М.: Альпина нон-фикшн, 2015. – 502 с.
9. *Курцвейл Р.* Эволюция разума. Пер. с англ.яз.- М.: Изд. «Э», 2015. – 352 с.
10. *Роуз Д.* Будущее вещей: Как сказка и фантастика становятся реальностью. - Пер. с англ. яз. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. – 344 с.

05.13.06

Т.А. Кузнецова канд. техн. наук

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
 Электротехнический факультет, кафедра Конструирование и технологии в электротехнике,
 Пермь, ktei@pstu.ru

АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ

Разработан адаптивный алгоритм оптимального дискретного управления системой с упругими связями на примере многочерпакового земснаряда. Установлены факторы, влияющие на динамику системы и разработан рациональный диапазон использования предложенных алгоритмов управления в зависимости от состояния объекта.

Ключевые слова: многочерпаковый земснаряд, исполнительный механизм, дискретное управление, метод пространства состояний.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки алгоритмических методов повышения надежности алгоритмов управления многосвязными системами, характеризующимися значительным разбросом динамических свойств. Работа посвящена построению адаптивного алгоритма управления многочерпаковым земснарядом, являющимся одной из основных систем технического флота, обеспечивающих систематическое проведение дноуглубительных работ. Необходимость проведения таких работ диктуется требованиями увеличения гарантированных глубин.

Многочерпаковый земснаряд (ЗС) относится к классу больших технических систем. Основной подсистемой земснаряда является главная технологическая линия, объединяющая две взаимосвязанных подсистемы: черпаковое устройство и систему бокового перемещения земснаряда. Черпаковое устройство, включающее черпаковую часть и электроприводы, является основным рабочим органом, осуществляющим процесс грунтозабора. Система бокового перемещения земснаряда (СБПЗС), или папильонажное устройство, включает папильонажное лебедки, тросоякорную систему и электроприводы лебедок. СБП обеспечивает рабочие перемещения ЗС в пределах разрабатываемой прорези.

Земснаряд функционирует в условиях динамических нагрузок, обусловленных спецификой процесса черпания. Так, изменение сопротивления грунта резанию и циклические врезания черпаков в грунт порождают колебательные процессы скорости бокового перемещения из-за упругости канатов, что усиливает динамические нагрузки на черпаковую цепь, снижает скорость черпания на 30-40% и надежность рабочих устройств. Таким образом, точное автоматическое управление боковым перемещением ЗС при эффективном демпфировании колебаний скорости бокового перемещения является необходимым условием повышения надежности рабочих устройств ЗС и увеличения его производительности.

Рассматриваемый объект управления (ОУ), включающий ЗС и СБП ЗС, классифицируется как нелинейная двухмассовая электромеханическая система с упругими связями [1]. Основной нелинейной характеристикой ОУ является жесткость папильонажного троса (ПТ). Характер изменения жесткости при различной длине троса определяет технологический диапазон параметров. В зависимости от класса используемого в САУ цифрового вычислителя, данный диапазон по методу кусочно-линейной аппроксимации разбивается на участки. С учетом приведенных соображений была построена математическая модель (ММ) объекта в виде системы уравнений:

$$\begin{aligned}
 \mu(p) - \mu_2(p) &= T_\mu p v_1(p) \\
 \mu_2(p) &= \left(\frac{c}{p} + b \right) \Delta v_1(p) \\
 \mu_2(p) - \mu_c(p) &= T_2 v_2(p) \\
 \mu_c(p) &= 0,4 \mu_k(p)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Полученная ММ является линейной моделью с переменными коэффициентами c, b , где c – коэффициент жесткости ПТ, рассчитанный на основе нелинейной экспериментальной зависимости $c = f(\Delta l, \Delta F, \alpha)$, а b – коэффициент внутреннего демпфирования в упругой передаче, зависящей от состояния троса. ММ позволяет воспроизводить процессы в ОУ в широком диапазоне изменения его состояния, характеризующегося жесткостью троса (от полного провисания до рабочего натяжения) и является базой для синтеза цифрового алгоритма оптимального управления боковым перемещением ЗС. В основу алгоритма положен метод пространства состояний, удовлетворяющий критерию быстродействия, который в данном случае трансформируется в улучшение интегральной оценки качества [2,3].

Процедура синтеза алгоритма управления заключается в определении управляющей последовательности импульсов m_k , обеспечивающих оптимальный переход системы из одного стационарного состояния в другое, время которого определяется величиной интервала дискретизации Δt и количеством шагов квантования [4]. Входной и выходной сигналы вычислителя связаны при помощи переменного коэффициента усиления k_v :

$$m(n\Delta t) = k_v e(n\Delta t) \quad (2)$$

Сигналы управляющей последовательности $m(n\Delta t)$ и вектора ошибки $e(n\Delta t)$ находят при решении алгебраической системы уравнений:

$$V(n\Delta t) = V_{\text{ж}}(n\Delta t) \quad (3)$$

где $V_{\text{ж}}(n\Delta t)$ – вектор желаемых состояний системы, а $V(n\Delta t)$ – вектор состояний системы на шаге квантования $n\Delta t$, определяемый из уравнения переходных состояний:

$$V(n\Delta t^+) = B \Phi(n\Delta t) V(n-1\Delta t) \quad (4)$$

где $V(n-1\Delta t)$ – вектор состояний системы на предыдущем интервале дискретизации; $\Phi(n\Delta t)$ – матрица перехода системы; B – матрица ключей. При этом матрицы $\Phi(\Delta t)$ и B имеют следующую структуру [5]:

$$\Phi(\Delta t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [P] & [F] & & \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ k_v & 0 & \dots & -k_v \\ 0 & 0 & & [I] \end{bmatrix},$$

где $[P]$ – вектор-столбец реакции системы на входное воздействие, имеющий размерность, равную порядку ОУ; $[F]$ – матрица перехода для ОУ; k_v – коэффициент усиления регулятора на шаге дискретизации; $[I]$ – единичная матрица.

Дискретная передаточная функция, задающая алгоритм управления как функцию оператора сдвига z :

$$D(z) = \frac{\sum_{q=1}^n k_q e(q\Delta t) z^{-q}}{\sum_{q=1}^n e(q\Delta t^+) z^{-q}} = \frac{\sum_{q=1}^n m_q e(q\Delta t^+) z^{-q}}{\sum_{q=1}^n e(q\Delta t^+) z^{-q}} \quad (5)$$

В ходе исследования была установлена закономерность формирования вектора состояния системы на шаге квантования $n\Delta t$:

$$V(n\Delta t^+) = \begin{bmatrix} r \\ m_{k+1} \\ P m_k + P Y m_k + F^2 Y m_k + \dots + F^k Y m_k \end{bmatrix} \quad (6)$$

где r – задающий входной сигнал управления САУ; m_{k+1} – значение выходного сигнала регулятора на $(k+1)$ шаге.

Это позволило автоматизировать процедуру синтеза и реализовать разработанный алгоритм в виде пакета прикладных программ.

Для апробации предложенного алгоритма управления произведен синтез в широком диапазоне изменения длительности интервала дискретизации $\Delta t = [0.5 \div 2\text{с}]$ и коэффициента жесткости ПТ $c = [100 \div 12000\text{кг/м}]$. В результате синтеза определены коэффициенты

передаточной функции (5) для $q=3$, которой соответствует разностное уравнение:

$$D(z) = a_0 k + a_1(c) e_{k-1} + a_2(c) e_{k-2} + a_3(c) e_{k-3} - b_1(c) m_{k-1} - b_2(c) m_{k-2} - b(c) m_{k-3} \quad (7)$$

Таким образом, была установлена зависимость параметров алгоритма управления от состояния координат ОУ и получен массив коэффициентов передаточной функции (5), являющихся оптимальными для каждого конкретного его состояния.

Проведенная симуляция работы разработанной дискретной САУ СБЗС в динамике позволила оценить влияние допущений, принятых на этапе синтеза, и провести анализ влияния длительности интервала дискретизации на качество управления, а также определить оптимальный шаг аппроксимации параметров алгоритма и оценить влияние начального состояния троса на динамику системы.

Установлено, что предлагаемая САУ СБЗС обеспечивает необходимые показатели качества регулирования: перерегулирование не превышает $\sigma \leq 6\%$, время переходного процесса. К факторам, влияющим на динамику системы следует отнести значение интервала дискретизации и величину интервала аппроксимации кривой состояния папильонажного троса. Также незначительное влияние оказывает начальное состояние троса и ряд принятых при синтезе допущений.

Исследование влияния состояния ПТ, характеризующего ОУ, показало, что оптимальным для использования предложенной системы является интервал изменения жесткости $c = [1000 \div 10000 \text{ кг/м}]$. Поведение системы на границе данного диапазона характеризуется увеличением σ и Δt . Анализ влияния длительности интервала дискретизации позволил установить ее оптимальное значение $\Delta t = 1 \text{ с}$. Отмечено, что уменьшение Δt приводит к появлению значительных форсировок в САУ, а увеличение – к росту σ . Зависимости выходной координаты (угловой скорости БП) x_1 от состояния троса c и интервала дискретизации Δt показаны на рисунке 1.

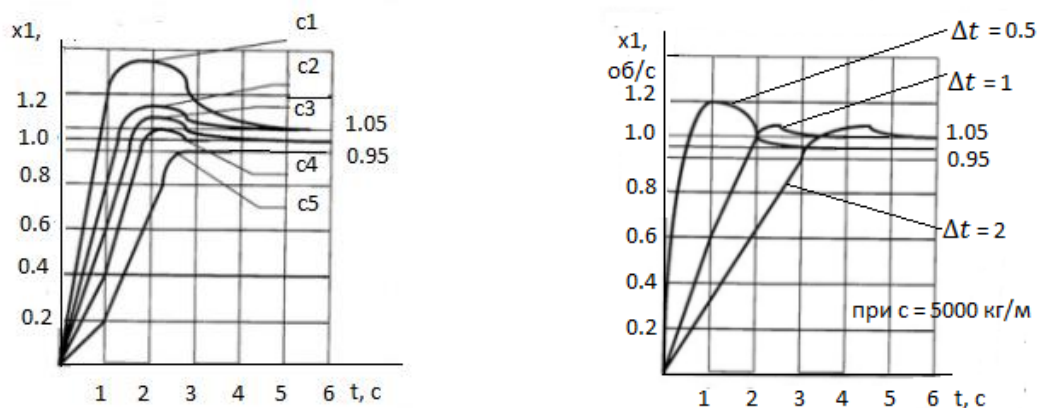


Рис. 1 – Зависимость угловой скорости БП от состояния троса и интервала дискретизации

Полученный адаптивный алгоритм управления позволяет увеличить среднюю скорость папильонирования на 30-40% за счет уменьшения колебаний земснаряда на тросах и повысить производительность ЗС на 10%.

Список литературы

1. Красовский Н.Н., Васильев С.Н., Тхай В.Н., Дегтярев Г.Л. и др. Проблемы устойчивости и управления. - М.: Физматлит, 2013. – 413 с.
2. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
3. Кузнецова Т.А., Кулютникова Е.А., Рябуха А.А. Идентификация электрических цепей при моделировании динамических режимов методом пространства состояний// Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. - № 3. – С. 188-190.
4. Григорьев В.В. и др. Цифровые системы управления. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 133 с.
5. Винокур В.М. Применение микроЭВМ в задачах автоматизации промышленных установок. – Пермь: Пермский обл.совет НТО, 1986. – 76с.

05.13.01

**В.В. Ломакин канд. техн. наук, А.В. Жуков, Т.В. Зайцева канд. техн. наук,
Н.П. Путивцева канд. техн. наук, О.П. Пусная**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
институт инженерных и цифровых технологий,
кафедра прикладной информатики и информационных технологий,
Белгород, zaitseva@bsu.edu.ru

О ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА В ОБЛАСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ РАЗРАБОТКУ ППО КИС

Рассмотрена процедура проведения патентного поиска инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку прикладного программного обеспечения корпоративных информационных систем, и предоставляющих среду функционирования КИС. Определены технический уровень и тенденции развития инструментальных средств. Проведено исследование использования объектов промышленной (интеллектуальной) собственности в области инструментальных средств и их правовая охрана. Проведен анализ деятельности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС и перспектив ее развития.

Ключевые слова: патентный поиск, интегрированный комплекс средств, импортозамещение, конкурентоспособность, компонент комплекса, международная патентная классификация.

Одним из самых важных этапов при получении свидетельства на товарный знак, патента на изобретение, полезную модель или патента на промышленный образец является патентный поиск. Патентный поиск позволяет установить новизну изобретения: в соответствии с ГК РФ, «при установлении новизны изобретения в уровень техники также включаются при условии их более раннего приоритета все поданные в Российской Федерации другими лицами заявки на выдачу патентов на изобретения, полезные модели и промышленные образцы... и запатентованные в Российской Федерации изобретения, полезные модели и промышленные образцы» [1].

Объектом исследования были выбраны инструментальные средства, обеспечивающие автоматизированную разработку прикладного программного обеспечения (далее – ППО) корпоративных информационных систем (далее - КИС), и предоставляющих среду функционирования КИС.

Задачами патентного поиска явились:

- Определение технического уровня и тенденций развития инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС, и предоставляющих среду функционирования КИС;
- Исследование использования объектов промышленной (интеллектуальной) собственности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС, и их правовая охрана;
- Анализ деятельности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС и перспектив ее развития.

В качестве предметов поиска были выбраны следующие компоненты, относящиеся к техническим решениям типа «способ», или комплексы, включающие в себя набор указанных компонентов: компонент разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов; компонент управления интеграционным взаимодействием; компонент формирования централизованной нормативно-справочной информации; компонент

формирования хранилища ретроспективных (многолетних) данных и документов; компонент создания форм отчетов и форм представлений многомерных данных; компонент общесистемного администрирования [2].

Анализ международной патентной классификации последней редакции показывает, что выбранные в качестве предметов поиска компоненты (и комплексы, включающие компоненты) не имеют самостоятельного индекса [3]. Наиболее близкими индексами, указываемыми в технических решениях типа «способ», являются следующие подклассы и группы: G06F – Обработка цифровых данных с помощью электрических устройств; G06N – Компьютерные системы, основанные на специфических вычислительных моделях; G06Q – Системы обработки данных или способы, специально предназначенные для административных, коммерческих, финансовых, управленческих, надзорных или прогностических целей; системы или способы, специально предназначенные для административных, коммерческих, финансовых, управленческих, надзорных или прогностических целей, не предусмотренные в других подклассах.

В связи с тем, что детализация выбранной области поиска практически отсутствует, ширина поиска была сужена за счёт использования соответствующих ключевых слов. Ретроспектива в соответствии с задачами патентных исследований – 15 лет. Для определения уровня и тенденций развития инструментальных средств, с целью реализации программы импортозамещения и повышения международной конкурентоспособности отечественной программной продукции в сфере разработки сложных и высоконагруженных бизнес-приложений патентные исследования проводились для стран: Российская Федерация, Казахстан, Белоруссия, США, Канада, страны Евросоюза, Япония, Китай, страны Ближнего Востока и Африки, страны Азии и Латинской Америки.

Патентный поиск выявил 33 патентных документа, из них: по компоненту разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов – 6 заявок; по компоненту управления интеграционным взаимодействием – 2 заявки; по компоненту формирования централизованной нормативно-справочной информации – 3 заявки; по компоненту формирования хранилища ретроспективных (многолетних) данных и документов – 5 заявок; по компоненту создания форм отчетов и форм представлений многомерных данных – 5 заявок; по компоненту общесистемного администрирования – 12 заявок. На основании данных о датах публикации патентных документов, связанных с решениями в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку прикладного программного обеспечения КИС, и предоставляющих среду функционирования КИС построена кумулятивная кривая динамики патентования.

Исследование использования объектов промышленной (интеллектуальной) собственности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС, выявило, что в основном данное программное обеспечение делится на две группы — свободного использования (бесплатная и открытая лицензия) и несвободного (коммерческая лицензия), а также между ними существуют условно-бесплатные программы, которые можно отнести к двум группам.

Для защиты авторских прав разработчика имеются различные схемы лицензирования программного обеспечения. По каждому отдельному виду программного продукта применяются разные типы лицензирования: OEM; Full Package Product; Volume Licensing; Subscription [4].

Анализ деятельности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС и перспектив ее развития проводился в рамках задания на проведение патентных исследований. Учитывая, что патентованию подлежат методы и способы обработки информации, а не сами информационные системы, поиск проводился по непатентным источникам (заявки на регистрацию программ, научно-техническая информация).

Поиск среди непатентных источников, выявил 103 документов. Из них по: по компоненту разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов – 40 заявок; по

компоненту управления интеграционным взаимодействием – 20 заявок; по компоненту формирования централизованной нормативно-справочной информации – 10 заявок; по компоненту формирования хранилища ретроспективных (многолетних) данных и документов – 20 заявок; по компоненту создания форм отчетов и форм представлений многомерных данных – 3 заявки; по компоненту общесистемного администрирования – 10 заявок. По результатам проведенного поиска построены кумулятивные кривые динамики публикаций документов по годам в разрезе вышеуказанных компонентов.

В результате проведения патентного поиска было найдено 33 документа в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку прикладного программного обеспечения корпоративных информационных систем, и предоставляющих среду функционирования КИС, что полностью соответствует заданию на проведение патентных исследований.

В ходе анализа и обобщения информации установлено, что при выборе направлений разработки компонентов создаваемой информационной системы следует учесть наличие действующих патентов на компоненты для соблюдения патентной чистоты разработки создаваемой информационной системы.

Исследование использования объектов промышленной (интеллектуальной) собственности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС выявило основные тренды лицензирования подобного рода программных продуктов. Анализ типов лицензирования ПО данного класса свидетельствует о необходимости выбора требуемой модели лицензирования исходя из выбранной модели продаж и монетизации разрабатываемой платформы.

Проведенный анализ среди непатентных документов в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС, показал наличие большого количества публикаций в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку прикладного программного обеспечения КИС. Кроме того, количество этих публикаций неуклонно увеличивается.

Выполнено в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка методологии и инструментальных средств создания прикладных приложений, поддержки жизненного цикла информационно-технологического обеспечения и принятия решений для эффективного осуществления административно-управленческих процессов в рамках установленных полномочий», 2017-218-09-187; постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010г. №218

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 05.05.2014) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2014) // Российская газета. № 238-239. 08.12.1994.
2. Зайцева Т.В., Ломакин В.В., Путицева Н.П., Жуков А.В., Пусная О.П. К вопросу о составе интегрированного комплекса средств высокоуровневой разработки и среды функционирования информационных систем корпоративного уровня // *Advances in Science and Technology: Сборник статей XV международной научно-практической конференции*, Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2018. – С. 81-82
3. Международная патентная классификация (МПК) [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru — Официальные сетевые ресурсы Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» (дата обращения: 27.07.2018).
4. Типы лицензий [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/ff384819> — Официальные сетевые ресурсы корпорации Microsoft, TechNet (дата обращения: 29.07.2018).

05.13.01

**В.В. Ломакин канд. техн. наук, Т.В. Зайцева канд. техн. наук,
Н.П. Путивцева канд. техн. наук, О.П. Пусная, Р.Г. Асадуллаев канд. техн. наук,
И.М. Зайцев**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
институт инженерных и цифровых технологий,
кафедра прикладной информатики и информационных технологий,
Белгород, zaitseva@bsu.edu.ru

СОСТАВ КОМПОНЕНТА РАЗРАБОТКИ СХЕМЫ ДАННЫХ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрена актуальность разработки российского аналога интегрированного комплекса средств высокоуровневой разработки и среды функционирования информационных систем корпоративного уровня. Представлены функциональные возможности и основные компоненты разрабатываемой Платформы. Рассмотрен состав компонента разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов.

Ключевые слова: интегрированный комплекс средств, импортозамещение, компонент Платформы, функциональный модуль, функциональный блок.

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 года, среди приоритетов и перспектив научно-технологического развития обозначен переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [1].

Так же в соответствии с указом «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации», одним из приоритетных направлений является развитие информационно-телекоммуникационных систем [2].

Планируемый проект направлен на развитие данного направления, объединяя технический потенциал бизнеса и научный потенциал вуза для создания инновационного продукта способного заместить на российском рынке импортное программное обеспечение, предназначенное для разработки корпоративных и бизнес приложений широко профиля для всех ключевых отраслей производства и науки РФ.

Разрабатываемая Платформа будет предоставлять единый набор функциональных возможностей, позволяющих обеспечить декларативную разработку бизнес-приложений для российских заказчиков, их внедрение, эксплуатацию и развитие: формирование логической и физической модели данных информационных объектов; определение правил формирования и преобразования информационных объектов; описание процессов обработки информационных объектов; описание сценариев интеграционного взаимодействия между различными системами [3].

В состав Платформы входят следующие компоненты: Компонент разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов; Компонент управления интеграционным взаимодействием; Компонент формирования централизованной нормативно-справочной информации; Компонент формирования хранилища ретроспективных (многолетних) данных и документов; Компонент создания форм отчетов и форм представлений многомерных данных; Компонент общесистемного администрирования [4].

Сущность программного обеспечения может быть проиллюстрирована графически с помощью структурных схем программных модулей. Взаимодействие шести компонентов представлено на рисунке 1.

В данном исследовании рассмотрим Компонент разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов.

Компонент разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов предназначен для разработки функциональности конструирования схем данных объектов данных и моделирования исполняемых бизнес-процессов, интеграции исполняемых бизнес-процессов в объекты данных и предоставляет среду для их функционирования.

Компонент содержит два функциональных модуля (рис. 2).

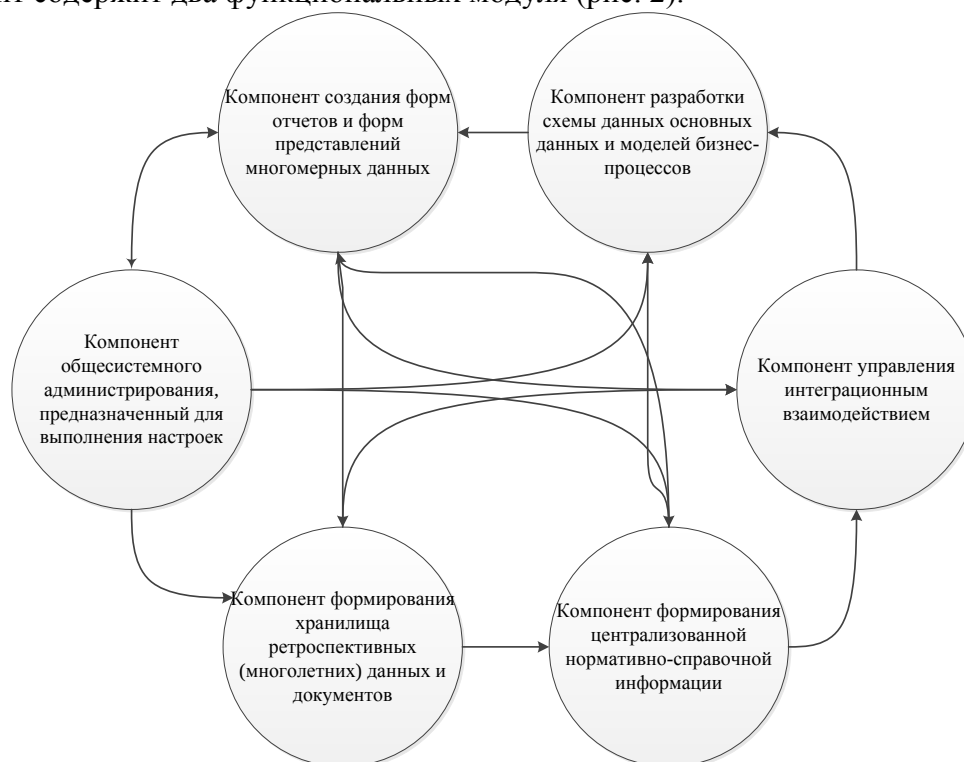


Рис. 1 – Взаимодействие компонентов Платформы

Функциональный модуль разработки схемы данных основных данных предназначен для конструирования в системе объектов данных, обрабатываемых в разрабатываемом с использованием ИК ИСКУ приложении, в том числе справочников и документов.

Блок функций конструирования схемы данных включает функции, реализующие возможность описания модели данных, формы редактирования и формы списка объектов приложения.

Блок функций конструирования объектов и справочников включает функции, реализующие возможность формирования объектов приложения разрабатываемого прикладного программного обеспечения корпоративных информационных систем на основании описания их схемы данных.

Блок функций конструирования рабочих процессов (жизненных циклов) объектов данных включает функции, реализующие возможность описания статусов жизненного цикла объекта приложения.



Рис. 2 - Структурные схемы функциональных модулей разработки:
 а - схемы данных основных данных; б - моделей бизнес-процессов

Функциональный модуль разработки моделей бизнес-процессов предназначен для моделирования и исполнения бизнес-процессов организации, анализа показателей результата деятельности организации в ППО КИС.

Блок функций конструирования схем и моделей данных бизнес-процессов включает функции, реализующие возможности создания схем бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0 во встроенном редакторе, настройки логики обработки данных бизнес-процесса, создания и настройки моделей данных исполняемых бизнес-процессов, а также установки свойств бизнес-процессов, определяющих регламенты их исполнения.

Блок функций исполнения бизнес-процессов включает функции, реализующие возможности выполнения исполняемых бизнес-процессов с использованием сконструированных схем и моделей данных.

Блок функций мониторинга, контроля и анализа исполнения бизнес-процессов включает функции, реализующие возможности получения и анализа ключевых показателей результата деятельности организации на основе статистической информации о выполнении бизнес-процессов, а также возможности оповещения пользователей о событиях процесса.

Для рассматриваемых функциональных модулей компонента были описаны основные сценарии их выполнения и экранные формы информационных структур, подлежащих разработке. Описание атрибутов информационных структур было детализировано до описания полей экранных форм, также были приведены логика и правила их заполнения.

Остальные компоненты можно представить аналогичным образом.

Реализация проекта обеспечит создание дополнительных рабочих мест для высококвалифицированного персонала на период осуществления работ, а также будет способствовать замещению импортного программного обеспечения программными продуктами отечественного производства.

Новизна, получаемых в рамках разработки Платформы результатов, заключается в идее создания российского аналога специализированного решения – комплексной интегрированной платформы для создания прикладных приложений, поддержки жизненного цикла информационно-технологического обеспечения и принятия решений для эффективного осуществления административно-управленческих процессов в рамках установленных полномочий.

Выполнено в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка методологии и инструментальных средств создания прикладных приложений, поддержки жизненного цикла информационно-технологического обеспечения и принятия решений для эффективного осуществления административно-управленческих процессов в рамках установленных полномочий», 2017-218-09-187; постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010г. №218

Список литературы

1. Указ Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 года «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> — Официальные сетевые ресурсы Президента России (дата обращения: 21.04.2018).
2. Указ Президента Российской Федерации № 899 от 07 июля 2011 года «ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ развития науки, технологий и техники в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/33514> — Официальные сетевые ресурсы Президента России (дата обращения: 26.04.2018).
3. Асадуллаев Р.Г., Ломакин В.В., Путивцева Н.П., Резниченко О.С., Белоконь Ю.Ю. Разработка средств оценки проектных рисков при создании информационных систем для сферы государственных услуг // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. №5. С. 120-122.
4. Зайцева Т.В., Ломакин В.В., Путивцева Н.П., Жуков А.В., Пусная О.П. К вопросу о составе интегрированного комплекса средств высокоуровневой разработки и среды функционирования информационных систем корпоративного уровня // Advances in Science and Technology: Сборник статей XV международной научно-практической конференции, Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2018. – С. 81-82

05.13.01

¹Л.С. Ломакина д-р техн. наук, ²Н.А. Поздеева д-р мед. наук,
¹Д.В. Ломакин канд. техн. наук, ¹О.К. Канев, ²А.А. Воскресенская

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева,
Институт радиоэлектроники и информационных технологий,
кафедра «Вычислительные системы и технологии»,
Нижний Новгород, llomakina@list.ru, dlomakin@list.ru, Darkshadow1993@yandex.ru,
²Чебоксарский филиал ФГБУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад.
С.Н. Федорова» Минздрава России,
Чебоксары, npozdeeva@mail.ru, vsolaris@mail.ru

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕЖАТРИБУТИВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АПРИОРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

В статье представлен алгоритм выявления и оценки степени взаимной зависимости между бинарными признаками, описывающими состояние многомерного объекта. Межатрибутивная зависимость оценивается по критерию отношения правдоподобия на основе накопленной статистики для всех пар признаков.

Ключевые слова: межатрибутивная зависимость, многомерный объект, статистическая обработка данных, диагностические системы в офтальмологии, информационные технологии в медицине.

Введение

Оценка состояния сложных объектов, описываемых совокупностью признаков, является одной из ключевых задач, решаемых повседневно во всех отраслях человеческой деятельности. Этим обусловлена актуальность внедрения систем обработки данных, автоматизирующих данный процесс с целью минимизации затрачиваемого на обработку данных времени, а также снижения влияния субъективного фактора на конечный результат.

Национальным медицинским исследовательским центром «МНТК «Микрохирургия глаза» им. Академика С.Н. Федорова на протяжении нескольких лет ведется исследовательская деятельность по выявлению зависимостей между различными мутациями гена *РАХ6* и множеством клинических проявлений врожденной аниридии у пациентов [1]. Для обеспечения автоматизации данного процесса необходима количественная оценка данных зависимостей для корректного принятия решения. До настоящего времени были предприняты попытки решить поставленную задачу с использованием точного критерия Фишера [1], однако данный метод трудно реализуем при работе с большими выборками в связи с высокой вычислительной сложностью. В [2] была достаточно успешно проведена процедура оценки межатрибутивной зависимости при решении задачи нечеткой кластеризации данных, однако эта методика не подходит для работы с бинарными данными.

Таким образом, целью настоящей работы является разработка алгоритма выявления и оценки зависимостей между бинарными признаками на базе накопленных статистических данных.

Теоретический анализ

Базовая модель, основанная на исходных данных, предоставленных МНТК «Микрохирургия глаза», описывает конечное множество из N пациентов как совокупность многомерных объектов, представленных в двух признаковых пространствах:

- пространстве мутаций гена *РАХ6*;
- пространстве клинических проявлений врожденной аниридии.

Для представления множества пациентов в пространстве мутаций гена *PAX6* используется *N*-мерный вектор:

$$\mu = \{\mu_1, \dots, \mu_k, \dots, \mu_N\}, \quad (1)$$

где μ_k – номер типа мутации гена *PAX6* у *k*-го пациента.

Для представления множества пациентов в пространстве клинических проявлений врожденной аниридии, пациенты описываются матрицей «объект-признак», характеризующей состояние каждого из пациентов на основе *C* признаков:

$$\mathcal{E} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \dots & \varepsilon_{1l} & \dots & \varepsilon_{1C} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{k1} & \dots & \varepsilon_{kl} & \dots & \varepsilon_{kC} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{N1} & \dots & \varepsilon_{Nl} & \dots & \varepsilon_{NC} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где ε_{kl} – целочисленное значение, характеризующее форму проявления *l*-го клинического проявления врожденной аниридии у *k*-го пациента.

Методика

В настоящей работе для оценки межатрибутивной зависимости между типами мутаций и клиническими проявлениями врожденной аниридии используется статистический метод оценки степени взаимной зависимости на базе вероятностной модели, строящейся посредством преобразования базовой модели следующим образом.

Каждый элемент вектора μ преобразуется в битовую строку конечной длины *L*, равной количеству типов мутаций гена *PAX6*, по следующему принципу: бит, порядковый номер которого совпадает со значением μ_k , устанавливается в единицу, а остальные задаются равными нулю.

Таким образом, исходный вектор μ преобразовывается в бинарную матрицу «объект-признак»:

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1L} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{k1} & \dots & m_{ki} & \dots & m_{kL} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{N1} & \dots & m_{Ni} & \dots & m_{NL} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где m_{ki} – бинарное значение, которое свидетельствует о наличии либо отсутствии *i*-ого типа мутации у *k*-го пациента.

Аналогичным образом преобразуются в битовую строку значения тех признаков ε_{kl} , мощность диапазона значений которых больше двух. Длина битовой строки равняется количеству возможных значений для данного признака. Те признаки ε_{kl} , мощность диапазона значений которых равна двум, остаются неизменными.

Таким образом, исходная матрица «объект-признак» (2) преобразуется в бинарную матрицу «объект-признак»:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1D} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & \dots & a_{kj} & \dots & a_{kD} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & \dots & a_{Nj} & \dots & a_{ND} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где a_{kj} – бинарное значение, которое свидетельствует о наличии либо отсутствии j -ого клинического проявления врожденной аниридии у k -го пациента; D – количество бинарных признаков, соответствующих множеству клинических проявлений врожденной аниридии ($D \geq C$).

Для попарной оценки степени межатрибутивной зависимости типов мутаций и клинических проявлений врожденной аниридии строится следующая матрица:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1j} & \cdots & r_{1D} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & \cdots & r_{ij} & \cdots & r_{iD} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{L1} & \cdots & r_{Lj} & \cdots & r_{LD} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где r_{ij} – степень межатрибутивной зависимости i -го типа мутации и j -го клинического проявления врожденной аниридии.

Ниже приведено описание алгоритма построения (5).

Шаг 1. Для каждого i -ого типа мутации вычисляем оценку вероятности его встречаемости:

$$P(M_i) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N m_{ki} \quad (6)$$

Шаг 2. Аналогичным образом для каждого j -го клинического проявления врожденной аниридии вычисляем оценку вероятности его встречаемости:

$$P(A_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N a_{kj} \quad (7)$$

Шаг 3. Для каждой пары (i, j) вычисляем оценку вероятности обоюдной встречаемости и i -ого типа мутации, и j -го клинического проявления врожденной аниридии у пациентов по формуле:

$$P(M_i, A_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (m_{ki} * a_{kj}) \quad (8)$$

Шаг 4. Для каждой пары (i, j) находим степень межатрибутивной зависимости как отношение правдоподобия по следующей формуле:

$$r_{ij} = \frac{P(M_i, A_j)}{P(M_i) * P(A_j)} \quad (9)$$

Решение о наличии межатрибутивной зависимости принимается в случае превышения r_{ij} порогового значения, равного единице, согласно [3].

Результаты эксперимента

Для оценки эффективности работы предложенного в работе алгоритма использовалась выборка из 90 пациентов, состояние которых описывалось 1 из 8 типов мутации гена *PAX6*, а также набором из 21 клинического проявления врожденной аниридии. После преобразования исходной матрицы (2) к виду (4) было выделено 46 бинарных признаков, характеризующих пространство проявлений врожденной аниридии. Таким образом, на выходе была построена конечная матрица межатрибутивных зависимостей (5) размерностью 8×46 . В качестве эталонных значений были взяты результаты клинических исследований МНТК «Микрохирургия глаза», насчитывающие 87 достоверных пар. Эффективность оценивалась как отношение верно принятых решений к числу достоверных пар.

Эффективность алгоритма сравнивалась с результатами метода Фишера, а также с метода, описанного в [4]. Согласно проведенным исследованиям, эффективность предлагаемого алгоритма составила 82,76%, в то время как метод Фишера показал лишь 52,87%, а метод, описанный в [4], – 62,07%.

Список литературы

1. *Васильева, Т.А.* Клинико-молекулярно-генетические особенности врожденной аниридии / Т.А. Васильева, А.А. Воскресенская, В.В. Кадышев, Н.А. Поздеева, А.В. Марахонов, Р.А. Зинченко // Клиническая офтальмология. – 2018. – №1. – С. 7-12.
2. *Канев, О.К.* Нечеткая кластеризация многомерных объектов с учетом межатрибутивной корреляции / О.К. Канев // «Информационные системы и технологии (ИСТ-2018)»: материалы XXIV международной научно-технической конференции, Н. Новгород, 20 апреля 2018 г. – Н.Новгород: НГТУ. – 2018. – С. 982-987.
3. *Тюрин, Ю.Н. и др.* Теория вероятностей и статистика / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров, И.Р. Высоцкий, И.В. Яценко. – М.: МЦНМО: АО «Московские учебники», 2004. – 256 с.: ил.
4. *Ломакина, Л.С.* Статистические методы оценки межатрибутивной взаимосвязи для диагностирования в офтальмологии / Л.С. Ломакина, Д.В. Ломакин, О.К. Канев, А.А. Воскресенская // Информационные управляющие системы и технологии (ИУСТ-ОДЕССА-2018): материалы VII Международной научно-практической конференции, 17-18 сентября 2018 г., Одесса / под ред. В.В. Вичужанин. – Одесса, 2018. – С. 166-168.

05.13.00

И.А. Попов, С.М. Голяков канд. техн. наук, О.Д. Сухова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»,
экономический факультет,
кафедра информационных технологий в экономике и организации производства,
Иваново, Popov.Ivan.1396@yandex

КРИТИЧЕСКИЙ ПУТЬ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

Важнейшим условием в проектном управлении является составление план-графика выполнения работ. В работе приводятся основные свойства методологий Ганта и PERT, предлагаемых в качестве основы планирования и управления проектами.

Ключевые слова: планирование проектов, управление проектами, планирование процессов проектирования, планирование и учет, график Ганта, сетевое планирование, критический путь.

На сегодняшний день в области управления проектами являются актуальными проблемы применения и экономии наиболее важных ресурсов проектного предприятия в разработке и сопровождении ИТ и ИС. В этом направлении наиболее рациональным априори видится подход формирования оптимального плана выполнения проектных работ, который можно формировать на основе классических методов теории графов, СМО, систем СПУ и PERT. Каждый из методов имеет определенные достоинства и недостатки, широко освещенные в литературе. В наибольшей степени на основании анализа методов организации проектных работ, выполненных автором, выбраны системы СПУ и PERT (program evaluation and review technique), в которых СРМ реализован. В этих системах проект рассматривается как совокупность взаимосвязанных процессов (видов деятельности, работ), каждый из которых требует определенных временных и других ресурсов, и проводится анализ проекта для составления временных графиков распределения работ проекта по исполнителям. Основные этапы решения этих задач обобщенно можно представить следующим образом. На первом этапе определяются отдельные процессы, составляющие проект, их отношения предшествования и их длительность. Далее проект представляется в виде сети, показывающей отношения предшествования среди процессов, составляющих проект. На третьем этапе на основе построенной сети выполняются вычисления, в результате которых составляется временной график реализации проекта и критический путь (critical path method - СРМ), который позволяет определить наиболее проблемные участки проектных работ, определить загруженность персонала, выполняющего эти работы, обратить внимание на достоверность определения плановых сроков выполнения каждой работы на этом пути, а также выполнить анализ качества трудовых ресурсов, задействованных в этих работах. После анализа вычисленного критического пути (КП) проводятся организационно-технические работы по его минимизации и устранению. В случае устранения одного КП в графике появляется другой КП, который также подвергается модификации. Этот процесс продолжается до тех пор, пока может быть модифицирован текущий КП. На этом процесс планирования заканчивается, но может быть возобновлен в рамках диспетчеризации аналогично изложенному выше обобщенному алгоритму.

Методы СРМ и PERT, которые разрабатывались независимо друг от друга, отличаются тем, что в СРМ длительность каждого этапа проекта является детерминированной, тогда как в системе планирования PERT — стохастической, что в экономических условиях РФ и конкурентных позиций других игроков рынка в современных условиях наиболее предпочтителен в качестве гибкого инструментария реализации процесса управления проектными работами.

Типы методов составления расписаний [1]:

- последовательное составление – от первой к последней операции;
- обратное составление – от последней к первой операции.

Часто для этого применяют диаграммы Ганта, которые в инструментальном исполнении представляет собой доску Kanban. На основании анализа литературных источников [1, 2, 3] выявлены достоинства и недостатки этой технологии в организации проектирования:

- Преимуществом диаграммы Ганта является ее графическое представление. Бизнесмены стали хорошо знакомы с графическим представлением диаграммы Ганта проекта сроками и этапам, и им нравится то, что они могут четко выделить этапы проекта. Так как задачи часто представляют собой ряд различных цветовых полос, члены команды по управлению проектами могут определить свои задачи с первого взгляда.

- Диаграммы Ганта является хорошим презентационным инструментом, который показывает основные приоритеты проекта. Когда руководители проектов выделяют и распределяют каждый ресурс, вся команда узнает об этом и следует указаниям. Эта способность, чтобы проиллюстрировать этапы также является полезным инструментом для руководителей высшего звена, при подготовке отчетов о состоянии проекта.

- Недостатком диаграммы Ганта относится отсутствие возможности отражения взаимосвязи задач. Чтобы смягчить такие проблемы, менеджеры проектов могут проиллюстрировать ограничения, связанные с задачами, добавив вертикальные линии, но это временное решение, не предоставляющее достаточно информации о ключевых зависимостях, и это не позволяет менеджерам проектов проверять их. И, как следствие, нет возможности строить подграфы, с целью определения длительности проектного цикла и, главное – определения критического пути.

- Проекты не являются статичными: они постоянно меняются. Тем не менее, диаграмма Ганта не является гибкой, она не может учесть такие изменения. Руководители проектов должны оценить все, прежде чем они смогут построить график. Кроме того, диаграмма Ганта не может проиллюстрировать взаимосвязь событий.

Применяемые также сети Петри обладают значительно большими преимуществами и меньшим количеством недостатков:

Преимущества:

- возможность вычисления критического пути;
- наглядность при малых объемах;
- возможность отражения взаимосвязанных работ;
- возможность отслеживания и контроля взаимозависимостей и условий перехода;
- возможность отслеживания и контроля критического пути;
- наличие ряда стандартных алгоритмов расчетов параметров сети (критический путь, начало-окончание события, раннее-позднее начало-окончание работы, раскрашивание подграф и др.).

Недостатки:

- ограниченное число событий/работ – сложно вводить и изменять зависимости;
- потеря наглядности при больших объемах;
- наличие большого количества работ и событий вызывает трудности анализ графа и требует применения специальных процедур (программ, спей калькуляторов и др.).

На основании изложенного, можно сделать вывод о том, что управление проектами на основе методологий PERT и СРМ позволяет значительно уменьшить количество ошибок в планировании процесса управления проектами в сравнении с подходом Ганта, рационализировать использование проектных ресурсов в процессе разработки ИС.

На основании анализа процесса выполнения проектных работ получен результат, а именно написан алгоритм ИС как основы автоматизации планирования работ на основе методики PERT. Управление работами на основе критического пути было доработано, с целью определения рационального решения путем нахождения минимально-допустимого

критического пути по предлагаемому авторами алгоритму. В нем весь проект описан как временной оргграф, на котором определяется множество критических путей, среди которых выбирается один и посредством его перерасчета получаем новое множество, в котором выбирается новый путь. В случае отсутствия нового множества критических путей процедура считается законченной.

Список литературы

1. Зуб, А. Т. Управление проектами : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Т. Зуб. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 422 с.
2. Денисенко В. И. Управление проектами : учеб. пособие / В. И. Денисенко [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. И. Денисенко, д-ра экон. наук, проф. Н. М. Филимоновой ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2015. – 108 с.
3. Балашов, А. И. Управление проектами: учебник для бакалавров / А. И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко; под ред. Е. М. Роговой. – М. : Издательство Юрайт, 2013. – 383 с.

05.13.00

Д.В. Соколов, А.Г. Горюнов д-р техн. наук

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
инженерная школа ядерных технологий,
кафедра электроники и автоматики физических установок,
Томск, sokolov092012@mail.ru

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫПАРНЫМ АППАРАТОМ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ

В работе синтезированы две системы управления выпарным аппаратом (ВА), позволяющие провести предварительные испытания объекта по каналам управления. Системы отличаются алгоритмами и включают в себя блокировки необходимые для протекания процесса выпарки ОЯТ.

Ключевые слова: *Matlab/simulink, система управления, выпарка, модель.*

Целью работы является создание двух типов САУ ВА, способных реализовать алгоритмы управления ВА, с требуемым качеством и обеспечивающих устойчивую работу ВА в стационарных и переходных режимах работы, позволяющих контролировать протекание процесса по кратности выпарки ОЯТ и по концентрации.

Основываясь на исследованиях и модели [1], для создания САУ, в первую очередь, необходимо определить статические и динамические характеристики объекта управления (ОУ).

С целью линеаризации ОУ были проведены исследования переходных процессов по каналам: $Q_v \rightarrow \rho$; $Q_v \rightarrow h$. Переходные характеристики снимались в окрестности рабочей точки процесса, как при положительных, так и отрицательных скачках управляющего сигнала. Величина скачкообразного воздействия выбиралась максимальной из линейной области статической характеристики, соответствующего канала.

Аппроксимация полученных переходных характеристик осуществлялось с использованием приложения пакета MATLAB – System Identification.

Результаты вычислительных экспериментов по исследованиям переходных процессов на компьютерной модели ВА показали отсутствие запаздывания по рассматриваемым каналам. Передаточная функция $W_{Q_v, \rho}(s)$ ОУ по каналу $Q_v \rightarrow \rho$ в этом случае будет иметь следующий вид:

$$W_{Q_v, \rho}(s) = \frac{K_{Q_v, \rho}}{T_{Q_v, \rho}s + 1}, \quad (1)$$

Аналогичный вид (1) функции будет иметь и канал $Q_v \rightarrow h$.

Параметры настройки ПИ-регуляторов рассчитывались с использованием программного комплекса Simulink Cont-Design PID Tuner.

Для исследования САУ выпарным аппаратом были проведены серии вычислительных экспериментов на синтезированных моделях САУ с реализацией ПИ-регуляторов и релейных регуляторов в программной среде MATLAB/Simulink (рисунок 1–2).

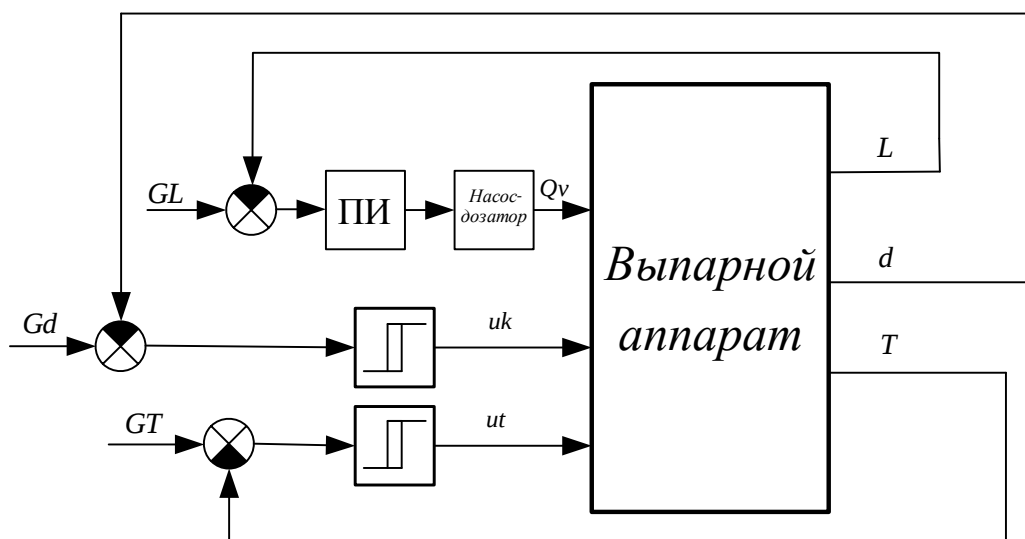


Рис. 1. САУ ВА № 1 (по концентрации)

САУ ВА №1 включает в себя основные три контура управления, или же три системы автоматического регулирования (САР): САР плотности, посредством релейного управления состоянием выпускного клапана кубового раствора; САР уровня раствора в аппарате, посредством ПИ-регулятора; САР температуры раствора в аппарате посредством релейного управления состоянием нагревателя.

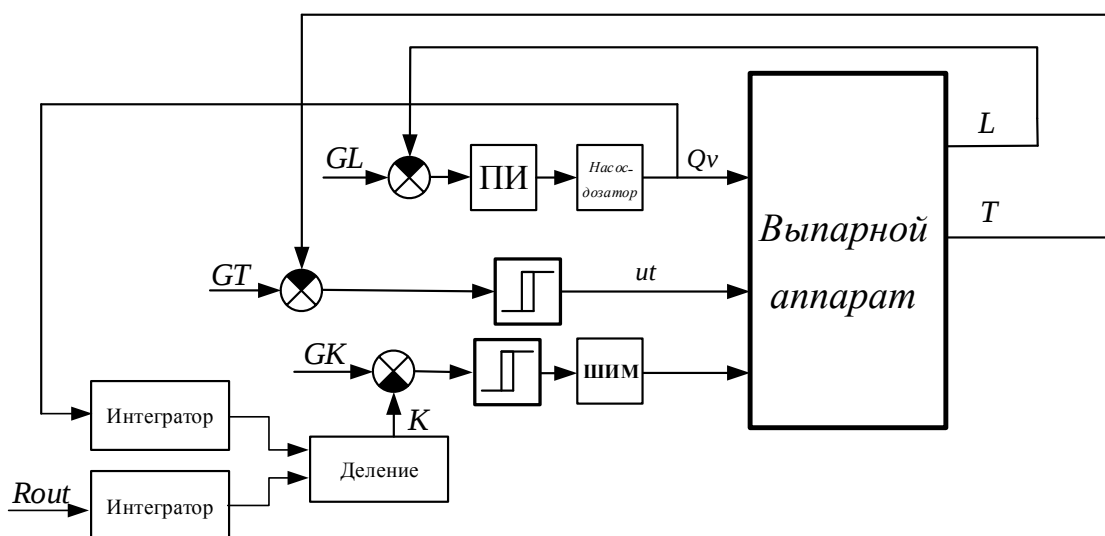


Рис. 2. САУ ВА № 2 (по кратности)

САУ ВА № 2 включает в себя контур стабилизации заданной кратности выпарки посредством релейного управления состоянием выпускного клапана кубового раствора. Также в обеих САУ, для полноты алгоритма предусматривались следующие блокировки:

- 1) Блокировка по температуре протекания процесса: при повышении температуры медной вставки греющей камеры больше допустимого значения запрещается включение тэна;
- 2) Блокировка по уровню раствора в аппарате: если уровень раствора ниже допустимого значения, запрещается открывать опорожняющий клапан во время работы ВА.

Для исследования САУ ВА были проведены серии вычислительных экспериментов на синтезированных моделях с реализацией в программной среде MATLAB/Simulink (рисунки 3-4).

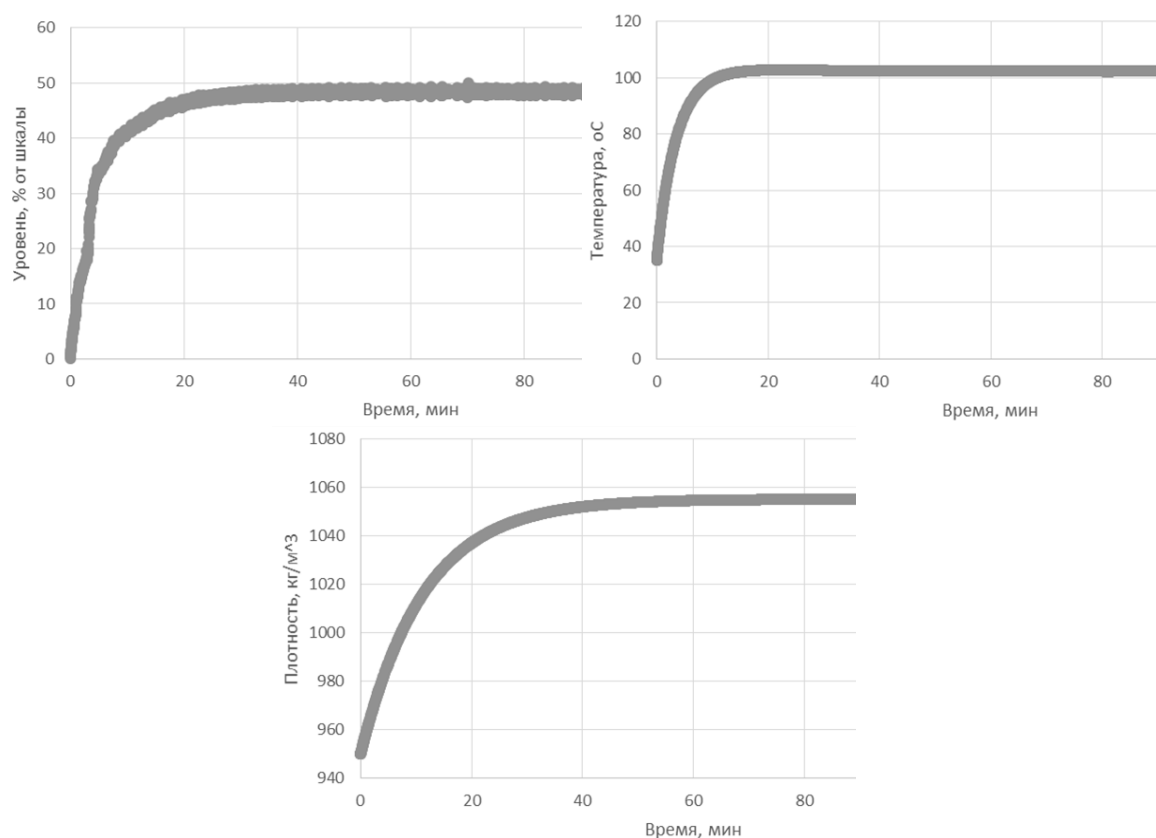


Рис. 3. Переходные процессы САУ ВА № 1

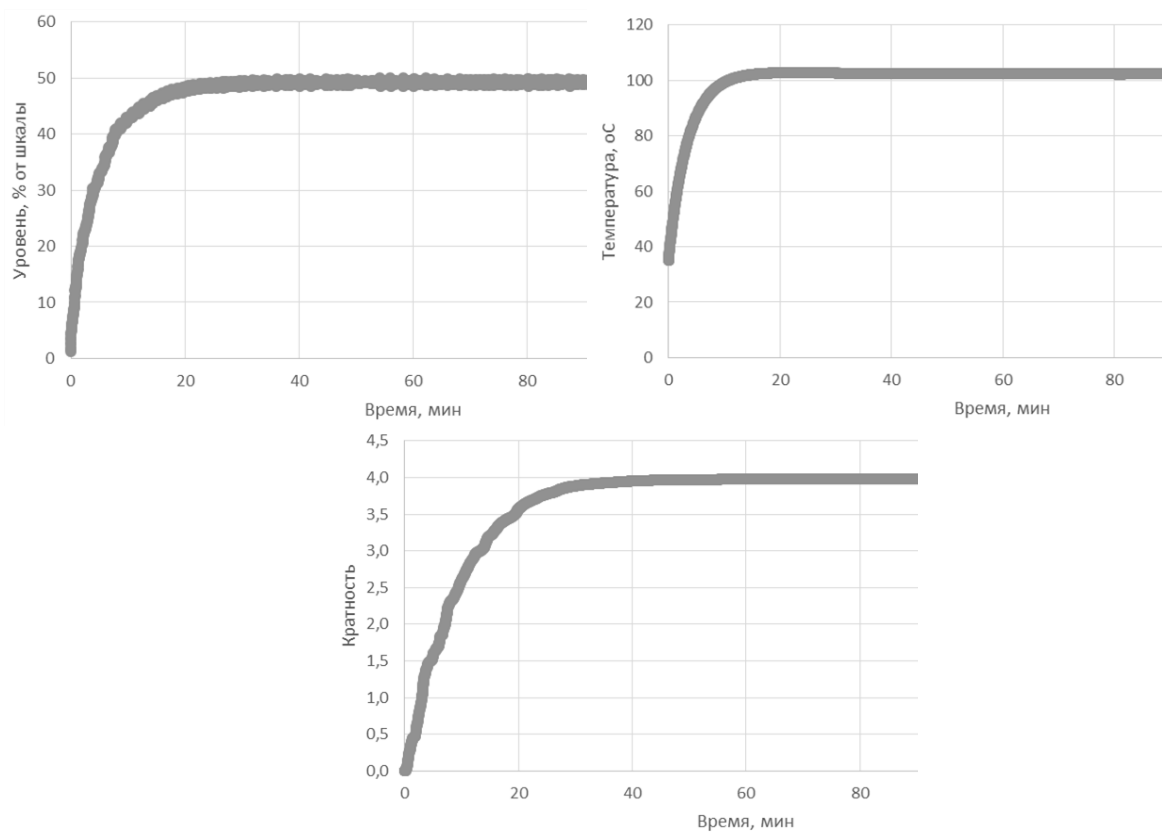


Рис. 4. Переходные процессы САУ ВА № 2

В результате исследований переходных процессов были рассчитаны основные показатели качества управления в частности время регулирования, представленное в таблице 1.

Таблица 1 – Прямые показатели качества САУ

Параметр	Время регулирования, мин. САУ № 1	Время регулирования, мин. САУ № 2
Плотность	45	-
Температура	18	16
Уровень	30	28
Кратность	-	38

Исследование переходных процессов показывает, что если главной задачей регулирования аппарата является поддержание постоянной концентрации раствора на выходе из аппарата, то лучшее качество регулирования обеспечивается, если в качестве регулирующего воздействия, по плотности/концентрации, выбрано изменение расхода жидкости на входе.

При программном управлении ВА необходимо учитывать взаимосвязь управляющих каналов по уровню и плотности [2]. Так, если добиваться максимального быстрого действия системы по каналу плотности/концентрации, локальный контур управления по уровню не сможет удержать его на заданном значении. В этом случае возможны значительные отклонения уровня, что может привести к техническим повреждениям аппарата. С другой стороны, если необходимо обеспечить максимальное быстрое действие системы по достижению требуемого уровня, в системе будут наблюдаться отклонения по плотности/концентрации раствора в аппарате. При непрерывной работе выпарной установки, участвующей в сложном технологическом процессе, это может отрицательно повлиять на качество конечного продукта. Поэтому при проектировании системы управления ВА, необходимо соблюдать компромисс между быстрым действием системы и максимально возможными отклонениями основных технологических переменных.

«САУ ВА № 1» может быть рекомендована для проведения экспериментов с целью определения оптимального значения уровня раствора в аппарате, обеспечивающего лучшую циркуляцию раствора при изменении технологических переменных в регламентных границах.

«САУ ВА № 2» может быть рекомендована для конкретных процессов, а именно выпарки рафинатов разной кратности, в связи с малой чувствительностью системы к изменению плотности продукта.

С учетом технологических особенностей ВА, синтезированные САУ можно модернизировать, и в дальнейшем применять для экспериментов по созданию универсальной, возможно адаптивной САУ.

Список литературы

- 1 Соколов Д.В. Моделирование процесса выпарки уран-плутониевой лигатуры // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 4. С. 185-188.
- 2 A. V. Kuzmina. Automatic Control System of the Evaporator in the Technology of Spent Nuclear Fuel Processing // Chemical Engineering Transactions. 2017. Vol. 61. С. 1441-1446.

05.13.01

А.М. Станкевич

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
аэрокосмический факультет,
кафедра прикладной информатики,
Москва, stan@inmas.ru

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ РАБОТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ (ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА)

В статье представлен анализ информации, на основании которой выполняется планирование работ, связанных с техническим обслуживанием воздушных судов. Рассматриваются возможности группировки этих работ. На основании этого приводится общая постановка задачи, связанной с эффективным использованием нормативного резерва времени на выполнение этих работ, регламентируемого организационной документацией эксплуатанта.

Ключевые слова: *планирование технического обслуживания и ремонта, авиационная техника, эксплуатационно-техническая документация, резерв времени на выполнение работ.*

В соответствии с [1], документом «Информация для планирования технического обслуживания» (ИПТО) определяется множество регламентных работ, связанных с техническим обслуживанием (ТО) воздушных судов (ВС). Каждой из работ приписана периодичность её выполнения, которая определяет крайний срок выполнения работы. В общем случае, работа может быть выполнена раньше данного срока, но никак не позже. Например, для определённого типа ВС могут выделяться следующие целевые периодичности планового ТО функциональных систем и силовой установки:

- минимальная кратность — 750 часов налёта, 100 дней и им кратные;
- базовая кратность — 7500 часов налёта, 6000 полётов, 24 месяца и им кратные.

Периодичность большей части плановых работ ТОиР, отражённых в ИПТО, подчиняется указанным правилам. Есть и такие работы, периодичность которых не кратна указанным целевым интервалам. Выполнение таких работ может быть приурочено к выполнению ближайших работ целевой периодичности.

Как правило, в рамках отдельного события ТО выполняется не одна, а несколько работ.

Одной из возможностей уменьшения времени выполнения работ является группировка работ ТО в рамках одного события ТО таким образом, чтобы в этой группе содержались работы имеющие одинаковую периодичность и одинаковые подготовительно-заключительные работы.

Группа работ, имеющих одну и ту же периодичность, может быть разбита на ряд подгрупп, каждая из которых отличается значением интервала, в рамках которого работы этой группы могут быть выполнены первый раз, а затем будут выполняться с нормативной периодичностью. Например, если имеется группа из 30 работ, периодичность выполнения которых равна 2250 лётных часов, то эта группа может быть разбита на три подгруппы в зависимости от значения интервала, в рамках которого работа будет выполнена первый раз:

1. 750 лётных часов — 10 работ (обозначим эту группу как ГР750).
2. 1500 лётных часов — следующие 10 работ (ГР1500).
3. 2250 лётных часов — оставшиеся 10 работ (ГР2250).

В приведённом примере получается, что к работам, выполняемым с периодичностью 750 лётных часов, могут добавляться работы, выполняемые с периодичностью 2250 лётных часов в указанной выше последовательности. При первом выполнении работ, имеющих

периодичность 750 лётных часов, к этим работам будут добавлены работы группы ГР750, при втором выполнении ним добавляются работы группы ГР1500, при третьем — работы группы ГР2250. Затем этот цикл повторяется.

В результате, появляется возможность подстраивать выполнение работ ТОиР под расписание. Расписание полётов, помимо рейсов, отражает множество временных интервалов, когда ВС будет находиться на земле. Собственно эти интервалы и соответствуют событиям ТО. Возникает задача формирования пакетов работ, приуроченных к событиям ТО. Решений такой задачи может быть множество, соответственно должен быть выбран критерий определения предпочтительного решения. В качестве такого критерия, как было сказано выше, может использоваться критерий равной трудоёмкости выполняемых в рамках события ТО работ на заданном горизонте планирования.

Предположим, что на заданном горизонте планирования решена задача расстановки бортов на рейсы. Тогда, для каждого ВС известны возможные события ТО.

Планирование ТО заключается в постоянном выделении групп работ, которые должны быть выполнены в рамках ближайших событий ТО. При таком оперативном формировании групп работ возможно достаточно гибко реагировать на изменение ситуации (например, задержки ВС, что ведёт к пересмотру расстановки бортов на рейсы и, как следствие, изменение событий ТО для ВС). Изменился график событий ТО — формируются новые комбинации групп работ.

При таком подходе, каждому ВС будут приписаны свои отслеживаемые группы работ. Причём, эта информация содержит не только информацию о продолжительности выполнения работ, но и информацию о плановых потребностях в ресурсах, как людских (необходимость использования техников той или иной специальности и квалификации), так и материальных (расходные материалы, инструмент и приспособления, агрегаты (компоненты), а также, потребности в ресурсах ангарного и перроного комплексов.

Например, если к первоочередному выполнению была запланирована работа W_i , для выполнения которой необходим был некоторый ресурс R_i , а за ней должна была выполняться работа W_j , для которой необходим ресурс R_j , но на момент времени выполнения работы W_i ресурса R_i нет в наличии, а ресурс R_j есть, то пакет работ оперативно изменяется — в первую очередь выполняется работа W_j , а выполнение работы W_i ожидает следующего события ТО, в рамках которого необходимый для её выполнения ресурс будет доступен. Такое изменение пакета работ возможно при условии, что передвинутая назад работа W_i не превысит в результате остаток своего ресурса до начала её выполнения.

При планировании работ ТОиР также должно учитываться возможное появление внеплановых работ, связанных с устранением неисправностей, выполнением требований сервисных бюллетеней (СБ) или директив лётной годности (ДЛГ) и т.п. В связи с этим, при планировании работ ТО, добавляется резервное время на выполнение таких работ. Например, в соответствии с организационной документацией эксплуатанта, могут быть установлены следующие разрывы времени:

- на устранение неисправностей — 30% от времени выполнения плановых (регламентных) работ;
- на выполнение работ, связанных с исполнением требований СБ/ДЛГ — 50% от времени выполнения плановых работ.

Получается, что при длительности выполнения плановых работ ТО, равной, например, 9 часов, к этой длительности будет добавлено ещё 3 часа на устранение возможных неисправностей (которых, в действительности, может и не быть) и 4,5 часа на исполнение возможных СБ/ДЛГ (которых также может не быть). В результате, плановая длительность такого события ТО будет равна 16,5 часов.

Планирование событий ТО выполняется заранее и на момент планирования неизвестно, появятся ли к фактическому моменту начала события ТО неисправности или работы, связанные с исполнением СБ/ДЛГ.

В результате, к фактическому началу события ТО может быть образован неиспользуемый запас времени, в связи с тем, что фактическое время, необходимое на исполнение СБ/ДЛГ и устранение обнаруженных неисправностей, может оказаться меньше, чем плановое резервное время.

Поскольку ВС и так остановлено для выполнения работ, связанных с событием ТО, то это неиспользованное время могло бы быть заполнено работами, ожидающими выполнения в будущем. К таким работам могут относиться работы по устранению отложенных неисправностей, плановые работы, периодичность которых не кратна целевой периодичности, и подобные им работы, выполнение которых изначально не планировалось в рамках данного события ТО.

Более того, в рамках события ТО может быть выполнена и часть работ, относящихся к одной из последующих форм ТО, что, в свою очередь, может дать резерв времени для события ТО, которое планируется под эту последующую форму. Возможность выполнения заранее работ из определённой формы ТО не противоречит ИПТО, так как, данный документ не регламентирует, в рамках какой именно формы ТО должна быть выполнена работа, а регламентирует только «предельную» периодичность выполнения работы.

В результате, возникает задача эффективного использования резервного времени, связанного с событием ТО, посредством включения в событие ТО оптимальной комбинации работ, ожидающих своего выполнения в будущем.

Решение задачи в такой общей постановке является достаточно проблематичным. В связи с этим предлагается, в первую очередь, формализовать задачу формирования пакетов работ с учётом того, что плановые работы, относящиеся к форме ТО, назначаются событию ТО статически, то есть, не могут быть перераспределены, а перераспределению подлежат внеплановые работы, а также, регламентные работы, периодичность выполнения которых не совпадает с целевой периодичностью.

Список литературы

1. ГОСТ 18675-2012. Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия на неё. М.: Стандартиформ, 2013.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTSВ.С. Минкин, Т.Ю. Старостина, Р.Х. Шагимуллин
СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СЕТОК С
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СПЕКТРОВ ЯМР

Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс (ЯМР), полисульфидный олигомер (ПСО), параметры спектров ЯМР. В работе представлены экспериментальные результаты по влиянию различных вулканизирующих агентов на отверждение полисульфидных олигомеров и на параметры спектров ЯМР данных олигомеров.

V.S. Minkin, T.Yu. Starostina, R.Kh. Shagimullin
CONNECTION OF PARAMETERS OF VOLCANIZATION
NETS WITH THE CHARACTERISTICS OF THE NMR
SPECTRA

Keywords: nuclear magnetic resonance (NMR), polysulfide oligomer (PSO), parameters of NMR spectra. The paper presents experimental results on the effect of various vulcanizing agents on the curing of polysulfide oligomers and on the parameters of the NMR spectra of these oligomers

М.П. Овчинцев
К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ
ПРОИЗВОДНЫХ ОТ ФУНКЦИЙ КЛАССА ХАРДИ ПО ИХ
ЗНАЧЕНИЯМ В КОНЕЧНОМ ЧИСЛЕ ТОЧЕК

Ключевые слова: пространство Харди, наилучший метод, погрешность наилучшего метода, экстремальная функция, линейный наилучший метод, коэффициенты линейного наилучшего метода.

В работе находится линейный наилучший метод приближения значений производной от функции из класса Харди, заданной в единичном круге в некоторой определенной точке по информации о значениях функции в этой точке, а также значениях функции в конечном числе других заданных различных точках. Статья разбита на три раздела. В первом (введение) приводятся некоторые результаты из работы К.Ю.Осипенко, а также из работы С.Я.Хавинсона. Во втором – определяется погрешность наилучшего метода и выписывается соответствующая экстремальная функция. В третьем разделе доказывается единственность линейного наилучшего метода и вычисляются его коэффициенты.

M.P. Ovchintsev
ON THE OPTIMAL RECOVERY OF DERIVATIVES OF
THE FUNCTION OF THE HARDY CLASSES FROM
THEIR VALUES AT FINITE NUMBER OF POINTS

Keywords: Hardy space, best method, best method error, extreme function, linear best method, coefficients of the linear best method.

In this paper we find a linear best method of approximating the values of the derivative of a function from the Hardy class defined in the unit disk at some definite point from information on the values of the function at this point, as well as the values of the function at a finite number of other given different points. The article is divided into three sections. In the first (introduction) some results are given from the work of K. Yu. Osipenko, as well as from the work of S. Ya. Havinson. In the second, the error of the best method is determined and the corresponding extremal function is written out. In the third section we prove the uniqueness of the linear best method and calculate its coefficients.

В.Д. Петелина
МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ МАЖОРАНТНЫХ ОЦЕНОК
ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТИ СХОДИМОСТИ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

Ключевые слова: система дифференциальных уравнений возмущенного движения тела, регуляризирующая независимая переменная, возмущение, многочлен, приближение.

В настоящей работе рассматривается вопрос о сходимости последовательных приближений, представляющих решение системы дифференциальных уравнений возмущенного движения тела с помощью построения мажорирующего линейного дифференциального уравнения. Задача состоит в том, чтобы определить в какой области используемых переменных эти последовательные приближения сходятся и дать оценку насколько будет велика ошибка, если взять конечное число приближений. Построен метод нахождения мажорантных оценок функций, необходимых для определения области сходимости последовательных приближений.

V.D. Petelina
METHOD FOR FINDING MAJORANT FUNCTION
ESTIMATES REQUIRED TO DETERMINE SUCCESSIVE
APPROXIMATIONS CONVERGENCE DOMAIN

Keywords: system of differential equations of perturbed movement, regularizing an independent variable, perturbation, polynomial, approximation.

This paper deals with convergence of successive approximations, which give a solution for perturbed body motion differential equations system through constructing a majorizing linear differential equation. The task is to determine the domain of used variables where these successive approximations converge and to estimate how large the error will be if we take a finite number of approximations. A method for finding majorant function estimates required to determine successive approximations convergence domain is constructed.

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов, О.В. Радайкин
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЫКОВ
ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО
ПРОФИЛЯ ПРИ ТРЕХТОЧЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Ключевые слова: математическое моделирование, тест-образец, трехточечный изгиб, тонкостенный стержень-оболочка.

Рассмотрены 3 варианта стыков сопряжения тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля, которые ранее были изготовлены и испытаны в лабораторных условиях. В данной работе стыки были рассчитаны в программном комплексе «ANSYS» с применением численного метода конечных элементов. Целью этого явилась проверка возможности автоматизированного моделирования НДС стыков с применением известных положений теории пластичности, что позволило бы решить задачу об оптимизации этих стыков.

L.S. Sabitov, N.F. Khashapov, I.K. Kiyamov, O.V. Radaykin
MATHEMATICAL MODELING OF JOINTS OF THIN-
WALLED BEAMS-SHELLS OF A CLOSED PROFILE
WHEN IMPACTED IN A THREE POINT BENDING

Keywords: mathematical modeling, test sample, three-point bending, thin-walled core-shell.

3 variants of interfaces of thin-walled cores-shells of the closed profile which were earlier made and tested in laboratory conditions are considered. In this paper, the joints were calculated in the ANSYS software package using the numerical finite element method. The purpose of this was to test the possibility of automated modeling of VAT joints using the known provisions of the theory of plasticity, which would solve the problem of optimization of these joints.

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов, Ю.М. Стрелков
ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД
ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ (НДС) ТЕСТ-ОБРАЗЦА «ОПОРА-
ФУНДАМЕНТ-ГРУНТ»

Ключевые слова: тест-образец, теоретико-экспериментальный метод, система «опора-фундамент-грунт», математическое моделирование.

Для анализа совместной работы фундамента нового типа и высотного сооружения, а также оценки возможности использования сборно-разборного фундамента, состоящего из полых ячеек, соединяемых между собой болтами и заполняемых балластом, для высотного сооружения в виде опорно-стоечных конструкций было проведено изготовление тест-образца «опора-фундамент-грунт» ее математическое и численное моделирование, а также испытание натурного образца нагрузками, соответствующими реальным схемам его нагружения.

А.И. Городов, Н.А. Шаповалов
КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СМЕСИ
АНИОННЫХ И КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ
Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, АПАВ,

КПАВ, флотация, нефелин, смачивание, флокуляция, седиментация.

Изучено влияние АПАВ, КПАВ и их смеси на смачивание минеральных поверхностей, электрокинетический потенциал и агрегативную устойчивость минеральной суспензии. На основании проведенных исследований обоснована перспективность использования смеси катионных и анионных поверхностно-активных веществ в качестве собирателей для обратной флотации нефелина.

В.Ю. Долуда, Н.В. Лакина, Р.В. Бровко, С.П. Михайлов
КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ 1,1' – БИЦИКЛОПРОПАНА
КОНДЕНСАЦИЕЙ 1,3-БУТАДИЕНА И ДИМЕТИЛОВОГО
ЭФИРА НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕОЛИТА H-ZSM-5

Ключевые слова: диметиловый эфир, 1,3-бутадиен, цеолит, H-ZSM-5, углеводороды, 1,1'-бициклопропан.

В статье приведены результаты исследования процесса синтеза 1,1'-бициклопропана в трубчатом реакторе путем конденсации 1,3 – бутадиена и диметилового эфира. Реакция конденсации проходила на поверхности цеолита H-ZSM-5 находящегося в реакторе. Исследование процесса синтеза 1,1'-бициклопропана в углеводороды проводилась при скорости подачи диметилового эфира $1 \text{ g}(\text{CH}_3\text{OCH}_3)/\text{g}(\text{Cat})\text{ч}$ и скорости подачи 1,3 – бутадиена $1 \text{ g}(\text{C}_4\text{H}_6)/\text{g}(\text{Cat})\text{ч}$, при температуре от 150 до 300°C, при этом концентрация образовавшегося 1,1'-бициклопропана в потоке составляла 1.5-4 мас. %.

Г.Е. Кокиева, А.И. Павлова
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННАЯ
ДОБАВКА ДЛЯ ВСКАРМЛИВАНИЯ ЖИВОТНЫМ

Ключевые слова: профилактика заболеваний, фармакологическое действие, физиологические процессы, питание.

Качество корма и характер кормления оказывают непосредственное влияние на пищеварительную систему животных, рост и развитие молодняка, воспроизводство и совершенствование пород и типов животных. Установлено, что нельзя создать высокопродуктивные породы животных или сохранить ценные качества животных без правильного полноценного кормления. Чтобы целенаправленно использовать в практике животноводства такое могущее средство воздействия на животных, как кормление, необходимо знать химический состав кормов и физиологическое значение всех питательных веществ, содержащихся в них.

L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.K. Kiyamov, Yu.M. Strelkov
THEORETICAL-EXPERIMENTAL METHOD FOR
DETERMINING STRESSED-DEFORMED CONDITION
TEST-SAMPLE «SUPPORT-FOUNDATION-SOIL»

Keywords: test sample, theoretical and experimental method, system "support-Foundation-ground", mathematical modeling. To analyze the joint operation of the foundation of a new type and high-rise structure, as well as assessing the possibility of using a collapsible basement consisting of hollow cells connected with bolts and filled with ballast, a high-rise structure in the form of support-rack structures was carried out support-foundation-soil "its mathematical and numerical modeling, as well as the testing of a full-scale sample with its loads, corresponding to real schemes of its loading.

A.I. Gorodov, N.A. Shapovalov
THE COLLOID-CHEMICAL IMPACT OF A
COMPOSITION OF ANIONIC AND CATIONIC
SURFACTANTS ON MINERAL PARTICLES

Keywords: surfactants; anionic surfactants, cationic surfactants, flotation, nepheline, flocculation, sedimentation. The influence of cationic and anionic surfactants and their mixtures on wetting of mineral surfaces, electrokinetic potential and aggregate stability of mineral suspension was studied. On the basis of the conducted research the prospects of using a mixture of cationic and anionic surfactants as collectors for the flotation of nepheline.

V.Yu. Doluda, N.V. Lakina, R.V. Brovko, C.P. Mikhailov
CATALYTIC SYNTHESIS OF 1,1' – BYCICLOPROPENE
BY 1,3 – BUTADIENE AND DIMETHYLETHER
CONDENSATION OVER H-ZSM-5 ZEOLITE SURFACE
Keywords: dimethyl ether, zeolite, H-ZSM-5, 1,3-butadiene,

hydrocarbons, triangulanes, 1,1' - bycyclopropene. The article presents the results of 1,1'-bicyclopropane synthesis in a tubular reactor by the condensation of 1,3-butadiene and dimethyl ether. The condensation reaction took place on the surface of the zeolite H-ZSM-5 located in the reactor. The study of the synthesis of 1,1'-bicyclopropane into hydrocarbons was carried out at a feed rate of dimethyl ether of $1 \text{ g}(\text{CH}_3\text{OCH}_3)/\text{g}(\text{Cat})\text{ h}$ and a feed rate of 1.3 - butadiene $1 \text{ g}(\text{Hydrocarbon})/\text{g}(\text{Cat})\text{ h}$, at a temperature range 150 to 300°C. The concentration of 1,1'-bicyclopropane varies from 1.5 to 4 wt.% depending on reaction conditions.

G.E. Kokieva, A.I. Pavlova
TECHNOLOGY FOR PRODUCING ENVIRONMENTALLY
FRIENDLY PROTEIN-VITAMIN SUPPLEMENT FOR
ANIMAL FEEDING

Keywords: disease prevention, pharmacological action, physiological processes, nutrition. The quality of food and the nature of feeding have a direct effect on the digestive system of animals, the growth and development of young growth, reproduction and improvement of breeds and types of animals. It is established that it is impossible to create highly productive breeds of animals or to keep valuable qualities of animals without the correct high-grade feeding. To purposefully use in the practice of animal husbandry such a powerful means of influence on animals as feeding, it is necessary to know the chemical composition of feed and the physiological significance of all nutrients contained in them.

Г.Е. Кокиева, А.И. Павлова

ДОБАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОН ЖИВОТНЫМ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Ключевые слова: заболеваемость, кормление, добавка, технология, развитие, макроэлементы, рацион.

Продуктивность животных находится в полной зависимости от состояния в хозяйстве кормовой базы, то есть от способности обеспечить животных кормами с учетом их продуктивности и возраста. Корма играют решающую роль не только как основной источник продуктивности животных, но и в значительной степени характеризуют эффективность производства отрасли, так как более 50% затрат ложится именно на кормление. Технология может быть использована для уменьшения заболеваемости животных в зимний период кормления в условиях Крайнего Севера.

И.А. Савватеева, П.Н. Федорова

ПЕРЕРАБОТКА НАВОЗА ПУТЁМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

Ключевые слова: бактерии, переработка, навоз, оборудование, удобрение, микробный синтез, утилизация.

Переработка навоза является одной из решения задач в переработке сельскохозяйственной продукции. Процесс микробного синтеза состоит из различных технологических операций, основная масса из которых проходит при подводе кислорода. Кислород играет большую роль при производстве кормового белка, так как при его наличии происходит рост микробного белка и его интенсификация. Ферментатор является основным аппаратом любого микробиологического производства и в значительной степени определяет его экономическую эффективность.

Г.Е. Кокиева, П.Н. Федорова

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА ПУТЁМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

Ключевые слова: перемешивающее устройство, переработка, навоз, аппарат, удобрение, микробный синтез, принципиальная схема.

Анализ существующих аппаратов с механическими перемешивающими устройствами и их элементов показал многообразие конструкций, которые имеют достоинства и недостатки. Разработка оборудования новой конструктивной особенности дает возможность провести процесс микробного синтеза в экологически чистых условиях.

А.И. Павлова

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ШТАММА КОРМОВОГО БЕЛКА ОБЛАДАЮЩЕГО ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Ключевые слова: кормление, фармакологическое действие, кормовая ценность, вкусовая ценность, питание.

Обеспечение населения полноценными продуктами питания (молоком и мясом) в экономике любого региона занимает особое место и напрямую связано с развитием сельскохозяйственного (аграрного) производства, и в частности, промышленного животноводства. Преодоление кризиса в животноводстве северных территорий России зависит не только от сохранения и увеличения численности животных, но и от уровня заболевания животных в зимний период времени.

П.Н. Федорова, Т.А. Парникова

ДОБАВЛЕНИЯ В РАЦИОН РЫБАМ КОРМОВОГО БЕЛКА В ЦЕЛЯХ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ

Ключевые слова: заболевание рыб, рацион, лекарственные средства, дополнительные корма, пищевые потребности.

Основные причины, по которым у рыб в пруду могут начаться заболевания, провоцируются неправильными условиями содержания или кормления. Интенсивность выдачи кормов и их состав напрямую зависят от выращиваемых видов. Каждому

G.E. Kokieva, A.I. Pavlova

THE ADDITION OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES IN THE DIET OF ANIMALS TO REDUCE THE INCIDENCE IN THE WINTER IN THE FAR NORTH

Keywords: morbidity, feeding, additive, technology, development, macronutrients, diet.

The productivity of animals is fully dependent on the state of the economy feed base, that is, the ability to provide animal feed, taking into account their productivity and age. Feed plays a crucial role not only as the main source of animal productivity, but also to a large extent characterize the efficiency of the industry, as more than 50% of the cost falls on feeding. The technology can be used to reduce the incidence of animals in winter feeding in the Far North.

I.A. Savvateeva, P.N. Fedorova

THE PROCESSING OF MANURE BY MICROBIAL SYNTHESIS

Keywords: bacteria, processing, manure, equipment, fertilizer, microbial synthesis, utilization.

Manure processing is one of the tasks in the processing of agricultural products. The process of microbial synthesis consists of various technological operations, the bulk of which takes place during the supply of oxygen. Oxygen plays an important role in the production of feed protein, as in its presence is the growth of microbial protein and its intensification. The fermenter is the main apparatus of any microbiological production and largely determines its economic efficiency.

G.E. Kochieva, P.N. Fedorova

EQUIPMENT FOR PROCESSING MANURE BY MICROBIAL SYNTHESIS

Keywords: mixing device, processing, manure, apparatus, fertilizer, microbial synthesis, schematic diagram.

Analysis of existing devices with mechanical mixing devices and their elements showed a variety of designs that have advantages and disadvantages. Development of equipment of new design features makes it possible to carry out the process of microbial synthesis in environmentally friendly conditions.

A.I. Pavlova

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY TO CREATE A HIGHLY PRODUCTIVE STRAIN OF FEED PROTEIN WITH PHARMACOLOGICAL PROPERTIES IN THE FAR NORTH

Keywords: feeding, pharmacological action, feed value, taste value, nutrition.

Providing the population with adequate food (milk and meat) in the economy of any region occupies a special place and is directly related to the development of agricultural (agricultural) production, and in particular, industrial animal husbandry. Overcoming the crisis in animal husbandry in the Northern territories of Russia depends not only on the preservation and increase in the number of animals, but also on the level of animal disease in the winter.

P.N. Fedorova, T.A. Parnikova

ADD IN THE DIET OF FISH FEED PROTEIN IN THE PREVENTION OF MORBIDITY

Keywords: fish disease, diet, medicines, additional feed, food needs.

The main reasons why fish in the pond can start diseases are provoked by improper conditions of maintenance or feeding. The intensity of feed delivery and their composition depends on the species grown. Each variety of fish requires a certain

сорту рыбы требуется определенное количество белковых и энергетических продуктов, поэтому этот показатель нужно обязательно принимать в расчет при заготовке кормов.

Н.А. Абышев, А.В. Ключников, С.А. Терехова
АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ
ПРОГРАММЫ МАЯТНИКОВОГО СТЕНДА,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МССИХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ключевые слова: летательный аппарат, испытательный стенд, центр масс, момент инерции, компьютер, алгоритм, измерение.

Рассмотрена работа автоматизированной системы контроля массо-центровочных и инерционных характеристик длинномерных летательных аппаратов после изготовления и сборки. Система построена на базе стенда, реализующего метод астатического маятника, и средств вычислительной техники. Рабочая программа обеспечивает регистрацию и обработку экспериментальных данных, проведение математических расчётов, визуализацию процесса измерений, вывод на печать отчётных документов.

А.Н. Архипов, М.В. Волгина, А.А. Матушкин, Ю.А. Равикович,
Д.П. Холобцев

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ РОТОРА КНД С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
И ВЕСОВЫХ ДОПУСКОВ

Ключевые слова: Газотурбинный двигатель; вентилятор; компрессор низкого давления; ротор; метод конечных элементов; модель; напряженно-деформированное состояние; допуски; вероятностное моделирование.

Представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния в критической зоне ротора компрессора низкого давления газотурбинного двигателя при различных геометрических отклонениях и нагрузках от лопаток. Была проведена серия детерминированных 3D расчетов номинальной подмодели, скорректированных автоматически для каждого отклонения размера от номинального значения в сторону неблагоприятного (минимального или максимального) допуска или изменения удельного веса материала. Вероятностная оценка коэффициентов влияния допусков и напряжений показала, что при случайном (некоррелированном) разбросе допусков на геометрические размеры ротора и веса лопаток КНД с вероятностью разрушения 0,01% можно принять увеличение возможных максимальных напряжений (для номинальной модели) на ~6%.

М.Г. Бруйко, Л.С. Григорьева
ПЕРЕДВИЖНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Ключевые слова: низкотемпературная неравновесная плазма, очистка, водоподготовка, сточные воды, установка.

В работе представлены результаты изучения воздействия низкотемпературной неравновесной плазмы на подготовленные модельные растворы и пробы из муниципальной канализационной сети. Предложена разработка мобильного устройства для очистки воды на основе воздействия низкотемпературной неравновесной плазмы.

Т.И. Васильева, Г.А. Герасимова
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ
РАСЧЕТЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ
МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

Ключевые слова: блок-схема, математическое описание, перемещение, разработка алгоритма, промежуточные испытания.

Передача продукта от одного элемента к другому моделируется передачей информации о его параметрах и изменением состояний элементов. Обеспечение культур

amount of protein and energy products, so this figure must be taken into account when harvesting feed.

N.A. Abyshev, A.V. Klyuchnikov, S.A. Terekhova
FUNCTIONAL ALGORITHM OF COMPUTER'S
PROGRAMM OF PENDULUM STAND, WHICH IS
INTENDED FOR DEFINITION THE MASS-INERTIA
CHARACTERISTICS OF FLYING VEHICLES

Keywords: flying vehicle, testing stand, centre of masses, moment of inertia, computer, algorithm, measurement.

Functioning of computer-aided system, which is intended for definition the mass-inertia characteristics of long flying vehicles after their manufacture and assembly, is considered in the article. The system is based on testing stand, which realizes the method of non-static pendulum, and computing technique. Working program of the system executes registration and analysis of experimental information, putting of mathematical calculations, making a visualization of measurement process, turning out report documents on the printer.

A.N. Arkhipov, M.V. Volgina, A.A. Matushkin,
Yu.A. Ravikovich, D.P. Kholobtsev

MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE
LPC ROTOR TAKING INTO ACCOUNT GEOMETRICAL
AND WEIGHT TOLERANCES

Keywords: gas turbine engine; fan; low-pressure compressor; rotor; finite element method; model; stress-strain state; tolerances; probabilistic modelling.

The results of the stress-strain state calculation in the critical zone of the low-pressure compressor rotor of the gas turbine engine at different geometric deviations and loads from the blades are presented. A series of deterministic 3D calculations of nominal submodel corrected automatically for each size deviation from the nominal value in the direction of unfavorable (minimum or maximum) tolerance or change of specific weight of the material has been carried out. Probabilistic assessment of coefficients of influence of tolerances and stresses showed that random (uncorrelated) spread of tolerances on the geometric dimensions of the rotor and the weight of the blades with a probability of failure of 0.01% can lead to increase of the maximum possible stresses (for the nominal model) by ~6%.

M.G. Bruayko, L.S. Grigoryeva
WATER TREATMENT AND WASTEWATER
TREATMENT PLANT

Keywords: low-temperature nonequilibrium plasma, water treatment, purification, waste water, installation.

The paper presents the results of studying the effect of low-temperature plasma on prepared model solutions and samples from the municipal sewerage network. The development of a mobile device for water purification based on the action of a low-temperature nonequilibrium plasma is proposed.

T.I. Vasilyeva, G.A. Gerasimova
APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL IN
THE CALCULATION OF THE PRODUCTIVITY OF
MICROBIAL SYNTHESIS EQUIPMENT

Keywords: block diagram, mathematical description, movement, algorithm development, intermediate tests.

The transfer of a product from one element to another is modeled by passing information about its parameters and changing the States of the elements. Providing cultures of microorganisms with oxygen in industrial conditions is carried

микроорганизмов кислородом в промышленных условиях осуществляется пропусканием воздуха через культуральную жидкость с одновременным перемешиванием. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количество.

И.В. Гоголева, Л.А. Дарбасова, Г.А. Герасимова
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА

Ключевые слова: математическая модель, расчет, технологический режим, экспериментальная проверка.

Имея определенную математическую модель, адекватную протекающему процессу, можно изучить поведение исследуемой модели в различных режимах с помощью расчетов, не прибегая к проведению дополнительных экспериментов. Математическая модель позволяет достаточно быстро выбрать оптимальный технологический режим, который после экспериментальной проверки можно реализовать на практике.

К.Г. Горгоц
УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ
ИМПУЛЬСНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Ключевые слова: бесступенчатая импульсная передача, выпрямитель, колебания, реверсивность, силовой поток.

В работе представлены результаты разработки конструкции управляемого выпрямителя механических импульсных колебаний для бесступенчатой импульсной передачи. Предложенная конструкция обеспечивает реверсивность передачи и управляемый разрыв передаваемого силового потока, также позволяет повысить её коэффициент полезного действия и долговечность.

Л.А. Дарбасова, Т.И. Васильева
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ФЕРМЕНТАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ПРОЦЕССЕ
ПРОИЗВОДСТВА БВК

Ключевые слова: математическая модель, математическое описание, численный метод, масштабирование, ограничения.

При использовании математического моделирования разработчик должен прежде всего определить, как создать (получить, разработать) модель. Математическое описание является отражением физической сущности процесса со свойственными ему особенностями и ограничениями. Эти особенности и ограничения должны учитываться как при формулировании задачи, так и при составлении описания и выборе численного метода моделирования.

Ю.Ж. Дондоков, И.А. Бурцева, И.Б. Елтунова, В.В. Рабданова
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ИКТ

Ключевые слова: техника, оборудование, ИКТ, перемешивание среды, массообменная способность аппарата.

Использование ИКТ позволяет открыть широкий доступ к учебной, методической и научной информации, помимо этого, а также моделирование научной и исследовательской деятельности. Создание проектов объектов технологии (отдельные процессы, технологические стадии, линии) составляет другое направление инженерного проектирования – технологическое проектирование. Экспериментальные данные, полученные в процессе исследования обрабатываются при помощи ИКТ.

Ю.Ж. Дондоков, А.Г. Дранаева
МЕХАНИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ПРОГРАММЫ ВЫПУСКА БВК В УСЛОВИЯХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ключевые слова: белок, микробная масса, микробный синтез, культивирование, рост микроорганизмов.

Кормление занимает центральное место в технологическом

out by passing air through the culture liquid with simultaneous mixing. This method allows you to adjust the degree of aeration and take into account its amount.

I.V. Gogoleva, L.A. Garbuzova, G.A. Gerasimova
APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL IN
THE CALCULATION OF THE PRODUCTIVITY OF
MICROBIAL SYNTHESIS EQUIPMENT

Keywords: mathematical model, calculation, technological mode, experimental verification.

Having a certain mathematical model, adequate to the ongoing process, it is possible to study the behavior of the model under study in different modes by means of calculations, without resorting to additional experiments. The mathematical model allows you to quickly select the optimal technological mode, which after experimental testing can be implemented in practice.

K.G. Gorgots
CONTROLLED RECTIFIER MECHANICAL PULSE
VIBRATIONS

Keywords: stepless pulse transmission, rectifier, oscillations, reversibility, power flow.

The paper presents the results of the design of a controlled rectifier of mechanical pulse oscillations for a stepless pulse transmission. The proposed design provides reverse transmission and controlled rupture of the transmitted power flow, also allows to increase its efficiency and durability.

L.A. Garbuzova, T.I. Vasil'eva
A MATHEMATICAL MODEL OF THE PERFORMANCE
OF THE FERMENTER IN A CONTINUOUS PRODUCTION
PROCESS BVK

Keywords: mathematical model, mathematical description, numerical method, scaling, restrictions.

When using mathematical modeling, the developer must first determine how to create (obtain, develop) a model. Mathematical description is a reflection of the physical nature of the process with its inherent features and limitations. These features and limitations should be taken into account both in the formulation of the problem, and in the preparation of the description and the choice of the numerical method of modeling.

Z.Yu. Dondokov, I.A. Burchева, I.B. Eltunova, V.V. Rubanova
DATA PROCESSING EQUIPMENT EFFICIENCY BY
USING ICT

Keywords: machinery, equipment, ICT, stirring environment, mass transfer capacity of the apparatus.

The use of ICT allows for wide access to educational, methodological and scientific information, as well as modelling of scientific and research activities. Creation of projects of technology objects (separate processes, technological stages, lines) is another direction of engineering design – technological design. Experimental data obtained during the study are processed using ICT.

Z.Yu. Dondokov, A.G. Dranaeva
MECHANICAL – TECHNOLOGICAL JUSTIFICATION OF
THE PROGRAM OF ISSUE OF BVK IN THE CONDITIONS
OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Keywords: protein, microbial mass, microbial synthesis, cultivation, growth of microorganisms.

Mechanical and technological justification of the program of

процессе производства продуктов животноводства. В условиях интенсификации животноводства и перевода его на промышленную основу повышается роль полноценного кормления, которое обеспечивает получение продукции высокого качества при снижении затрат корма.

В.П. Друзянова, Г.И. Гао, Н.И. Кондакова
ВЫВОД КРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Ключевые слова: диаметр, производительность, вращение, скорость, перемешивание, мешалка, радиус мешалки.

С целью вывода критериальной зависимости определения производительности ферментатора от определяющих параметров были рассмотрены серии опытов. Эффективность перемешивающего устройства характеризует качество проведения процесса перемешивания и может быть выражена по-разному в зависимости от цели перемешивания.

В.А. Иванов, И.А. Мутугуллина
ОБ ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА
ПРИ ПУЗЫРЬКОВОМ КИПЕНИИ ЖИДКОСТИ

Ключевые слова: поверхностное кипение, плотность центров парообразования, коэффициент теплопередачи, плотность теплового потока.

Существует несколько физических концепций, объясняющих интенсификацию теплопередачи при кипении. Предполагается простая физическая модель, объясняющая рост сдвиговых напряжений распространением «волн вязкости», вызванных прохождением пузырьков пара через пристеночный слой. Суть модели в комбинации двух схем: схемы микроструй Кутателадзе-Леонтьева-Кирдяшкина [1] и схемы сдвиговых напряжений (модель шероховатости, модель мольного обмена и др.) Предложена формула, устанавливающая зависимость между коэффициентом теплопередачи и плотностью теплового потока при пузырьковом кипении воды при умеренных гидродинамических параметрах, которая подтверждается экспериментальными материалами физики кипения. Это в свою очередь служит в качестве верификации предложенной модели.

И.В. Ивенина, Ю.Г. Смирнов, А.А. Лютоев
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ
ИЗ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ ПРИ ПОМОЩИ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Ключевые слова: очистка воды от нефти, водонефтяная эмульсия, наночастицы магнетита.

В работе рассмотрен метод очистки промышленных сточных вод нефтяных месторождений от эмульгированной нефти при помощи наночастиц магнетита и силового воздействия магнитного поля. Приведены результаты экспериментальных исследований, позволяющих оценить эффективности метода. Установлена зависимость между полнотой извлечения нефти данным методом, ее химическим составом и относительным количеством магнетита, используемого для очистки воды.

Е.Н. Ильина
ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ГОВЯДИНЫ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО СОСТАВА
КОРМОВ

Ключевые слова: кормление скота, биологически активная добавка, растительные корма, продуктивность, поедаемость. Освоение прогрессивной технологии животноводства на промышленной основе включает в себя наряду с рациональным использованием имеющихся кормов и производство новых видов, а также совершенствование техники кормления скота.

production of BVK in the conditions of agricultural enterprises The Yakut state agricultural Academy Feeding is Central to the technological process of livestock production. In the conditions of intensification of animal husbandry and its transfer to an industrial basis, the role of full-fledged feeding increases, which ensures the production of high quality products while reducing feed costs.

V.P. Druzyanov, G.I. Gao, N.I. Kondakova
THE WITHDRAWAL CRITERION BASED ON THE
DEFINITION OF PERFORMANCE

Keywords: diameter, capacity, rotation speed, mixing stirrer, stirrers radius.

With the aim of introducing a criterion based on determining the productivity of the fermenter from the governing parameters have been considered series of experiments. The efficiency of the mixing device characterizes the quality of the mixing process and can be expressed in different ways depending on the purpose of mixing.

V.A. Ivanov, I.A. Mutugullina
ABOUT A PHYSICAL MODEL OF HEAT TRANSFER
WHEN NUCLEATE BOILING OF THE LIQUID

Keywords: surface boiling, the density of centers of vaporization, the heat transfer coefficient, heat flux density.

There are several physical concepts that explain the intensification of heat transfer in boiling. A simple physical model is proposed to explain the growth of shear stresses by the propagation of "viscosity waves" caused by the passage of vapor bubbles through the wall layer. The essence of the model is in the combination of two schemes: the schemes of Kutateladze-Leontiev-Kirdyashkin microstructures [1] and the schemes of shear stresses (roughness model, molar exchange model, etc.). a formula is Proposed that establishes a relationship between the heat transfer coefficient and the heat flux density at bubble boiling water at moderate hydrodynamic parameters, which is confirmed by experimental materials of boiling physics. This in turn serves as a verification of the proposed model.

I.V. Ivenina, Yu.G. Smirnov, A.A. Lyutoev
INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF EXTRACTION OF
OIL FROM WATER-OIL EMULSION WITH THE HELP OF
FERROMAGNETIC NANOPARTICLES

Keywords: water purification from oil, water-oil emulsion, magnetite nanoparticles.

The method of cleaning commercial oilfields from emulsified oil with the help of magnetite nanoparticles and the magnetic field force is considered. The results of experimental studies allowing to evaluate the effectiveness of the method are presented. A relationship has been established between the completeness of oil extraction by this method, its chemical composition and the relative amount of magnetite used for water purification.

E.N. Ilyina
THE DEPENDENCE OF THE PERFORMANCE LEVEL OF
BEEF FROM THE ORGANIC COMPOSITION OF THE
FEED

Keywords: cattle feeding, dietary supplement, vegetable feed, productivity, palatability.

Mastering progressive technology. The use of materials with limited liability in the following categories: the production of feed and the production of new species, as well as the improvement of livestock feeding technology.

Г.В. Ильиных, О.Ю. Сметанников
МНОГОУРОВНЕВОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО
ПОВЕДЕНИЯ ТКАНЕВЫХ КОМПОЗИТОВ

Ключевые слова: Многоуровневая модель, композиционный материал, термовязкоупругость, эффективные свойства.

Представлено комплексное исследование термомеханических свойств полимерных композитов на тканевой основе с использованием многоуровневого подхода. Рассмотрены три масштабных уровня: волокна, ткани и многослойного изделия. Использована модель упругого приближения. На верхнем масштабном уровне эффективные свойства адаптированы к модели Прону в ANSYS Mechanical, проведена экспериментальная верификация численного аналога.

О.В. Исламова, А.А. Жилиев
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: риск-менеджмент, моделирование бизнес-процессов, карта рисков, управление рисками.

В работе показана эффективность использования принципов риск-менеджмента для снижения количества опасных факторов, возникающих в процессе деятельности организации. Построена карта рисков для бизнес-процессов машиностроительного предприятия. Для возможности применения инструментов риск-менеджмента в модель бизнес-процессов предприятия внедрен субъект управления.

Г.Е. Кокеева, Ю.Ж. Дондоков, А.И. Неустроева
СОВРЕМЕННЫЕ КОРМОЦЕХИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ
ФЕРМ

Ключевые слова: корм, смеси, кормоцех, животноводческие фермы, кормление, полноценные корма.

В производстве продукции животноводства решающее значение имеет правильное и сбалансированное по всем элементам питания кормление животных. Для размещения технологического оборудования кормоприготовления на фермах и комплексах строятся специальные помещения — кормоцехи, в которых ежедневно перерабатываются десятки тонн различных кормов.

К.И. Лушин, Н.Ю. Плющенко
РЕЖИМ РАБОТЫ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ЧАСТИ
СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ СООРУЖЕНИЙ И
ЗДАНИЙ

Ключевые слова: фасадные системы, механическая прочность, долговечность, надежность.

В работе рассмотрены влияние внешних факторов среды на параметры работы конструктивной подосновы и механической части экранирующей части фасадов современных зданий с пониженным потреблением энергии.

Т.А. Никонова
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НОВОЙ
КОНСТРУКТИВНОЙ ОСОБЕННОСТИ

Ключевые слова: экономическая эффективность, расчет, затраты, капитальные затраты, затраты на содержание. Получение кормового белка происходит по сложной технологической цепи, основным оборудованием считается ферментатор. Сравнение двух конструкций производили по упрощенной схеме, только по капитальным затратам, текущие затраты приняли одинаковые, т.е. расходы на подготовку и освоение производства, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общезаводские расходы.

Н.В. Попова, М.С. Саввинова
ВВЕДЕНИЕ КОРМОВОГО БЕЛКА В КОРМ РЫБАМ

Ключевые слова: высокопродуктивный штамм, технология, сырьё, процесс культивирования. Дополнительная подкормка рыб позволит получить больше

O.Yu. Smetannikov, G.V. Ilinykh
MULTILEVEL MATHEMATICAL MODELING OF THE
THERMOMECHANICAL BEHAVIOUR OF FABRIC
COMPOSITES

Keywords: Multilevel model, composite, thermoviscoelasticity, effective properties.

A complex study of the thermomechanical properties of fabric-based polymer composites using a multi-level approach is presented. Three scale levels are considered: fiber level, fabric level and level of multi-layer detail. The model of elastic approximation is used. At the upper scale level, effective properties are adapted to ANSYS Mechanical Prony model and experimental verification of numerical analogue is done.

O.V. Islamova, A.A. Zhilyaev
RISK MANAGEMENT OF BUSINESS PROCESSES OF
MACHINE BUILDING ENTERPRISES

Keywords: risk management, business process modeling, risk map, risk management.

The paper shows the effectiveness of managing risks arising in the course of basic operations. A risk map was built for the business processes of a machine-building enterprise. To enable the use of risk management tools in the business process model of an enterprise, a management entity has been introduced.

G.E. Kokieva, Z.Yu. Dondokov, A.I. Neustroeva
MODERN FEED MILLS OF LIVESTOCK FARMS
Keywords: feed, mixed, feed building, livestock farm, feeding, complete feeds.

In the production of livestock products, correct and balanced feeding of animals for all elements of nutrition is crucial. To accommodate the technological equipment kormoprigotovleniya for farms and complexes are being built with special facilities — feed, which is recycled every day dozens of tons of different foods.

K. Lushin, N. Plyushchenko
OPERATION MODE OF THE MODERN FACADE
SYSTEMS SCREENING PARTS

Keywords: façade systems, mechanical strength, durability, reliability.

The paper considers the influence of external environmental factors on the main parameters of multi-skin façades and on the mechanical part of the sun screens during its operation as a part of modern building with reduced energy consumption.

T.A. Nikonova
ECONOMIC EFFICIENCY, PRODUCTIVITY EQUIPMENT
NEW DESIGN FEATURES

Keywords: economic efficiency, calculation, costs, capital costs, maintenance costs.

Obtaining feed protein is a complex process chain, the main equipment is the fermenter. Comparison of the two designs was carried out according to the simplified scheme, only in terms of capital cost, current cost took the same, i.e. the costs of preparation and mastering of production, the cost of maintaining and operating the equipment shop and works General expenses.

N.In. Popova, M.S. Savvinova
THE INTRODUCTION OF A FEED PROTEIN IN FEED
THE FISH

Keywords: highly productive strain, technology, raw materials, cultivation process.

готовой продукции, чем при содержании их исключительно на естественном питании. Однако подкормка будет эффективнее, если учитывать биологические особенности рыб. К тому же необходимо принимать во внимание, что значительное воздействие на обмен веществ оказывают температура, уровень кислорода и соли в воде, освещенность и прочие нюансы. Предлагается технология получения кормового белка обладающего фармакологическими свойствами.

О.Ю. Сметанников, Л.Р. Сахабутдинова
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО БАЛЛОНА ВЫСОКОГО
ДАВЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ВЯЗКОУПРУГОСТИ

Ключевые слова: баллон высокого давления, линейная вязкоупругость, нестационарная теплопроводность, волокнистый композит.

Рассматривается проблема разработки численных алгоритмов для расчета эффективных вязкоупругих свойств композиционных материалов, в том числе для многослойного волокнистого композита. Полученные методики применены при моделировании термомеханического поведения системы «оправка-кокон» в процессе изготовления баллона высокого давления. Проведена оценка влияния учета релаксации компонентов на формирование контактного давления.

А.С. Филатов
ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ГАЗСОДЕРЖАНИЯ В
ОБОРУДОВАНИИ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА ПРИ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФЕРМЕНТАТОРА

Ключевые слова: технология, условия, проектирование, расчет, классификация, аппараты, кислород, культивирование, микроорганизм.

Производительность ферментатора любой конструкции определяется совокупностью гидродинамических, массообменных, тепловых, технологических и микробиологических условий. Под двумя последними условиями конструкторы и машиностроители понимают качество исходного сырья, соблюдение оптимальных параметров ведения технологического процесса по концентрации питательных солей, микроэлементов, количеству возвращаемой в ферментатор отработанной бражки, состоянию дрожжевой культуры и т.п.

И.Н. Фролова, А.А. Сарбаев
ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ
СТОЛКНОВЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА НА ОПЕРАЦИИ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ
ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Ключевые слова: программный модуль, САПР ТП, обнаружение столкновений, анализ столкновений, формообразование, режущий инструмент.

В работе изложено описание программного модуля выбора режущего инструмента на операции фрезерной обработки. Подробно разобрана работа алгоритма обнаружения столкновений для проверки на возможность формообразования деталей сложной формы. Продемонстрирован анализ столкновений и выбор режущего инструмента для конкретного вида поверхности.

Б.В. Шогенов
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОВЕНЬ ШУМА
ЗУБЧАТО-РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Ключевые слова: шум, вибрация, зубчато-ременная передача, снижение шума, спектр шума.

В работе проведены исследования по уменьшению спектра шума в зубчато-ременной передаче (ЗРП). Рассмотрены оптимальные режимы работы ЗРП с применением метода активного многофакторного планирования. Получено уравнение регрессии для исследуемого зубчатого ремня.

Additional feeding of fish will allow to get more finished products than keeping them exclusively on natural food. However, feeding will be more effective if you take into account the biological characteristics of fish. In addition, it should be taken into account that a significant impact on the metabolism of temperature, oxygen and salt in the water, light and other nuances. The technology of production of fodder protein having pharmacological properties is offered.

O.Yu. Smetannikov, L.R. Sahabytdinova
MATHEMATICAL MODEL OF THE COMPOSITE HIGH-
PRESSURE CYLINDER MANUFACTURING TAKING
INTO ACCOUNT VISCOELASTICITY

Keywords: high pressure cylinder, linear viscoelasticity, non-stationary thermal conductivity, fibrous composite.

The problem of the numerical algorithms development for effective viscoelastic properties of composite materials calculation, including for a multilayer fiber composite, is considered. The obtained techniques are applied in thermomechanical behavior of the "mandrel-cocoon" system modeling in the process of high-pressure cylinder manufacturing. The influence of taking into account the relaxation of components on the formation of contact pressure was evaluated.

A.S. Filatov
SUBSTANTIATION OF THE GAS CONTENT VALUE IN
THE EQUIPMENT OF MICROBIAL SYNTHESIS OF THE
FERMENTER PRODUCTIVITY

Keywords: technology, conditions, design, calculation, classification, apparatus, oxygen, cultivation, microorganism. The performance of the fermenter of any design is determined by a set of hydrodynamic, mass transfer, thermal, technological and microbiological conditions. Under the last two conditions, designers and machine builders understand the quality of raw materials, compliance with the optimal parameters of the technological process for the concentration of nutrient salts, trace elements, the amount returned to the fermenter of spent mash, the state of the yeast culture, etc.

I.N. Frolova, A.A. Sarbaev
THE APPLICATION OF THE COLLISION DETECTION
ALGORITHM TO SELECT A CUTTING TOOL FOR
MILLING OPERATIONS OF COMPLEX SHAPE PARTS

Keywords: software module, CAPP system, collision detection, collision analysis, shaping, cutting tool.

The article deals with the description of the software module for selecting the cutting tool for milling operations. The work of the collision detection algorithm has been analyzed in detail to test the possibility of forming complex shaped parts. Collision analysis and selection of cutting tools for a specific surface type are demonstrated.

B.V. Shogenov
ANALYSIS OF PARAMETERS AFFECTING THE NOISE
LEVEL OF A TOOTHED BELT TRANSMISSION

Keywords: noise, vibration, gear-belt transmission, noise reduction, noise spectrum.

In work researches on reduction of a spectrum of noise in a gear-belt transfer (AGR) were conducted. The optimal operating modes of the SPR using the method of active multifactor planning are considered. The regression equation for the toothed belt under study was obtained.

И.И. Воротынцева, Н.О. Марценюк
СХЕМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОФАЗНОЙ ЛБВ В РЕЖИМЕ
ОБРАТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ключевые слова: обратное преобразование энергии, автофазная секция, группирователь.

Рассмотрена схема построения автофазной ЛБВ с многократным вводом ВЧ энергии. Вводы энергии выполнены по типу направленных ответвителей, что позволяет подпитывать преимущественно прямую волну, энергия которой преобразуется в постоянный ток. Для обеспечения требуемого фазового положения сгустка, в конструкцию вводится регулируемый делитель ВЧ мощности и фазовращатель. Группирователь выполнен на основе отрезка ЛОВ, как имеющий меньшую длину и большую широкополосность. Предложенная схема построения позволяет повысить к.п.д. обратного преобразования энергии и расширить эксплуатационные характеристики устройства.

Г.М. Мучкаева, С.А. Шараев, Д.В. Бадмаева, М.Б. Коокуева,
А.С. Барангов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕТРИИ
ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ СЛОЖНЫМ
ПРОФИЛЕМ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИХ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Ключевые слова: геометрические параметры, сложнопрофильные поверхности, измерение, действительные значения, единица физической величины, система координат, отклонения формы.

Рассмотрены параметры геометрии, выполняющие роль функций зависимости от координат данных точек, находящихся на действительной поверхности. Приведены зависимости, выражающие параметры отклонений формы поверхностей, отличающихся сложным профилем. Проанализированы условия, необходимые для воспроизведения единицы длины в части измерений геометрических параметров поверхностей, характеризующихся сложным профилем.

И.В. Нелин, М.К. Седанкин, В.А. Скуратов, Л.Ю. Мершин
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОРГАНОВ МАЛОГО
ТАЗА

Ключевые слова: микроволновая радиотермометрия, радиотермометр, радиояркостная температура, медицинская робототехника.

Для применения в медицине разработан трёхканальный внутриполостной радиотермометр. Основная задача создания прибора заключалась в разработке внутриполостной антенны. Для этого проведено математическое моделирование собственного излучения органов малого таза на основе численного решения уравнений Максвелла. Разработана внутриполостная антенна, которая может являться сенсорной частью медицинских робототехнических комплексов.

В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, В.А. Нестеров, Р.Н. Гольх
УЛЬТРАЗВУКОВАЯ КОАГУЛЯЦИЯ В ТОНКОМ СЛОЕ

Ключевые слова: интенсификация, коагуляция, ультразвук.

В статье описаны результаты экспериментов, проведенных на начальном этапе исследования процесса коагуляции высокодисперсных частиц в тонком газовом промежутке наложением акустических полей ультразвуковой частоты и высокой интенсивности.

И.Э. Барникова, А.В. Самсонова
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

Ключевые слова: информационные системы, управление физической культурой и спортом, обработка информации. В статье рассмотрены актуальные проблемы создания единой информационной системы в сфере физической культуры и спорта. Определены приоритетные направления создания

I.I. Vorotyntseva, N.O. Martsenyuk
CIRCUIT IMPLEMENTING OF AUTOPHASE TWT IN
BACK CONVERSION

Keywords: back energy conversion, autophase section, buncher.

This article considers the pattern of construction of the autophase TWT with multiple injection of the HF-energy. The energy injections are made as directional branchers which allows to inject the direct wave that transforms in direct current. For supplying of the needful bunch locus in system controlled divider board of the HF-power and phase-shifter are inlitted. The buncher is based on the section of BWT because it's length is less and it has a greater broadbandness. The offered construction pattern allows to increase the coefficient of efficiency of the back energy conversion and widen the application requirements of the setups.

G.M. Muchkaeva, S.A. Sharayev, D.V. Badmaeva,
M.B. Kookueva, A.S. Barangov

RESEARCH OF PARAMETERS OF GEOMETRY OF
SURFACES, DIFFERING A COMPLEX PROFILE AND
ENSURING THEIR UNITY OF MEASUREMENTS

Keywords: geometrical parameters, complex-shaped surfaces, measurement, real values, unit of physical quantity, coordinate system, shape deviations.

The geometrical parameters that perform the role of complex functions of dependence on the coordinates of these points on a real (real) surface are considered. The dependences expressing the geometrical parameters of deviations of the shape of a complex profile surfaces are given. The conditions necessary for reproducing a unit of a physical quantity of length in terms of measuring the geometric parameters of complex profile surfaces are analyzed.

I.V. Nelin, M.K. Sedankin, V.A. Skuratov, L.Y. Merшин
MATHEMATICAL MODELING OF RADIO THERMAL
RADIATION OF THE PELVIC ORGANS

Keywords: microwave radiometry, radiometer, brightness temperature, medical robotics.

For use in medicine a three-channel intracavitary radiometer has been developed. The main problem of development the radiometer was to develop an intracavitary antenna. For this purpose, mathematical simulation of the radiation of the pelvic organs was performed on the basis of a numerical solution of Maxwell's equations. An intracavitary antenna was developed, which can be a sensory part of medical robotic complexes.

V.N. Khmelev, A.V. Shalunov, V.A. Nesterov, R.N. Golykh
THE ULTRASOUND COAGULATION IN THE THIN
LAYER

Keywords: intensification, coagulation, ultrasound.

This article covers the results of experiments carried out at the initial stage of the study of the coagulation process of fine particles in a thin layer by superimposing acoustic fields of ultrasonic frequency and high intensity.

I.E. Barnikova, A.V. Samsonova
CURRENT ISSUES OF CREATING A UNIFIED
INFORMATION SYSTEM IN THE PHYSICAL CULTURE
AND SPORT

Keywords: information systems, physical culture and sports management, information processing.

The article are considered the current issues of creating a unified information system in the field of physical culture and sports. The priority directions of creation of a unified

единой информационной системы. Предложены пути реализации информатизации выбранных направлений.

Д.В. Бережной, М. Шамим, А.А. Саченков, Л.Р. Секаева
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОНАСАДКИ МОДЕЛИ
ТУРБОКОМПРЕССОРА НА ВАЛ

Ключевые слова: упругопластическое деформирование, термонасадка, метод конечных элементов, контактное взаимодействие

На основе конечно-элементного анализа реализована методика решения задачи термонасадки упругопластических тел. Алгоритм решения построен на базе «модифицированного подхода Лагранжа» к описанию движения в рамках геометрически нелинейного подхода к описанию деформирования на основе определяющих соотношений между приращениями истинных напряжений и деформаций. На основе предложенной методики решена задача термонасадки ротора турбокомпрессора на вал, исследовано влияние коэффициента трения при контактном взаимодействии на напряженно-деформированное состояние ротора турбокомпрессора и вала.

Н.С. Вайцель, О.А. Бубарева, А.В. Шалунов
УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО
ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OWL-ОНТОЛОГИЙ

Ключевые слова: учебный процесс ВУЗа, пользовательский интерфейс, мобильное приложение, технологии разработки, онтологическая модель.

Постоянное изменение в бизнес-процессах организации приводит к рассогласованию пользовательских интерфейсов информационных систем и программных приложений, что, соответственно, требует повторного проектирования и кодирования всех компонентов интерфейса. С целью решения этой проблемы при реализации подсистемы управления учебным процессом ВУЗа был выбран онтологический подход, обеспечивающий автоматизированную настройку интерфейса на предметную область. В статье представлена разработанная онтологическая модель информационной системы аудиторного фонда, разработанной в виде мобильного приложения.

И.Б. Гинзбург
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИ РАБОТЕ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧЕ МОНИТОРИНГА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Ключевые слова: автономные веб-приложения, геоинформационные системы, облачные информационные системы, дистанционное зондирование Земли, мониторинг лесного хозяйства.

В работе рассматривается пример применения автономного веб-приложения для облачной геоинформационной системы с использованием данных дистанционного зондирования Земли при мониторинге незаконных рубок в рамках выделенного лесного участка. Показано, что использование автономного веб-приложения позволяет уменьшить время ожидания загрузки данных более чем на 92%, объем загружаемого трафика – более чем на 30% по сравнению с традиционным веб-приложением, а также обеспечивает возможность отказоустойчивой, в том числе полностью автономной, работы.

В.А. Заговорчев, М.Я. Кыласов, В.В. Родченко,
Э.Р. Садретдинова, П.Ф. Пронина
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛУННОГО РЕАКТИВНОГО
ПЕНЕТРАТОРА С ГРУНТОМ

Ключевые слова: реактивный пентратор, лунный грунт, разрушение среды, деформация.

information system are defined. Ways of realization the informatization of the chosen directions are offered.

D.V. Berezhnoi, M. Shamim, A.A. Sachenkov, L.S. Sekaeva
INVESTIGATION OF THE THERMAL FILLING
PROCESSES OF THE TURBOCHARGER MODEL ON THE
SHAFT

Keywords: elastoplastic deformation, thermal filling, finite element method, contact interaction

On the basis of finite element analysis, the technique for solving the problem of thermo-setting of elastoplastic bodies is realized. The algorithm of the solution is based on the "modified Lagrangian approach" to the description of motion in the framework of a geometrically nonlinear approach to deformation description on the basis of determining relationships between increments of true stresses and deformations. On the basis of the proposed method, the task of thermo-setting the rotor of a turbocharger onto a shaft is solved, the influence of the friction coefficient on the contact interaction on the stress-strain state of the rotor of a turbocharger and a shaft is investigated

N.S. Vaytsel, O.A. Bubareva, A.V. Shalunov
MANAGEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF A USER
INTERFACE FOR A MOBILE APPLICATION USING OWL
ONTOLOGY

Keywords: university learning process, user interface, mobile application, development technologies, ontological model

The constant change in the organization's business processes leads to a mismatch of user interfaces of information systems and software applications, which, accordingly, requires re-design and coding of all interface components. In order to solve this problem during the implementation of the educational process management subsystem of the university, an ontological approach was chosen that provides automated interface configuration for the subject area. The article presents the developed ontological model of the information system of the classroom fund, developed in the form of a mobile application.

I.B. Ginzburg
STANDALONE WEB APPLICATIONS USING EARTH
REMOTE SENSING DATA IN THE FORESTRY
MONITORING

Keywords: standalone web applications, geographic information systems, cloud information systems, Earth remote sensing, forestry monitoring.

The paper describes an example of a stand-alone Web application for cloud geographic information systems using Earth remote sensing data in the monitoring of illegal logging within the allocated forest land. It is shown that the use of a stand-alone Web application reduces the data load waiting time for more than 92%, the downloaded traffic volume for more than 30% compared to a traditional Web application, and also provides the ability of a fault-tolerant including a fully autonomous operation.

V.A. Zavorchev, M.Ya. Kylasov, V.V. Rodchenko,
E.R. Sadretdinova, P.F. Pronina
MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF
INTERACTION OF THE LUNAR REACTIVE
PENETRATOR WITH GROUND

Keywords: reactive penetrator, lunar soil, environmental destruction, deformation.

В работе исследуется моделирование процесса взаимодействия лунного реактивного пенетратора с грунтом. Путем математических преобразований получено выражение для определения силы сопротивления идеально связанного грунта пенетратору. Также рассматриваются общие вопросы скоростного движения пенетраторов в грунтах.

С.М. Коваленко, О.В. Платонова, Г.В. Петушков
РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ —
БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Ключевые слова: распределенные вычисления, искусственный интеллект, циклы, интернет, ЦОД.

В работе обоснованы современные тенденции развития ИТ-технологий: совершенствование подсистемы коммуникаций компьютеров позволяет решать новые сложные задачи по обработке данных в ЦОД индивидуально для каждого пользователя; использование интеллектуальных алгоритмов делает обработку данных более сложной, но эффективной, что требует организации распределенных вычислений в компьютерных системах. Приведены показатели для оценки уровня интеллектуализации обработки данных. Исследованы аппаратно-программные системы, обеспечивающие массивно-параллельную работу с элементами естественных языков и их значимость в обществе.

Т.А. Кузнецова
АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ С
УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА
ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ

Ключевые слова: многочерпаковый земснаряд, исполнительный механизм, дискретное управление, метод пространства состояний.

Разработан адаптивный алгоритм оптимального дискретного управления системой с упругими связями на примере многочерпакового земснаряда. Установлены факторы, влияющие на динамику системы и разработан рациональный диапазон использования предложенных алгоритмов управления в зависимости от состояния объекта.

В.В. Ломакин, А.В. Жуков, Т.В. Зайцева, Н.П. Путивцева,
О.П. Пусная
О ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА В
ОБЛАСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ
РАЗРАБОТКУ ППО КИС

Ключевые слова: патентный поиск, интегрированный комплекс средств, импортозамещение, конкурентоспособность, компонент комплекса, международная патентная классификация.

Рассмотрена процедура проведения патентного поиска инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку прикладного программного обеспечения корпоративных информационных систем, и предоставляющих среду функционирования КИС. Определены технический уровень и тенденции развития инструментальных средств. Проведено исследование использования объектов промышленной (интеллектуальной) собственности в области инструментальных средств и их правовая охрана. Проведен анализ деятельности в области инструментальных средств, обеспечивающих автоматизированную разработку ППО КИС и перспектив ее развития.

В.В. Ломакин, Т.В. Зайцева,
Н.П. Путивцева, О.П. Пусная, Р.Г. Асадуллаев, И.М. Зайцев
СОСТАВ КОМПОНЕНТА РАЗРАБОТКИ СХЕМЫ ДАННЫХ
ОСНОВНЫХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Ключевые слова: интегрированный комплекс средств, импортозамещение, компонент Платформы, функциональный модуль, функциональный блок.

The paper studies modeling the process of interaction of the lunar jet penetrator with the ground. By means of mathematical transformations, an expression is obtained to determine the resistance force of an ideally connected soil to the penetrator. Also discusses the general issues of high-speed movement of penetrators in the ground

S.M. Kovalenko, O.V. Platonova, G.V. Petushkov
DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES —
COMING PROSPECTS.

Keywords: distributed computing, artificial intelligence, cycles, Internet, data center.

The paper substantiates the current trends in the development of IT technologies: the improvement of the communications subsystem allows solving new complex tasks for processing data in the data center individually for each user. The use of intelligent algorithms makes data processing more complex, but effective, which requires the organization of distributed computing in computer systems. The indicators for evaluating the level of intellectualization of data processing are given. The hardware-software systems that provide massively-parallel operation with elements of natural languages and their significance in the society are investigated.

T.A. Kuznetsova
STATE SPACE ALGORITHMS OF ADAPTIVE CONTROL
FOR SYSTEM WITH ELASTIC COUPLING

Keywords: multi-bucket dredger, actuator, digital control, state space method

An adaptive algorithm for optimal digital control of a system with elastic couplings is developed by the example of a multi-bucket dredger. Factors influencing the dynamics of the system are established and a rational range of the proposed control algorithms' use is developed based on the object state.

V.V. Lomakin, A.V. Zhukov, T.V. Zaitseva, N.P. Putivzeva,
O.P. Pusnaya
ABOUT THE PROCEDURE OF IMPLEMENTATION OF
THE PATENT SEARCH IN THE FIELD OF
INSTRUMENTAL TOOLS THAT ENSURE THE
AUTOMATED DEVELOPMENT OF CIS'S APPLICATION
SOFTWARE

Keywords: patent search, integrated complex of means, import substitution, competitiveness, component of the complex, international patent classification.

The procedure for conducting a patent search for instrumental means which provide automated development of application software for corporate information systems, and provides an functioning environment for the corporate information system, is considered. The technical level and trends of tools development was determined. A study on the use of industrial (intellectual) property in the field of tools and their legal protection was conducted. The analysis of the activities in the field of tools that provide automated development of application software of CIS and the prospects for its development was conducted.

V.V. Lomakin, T.V. Zaitseva, N.P. Putivzeva, O.P. Pusnaya,
R.G. Asadullaev, I.M. Zaitsev
COMPOSITION OF INTEGRATED COMPLEX'S
COMPONENT OF DEVELOPMENT OF DATA SCHEME
OF BASIC DATA AND MODELS OF BUSINESS
PROCESSES

Keywords: integrated set of means, import substitution, Platform component, functional module, functional block

Рассмотрена актуальность разработки российского аналога интегрированного комплекса средств высокоуровневой разработки и среды функционирования информационных систем корпоративного уровня. Представлены функциональные возможности и основные компоненты разрабатываемой Платформы. Рассмотрен состав компонента разработки схемы данных основных данных и моделей бизнес-процессов.

Л.С. Ломакина, Н.А. Поздеева, Д.В. Ломакин, О.К. Канев,
А.А. Воскресенская

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ
МЕЖАТТРИБУТИВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ
АПРИОРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В
ОФТАЛЬМОЛОГИИ**

Ключевые слова: межатттрибутивная зависимость, многомерный объект, статистическая обработка данных, диагностические системы в офтальмологии, информационные технологии в медицине.

В статье представлен алгоритм выявления и оценки степени взаимной зависимости между бинарными признаками, описывающими состояние многомерного объекта. Межатттрибутивная зависимость оценивается по критерию отношения правдоподобия на основе накопленной статистики для всех пар признаков.

И.А. Попов, С.М. Голяков, О.Д. Сухова
КРИТИЧЕСКИЙ ПУТЬ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

Ключевые слова: планирование проектов, управление проектами, планирование процессов проектирования, планирование и учет, график Ганта, сетевое планирование, критический путь.

Важнейшим условием в проектном управлении является составление план-графика выполнения работ. В работе приводятся основные свойства методологий Ганта и PERT, предлагаемых в качестве основы планирования и управления проектами.

Д.В. Соколов, А.Г. Горюнов
**СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫПАРНЫМ
АППАРАТОМ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ**

Ключевые слова: Matlab/simulink, система управления, выпарка, модель.

В работе синтезированы две системы управления выпарным аппаратом (ВА), позволяющие провести предварительные испытания объекта по каналам управления. Системы отличаются алгоритмами и включают в себя блокировки необходимые для протекания процесса выпарки ОЯТ.

А.М. Станкевич
**ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ
РАБОТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ
СУДОВ (ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА)**

Ключевые слова: планирование технического обслуживания и ремонта, авиационная техника, эксплуатационно-техническая документация, резерв времени на выполнение работ.

В статье представлен анализ информации, на основании которой выполняется планирование работ, связанных с техническим обслуживанием воздушных судов. Рассматриваются возможности группировки этих работ. На основании этого приводится общая постановка задачи, связанной с эффективным использованием нормативного резерва времени на выполнение этих работ, регламентируемого организационной документацией эксплуатанта.

The relevance of the development of the Russian analogue of an integrated set of high-level development means and the environment of functioning for corporate-level information systems is considered. The functionality and main components of the developed Platform are presented. The composition of the development component of the data schema of basic data and business process models is considered.

L.S. Lomakina, N.A. Pozdeeva, D.V. Lomakin, O.K. Kanev,
A.A. Voskresenskaya

**THE MODEL AND ALGORITHM OF
INTERATTRIBUTIVE CORRELATIONS DETECTION
BASED ON APRIORISTIC STATISTICAL DATA IN
OPHTHALMOLOGY**

Keywords: inter-attributive correlation, multidimensional object, statistical data processing, diagnostic systems in ophthalmology, IT in medicine.

The paper is dedicated to introduce the algorithm of correlation detection and evaluation for binary attributes describing a multidimensional object state. Inter-attributive correlation is evaluated with probability relation criterion based on collected statistics for all attributes pairs.

I.A. Popov, S.M. Golyakov, O.D. Sukhova
CRITICAL WAY IN PROJECT MANAGEMENT

Keywords: project planning, project management, planning of design processes, planning and accounting, Gant chart, network planning, critical way.

The most important condition in project management is making a chart showing planning of the completed work. The work deals with basic features of Gant and PERT methods, which are considered as basis for project planning and management.

D.V. Sokolov, A.G. Goryunov
**SYNTHESIS OF THE CONTROL SYSTEM OF THE
EVAPORATOR ON THE BASIS OF THE DEVELOPED
MODEL**

Keywords: Matlab/simulink, control system, evaporation, model.

This paper presents two control systems for evaporation apparatus (VA), allowing preliminary testing of the object through control channels. The systems differ in the algorithms and include the blockages necessary for the process of evaporation of spent nuclear fuel.

A.M. Stankevich
**THE PROBLEM OF EFFECTIVE WORK PACKAGES
FORMATION FOR THE AICRAFT TECHNICAL SERVICE
(OVERVIEW)**

Keywords: MRO planning, aircraft, operational and technical documentation, time reserve for work.

The article presents an analysis of the information on the basis of which the planning of work related to the maintenance of aircraft is performed. The possibilities of grouping these works are considered. Based on this, an overview of the problem associated with the effective use of the regulatory time reserve for the performance of these works, regulated by the operator's organizational documentation, is given.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья" ООО "Научно-технический вестник Поволжья" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№10 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

www.ntvp.ru

Свидетельство № ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Подписано в печать 22.10.2018 Формат 60 x 84 1/8. Печать цифровая.

12,7 усл.печ.л. 14,8 уч.изд.л. Тираж 900 экз. Заказ 1630.

Учредитель: ООО "Научно-технический вестник Поволжья"

420021, Республика Татарстан, Казань,

ул. З.Султана, д.17а, оф. 19

Адрес редакции, издателя и типографии совпадают с адресом учредителя

Цена свободная.

© Научно-технический вестник Поволжья

тел.(843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Научно-технический вестник Поволжья»