

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ XXI ВЕКА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-
практической конференции

2015 г. № 7 часть 1 (18-1)

(Volume 3, issue 7, part 1)

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ)

Главный редактор
В.М. Бугаков
Заместитель главного редактора
И.М. Бартенев
Члены редакционной коллегии
Д.Н. Афоничев
Т.Л. Безрукова
М.В. Драпалюк
В.К. Зольников
Н.Н. Матвеев
С.М. Матвеев
В.С. Петровский
А.Д. Платонов
А.И. Сиволапов
А.В. Скрыпников
С.И. Сушков
О.В. Трегубов
Н.А. Харченко
М.П. Чернышов
Ответственный секретарь
И.И. Шанин
Компьютерная верстка
Л.А. Уточкина

Сборник зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-54416 от 10.06.2013 г.

Материалы настоящего
сборника могут быть воспроизведены
только с письменного разрешения
редакционной коллегии

**Сборник включен в
Российский индекс научного
цитирования (РИНЦ). Сборник
реферируется в ВИНТИ РАН.
Включен в «Ulrich's Periodicals
directory».**

ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8,
телефон (473) 253-72-51,
факс (473) 253-76-51,
e-mail: conf_vglta@mail.ru
www.conf.vglta.vrn.ru
© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2015

**МОЛОДЁЖНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
YOUTH FORUM:
TECHNICAL AND MATHEMATICAL SCIENCE
9-12 НОЯБРЯ 2015 ГОДА, ВОРОНЕЖ
November 9-12, 2015, Voronezh**

**Международная научно-практическая конференция
«Молодёжный форум: технические и математические науки»**
проведена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(грант № 15-37-10426) 9-12 ноября 2015 года.

В настоящий сборник включены материалы
Международной научно-практической конференции
«Молодёжный форум: технические и математические науки»,
посвященной освещению вопросов анализа состояния и перспектив развития
научно-исследовательской работы студентов, аспирантов, молодых ученых и
молодежного инновационного предпринимательства; поиску решений по
актуальным проблемам развития современной техники и технологий;
обмену научными результатами и исследовательским опытом.

Сборник может быть использован преподавателями, аспирантами,
магистрантами и студентами при изучении различных дисциплин.

**К 85-ЛЕТИЮ ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

К 65-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ МАТЕМАТИКИ

СЕКЦИЯ «АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ»

Abramov V.G., Piskun G.A., Alexeev V.F. The influence of static electricity charges on functioning of microcontrollers	13
Пьясова Z.S. Optical study of InGaN/GaN MQWs on (11-22) sapphire	17
Lipko V., Dobrosoltseva E., Sinukovich E. Systems of heat and air supply of hermetic buildings	20
Lipko V., Lankovich S., Nikrashevich H. Innovative modernization heating and air supply loft buildings with hinged ventilated facade systems conducting light	24
Popov A.A., Kovach V.E., Artemchuk V.A., Bliyashenko O.V., Smetanin K.V. Analysis of the radiation monitoring systems in the industrialized countries of Europe	28
Rzaeva S.S, İbrahimova Ch. Zeynalabdinli R.A. Influence of the higgs field on electric charge and masses of gauge bosons	32
Агапов А.И., Повышев А.В. Алгоритм решения задачи оптимизации раскроя пиловочника с выпиливанием трех брусьев разной толщины и трех пар боковых досок	36
Адамов Д.В. Анализ машин для борьбы с древесно-кустарниковой растительностью и концепции их развития	43
Аджиева А.А. Исследование закономерности взаимосвязи грозовой и солнечной активности на территории Серного Кавказа	46
Алексанова Е.В., Козлов В.В. Рейтинговая модель системы мониторинга текущей успеваемости студента на основе непрерывных данных об аттестации по дисциплинам	50

Алексеев В.Ф., Варфоломеев В.В., Пискун Г.А. Исследование протекания процессов электростатического разряда в газовой среде на основе компьютерной модели	54
Алексеев В.Ф., Варфоломеев В.В., Пискун Г.А. Зависимость интенсивности протекания электростатического разряда бесконтактного типа от параметров среды	58
Алексеев Г.В., Минаева Л.В., Аксенова О.И., Золотарева А.А. Динамическое измельчение плодов и овощей для совершенствования используемого рабочего органа	61
Алексеев Г.В., Минаева Т.В., Аксенова О.И., Хрипанкова М.С. Разработка аппарата для кратковременного хранения и охлаждения пищевых продуктов	65
Алешова Н.Е., Козловский А.Л. Эмиссионные характеристики конусообразных Zn-наноструктур	69
Аливердиев А.А., Амирова А.А. О численном моделировании в экспериментальном исследовании углерода при давлениях Мегабарного диапазона	73
Алыкова А.Ф., Алыкова О.М., Кускина Н.М. Изучение акустического влияния на биологические объекты (на примере насекомых)	77
Андреева З.Н., Логачев А.А., Заяц А.М. Прогнозирование потерь от лесных пожаров с использованием информационных технологий	82
Арсланова Р.Р. Расчет страховых тарифов в медицинском страховании	85
Артюхов А.Е., Ведмедера В.С., Кремнёв А.В. Определение диапазона устойчивой работы вихревых грануляторов взвешенного слоя	89
Арутюнян А.Ю. Моделирование грузопотоков лесоматериалов по дорогам Республики Коми	93
Арутюнян А.Ю. Моделирование конструкций слоев дорожных одежд лесных дорог	97

Асанкулова М., Жусупбаев А., Жусупбаева Г.А. Определение максимального дохода предприятия при ограниченном объеме финансов	101
Астапович У.А. Компьютерное моделирование процессов в матричном преобразователе	105
Бабашева Т.Р. Тепловое расширение и среднеквадратное динамическое смещение атомов в твёрдых растворах $TlIn$ 1-х $DyxS_2$	109
Бакланов А.Н. Резонансная последовательно-параллельная идентификация	112
Бакланов А.Н., Ланкин А.М. Метод измерения импеданса биологического объекта	116
Бакланов А.Н., Ланкин А.М. Схема замещения биологического объекта	120
Бандурко Р.А., Наракидзе Н.Д. Система контроля параметров источников бесперебойного питания	123
Бандурко Р.А., Наракидзе Н.Д., Антоник И.А., Тарасова Л.Г. Система дистанционного мониторинга состояний источников бесперебойного питания	126
Бедняк С.Г., Курбатова Л.Г. Реализация принципа динамического баланса в педагогической системе	130
Безруков А.А., Саражинская Ю.Е., Безрукова Т.Л., Базиева А.М. Корреляционный анализ взаимосвязи показателей экономической системы	134
Березовский А.В. Методы исследования тепловых режимов трансформаторов тока	138
Бобренко А.В. Использование динамического программирования при проектировании лесной дороги	141
Боваев О.Д., Манджиев Х.О. Создание лабораторной установки по дымоподавлению с помощью волнового эффекта	145
Богатко И.Н. Виды повреждений полупроводниковых изделий и их элементов при воздействии электростатических разрядов	148

Богдан Б.В., Федюн Р.В. Система автоматического управления технологическими параметрами химической водоочистки ТЭС	152
Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С. Ультразвуковой измеритель твердости	155
Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С. Микропроцессорный ультразвуковой измеритель твердости	159
Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С. Фазометра с умножением временного интервала по нониусному методу	162
Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С. Моделирование цифрового фазометра	166
Бойко А.И., Морозовская З.А. Некоторые конструктивные решения направленные на повышение эффективности работы молотковых зернодробилок	170
Болуть А.А., Сорокин П.А., Зайкова С.А. Симуляция работы системы передачи данных инструментами MATLAB	173
Бондарев А.Б. К вопросу математического моделирования состояния строительных металлоконструкций реальной геометрии	175
Борисова Т.М., Федосеев Г.Н., Горбачик В.Е. Расчёт жёсткости геленочной части низа обуви	179
Будник П. В. К вопросу обоснования интеграции лесопромышленных предприятий в технологические сети	183
Бухтояров Л.Д., Лысыч М.Н., Мирзеханов Р.В. Автоматизированный привод для управления ручными гидрораспределителями	187
Бушлякова Л.В. Способ защиты специалистов сварочных работ от воздействия электромагнитного излучения	191
Быковский С.И., Шинтар А.В., Пискун Г.А., Алексеев В.Ф. Внутренние элементы защиты интегральных схем от воздействия электростатических разрядов	195
Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Копылов М.В. Математическая модель фильтрации масла в зерной зоне шнекового маслопресса	198

Велиев Назим Талыб оглы, Велиев Рамиль Назим оглы	
К вопросу определения кинетической энергии машинно-тракторных агрегатов для исследования движения с помощью уравнений Лагранжа второго рода	202
Виштак И. В. Определение давления газовой опоры с помощью дифференциального уравнения в частных производных	209
Волков В.С., Французов М.В. Моделирование чувствительных элементов датчиков давления на основе широкозонных полупроводников	213
Волочко А.В., Червинский В.В. Моделирование САУ подогревом и охлаждением воздуха для установки промышленного кондиционирования воздуха	217
Волынец А.С. Экспресс-модель оценки стоимости бизнеса	221
Воротнева С. Б., Голованчиков А. Б. Моделирование работы оребренного двухтрубного теплообменника	225
Врабий Э.М., Дегалевич Д.А., Пискун Г.А., Алексеев В.Ф. Причины повреждения металлизации интегральных схем в условиях воздействия токов повышенной плотности	228
Ву Ань Хиен, Ягодкина Т.В. Синтез инвариантной системы модального управления по модели идентификации	232
Выборнов П.В. Использование датчиков освещенности в помещениях, для соблюдения норм освещенности	236
Галеев Т.Х., Садртдинов А.Р. Математическое описание стадии окисления древесной биомассы в газогенераторных установках	240
Галкин А.В. Применение двусторонних оценок для моделирования технических объектов	243
Ганапольский С. Г., Шипин А.И. Оценка лесопильных технологических потоков по ряду критериев	247
Гаралиева М. А. Каталитическое получение диизопропилового эфира	251

Гарматенко И.А. Анализ и моделирование системы непрерывной подачи жидкой стали на установках МНЛЗ	254
Гарнец В.Н., Човнюк Ю.В., Шаленко В.О. Динамика длинномерных поверхностных виброуплотнителей	258
Глущенко С. В., Агапов В. Е. О функциях полезности при конфликтных взаимодействиях	262
Гнитиев П.А. Система диагностики теплового состояния металла в камерной печи	266
Голованчиков А.Б., Ламскова М. И., Филимонов М.И., Новиков А.Е. Моделирование работы гидроциклона с двухслойным течением	270
Голочалова А.В. Манько И.В. Угольникова А.А. Разработка и изготовление прототипа полуавтоматического станка для нанесения витражного контура	274
Голубев В.В., Фирсов А.С. Разработка модели взаимодействия «семена – высевающий аппарат - семепровод»	278
Голубничая Е.Ю., Лихтциндер Б.Я. Особенности применения протокола STP в сетях организованных на базе технологии ZigBee	282
Гончаренко О.Г., Алексеев В.Ф. Алгоритмы расчета основных параметров макета издания	286
Гончаров В.С. Моделирование САУ для настройки и корректировки автопилота БПЛА	290
Горбач А.П., Русак А.А., Алексеев В.Ф. Моделирование механических процессов РЭС методом конечных элементов	294
Горбаченко В.С. Определение дебита флюида при газлифтном способе добычи нефти	298
Горбашенко В.В., Червинская Н.В. Моделирование САУ процессом очистки метанола в агрегатах типа НДА-П	302

Горелова А. А., Попов А. И. Теоретическое обоснование эффективности применения гироскопического стабилизатора для виброгашения расточного инструмента	306
Гоцев Д.В., Перунов Н. С. Математическая модель напряженно деформированного состояния оболочек при осесимметричном нагружении с учетом пористых свойств материала и сложной реологии сжатого скелета	310
Грачева О.С. Моделирование технологического процесса облицовки фасада и установки кровли здания	314
Гриценко А.А., Жукова Н.В. Исследование динамики САУ сушки гранулированных смесей в условиях вибрационной конвективной сушиллки	318
Гришаев Н.А. Идентификация коэффициента теплопередачи математической модели процесса охлаждения воды в вентиляторной градирне с помощью метода наименьших квадратов	322
Гулян Г.Г., Лебединская Т.Ю. Расчет объема выборки при проведении оценки и независимой экспертизы машин и оборудования	325
Гусейнова Д.С. Математические модели гидродинамики одно и двухфазных сред с внешним тепломассобменом	329
Даник Ю.Э. Регулирование нелинейных дискретных систем управления	334
Данильчик Е.А., Кирик Ю.А., Печко В.А. Имитационное моделирование инвестиционных проектов	338
Дегалевич Д.А., Врабий Э.М., Пискун Г.А., Алексеев В.Ф. Специфика использования методов неразрушающего диагностического контроля полупроводниковых изделий после воздействия электростатических разрядов	342
Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Баялиев А.Ж. Моделирование движения звеньев ударной машины с кривошипно-ползунным механизмом с разделяющимся ползуном	346

Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Экспресс-оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна	350
Евдокимов Д.С., Зейдан А.У., Миронович Л.М. Применение метода факторного анализа для оптимизации процесса получения полимерной композиции на основе поликапроамида и полиэтилентерефталата	354
Егоров К.С. Моделирование поведения потребителей в сфере покупки автомобилей	358
Ерёмина А.Р. Об открытой сети массового обслуживания с многорежимными стратегиями и отрицательными заявками	361
Ефименко А.В., Плугина Т.В. Моделирование системы управления процессом приготовления многокомпонентной смеси в Simulator for Arduino	364
Жирнов А.Б., Романова Н.А. Анализ лесозаготовительных систем машин в Амурской области	369
Журавлева Т.А., Михеев А.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния слоистого материала при проникании гидроабразивной струи	375
Жусупбаев А., Асанкулова М., Султанкул кызы Айнура Применение метода последовательных расчетов к одной нелинейной задаче размещения производства	378
Задорожный В.И., Кузурман В.А. Математическое планирование и оптимизация параметров технологического процесса изготовления пенокарбидных материалов	382
Закревская Л.В., Гавриленко А.А., Дворников Р.М. Применение математических расчетов плотности упаковки сфер к составу легких бетонов	386
Затылкин А.В. Анализ моделей развития усталостных трещин	389
Звягинцева А.В. Дифференциальные уравнения для комплексной оценки сложных систем	392

Зеленина Л.И. Моделирование состояния льдов Арктики	396
Земцовский А.Е. Концепция математической модели аэродинамики сушильных камер с вертикально-поперечной циркуляцией	400
Зими́на Е.Л., Корниенко О.О. Моделирование процесса производства нетканых материалов, с использованием текстильных отходов	404
Золотов И.И. Совместимость фильтрорегулирующих устройств с автономными генераторами	407
Зубков И.В. Анализ систем вентиляции молочно-товарных ферм	410
Иванков А.С. Исследование лампы барьерного разряда с длинной линией передачи	414
Иванов Е.Б., Колосков В.Л., Павлов И.Ю. Разработка системы моделирования технических средств на основе сетей Петри	418
Иванова А.С., Иванов С.П. Об устойчивости пластинчатых систем	421
Иващенко Д.Б. Управление нормативными нагрузками на очистные заборы	425
Ивлев К.Г., Иванейчик О.О., Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А. Структурно-информационная схема процесса образования пригара при тепловой обработке молока	429
Казанская Л.Ф., Рыбина У.П., Курицын Е.М., Кирсанова А.В. Микромеханические свойства контактной зоны в бетонах на основе многокомпонентных вяжущих	432
Калиекперов М.Е., Козловский А.Л. Термическая обработка кремния: изменение морфологии поверхности	435
Камалова Н.С., Евсикова Н.Ю., Юрьев Н.Ю. Оценка микроструктуры ксилемы стволов деревьев методом математического моделирования	439
Капланец Я.О. Анализ и моделирование системы автоматического управления окрасочно-сушильной камерой	446
Каплин И.И. Обзор систем обеспечения микроклимата телятников	450

Картавых Е. А. Моделирование процессов плавления нанокластеров свинца	453
Касимов С.А. Моделирование автоматизированной системы сбора данных интеллектуального мониторинга контроля точности изготовления распределительных валов на основе расчета надежности	457
Кашапова К. Р. Моделирование армогрунтовых устоев мостовых переходов методом конечных элементов	460
Кашубина А.А., Крылова Е.Ю., Крысько В.А., Папкина И.В. Влияние толщины балки на сценарий перехода ее колебаний в хаос	463
Киндеев Е.А., Иванова А.В., Канагина Ю.С., Фокина А.А. Применение светодиодных ламп для снижения коэффициента пульсации освещенности	467
Кирьякова Т.Г. Левдикова Е.В. Ассортимент и анализ методов обработки нарядных платьев	471
Киселев Е.С. Методы обучения многослойного персептрона	474
Кишев М.А. Резервуар-охладитель молока с промежуточным хладоносителем	477
Клевец К.В., Мирошниченко А.А., Тарасов А.Д. Цифровой виброметр на основе пьезоэффекта	480
Клевец К.В., Мирошниченко А.А., Тарасов А.Д. Измеритель параметров вибраций	484
Климович Ю.О. Моделирование учебного плана с помощью семантических сетей	486
Ковалева Н.В. О численном моделировании уплотняемого грунта при строительстве лесных дорог	490
Кожевников Д.А. Уравнения работы адгезии модифицированных клеевых композиций применительно к производству древесных плит	493

THE INFLUENCE OF STATIC ELECTRICITY CHARGES ON FUNCTIONING OF MICROCONTROLLERS

Abramov V.G., Piskun G.A., Alexeev V.F.

DOI: 10.12737/14793

Annotation. In this article were considered processes of emergence and spread of static electricity in a gaseous environment, as well as a classification of its major types.

Keywords: electrostatic discharge (ESD), microcontroller (MC).

Work on preservation and development of scientific, technological and innovation potentials is carried constantly in the Republic of Belarus. The system of science management is being improved, expands and strengthens the legislative and regulatory framework of scientific and innovative activities, measures are taken to increase the level of innovation production, to develop the infrastructure and companies, which are focused on new and innovative technologies [1].

Industry of the Republic of Belarus produces a variety of technical means, which include in their composition modern microelectronic products – microcontrollers, which perform management of electronic devices. Their extensive range, due to a variety of functional opportunities, gives good conditions for designing complex hardware of various purposes to the developers. At the same time, it is quite difficult to implement effective protection for microcontrollers from external influences, especially from such a destructive effect as electrostatic discharge.

Modern researches, presented in scientific and technical literature, provide the results, confirming the destructive influence of static electricity discharges on airborne equipment (AE) of spacecrafts, on-board digital computers, on objects of weaponry and military equipment, on printed circuit assemblies of AE and electronic means, on mining and geological equipment, on systems of storage of oil, on systems of metering of gas etc. It is known that 8 to 33% of all injuries of electronic means and their components are caused by static electricity, which annually costs to producers billions of dollars [1, 3].

Using known methods of technical diagnostics of semiconductor devices are not appropriate in case of damage analysis of microcontrollers after accidental or intentional impact of electrostatic discharges. This is due to specifics of formation of architecture of semiconductor chip and the presence of such built-in functional unit as flash memory, which stores the program code of any complexity. This feature greatly complicates the testing on stability to the effects of static electricity discharge, since failures can occur not only as a result of damage of the chip elements, but also due to changes in the recorded data array, fault analysis of which is currently missing in the algorithms.

Taking into account the specifics of microcontrollers based on performance of programmed functions, close attention should be paid to the security of informational resource, as well as to the protection of the data from accidental or intentional damage. The problem of the protection of information is a multifaceted complex task, involving consideration of issues of the security of integrity of the written into the built-in flash memory program code (protection from failures, leading to loss of information, and protection from loss of data) [1].

However, the problem of controlling the functional and operational characteristics of microcontroller with the written into built-in flash memory program code after the impact of static electricity discharges is not fully developed. In particular, scientific and practical interest is development of methods of functional and operational diagnostics of microcontrollers with the check of integrity of the recorded data array and the identification of areas of their unstable operating due to appeared changes in the code and others.

Microcontrollers for various purposes can be quite effective if they have high reliability, which is laid at the design stage, and is provided in the manufacture and exploitation. In this regard, one of the most urgent problems of modern electronics is the need to systematically monitor functional and performance characteristics of microcontrollers on all stages of their life cycle.

The appearance of electrostatic charges is caused more often by the nature of static electrization, which covers all the processes leading to the formation and separation of positive and negative electrical charges as a result of mechanical

deformation, which occurs in a collision of contact of surfaces of two solids, surfaces of solid and liquid, as well as rupture or separation of surfaces of solids or liquids by gases or any other agent, in particular, ionized gases. These charges accumulate in a particular electrical capacitance and create an electric potential, which in some cases can be controlled by specialized technical means or special events. However, in most cases there is the occurrence of ESD, which leads to electromagnetic interference (in the case of spread of the discharge in the gas) or to the uneven distribution of temperature gradients (in case of passing of the discharge pulse in the system of current-carrying elements).

Nowadays it is quite difficult to analyze all paths of influence of static electricity discharges of microcontrollers (MC). This is because various kinds of influence usually occur in complex, often one after the other without visible boundaries between them.

The most commonly the static electricity discharges can be characterized by two basic parameters: the type of discharge and the mechanism of influence.

Discharges are divided into the following types [2]:

- contact discharge, which is used in the tests of resistance of MC to the ESD, occurs when the discharge tip of the test generator is held in contact with the integrated circuit during the discharge;
- air discharge, the specificity of which is that during its implementation the tip of the test generator is gradually approaches to the integrated circuit till the appearance of electromagnetic pulse.

Testing MC for resistance to the contact discharge of static electricity is the most preferred, because air discharge is unpredictable and depends on many factors, such as the approach speed of the discharge tip, ambient humidity and structure of the testing equipment, leading to changes in the pulse rise time and magnitude of the discharge current.

The main mechanisms of influence of ESD are the following [3]:

- direct mechanism, i.e. static electricity discharges affect only those points and surfaces of MC, which are available for staff during normal exploitation;

- indirect mechanism, by which simulates the influence of pulsed-contact discharges by feeding them from the test generator on the connection plates, wherein formed electromagnetic field leads to a malfunction of integrated circuits.

In the first case, there is a direct injection of charge in the system of current-carrying elements of MC, and in the second – effects are related to the radiated electromagnetic interferences and therefore are indirect.

References

1. Piskun, G.A. Monitoring the functioning of microcontrollers when exposed to electrostatic discharge / G.A. Piskun, V.F. Alexeev // BSUIR reports. 2012. № 6 (68). p. 12–18.

2. Brileva, O.A. Main mechanisms of damage of microcontrollers by the impact of electrostatic discharge / O.A. Brileva, G.A. Piskun, V.F. Alexeev // Gazette of Belarussian-Russian university. 2013. № 2 (39). p. 130–137.

3. Kechiev, L.N. Protection of electronic means of static electricity influence / L.N. Kechiev, E.D. Pozhidaev. Moscow.: Publishing House «Technologies», 2005. 352 p.

Abramov Vyacheslav Glebovich, 4th year student of faculty of computer-aided design of Belarussian state university of informatics and radioelectronics, Minsk, the Republic of Belarus

Research managers:

Piskun Gennadiy Adamovich, candidate of technical sciences, docent of department of design of information and computer systems of Belarussian state university of informatics and radioelectronics, Minsk, the Republic of Belarus

Alexeev Victor Fedorovich, candidate of technical sciences, docent of department of design of information and computer systems of Belarussian state university of informatics and radioelectronics, Minsk, the Republic of Belarus

OPTICAL STUDY OF InGaN/GaN MQWs ON (11-22) SAPPHIRE**Ilyasova Z.S.****DOI: 10.12737/14794**

Annotation. Semiconductor III-nitride heterostructures are important for light emission in the ultraviolet and visible ranges [1]. Typical III-nitride based light emitting structures with InGaN/GaN quantum wells QWs are grown along the strongly polarized 0001 direction [2]. The associated quantum-confined Stark effect QCSE reduces the overlap between the electron and hole wave functions and results in the reduction of the internal quantum efficiency IQE [3]. The QCSE strongly depends on the crystallographic orientation. In nonpolar and semipolar QWs, QCSE can be completely or partially eliminated which can potentially enhance the performance of light emitting devices. Experimental observation for the absence of QCSE in nonpolar AlGaIn/GaN (10-10) and (11-20) QWs has been reported [4, 5] A reduced QCSE has also been observed in (11-22) and (101-3) semipolar InGaIn/GaN QWs [6, 7]. However, planar nonpolar and semipolar III-nitride films grown on r- and m-plane sapphire by MOVPE (Metalorganic vapour phase epitaxy).

Keywords: semiconductor, heterostructure, orientation, sapphire, emission energy.

Experiment. In order to demonstrate good quality of the overgrown semi-polar GaN films on nano-rod templates, an InGaIn/GaN MQW structure has been grown after the overgrowth to investigate optical performance of the semi-polar MQWs. Figure 1 is a schematic figure. The InGaIn/GaN MQW structure is composed of 10 period InGaIn well and GaN barrier thickness with 2.5 nm and 8.5 nm, respectively. Meanwhile, identical InGaIn/GaN MQW structures are grown under the c-plane InGaIn/GaN MQW growth conditions on an as-grown semi-polar GaN and a standard c-plane GaN template in order to make comparisons. Note that

the growth conditions for InGaN/GaN QWs are not optimized.

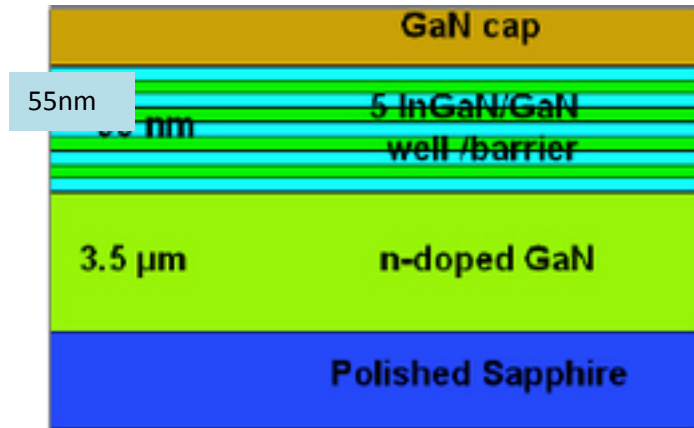


Figure 1. Schematic of an (11-22) InGaN/GaN MQWs sample

Result and discussion. To investigate whether the semi-polar InGaN MQWs are partially free of QCSE, excitation power dependent PL experiments are performed by measuring PL spectra at different laser powers. A blue shift in the emission energy with increasing the excitation power is a fingerprint of QCSE in the sample, as high excitation power would mitigate the effect of the energy band bending caused by the QCSE. Figure 2 present the excitation power dependent PL spectra of InGaN/GaN MQWs, which were measured at 10K. It can be seen that there is no obvious shift in the peak emission wavelength with increasing the excitation power from 0.5 mW to 15 mW. This demonstrates the small QCSE of the semi-polar InGaN/GaN MQWs.

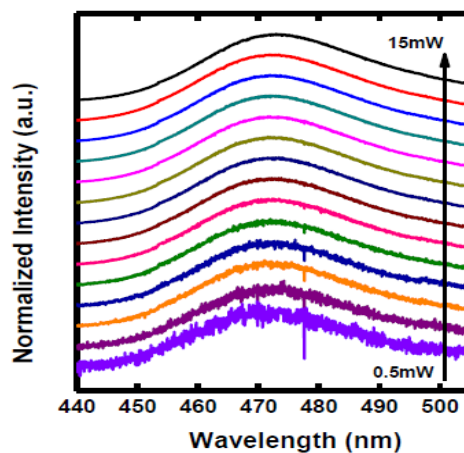


Figure 2. Excitation power dependent PL of InGaN/GaN MQWs on semipolar overgrown GaN.

Estimation of the internal quantum efficiency (IQE) can be performed by implementing temperature dependent PL measurements. The sample is loaded in a cryostat where the temperature can be reduced down to 10 K. Generally, either

photon or phonon is emitted with the recombination of electron-hole pair. Theoretically, there are no thermal vibrations of the electrons at 0 K, thus only the photons can be emitted during the recombination process, which indicates that the IQE is unity at 0K. Therefore, by calculating the ratio between the integrated intensities at 300 K (room temperature) and 10 K, the IQE can be estimated.

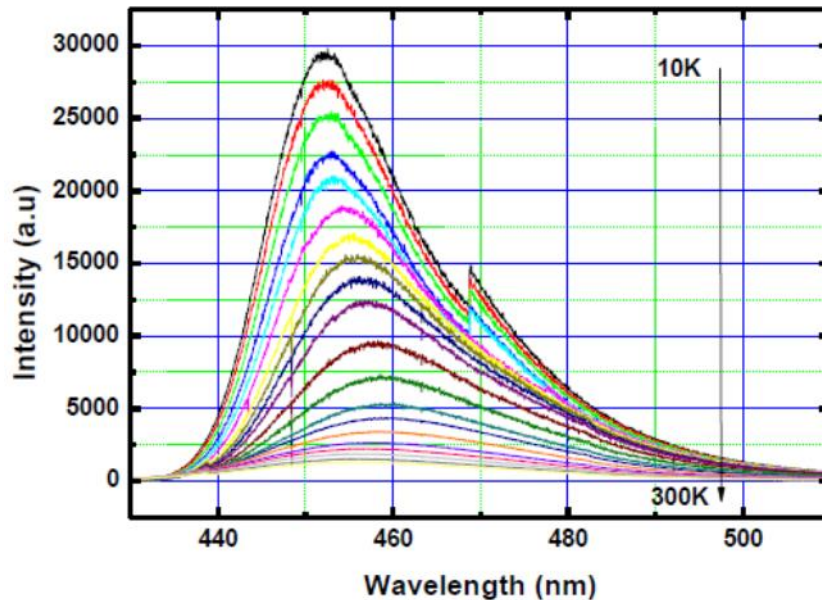


Figure 3. PL spectra of semipolar InGaN/GaN MQWs measured at temperature from 10K to 300K

Although this method cannot give the accurate IQE value for each sample, but it can provide comparisons of IQEs for different samples as long as they are measured under identical conditions. Figure 3. shows PL spectra of semi-polar InGaN MQWs at different temperatures from 10K to 300 K. The sudden jump at $\sim 467\text{nm}$ is due to the PL.

References

1. S. Nakamura and G. Fasol, *The Blue Laser Diode* Springer, Berlin, 1997.
2. F. Bernardini and V. Fiorentini, *Phys. Status Solidi B* 216, 391 1999.
3. T. Takeuchi, S. Sota, M. Katsuragawa, M. Komori, H. Takeuchi, H. Amano, and I. Akasaki, *Jpn. J. Appl. Phys., Part 2* 36, L382 1997.
4. P. Waltereit, O. Brandt, A. Trampert, H. T. Grahn, J. Menniger, M. Ramsteiner, M. Reiche, and K. H. Ploog, *Nature London* 406, 865, 2000.
5. N. Akopian, G. Bahir, D. Gershoni, M. D. Craven, J. S. Speck, and S. P. DenBaars, *Appl. Phys. Lett.* 86, 202104 2005.
6. M. Ueda, K. Kojima, M. Funato, Y. Kawakami, Y. Narukawa, and T. Mukai, *Appl. Phys. Lett.* 89, 211907 2006.

7. R. Sharma, P. M. Pattison, H. Masui, R. M. Farrell, T. J. Baker, B. A. Haskell, F. Wu, S. P. DenBaars, J. S. Speck, and S. Nakamura, Appl. Phys.Lett. 87, 231110 2005.

Ilyassova Zulfiya Shakirovna, student of the 4th course of the faculty of physical Sumgait State University, Sumgait

Research manager - Orujov Samir Kamalovich, candidate of physico-mathematical Sciences, associate Professor of the Department of physics of solids SSU, Sumgait

UDC 697: 721.011.25

SYSTEMS OF HEAT AND AIR SUPPLY OF HERMETIC BUILDINGS

Lipko V., Dobrosoltseva E., Sinukovich E.

DOI: 10.12737/14795

Annotation. In the conditions of constant increase of heat-shielding characteristics of external protecting designs according to standard base of Belarus at designing of buildings at a stage of calculation of thermal balance of premises there are more situations when heat loss is much less than counted premise of heat input and in this case all heating loading is directed on heating of infiltrated air which should arrive spontaneously through external protections, but does not arrive outside in a premise because of the raised hermetization of protecting designs. Design concepts to provide energy and resource efficient heat and air supply of hermetic buildings are presented in work.

Keywords: systems of a heat and air supply, design concepts, hermetic buildings.

Systems of a heat supply and ventilation of buildings are the most power- and resource-intensive. The modern engineering equipment should provide safety and convenience in operating at its small cost, metal consumption, labor input of installation and the maximum industrialization of buildings.

Now the basic attention is given to creation of new progressive technologies of a heat supply and air supply the many-stored inhabited and public buildings

providing comfortable parameters of a microclimate by criteria energy - resource-saving and ecology.

Along with increase of heat-shielding properties of protecting designs and their hermetic sealing that half reduces теплопотребление buildings, other radical measure in town-planning is the further perfection of technology a heat supply of buildings with replacement of water heat-carriers by steam and air which will allow to get rid of the numerous expensive and power-intensive pump installations used in low-potential systems of the centralized heat supply for swapping of huge weights of water in multitrumpet main both distributive networks and lifting on height of many-stored buildings.

In comparison with known analogs a number of indisputable advantages the technological scheme of air heating of many-storeyed inhabited and public buildings with external protections of the raised heat-shielding and the tightness, structurally combined with ventilation in which are used quick-response low power inputs kinds of high-potential heat-carriers - superheated steam and air differs (fig. 1).

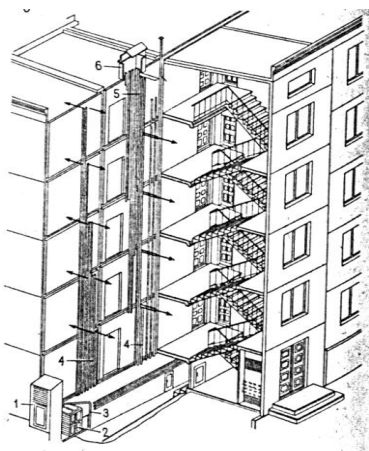


Figure 1 – Air heating of

On fig. 1 the system of air heating of a many-stored building cell structures (apartment houses, hostels, hotels, sleeping cases of sanatoria, etc.) in which inflow of external air is carried out through in taking mine I, the heating center 2, the air transferring channel 3 is presented and vertical channels 4 forced ventilations, and an extract of fulfilled air are provided through channels 5 exhaust ventilations and exhaust mine 6. In the pressurized premises there is enough installation of one fan it is more

preferable on conditions of noise protection in the exhaust center to maintenance of normalized air exchange in the conditions of the summer and transitive periods of year at decrease or absence of natural draft.

Abroad in many-stored public buildings of cellular design air-conditioning systems of a high pressure are established. In their air lines speed of air reaches 20-30m/s that allow to reduce section of air pipes and volume of a building occupied with them. Such systems require applications of high-pressure fans, tight air lines and special measures of struggle against aerodynamic noise, obligatory installation of

sound attenuator at release of air in served premises. Such systems simultaneously can carry out and heating functions, however are characterized by high capital and operational expenses and in practice of town-planning in our country do not find wide application yet [2, 3].

Creation of more effective heating-ventilating systems of inhabited and public buildings socially and economically expediently and actually for Belarus importing a power source of raw materials in the conditions of the becoming aggravated world energy crisis that lays down heavy burden on economy of all economic complex.

In modern housing construction by standard base the increase in the area of light apertures in protecting designs from 28 % to 35 % for increase of level of the natural illumination well influencing conditions of residing is provided. The offered design of air supply recuperative window double-glazed window (fig. 2) allows not

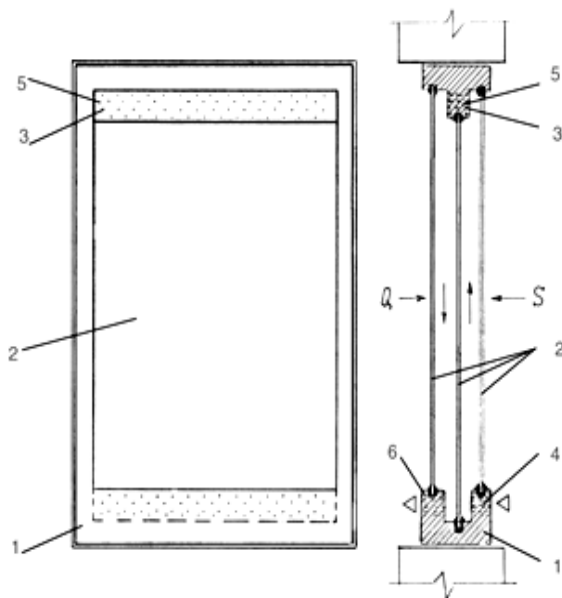


Figura 2 – Power effective multilayered light window double-glazed window:

- 1 – frame; 2 – light partitions;
- 3 – channels; 4 – external, 5 – top intermediate; 6 – bottom internal frames

only to lower considerably power inputs on heating of buildings, but also to provide normalized air exchanges in each ventilated premise that promotes creation of comfortable conditions of a microclimate of premises, providing access to them of such most valuable natural vital factors, as warmth and light of solar radiation and fresh atmospheric air.

The technological scheme combined airheatsupply many-stored residential buildings with the type which has been built in exhaust mine on all height of a building that allows to use as much as possible a design of exhaust mine for recuperating leaving warmth of fulfilled air for the purpose of heating of external air

without additional losses of warmth practically to the set standards is developed.

Rational use of thermal and electric energy, natural and secondary sources, recycling of a thermal waste and low potential secondary power resources on the basis of the advanced achievements of science and technology, allowing to lower

power consumption in building branch and to raise thermodynamic efficiency in household sphere of economy, are strategic base at the further decision of problems on decrease in power consumption in town-planning.

Thanks to introduction of offered technology uniped heating structurally combined with air supply of buildings, a significant amount of the expensive pump equipment, regulating armature from pig-iron, a steel and nonferrous metals, and also steel pipes and metal rolling which can be directed to the industry or agrarian sector will be released, for example, for creation of irrigating systems, water supply of cattle-breeding complexes, etc. Besides, the steel and pig-iron heating devices widely applied in water systems of heating, after dismantle and restoration can be realized also for export or in home market, and broken parts as scrap metal will serve as raw materials for metallurgy.

References

1. СНБ 2.04.02-2000 – Строительная климатология. - Минск; Минстройархитектуры, 2001.
2. Крум Д., Роберте Б. Кондиционирование воздуха и вентиляция зданий: Пер. с англ./Под ред. Е.Е. Карниса.-М.: Стройиздат, 1980.-399с.
3. Шниски Ф. Управление процессами по критерию экономии энергии: Пер. с англ./Под ред. Е. К. Масловского. -М.: "Мир", 1981.-390с.

Липко Владимир Иосифович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

Добросольцева Елена Сергеевна, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

Синюкович Елена Константиновна, студентка 5 курса инженерно-технологического факультета УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

**INNOVATIVE MODERNIZATION HEATING AND AIR SUPPLY
LOFT BUILDINGS WITH HINGED VENTILATED FACADE SYSTEMS
CONDUCTING LIGHT**

Lipko V., Lankovich S., Nikrashevich H.

DOI: 10.12737/14796

Annotation. Development refers to the technique of heating and ventilation and proposed for use in the town- planning industry for energy- and resource- saving heating and air supply to buildings with modern warm attics and ventilated transparent facade systems.

Keywords: infiltration, ventilate, energy efficiency, microclimate.

In all kinds of energy transformation at present because of the imperfection of the technological processes to final consumption is lost over 60% of the potential energy resources used. Energy-saving priorities is of particular significance for countries importers of fuel-energy resources, and the Republic of Belarus.

Photoconductive ventilated facade systems with air gap not only provide excellent appearance of buildings for years to protect enclosures from external climatic influences of humidity and low temperatures, but also significantly increase their heat-shielding characteristics.

Completed staircase-lift volume, usually placed inside buildings and occupy up to 20% of the heated space, is not binding, as in the heating period the tenants are in them in warm clothing.

By design completed staircase-lift volumes of high-rise buildings represent a huge shaft, vertical passing through the entire building, constantly opening through exterior entry doors from below into the atmosphere, and are also linked to the atmosphere through the machinery space elevators and reinforced ventilation pipes with a diameter of 500 mm with deflectors from remove debris systems. Such constructive solutions to buildings violate aerodynamic and powerful rising air stream that arises under the influence of the force of gravity, not only blows, but also disrupts the operation of ventilation systems, causing it to "rollover".

In order to reduce material and energy spent on housing and garret heat and power supply public buildings using ventilated translucent systems requires a functional modernization of warm attics with converting them from intermediate bulk section exhaust vent chambers for removing the warm exhaust air to the atmosphere through the sectional extraction mine ventilation air volume camera technology to capture previously heated in slot conductive air channels formed by hinged ventilated conducting light facade systems and external vertical structures, protecting outdoor ventilation air inlet and then serving it via "tube inside the ventilated premises.

Energy efficiency technological scheme heating and air supply loft buildings with external enclosures with increased thermal insulation and tightness, hinged ventilated conducting light systems and upgraded warm verandas is presented on figure 1, which shows a fragment of the attic of the building with a regenerative device influx-and-extract ventilation, proposed for implementation in urban planning practice.

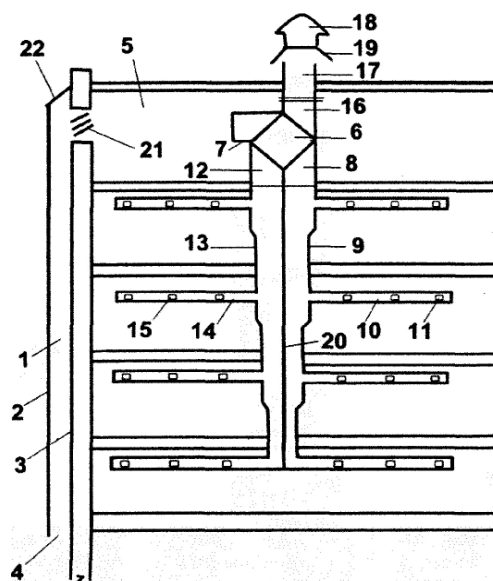


Figure 1 – Regenerative device and exhaust ventilation building

Works regenerating device and exhaust ventilation as follows.

Fresh outdoor air under the influence of the natural gravitational pressure or by forced circulation comes out from the bottom through the slotted hole in the air guide 4 channel 1, which is a preview of his heated through a hinged ventilated facade light transparent 2 through direct and diffuse solar radiation during the day and through

the outer surfaces of enclosing constructions 3 constantly day and night during the heating period, foregone the transmission of heat. Outdoor air in the air guide channel 1 enters from the bottom through the slotted hole 4, and the top opens in warm attic volume 5, which also sees the lost building transmission warmth through the ceiling of the top floor, as well as direct and scattered solar radiation through a topcoat of warm attic 5. In the warm attic 5 pre heated inlet ventilation air inlet 7 passes through the central plate 6 heat exchanger, which selects the heat of the exhaust air vent, and enters through pipe 8 in vertical supply air duct 9 continue on experiencing horizontal venting the air ducts through 10 through the adjustable grilles for air flow 11 comes in ventilated premises from which the warm exhaust air is removed through adjustable grille 15 floor apartment horizontal exhaust ductwork 14 vertical exhaust duct hose 12, 13 operation 6, 16, 17 shaft tube, fan 18 or 19 the air valve to the atmosphere.

Vertical supply air duct and exhaust air duct vertical 9, 13 to have a common wall, 20, is transit heat exchange between suction and exhaust air increasing effect of recovery and increasing the thermal efficiency of the entire system of heat and air supply buildings increased thermal insulation and tightness.

To ensure effective summer operating mode in order to avoid overheating the building under the influence of solar radiation at the top of the pipe conducting air, 1 provided 21 adjusting device which closes, and the air valve opens the 22 that creates air cooling mode of irradiated by the Sun outdoor enclosures with hinged ventilated facade systems to skip.

In order to create a favourable and comfortable microclimate of dwellings with a minimum of material and energy, we recommend the following transformations:

1. Completed staircase-lift the spatial volume of the building is necessary to make the inside of the building and positioned adjacent to the northern face milling in facade without heating as tenants in the heating period are in warm clothes and use it as a platform.

2. A warm attic functionally modernize with the transformation of its volumetric of the exhaust chamber to remove warm air into the atmosphere in large intake sectional camera to gather pre heated outdoor fresh air blower and then heated

in recuperate with heat of exhaust air.

3. Use the external decoration of the building ventilated curtain facade system, which not only improve the aesthetic appearance of buildings, but for years to minimize the heat power for spending when their exploitation at the expense of the greenhouse effect.

4. In order to significantly reduce energy consumption, heat buildings recommend for wide introduction in practice of authentic urban development of regenerative devices supply and exhaust ventilation under the patent of the Republic of Belarus using the latest energy-efficient and resource-efficient technologies, a three-stage scheme of waste energy recovery, recovery of assimilating low heat emissions and using the natural heat of solar energy.

References

1. Lipko V.I. Ventilation sealed buildings. Vol. 1 & 2: Polotsk State University, 2000, - 300 & 246 p.: ill.

2. Lipko V.I. Energy-efficient and resource-efficient district heating and gas supply civil buildings. In 2 volumes. Vol. 1 & 2: Polotsk State University, 2004 – 212 & 392 p.: ill.

3. Regenerative device and exhaust ventilation: application № i20120004 Republic of Belarus, IPC (2006.01) P24O7/0000/V.i. Lipko, . S.V. Lipko; the claimant Polotsk State University. - № i20120004; statement. 02/01/2012; the decision to grant a patent for utility model 20.03.2012/Officia/newsletter/Nat. Eleven.-2012.

Nikrashevich Hanna, 5th year student of engineering-technological faculty, department "Heat and gas supply and ventilation" Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus

Research managers:

Vladimir Lipko, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Heat and gas supply and ventilation" Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus

Svetlana Lankovich, assistant of the department "Heat and gas supply and ventilation" Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus

ANALYSIS OF THE RADIATION MONITORING SYSTEMS IN THE INDUSTRIALIZED COUNTRIES OF EUROPE

**Popov A.A., Kovach V.E., Artemchuk V.A., Bliyashenko O.V.,
Smetanin K.V.**

DOI: 10.12737/14797

Annotation. The features of the organization of radiation monitoring of the environment, as well as emergency response systems in European countries with developed nuclear industry are considered. The basic radio and ecological threats and methods of their control are described. The analysis of the national radiation monitoring programs and their development strategy was done. Also was done the comparison of information and technical support of the systems in the considered countries.

Keywords: contamination, environment, radiological monitoring, radiometric equipment, ecological safety.

Radiological emergency monitoring systems comprise systems intended for early warning about unexpected increases in the background radiation levels, and systems for mapping radioactivity in the environment, resulting from radiological accidents domestically or abroad. The Nordic and Baltic Sea countries all possess automatic early warning systems and most countries have established strategies, equipment and routines to map the national territory after fallout of radioactive material. National programs also exist for determining contamination levels of food, environmental samples, vehicles, goods etc., as well as any external or internal contamination of people.

The major radiological threats arise from nuclear power plant inside or outside the country in question, while nuclear research reactors, nuclear powered naval vessels, and the general use of radioactive materials constitute other radiological threats. The situation in this respect is not identical for the countries covered in the region [1, 2].

The national strategies and their practical applications regarding the various types of measurements often coincide or turn out to be equivalent or very similar; however, in certain cases there are important differences. Some of these differences are easy to explain or justify, due to radiological differences (such as variation in normal background radiation levels or radon concentrations) and different nuclear threat pictures. Others, however, reflect differences in national organizations, available equipment, experience or historic development of procedures and equipment.

Automatic gamma monitoring stations form the most important part of the national early warning system. They constitute a fast, sensitive and reliable method for total gamma measurements. The stations monitor the total gamma radiation level on the ground, and may also detect a passing radioactive cloud, thus providing early warning as well as radiation data both under normal circumstances and in the acute phase and later stages of emergency situations. All countries possess automatic gamma monitoring networks. However, the number of stations varies greatly between the countries (Table 1), with Finland, Germany and the Russian Federation having large numbers of stations. The national automatic gamma monitoring networks are described with respect to the type(s) of detector(s) used, dynamic range, polling periods, radon compensation, and alarm criteria. In some cases, semi-automatic or manual stations supplement the automatic networks [2, 3].

High-resolution measurements of airborne activity using air filter stations are made in all countries. High volume sampling stations, with or without on-line detectors, can detect trace amounts of activity and allow for radionuclide specific analysis of sampled aerosols. As in the case of gamma stations the number of filter stations varies from country to country. The national programs include combinations of stationary and mobile units; low, high and ultra high volume air samplers; equipment for measuring aerosols and/or gaseous iodine, xenon, etc.

Table 1 - Available radiometric equipment and systems in the Nordic and Baltic Sea Countries

Available radiometric equipment and systems	Denmark	Estonia	Finland	Germany	Iceland	Latvia	Lithuania	Norway	Poland	Russ. Fed.	Sweden
Gamma monitoring; automatic	11	11	298	2150	1	16	14	22	20	152	37
Gamma monitoring; manual or semiautomatic	0	3	150	-	0 ^{c)}	0	74	no	36	1255	-
Survey teams	yes	yes	yes	yes	yes ^{d)}	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Aerosol sampling stations	1 ^{a)}	3	31	5 ^{b)}	1	3	1	7	19	40	5
Aerosol on-line monitoring	0	1	15	51	0	yes	1	0	8	0	0
Airborne measurements; mapping	yes	no	yes	yes	no	no	no	yes	yes	yes	yes
Airborne measurements; sampling	no	no	yes	yes	no	no	no	yes	yes	yes	no
Environmental sampling	yes	-	yes	yes	yes	yes	-	yes	yes	yes	yes
Food sampling	yes	-	yes	yes	yes	yes	-	yes	yes	yes	yes
Field gamma spectrometry	yes	yes	yes	yes	no	yes	-	yes	yes	yes	yes
Contamination checks of cars, goods	yes	-	yes	yes	yes	yes	-	yes	yes	yes	yes
Whole body counters	yes	no	yes	yes	no	no	no	yes	yes	yes	yes

a) 1 on standby;

b) High-volume samplers;

c) 2 stations planned;

d) Organized as needed.

Most countries have programs or plans for survey teams and local measurements at predetermined points to get fast and detailed information on local dose rates. Several countries have a program for airborne fallout mapping. Mobile gamma monitoring stations and/or air filter stations are used or planned to supplement the stationary network.

Field measurements of the following types can be made in areas of special interest in most countries: Gamma spectrometry, total gamma measurements, gamma analysis of air filters, alpha and/or beta measurements. In addition, extensive programs exist for field and/or laboratory analysis of environmental and food samples.

External contamination checks (gamma, beta/gamma, or alpha) of people, vehicles, buildings etc. may be performed whenever needed. Ordinary survey meters are used in most instances; more sophisticated equipment, however, is available, should the need arise.

Whole body counters for making nuclide-specific measurements of internal contamination levels are available in several countries. In many countries, some hospitals and other institutions are equipped and staffed to detect and assess internal contamination by means of organ measurements or analysis of urine samples. In Table 1, the available radiometric equipment and systems in the Nordic and Baltic Sea countries are summarized [1-3].

The development of radiological emergency monitoring systems in the region has been advanced by bilateral and international cooperation. Future development to a large extent depends on continued international cooperation, especially for promoting exchange of monitoring data and the development of comprehensive decision support systems.

References

1. Country nuclear power profiles. – Vienna: IAEA, 2014. – 120 p.
2. Country Profiles [Электронный ресурс] // Веб-сайт World Nuclear Association. - Дата доступа 07.06.2014. - Режим доступа : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles>. - Загл. с экрана.

3. Nuclear energy encyclopedia: science, technology, and applications / ed. Steven Krivit, Jay H. Lehr. - New Jersey, 2011. - 624 p.

Попов Александр Александрович, кандидат технических наук, докторант Государственного учреждения «Институт геохимии внешней среды Национальной академии наук Украины», г. Киев, Украина

Ковач Валерия Емельяновна, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела проблем экологической безопасности Государственного учреждения «Институт геохимии внешней среды Национальной академии наук Украины», г. Киев, Украина

Артемчук Владимир Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова Национальной академии наук Украины, г. Киев, Украина

Бляшенко Олег Викторович, кандидат технических наук, докторант Государственного учреждения «Институт геохимии внешней среды Национальной академии наук Украины», г. Киев, Украина

Сметанин Кирилл Владимирович, аспирант Государственного учреждения «Институт геохимии внешней среды Национальной академии наук Украины», г. Киев, Украина

UDC 01.04.02

INFLUENCE OF THE HIGGS FIELD ON ELECTRIC CHARGE AND MASSES OF GAUGE BOSONS

Rzaeva S.S, İbrahimova Ch. Zeynalabdinli R.A.

DOI: 10.12737/14798

Abstract. In the framework of Standard Model for the arbitrary values of Higgs and fermions fields hypercharges, taking into account parity invariance of electromagnetic interaction, expressions for the fermions charges, testifying the electric charge quantization are obtained. The most general expressions for the gauge bosons masses, eigenstates of neutral fields and the interactions of leptons and quarks with gauge bosons have been derived in the arbitrary values of hypercharges of fields.

Keywords: Standard Model, Electric charge quantization, Higgs fields, Gauge Models.

The nature of electric charge quantization remains unclear till now. There are two elegant proposals to understand this problem: magnetic monopole suggested by Dirac and a hypothesis of grand unification. In the context of Standard Model (SM) and its extensions electric charge quantization has been considered by a number of authors [1 – 4]. It has been shown that in SM, left-right-symmetric and flipped SU(5)xU(1) models with right-handed neutrino, quantization of electric charge follows from the requirement of anomaly cancellation and nonvanishing fermion masses only if neutrino is assumed to be Majorana particle.

It should be noted that the electric charge quantization problem considered in [6] has been derived for the concrete values of parameters α and β . Besides in these type models based on $SU(3)_C \times SU(3)_L \times U(1)_X$ group symmetry [1-6], the expressions for the masses of neutral gauge bosons and eigenstates of neutral fields have been obtained in particular case.

The electric charge is defined in general as a linear combination of the diagonal generators of $SU(3)_C \times SU(3)_L \times U(1)_X$ group

$$\hat{Q} = \alpha \hat{T}_3 + \beta \hat{T}_8 + X \hat{I}, \quad (1)$$

with $T_3 = \text{diag}(1, -1, 0)/2$ and $T_8 = \text{diag}(1, 1, -2)/2\sqrt{3}$, where the normalization chosen is $\text{Tr}(T_\alpha T_\beta) = \delta_{\alpha\beta}/2$ and $I = \text{diag}(1, 1, 1)$ is the identity matrix. The value of the parameters α and β determines the fermion assignment and it is customary to use this number to classify the different models.

For lepton and quark fields we choose the following representations (we will consider one family of leptons and quarks without mixing):

$$\begin{aligned} \psi_{lL} &= \begin{pmatrix} \nu_e \\ e^- \\ N \end{pmatrix}_L \sim (1, 3, y_{lL}), \quad \psi_{eR} = e_R \sim (1, 1, y_{eR}), \quad \psi_{NR} = N_R \sim (1, 1, y_{NR}), \\ \psi_{qL} &= \begin{pmatrix} u \\ d \\ U \end{pmatrix}_L \sim (3, 3, y_{qL}), \quad \psi_{uR} = u_R \sim (3, 1, y_{uR}), \quad \psi_{dR} = d_R \sim (3, 1, y_{dR}), \quad \psi_{UR} = U_R \sim (3, 1, y_{UR}). \end{aligned} \quad (2)$$

The gauge bosons of this model form an octet $W_{a\mu}$ and singlet B_μ associated with $SU(3)_L$ and $U(1)$ accordingly. It is easy to see that the massless gauge bosons

associated with $SU(3)_C$ group decouple from the neutral bosons mass matrix and are not considered later.

The interactions lagrangian, containing the mass of the neutral gauge bosons in this case, looks like:

$$L_{mass}^{NG} = \frac{1}{2} V^T M_0^2 V,$$

here:

$$\begin{aligned} m_{11} &= (u^2 + v^2), \quad m_{12} = \frac{1}{\sqrt{3}}(u^2 - v^2), \quad m_{13} = \frac{2}{\sqrt{6}}t(u^2 X_\eta - v^2 X_\rho), \quad m_{22} = \frac{1}{3}(4V^2 + u^2 + v^2), \\ m_{23} &= \frac{2}{3\sqrt{2}}t(u^2 X_\eta + v^2 X_\rho - 2V^2 X_\chi), \quad m_{33} = \frac{2}{3}t^2(u^2 X_\eta^2 + v^2 X_\rho^2 + V^2 X_\chi^2). \end{aligned} \quad (3)$$

The eigenvalues of the mass matrix are the roots of equation

$$M^3 - \chi_1 M^2 + \chi_2 M - \chi_3 = 0, \quad (4)$$

where $M = 4M_0^2 / g^2$ and

$$\begin{aligned} \chi_1 &= \frac{2}{3} \left[2(u^2 + v^2 + V^2) + t^2(u^2 X_\eta^2 + v^2 X_\rho^2 + V^2 X_\chi^2) \right], \\ \chi_2 &= \frac{4}{3} \left\{ u^2 V^2 + v^2 V^2 + u^2 v^2 \right\} + \frac{2t^2}{3} \left[u^2 V^2 (X_\eta^2 + X_\rho^2 + X_\eta X_\rho) + v^2 V^2 (X_\rho^2 + X_\chi^2 + X_\rho X_\chi) + \right. \\ &\quad \left. + u^2 v^2 (X_\eta^2 + X_\rho^2 + X_\eta X_\rho) \right], \quad \chi_3 = \frac{8}{9} u^2 v^2 V^2 t^2 (X_\eta + X_\rho + X_\chi)^2 \end{aligned}$$

In general case the eigenvalues of mass matrix corresponding to the masses of neutral gauge bosons can be real and differ from zero. In the case when the roots of equation (4) satisfy condition $M_1^2 \gg M_2^2 \gg M_3^2$, we have

$$\begin{aligned} M_{Z_1}^2 &\approx \frac{g^2 V^2}{6} (2 + t^2 X_\chi), \quad M_2^2 \approx \frac{g^2 v^2}{6} \cdot \frac{3 + 2t^2 (X_\rho^2 + X_\chi^2 + X_\rho X_\chi)}{2 + t^2 X_\chi}, \\ M_{Z_3}^2 &\approx \frac{g^2 u^2}{2} \frac{(X_\eta + X_\rho + X_\chi)^2}{3 + 2t^2 (X_\rho^2 + X_\chi^2 + X_\rho X_\chi)}. \end{aligned} \quad (5)$$

In our case ($V \gg v \gg u$) the easiest mass in (5) can be identified with photon mass

($M_3^2 = M_\gamma^2$) only under the condition $X_\eta + X_\rho + X_\chi = 0$.

Notice that this condition also follows from the electric charge conservation. In this case for the masses of neutral bosons we have

$$M_{\gamma}^2 = 0, \quad M_{Z_{1,2}}^2 \approx \frac{g^2}{8} \left[\chi_1 \pm \sqrt{\chi_1^2 - 4\chi_2} \right]. \quad (6)$$

The easiest of massive neutral vector bosons (6), can be identified with SM Z - boson $M_{Z_2} \equiv M_Z$.

References

1. Foot R, Lew H, Joshi G, Volkas R. R.. Possible electric charge nonconservation and dequantization in $SU(2) \times U(1)$ models with hard symmetry breaking/ Mod. Phys. Lett.,A// 1990, v.5, p.95-99.
2. Geng C. Remarks on charge quantization of fermions and bosons / Phys. Rev., D// 1990, v.41, p. 1292-1298.
3. Rudaz. S. Electric-charge quantization in the standard model / Phys. Rev., D//1990, v.41, p. 2619-1214.
4. Golwich E, Pal P. B. Charge quantization from anomalies / Phys. Rev., D// 1990, v.41, p. 3537 -3542.
5. Abbas A. Spontaneous symmetry breaking, quantization of the electric charge and the anomalies / J. Phys.,G: Nucl. Part. Phys., // 1990, v. 16, p.163-168.
6. Abbas A. To quantize or not to quantize gravity? / arXiv:physics/0205044v1//
7. Glashow S. L.. Partial Symmetries of Weak Interactions / Nucl. Phys.// 1961. v.22. p.579–588.

Чинара Ибраимова Октай кызы, студент 4 курса Сумгаитского государственного университета, факультет физики, г. Сумгаит, Азербайджан

Ресмийе Зейналабданлы Али кызы, студент 4 курса Сумгаитского государственного университета, факультет физики, г. Сумгаит, Азербайджан

Научный руководитель - Рзаева Севда Сабир кызы, Доктор философии в области физики, доцент кафедры физики твердого тела Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНИКА С ВЫПИЛИВАНИЕМ ТРЕХ БРУСЬЕВ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ И ТРЕХ ПАР БОКОВЫХ ДОСОК

Агапов А.И., Повышев А.В.

DOI: 10.12737/14522

Аннотация. Поставлена и решена задача оптимизации раскроя пиловочника с выпиливанием трех брусьев разной толщины и трех пар боковых досок. Составлен алгоритм решения задачи, с помощью которого определены оптимальные размеры брусьев и досок. Оказалось, что максимальный выход пиломатериала получается, когда толщина центрального бруса больше боковых в 2,9 раза. Алгоритм рекомендуется использовать для расчета и составления поставов.

Ключевые слова: пиловочник, брусья, обрезные доски, целевая функция, уравнение связи, функция Лагранжа и алгоритм решения задачи.

При раскросе пиловочника больших размеров с выпиливанием трех брусьев на практике центральный брус иногда рекомендуется выпиливать меньшей толщины, чем боковые брусья [3]. Возможен также вариант выпиливания центрального бруса большей толщины, чем боковые брусья (в соответствии с рисунком 1). Возникает вопрос, какой вариант соотношения толщин брусьев является наиболее предпочтительным. Для решения поставленной оптимизационной задачи составляем математическую модель. В качестве критерия оптимальности выбираем площадь поперечного сечения брусьев и боковых обрезных досок.

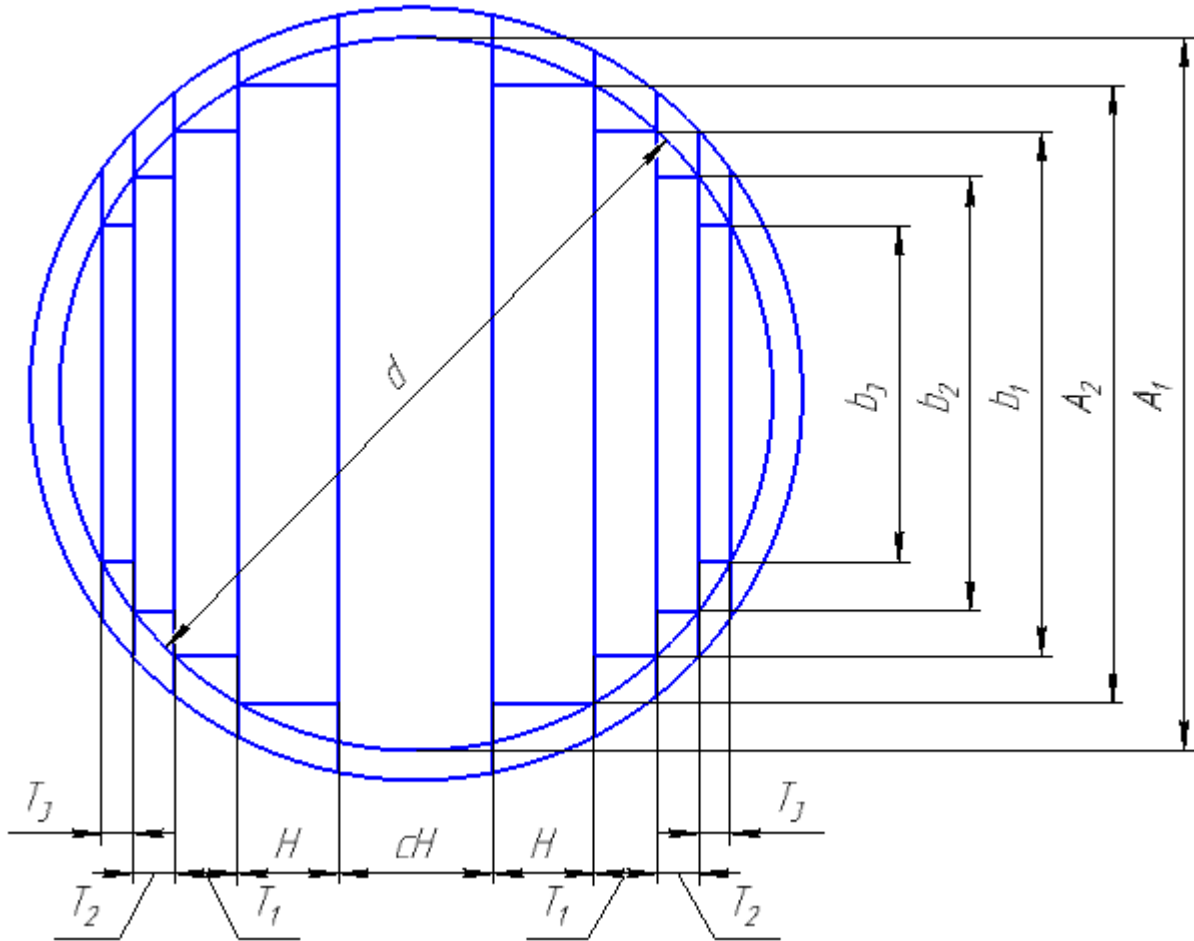


Рисунок 1 – Схема раскря пиловочника с выпиливанием трех брусьев разной толщины и трех пар боковых досок

В данной задаче оптимизации раскря пиловочника рассматривается пифагорическая зона, в которой длина брусьев и досок равна длине бревна. Тогда с учетом разной толщины боковых и центрального брусьев целевую функцию можно представить в виде суммы площадей поперечных сечений брусьев и боковых обрезных досок [2]

$$Z = cHA_1 + 2HA_2 + 2b_1T_1 + 2b_2T_2 + 2b_3T_3, \quad (1)$$

где c – коэффициент увеличения или уменьшения толщины центрального бруса по сравнению с толщиной боковых брусьев $c = \frac{H_{\text{ц}}}{H}$;

$H_{\text{ц}}$ – толщина центрального бруса;

H – толщина бокового бруса;

A_1 – ширина пласти центрального бруса;

A_2 – ширина наружной пласти бокового бруса;

b_1 – ширина наружной пласти первой пары боковых досок;

T_1 – толщина первой пары боковых досок;

b_2 – ширина наружной пласти второй пары боковых досок;

T_2 – толщина второй пары боковых досок;

b_3 – ширина наружной пласти третьей пары боковых досок;

T_3 – толщина третьей пары боковых досок.

Представление целевой функции в таком виде основано на следующем предположении. При увеличении площадей поперечных сечений брусьев и следовательно их объемов, площади поперечных сечений боковых обрезных досок уменьшаются и наоборот. Очевидно имеется такое соотношение размеров брусьев и боковых обрезных досок, при котором целевая функция принимает экстремальное (максимальное) значение. Этот вариант и следует считать оптимальным [1].

Взаимосвязь диаметра пиловочника с размерами брусьев и боковых досок можно описать пользуясь теоремой Пифагора. Тогда уравнения связи для данного варианта раскроя пиловочника можно записать в следующем виде.

Для центрального бруса

$$d^2 - A_1^2 - c^2 H^2 = 0. \quad (2)$$

Для боковых брусьев

$$\begin{aligned} d^2 - A_2^2 - (cH + 2H)^2 &= 0, \\ d^2 - A_2^2 - c^2 H^2 - 4cH^2 - 4H^2 &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Для первой пары боковых досок

$$\begin{aligned} d^2 - b_1^2 - (cH + 2H + 2T_1)^2 &= 0, \\ d^2 - b_1^2 - c^2 H^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4cH^2 - 4cHT_1 - 8HT_1 &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Для второй пары боковых досок

$$d^2 - b_2^2 - (cH + 2H + 2T_1 + 2T_2)^2 = 0, \quad (5)$$

$$d^2 - b_2^2 - c^2H^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 4cH^2 - \\ - 4cHT_1 - 4cHT_2 - 8HT_1 - 8HT_2 - 8T_1T_2 = 0.$$

Для третьей пары боковых досок

$$d^2 - b_3^2 - (cH + 2H + 2T_1 + 2T_2 + 2T_3)^2 = 0,$$

(6)

$$d^2 - b_3^2 - c^2H^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 4T_3^2 - 4cH^2 - 4cHT_1 - \\ - 4cHT_2 - 4cHT_3 - 8HT_1 - 8HT_2 - 8HT_3 - 8T_1T_2 - 8T_1T_3 - 8T_2T_3 = 0.$$

Полагаем, что математическая модель оптимизации для данного варианта раскроя пиловочника составлена. Для решения этой задачи воспользуемся методом множителей Лагранжа. Функция Лагранжа запишется в следующем виде [1]

$$L = cHA_1 + 2HA_2 + 2b_1T_1 + 2b_2T_2 + 2b_3T_3 + \lambda_1(d^2 - A_1^2 - c^2H^2) + \\ + \lambda_2(d^2 - A_2^2 - c^2H^2 - 4cH^2 - 4H^2) + \\ + \lambda_3(d^2 - b_1^2 - c^2H^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4cH^2 - 4cHT_1 - 8HT_1) + \\ + \lambda_4(d^2 - b_2^2 - c^2H^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 4cH^2 - \\ - 4cHT_1 - 4cHT_2 - 8HT_1 - 8HT_2 - 8T_1T_2) + \\ + \lambda_5(d^2 - b_3^2 - c^2H^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 4T_3^2 - 4cH^2 - \\ - 4cHT_1 - 4cHT_2 - 4cHT_3 - 8HT_1 - 8HT_2 - 8HT_3 - 8T_1T_2 - 8T_1T_3 - 8T_2T_3),$$

(7)

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ – множители Лагранжа.

Находим частные производные от функции Лагранжа и приравниваем их к нулю

$$\left\{ \begin{array}{l}
\frac{\partial L}{\partial A_1} = cH - 2\lambda_1 A_1 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial A_2} = 2H - 2\lambda_2 A_2 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial H} = cA_1 + 2A_2 - 2\lambda_1 c^2 H - 2\lambda_2 c^2 H - 8\lambda_2 cH - 8\lambda_2 H - 2\lambda_3 c^2 H - 8\lambda_3 H - 8\lambda_3 cH - \\
- 4\lambda_3 cT_1 - 8\lambda_3 T_1 - 2\lambda_4 c^2 H - 8\lambda_4 H - 8\lambda_4 cH - 4\lambda_4 cT_1 - 4\lambda_4 cT_2 - 8\lambda_4 T_1 - 8\lambda_4 T_2 - \\
- 2\lambda_5 c^2 H - 8\lambda_5 H - 8\lambda_5 cH - 4\lambda_5 cT_1 - 4\lambda_5 cT_2 - 4\lambda_5 cT_3 - 8\lambda_5 T_1 - 8\lambda_5 T_2 - 8\lambda_5 T_3 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial b_1} = 2T_1 - 2\lambda_3 b_1 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial T_1} = 2b_1 - 8\lambda_3 T_1 - 4\lambda_3 cH - 8\lambda_3 H - 8\lambda_4 T_1 - 4\lambda_4 cH - 8\lambda_4 H - 8\lambda_4 T_2 - \\
- 8\lambda_5 T_1 - 4\lambda_5 cH - 8\lambda_5 H - 8\lambda_5 T_2 - 8\lambda_5 T_3 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial b_2} = 2T_2 - 2\lambda_4 b_2 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial T_2} = 2b_2 - 8\lambda_4 T_2 - 4\lambda_4 cH - 8\lambda_4 H - 8\lambda_4 T_1 - \\
- 4\lambda_5 cH - 8\lambda_5 T_2 - 8\lambda_5 H - 8\lambda_5 T_1 - 8\lambda_5 T_3 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial b_3} = 2T_3 - 2\lambda_5 b_3 = 0, \\
\frac{\partial L}{\partial T_3} = 2b_3 - 8\lambda_5 T_3 - 4\lambda_5 cH - 8\lambda_5 H - 8\lambda_5 T_1 - 8\lambda_5 T_2 = 0.
\end{array} \right. \quad (8)$$

Решая полученную систему уравнений (8) совместно с уравнениями связи, получаем алгоритм, который представлен ниже в относительных единицах, полагая $m_H = H/d$.

Относительная ширина пласти центрального бруса

$$m_{A_1} = \sqrt{1 - c^2 m_H^2}. \quad (9)$$

Относительная ширина наружной пласти бокового бруса

$$m_{A_2} = \sqrt{1 - (cm_H + 2m_H)^2}. \quad (10)$$

Относительная ширина наружной пласти первой пары боковых досок

$$m_{b_1} = \frac{c(1-2c^2 m_H^2)}{m_{A_1}(c+2)} + 2 \frac{1-2(cm_H+2m_H)^2}{m_{A_2}(c+2)}. \quad (11)$$

Относительная толщина первой пары боковых досок

$$m_{T_1} = 0,5 \left(\sqrt{1 - m_{b_1}^2} - (cm_H + 2m_H) \right). \quad (12)$$

Относительная ширина наружной пласти второй пары боковых досок

$$m_{b_2} = m_{b_1} - \frac{2m_{T_1}}{m_{b_1}} (cm_H + 2m_H + 2m_{T_1}). \quad (13)$$

Относительная толщина второй пары боковых досок

$$m_{T_2} = 0,5 \left(\sqrt{1 - m_{b_2}^2} - (cm_H + 2m_H + 2m_{T_1}) \right). \quad (14)$$

Относительная ширина третьей пары боковых досок

$$m_{b_3} = m_{b_2} - \frac{2m_{T_2}}{m_{b_2}} (cm_H + 2m_H + 2m_{T_1} + 2m_{T_2}). \quad (15)$$

Относительная толщина третьей пары боковых досок

$$m_{T_3} = 0,5 \left(\sqrt{1 - m_{b_3}^2} - (cm_H + 2m_H + 2m_{T_1} + 2m_{T_2}) \right). \quad (16)$$

Относительная площадь поперечных сечений брусьев

$$Z_{\text{бп}} = cm_H m_{A_1} + 2m_H m_{A_2}. \quad (17)$$

Относительная площадь поперечных сечений боковых досок

$$Z_d = 2m_{b_1} m_{T_1} + 2m_{b_2} m_{T_2} + 2m_{b_3} m_{T_3}. \quad (18)$$

Суммарная площадь поперечных сечений брусьев и боковых досок

$$Z = Z_{\text{бп}} + Z_d. \quad (19)$$

Влияние коэффициента «с» на оптимальные размеры брусьев и досок, а также на величину целевой функции представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Относительные оптимальные размеры брусьев и досок, а также величина целевой функции для различных значений коэффициента «с»

с	m _H	m _{A1}	m _{A2}	m _{b1}	m _{T1}	m _{b2}	m _{T2}	m _{b3}	m _{T3}	Z _{бп}	Z _д	Z
0,6	0,166	0,995	0,9021	0,7624	0,1078	0,5794	0,0839	0,3432	0,0621	0,3986	0,3042	0,7028
0,8	0,162	0,9916	0,8912	0,7501	0,1038	0,567	0,0812	0,3311	0,0599	0,4173	0,2876	0,7048
1	0,157	0,9876	0,8821	0,7413	0,1001	0,5601	0,0786	0,3275	0,0582	0,432	0,2746	0,7066
1,2	0,152	0,9832	0,8737	0,7329	0,097	0,5528	0,0765	0,3222	0,0567	0,445	0,2632	0,7082
1,4	0,146	0,9789	0,8681	0,7292	0,094	0,5528	0,0745	0,3282	0,0556	0,4536	0,2559	0,7095
1,5	0,144	0,9764	0,8637	0,7235	0,0932	0,5456	0,0738	0,3188	0,0549	0,4596	0,2504	0,71
1,6	0,141	0,9742	0,8616	0,7223	0,092	0,5461	0,0731	0,322	0,0545	0,4628	0,2478	0,7106
1,8	0,136	0,9696	0,8561	0,7164	0,0905	0,5402	0,0719	0,3161	0,0536	0,4702	0,2412	0,7114
2	0,131	0,9651	0,8517	0,7116	0,0893	0,5354	0,071	0,3112	0,0529	0,476	0,236	0,712
2,2	0,125	0,9614	0,8511	0,7135	0,0878	0,541	0,0702	0,3227	0,0527	0,4772	0,2353	0,7125
2,4	0,121	0,9569	0,8465	0,7064	0,0877	0,5307	0,0699	0,3076	0,052	0,4827	0,2301	0,7128
2,5	0,118	0,9555	0,8474	0,709	0,0871	0,5356	0,0696	0,3161	0,0521	0,4819	0,2311	0,7129
2,6	0,116	0,9534	0,8457	0,7063	0,0872	0,5316	0,0695	0,31	0,0519	0,4838	0,2292	0,7129
2,8	0,111	0,9505	0,8462	0,708	0,0867	0,535	0,0693	0,3161	0,0519	0,4833	0,2298	0,713
2,9	0,108	0,9497	0,8485	0,7125	0,0862	0,5427	0,0691	0,3288	0,0523	0,4807	0,2323	0,713
3	0,107	0,9471	0,8449	0,7054	0,0869	0,5307	0,0694	0,3092	0,0517	0,4848	0,2282	0,713
3,2	0,103	0,9441	0,8445	0,7043	0,0871	0,5287	0,0695	0,3056	0,0517	0,4851	0,2278	0,7129

Продолжение таблицы 1

3,4	0,099	0,9416	0,8451	0,7049	0,0874	0,5291	0,0696	0,3057	0,0518	0,4843	0,2285	0,7128
3,6	0,095	0,9397	0,8467	0,7071	0,0876	0,532	0,0698	0,3098	0,052	0,4823	0,2303	0,7126
3,8	0,091	0,9383	0,8494	0,711	0,0877	0,5377	0,07	0,3181	0,0525	0,4791	0,2333	0,7124
4	0,088	0,936	0,8492	0,7094	0,0884	0,5338	0,0704	0,3106	0,0524	0,4789	0,2332	0,7121

Расчеты показывают, что с увеличением коэффициента «с» значение целевой функции возрастает и при $s = 2,9$ принимает максимальную величину, а затем уменьшается. Поэтому при составлении поставок необходимо пользоваться этой рекомендацией, а их расчеты производить по предлагаемому алгоритму.

Таким образом подтверждается ранее выдвинутая гипотеза о том, что имеется такое соотношение размеров брусьев и боковых обрезных досок, при которых получается наибольший выход пиломатериалов.

Список литературы

1. Агапов А.И. Оптимизация технологических процессов деревообработки. Учебное пособие для вузов – Киров: ВятГУ, 2012.–81 с.
2. Агапов А.И. Оптимизация брусово-развального способа раскря пиловочника с выпиливанием двух брусьев. Киров, ВятГУ, 2011.-77 с.
3. Ветшева В.Ф. Раскрой крупномерных бревен на пиломатериалы. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 168 с.

Повышев Алексей Васильевич, студент 4 курса факультета автоматизации машиностроения Вятского государственного университета, г. Киров, РФ

Научный руководитель – Агапов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры МТД Вятского государственного университета, г. Киров, РФ

АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ БОРЬБЫ С ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ И КОНЦЕПЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ

Адамов Д.В.

DOI: 10.12737/14523

Аннотация. В работе рассмотрены основные конструкции мульчеров, дана их классификация, проведен анализ эксплуатационных показателей, а также приведены концепции развития мульчерных установок.

Ключевые слова: мульчер, древесно-кустарниковая растительность, технологическая машина.

В Петрозаводском государственном университете ведутся работы, направленные на совершенствование техники и технологий, применяемых в лесопромышленном комплексе [1 – 2]. Одним из направлений работ является совершенствование техники и технологий, используемых при борьбе с древесно-кустарниковой растительностью. Для этого применяется различного рода специализированная техника, например, кусторезы и мульчеры. Если конструкции кусторезов уже хорошо изучены и обоснованы [3 – 4], то мульчеры являются достаточно новым для нашей страны видом техники, которая требует детального изучения с целью создания высокоэффективных отечественных конструкций, могущих стать достойной заменой зарубежных.

Мульчер используется при расчистке местности от поверхностного слоя растительности и деревьев диаметром до 40 см. Особенность использования мульчеров заключается в том, что они измельчают растительность и деревья, равномерно распределяя по поверхности полученную биомассу. Посредством мульчеров осуществляется: очистка зон отчуждения линий электропередач, газо- и нефтепроводов; подготовка участков под строительство; создание противопожарных полос на участках заготовки древесины; уход за лесными участками, а также измельчение пней на лесосеках.

Основным рабочим органом мульчера является ротор с закрепленным на нем специальным измельчающим инструментом – резцами или молотками. Резцы неподвижно закрепляются на роторе с помощью болтов или винтов, молотки же крепятся к ротору с помощью осей, расположенных параллельно

оси вращения ротора и обеспечивающих ограниченное вращение инструмента. Измельчающий инструмент является расходным материалом, требующим регулярной замены или заточки. Так как рабочий орган мульчера работает в условиях абразивного износа при высокой частоте оборотов ротора (от 2000 до 3000 об/мин) его перспективным направлением развития является совершенствование измельчающего инструмента, направленное на увеличение интервалов времени между заточкой резцов, чего можно достигнуть за счет увеличения износостойкости измельчающего инструмента путем применения специальных материалов для их изготовления и покрытий для их рабочих поверхностей, обладающих высокими показателями износостойкости и твердости. Также должны обеспечиваться высокие прочностные показатели и стойкость к воздействию переменных ударных нагрузок, а также минимизация материальных затрат на изготовление и при эксплуатации. Связано данное направление развития прежде всего с тем, что при повторной заточке инструмента в условиях лесной эксплуатации не достигается прежний угол наклона режущей части, вследствие чего уменьшается измельчительная способность мульчера.

Работа мульчера осуществляется за счет передачи энергии от вала отбора мощности, или от гидромотора мульчерной головки, соединенного с гидроприводом автомобиля, к ротору за счет ременной или зубчатой передачи. Наличие механических соединений удешевляет конструкцию мульчерного агрегата, но требует дополнительного приспособления для плавного запуска ротора – муфту или защитное сцепление. Мульчеры, работающие от гидропривода машины являются более надежными безопасными, имея возможность плавно запускать вращение ротора за счет изменения подачи гидравлической жидкости. Самой надежной конструкцией мульчерной головки является компоновка, при которой отсутствует механическая понижающая передача между гидромотором и ротором, что устанавливает высокие требования к мощностным характеристикам гидропривода машины.

Основная классификация мульчерных установок – разделение их на самоходные и навесные. Самоходные мульчеры – это специализированные технологические машины, как правило, на гусеничном ходу, поставляемые

совместно с измельчительным оборудованием, расположенным впереди машины. Навесные мульчеры поставляются отдельно от рабочей машины, используя в качестве движителя ротора мульчерной установки вал отбора мощности или гидропривод машины. Навесные мульчеры устанавливаются на фронтальные погрузчики, трактора и экскаваторы, причем на тракторах мульчерная установка крепится позади трактора, а на экскаваторах – устанавливается на рабочий манипулятор.

Мульчеры, навешиваемые на трактора, образуют систему не обладающую проходной способностью специализированных машин, из-за расположения измельчающего агрегата позади трактора. Они чаще всего используются для измельчения верхнего слоя растительности с захватом почвенного слоя. Мульчерные установки, навешиваемые на экскаваторы, используются для измельчения деревьев, кустарников и пней, что при наличии манипулятора также позволяет выборочно измельчать древесно-кустарниковую растительность на склонах и пересеченной местности. Для расчистки больших территории от кустарников и небольших деревьев выгоднее использовать самоходные мульчеры, которые специально предназначены для сплошного измельчения предшествующей движению растительности. Логичным технологическим развитием мульчеров является создание такой машины, которая объединяла в себе процессы, выполняемые самоходным мульчером и мульчером, навешиваемым на экскаватор. Данная специализированная машина позволила бы снизить автопарк предприятий, деятельность которых направлена на расчистку территорий от деревьев и кустарников, в связи с расширением выполняемых работ одной технологической машиной.

Список литературы

1. Шегельман, И. Р. Методика оптимизации процесса валки деревьев агрегатной машиной [текст] / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов, А. С. Васильев // Инженерный вестник Дона. – Ростов-на-Дону, 2013. Вып. 4. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1905>.

2. Шегельман, И. Р. Модернизация конструкции лесовозного автопоезда с целью повышения его проходимости [текст] / И. Р. Шегельман, В. И.

Скрыпник, А. С. Васильев // Глобальный научный потенциал: научно-практический журнал. Вып. 1 (10). СПб, 2012. – С. 73-75.

3. Васильев, А.С. Функционально-технологический синтез патентоспособных решений для непрерывного срезания древесно-кустарниковой растительности [текст] / А. С. Васильев, М. В. Ивашнев // Инженерный вестник Дона. – Ростов-на-Дону, 2014. Вып. 3. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2502>.

4. Ивашнев, М.В. Некоторые решения проблемы непрерывного срезания древесно-кустарниковой растительности [текст] / М. В. Ивашнев, П.В. Будник, А. С. Васильев // Наука, образование, инновации в приграничном регионе: матер. респ. научн.-практ. конф. – Петрозаводск: Verso, 2015. – С. 17-18.

Адамов Даниил Васильевич, студент 4 курса Института лесных, инженерных и строительных наук Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, РФ

Научный руководитель – Васильев Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации лесного комплекса Института лесных, инженерных и строительных наук Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, РФ

УДК 517.958:[550.3+551.5]

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ
ГРОЗОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ
СЕРНОГО КАВКАЗА**

Аджиева А.А.

DOI: 10.12737/14799

Аннотация. В предлагаемом обзоре обсуждается одна из самых актуальных и в то же время вызывающая самые ожесточенные споры проблема современной геофизики – воздействие солнечной активности на состояние нижней атмосферы и погоду. Рассмотрены закономерности взаимосвязи грозовой и солнечной активности на территории Серного Кавказа. Получены

корреляционные зависимости грозовой и солнечной активности, позволяющие с высокой точностью прогнозировать закономерности частоты гроз во времени.

Ключевые слова: солнечная активность, периодичность атмосферных процессов, грозовая активность, солнечно-земные взаимосвязи.

Основное возражение против возможности эффективного воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы и погоду, основанное на недостаточной мощности солнечного ветра, оказывается вполне преодолимым.

В предлагаемой работе обсуждается одно из самых актуальных проявлений солнечно-земных связей - выявление регионального реагирования грозоактивности на Северном Кавказе.

Имеют место следующие характерные особенности в ходе грозовой активности за указанный период:

1. Согласно полученным результатам [1,2] временные изменения среднего по территории числа дней с грозой за год N и средней продолжительности гроз T хорошо коррелируют между собой.

Для ГМС «Сочи»:

$$T = 2,95 \cdot N^{1,04} \quad (1)$$

с коэффициентом корреляции 0,75.

Для ГМС «Адлер»:

$$T = 1,5 \cdot N^{1,2} \quad (2)$$

с коэффициентом корреляции 0,73.

Для ГМС «Красная поляна»:

$$T = 0,74 \cdot N^{1,3} \quad (3)$$

с коэффициентом корреляции 0,88.

2. Общее постепенное увеличение среднегодовых значений грозовой активности с 27 до 60 дней в настоящее время объясняется, скорее всего, парниковым эффектом.

3. Интенсивные (с амплитудой 33 дня и 167 часов) «высокочастотные» колебания с периодом 2,4 года имеют внутриатмосферные, не связанные с солнечной активностью, причины, поэтому мы их не будем рассматривать в данном случае.

4. Наблюдались относительно длиннопериодные колебания с периодом 7 лет. Характерный период таких колебаний близок к периоду вариаций солнечной активности.

В качестве меры степени солнечной активности в данной работе использованы условные числа Вольфа, пропорциональные сумме общего числа пятен (f) и удвоенного числа их групп (g):

$$W = k(f+10g), \quad (4)$$

где k - коэффициент пропорциональности; f - общее число пятен на Солнце; g - число групп пятен; W - число Вольфа в момент времени t .

Коэффициент пропорциональности k зависит от мощности применяемого инструмента. Подавляющее большинство пятен появляется в полосе широт между 5° юг $\pm 35^\circ$. Обычно числа Вольфа усредняют (по месяцам или годам) и строят график зависимости солнечной активности от времени. На рисунке 1 дана кривая вариации солнечной активности за 300 летний период, из которой видно, что максимумы и минимумы чередуются в среднем через каждые 11,1 лет и называются циклом, хотя промежутки времени между отдельными последовательными максимумами могут колебаться в пределах от 7 до 17 лет.

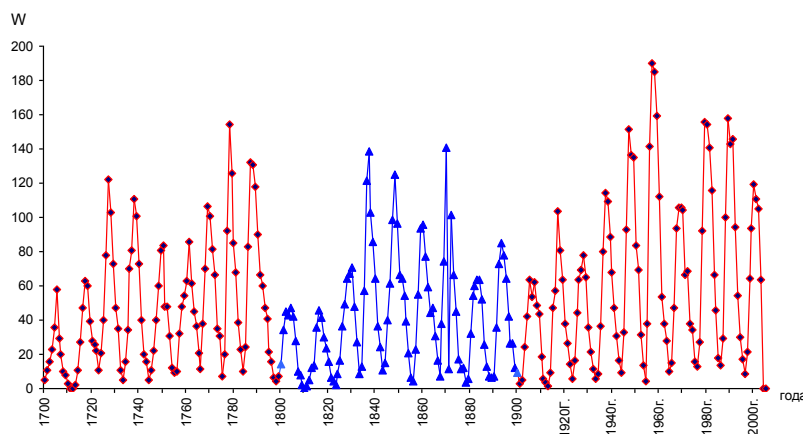


Рисунок 1 - Кривая вариации солнечной активности за 300-летний период

С помощью метода корреляции найдена количественная оценка (коэффициент корреляции r) связи солнечной активности и экстремальных ситуаций по известной формуле [3,4]:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_i (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}}, \quad (5)$$

где x_i - показатели солнечной активности, т.е. числа Вольфа; \bar{x} - среднее арифметическое показателей солнечной активности; x_i, y_i – показатели грозовой активности за год; \bar{y} - среднее арифметическое количество грозовой активности, где i – целое соответствует годам $1989 \leq i \leq 2002$.

На основании изложенного можно предположить, что прогнозирование солнечной активности дает возможность сделать прогноз о наиболее вероятном размещении во времени грозовой активности на некоторый срок вперед.

Представляется весьма важным обнаружить дополнительные факты высокой степени гелиочувствительности Северного Кавказа. Естественно, что при положительной региональной корреляции грозовой и солнечной активности должны появиться статистические закономерности в частоте гроз во времени. Это предположение легко проверить сравнением эпох грозоактивности и циклов солнечной активности. Наиболее характерным проявлением периодизации солнечной активности является наличие пятнообразовательных солнечных минимумов и максимумов, которые разграничивают циклы и устанавливают точки перегиба кривой активности данного цикла. Особенно точно грозовые минимумы и максимумы ложатся на максимумы солнечной активности. Надо подчеркнуть, что грозоактивность частично опережает солнечные максимумы, т.е. на этапе подхода к максимуму на Солнце активизируются грозоэффективные процессы. Таким образом, выявленный волновой процесс затухания и возрастания грозовой активности на Северном Кавказе по-видимому, подчинен солнечной активности и является звеном в солнечно-земных взаимосвязях.

Список литературы

1. Аджиев А.Х., Аджиева А.А. Пространственные и временные вариации грозовой активности над Северным Кавказом // Метеорология и гидрология.- 2009.-№12.-С.25-31.

2. Аджиева А.А., Кунаева Ф.А. Корреляционный анализ солнечной активности и грозорязрядных процессов на Северном Кавказе // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. №2, 2010г. - С.5-10.

3. Пудовкин М.И. Влияние солнечной активности на состояние нижней атмосферы и погоду // Соросовский образовательный журнал.-1996.-№10.- С.106-113.

4. Tinsley B.A., Brown G.M., Scherrer P.H. // J. Geophys. Res.-1989.-V. 94, № D12.-P. 14783.

Аджиева Аида Анатольевна, докт. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Высшая математика» Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова, г. Нальчик, РФ

УДК 005

**РЕЙТИНГОВАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕКУЩЕЙ
УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТА НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНЫХ
ДАННЫХ ОБ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ**

Алексанова Е.В., Козлов В.В.

DOI: 10.12737/14800

Аннотация. Описывается рейтинговая модель информационной системы мониторинга успеваемости студентов по аттестации. В данную модель входит возможность определения уровня успеваемости студента на текущий момент времени, накопленного рейтинга, а так же возможность прогнозирования оценки студента при заключительной аттестации по дисциплине.

Ключевые слова: рейтинг, аттестация, успеваемость, мониторинг, информационная система

Одной из важнейших задач ВУЗа является обеспечение и постоянное совершенствование качества образовательного процесса. Выделим основные критерии контроля и обеспечения качества образования на уровне ВУЗа:

- наличие образовательных программ, содержание которых обеспечивает подготовку специалистов в соответствии с государственными образовательными стандартами (ГОС-2), потребностями заказчиков (в том числе профессиональным стандартам (Указ Президента РФ №597 от 7 мая 2012 г.) и социальному заказу;

- контроль уровня усвоения студентами выбранных ими образовательных программ как совокупности отдельных дисциплин;

- анализ уровня удовлетворенности работодателей, выраженный в трудоустройстве выпускников в первый год после выпуска [1].

Оценить уровень освоения учебных дисциплин студентами образовательного учреждения возможно с помощью мониторинга текущей и итоговой успеваемости [2]. В дальнейшем в статье описывается рейтинговая модель мониторинга текущей успеваемости студента на основе непрерывных данных об аттестации. Отличие данного подхода заключается в отсутствии традиционной системы контрольных точек [3], оцениваемых дискретно, и в возможности их передачи задним числом. Модель информационной системы мониторинга текущей успеваемости имеет три цели:

- на основе проставления текущей аттестации по отдельным дисциплинам дать информацию об уровне успеваемости студента на текущий момент;

- определять накопленный рейтинг студента;

- прогнозировать (рекомендовать) оценку студента при заключительной аттестации по дисциплине.

Рейтинг студента на текущий момент вычисляется по проставленной аттестации A по дисциплине в семестре. Аттестация проставляется не позже, чем через n дней от начала семестра или после проставления предыдущей аттестации. Преподаватель ставит по дисциплине D на определенную дату T студенту либо 1 – аттестован, либо -1 – не аттестован.

Общий учебный рейтинг студента по всем дисциплинам семестра на заданную дату вычисляется по формуле:

$$R_T = \sum_{j=1}^{N_D} \sum_{i=1}^{k(T)} A_{ij} * 100\% \quad (1),$$

где N_D – количество дисциплин, а $k(T)$ – количество дней до заданной даты T , A_{ij} – балл аттестации по j -ой дисциплине на i -ый момент времени.

Рассмотрим пример применения данной системы мониторинга. Возьмем дисциплину «Проектирование интерфейсов». Учебный рейтинг студента по данной дисциплине, имеющего $id=9$, представлен на Рисунке 1.

Используя формулу (1) получаем общий учебный рейтинг студента по всем дисциплинам семестра на заданный момент времени (Рисунок 2), из которого можно вычислить накопленный рейтинг, показывающий общую успеваемость студента до заданной даты (Рисунок 3). Такой рейтинг складывается из площадей фигур, ограниченных графиком. Положительный рейтинг – это площадь фигуры, расположенной выше оси дат, на графике показан зеленым цветом, а отрицательный рейтинг – площадь фигуры, находящейся ниже оси дат, показан красным цветом и при суммировании площадей имеет знак минус:

$$R_{\text{накол}} = \frac{(S_a - S_b + S_c)}{k(T)} * 100\% \quad (2),$$

Где S_a, S_b, S_c – площади фигур, ограниченных графиком, $k(T)$ – количество дней до заданной даты T .

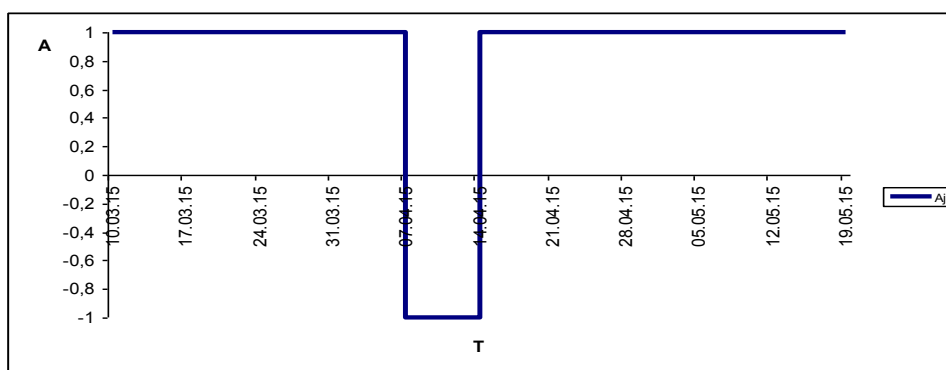


Рисунок 1 – Текущий рейтинг студента

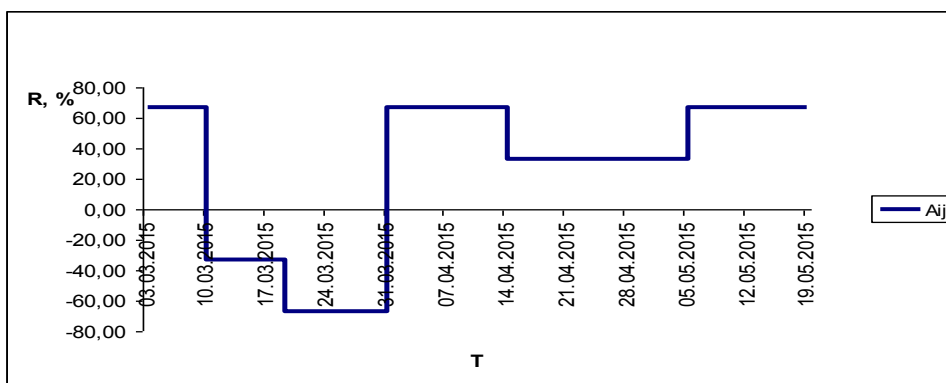


Рисунок 2 – Общий учебный рейтинг студента по всем дисциплинам за период

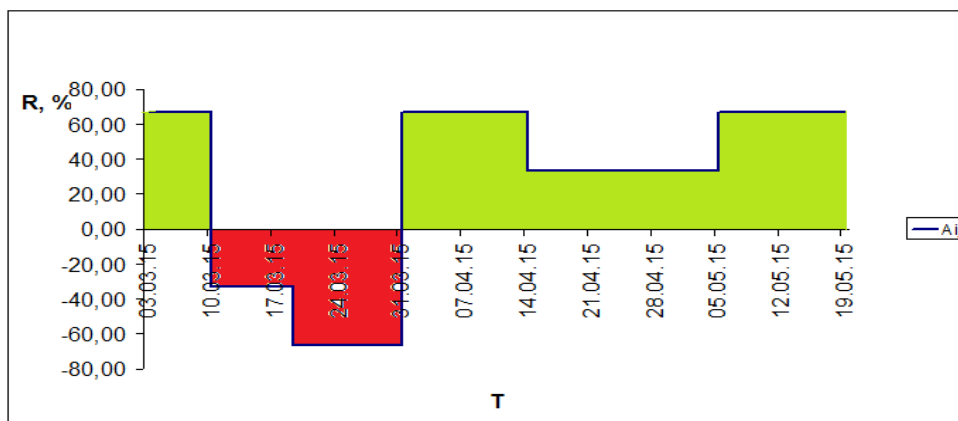


Рисунок 3 – Накопленный рейтинг студента по дисциплинам до заданной даты

Данная рейтинговая модель в электронном журнале показывает успеваемость студента по дисциплине (дисциплинам) и, используя накопленный рейтинг $R_{накопл}$, позволяет дать рекомендательную оценку при заключительной аттестации.

Список литературы

1. Мониторинг трудоустройства выпускников [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://graduate.edu.ru/>
2. Козлов, В.В. Мониторинг учебной деятельности студента по дисциплине / В.В. Козлов // В сборнике: Естественнонаучное образование в вузе: проблемы и перспективы: сборник II Всероссийской научно-методической конференции (13-14 ноября 2008г.) / Самарск. Гос. Арх.-строит. Ун-т. – Самара, 2008 – 140с.
3. Козлов, В.В. Рейтинговая модель на основе непрерывного мониторинга успеваемости / В.В. Козлов // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2011 года / Под редакцией д.т.н., профессора Чумаченко Н.Г. Самара: СГАСУ, 2012. – 148с.,

Алексанова Елена Владимировна, студентка 4 курса факультета информационных систем и технологий Самарского государственного архитектурно-строительного университета, г. Самара, РФ

Научный руководитель – Козлов Вячеслав Васильевич, к.т.н., декан факультета информационных систем и технологий Самарского государственного архитектурно-строительного университета, г. Самара, РФ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ
НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ**

Алексеев В.Ф., Варфоломеев В.В., Пискун Г.А.

DOI: 10.12737/14801

Аннотация. Рассмотрены процессы и явления, возникающие при протекании электростатического разряда в газовой среде. Приводится описание с разбиением на зоны полученной вольтамперной характеристики разряда. Описывается поведение заряженных частиц в проводящем канале разряда.

Ключевые слова: электростатический разряд, искровой разряд, проводящий канал, вольтамперная характеристика разряда, физика плазмы, компьютерное моделирование.

При разработке современной радиоэлектронной аппаратуры возникает фундаментальная проблема защиты электронных средств от воздействия дестабилизирующих факторов, в частности электростатического разряда. Эту проблему затруднительно решить без изучения непосредственно процесса возникновения и развития самого электростатического разряда.

С целью изучения его процессов и явлений была создана и реализована с помощью компьютерных средств модель протекания разряда в газовой среде, основанная на описании процессов, происходящих в плазме – возникновении, перемещении и рекомбинации заряженных частиц. Ключевыми составляющими модели являются дифференциальные уравнения баланса для значений концентрации электронов, средней энергии электронов и массовой доли тяжёлых частиц – ионов и атомов в возбужденном состоянии, такая модель носит название жидкостной. Ниже приведены данные уравнения:

$$\frac{\partial(n_e)}{\partial t} + \nabla \cdot [-n_e(\mu_e \circ \bar{E}) - \bar{D}_e \circ \nabla n_e] = R_e, \quad (1)$$

$$\frac{\partial(n_\varepsilon)}{\partial t} + \nabla \cdot [-n_\varepsilon(\mu_\varepsilon \circ \bar{E}) - \bar{D}_\varepsilon \circ \nabla n_\varepsilon] + \bar{E} \cdot \Gamma_\varepsilon = R_\varepsilon, \quad (2)$$

$$\rho \frac{\partial(w_k)}{\partial t} + \rho(\bar{u} \cdot \nabla)w_k = \nabla \cdot \bar{J}_k + R_k, \quad (3)$$

где n_e – концентрация электронов, t – время, μ_e , μ_ε – коэффициенты переноса энергии, \bar{E} – напряжённость электрического поля, \bar{D}_e – коэффициент диффузии электронов, R_e – количество свободных электронов, возникающих в результате ионизации, n_ε – средняя установившаяся энергия, \bar{D}_ε – коэффициент диффузии энергии, Γ_ε – поток электронов, R_ε – энергия, теряемая в результате неупругих столкновений частиц, ρ – плотность вещества, w_k – массовая доля k -го вида частиц, \bar{u} – среднemasсовый вектор скорости среды, \bar{J}_k – вектор диффузного потока, R_k – выражение скорости для k -го вида частиц.

Реализована модель при помощи программного пакета COMSOL Multiphysics. COMSOL Multiphysics – программная среда, обеспечивающая все этапы моделирования (определение геометрических параметров, описание физики, визуализация), позволяющая моделировать любые физические процессы, которые могут быть представлены в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Предопределенные Multiphysics-шаблоны предназначены для решения многих распространенных типов задач. К данному пакету также существует набор дополнительных модулей для решения различных прикладных задач.

В нашем случае область моделирования представляет собой два дисковых электрода толщиной 1 мм и диаметром 100 мм, один из них является диэлектриком и имитирует заряженный предмет, другой металлический и имитирует вывод электронного компонента. Электроды разделены зазором шириной 2 мм, заполненным аргоном, к электродам приложена некоторая разность потенциалов.

Изучалась зависимость интенсивности протекания процессов разряда от напряжения между электродами. На основании полученных данных получена обобщенная вольтамперная характеристика электростатического разряда в газовой среде, она приведена на рисунке 1.

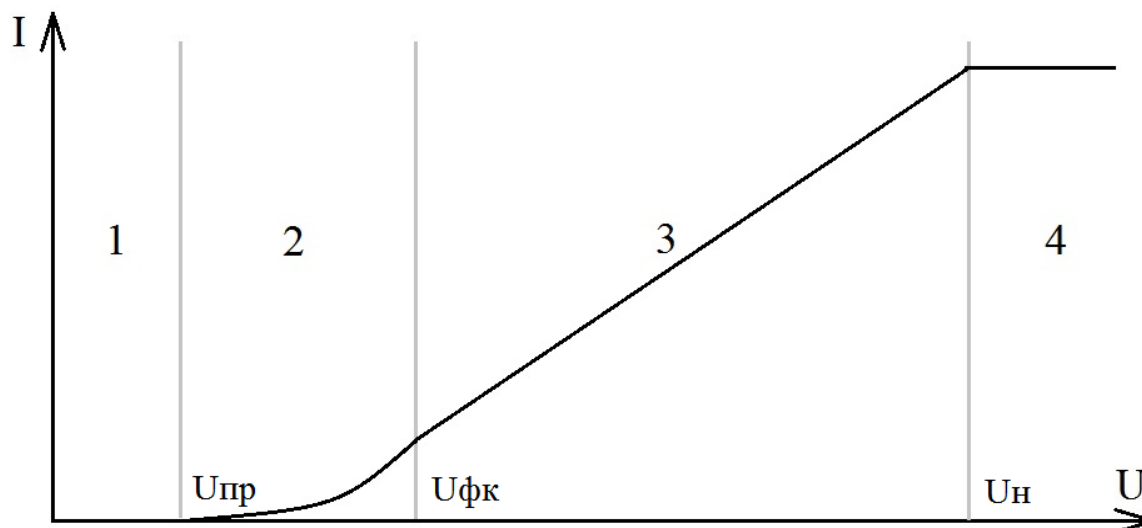


Рисунок 1 – Эквивалентная вольтамперная характеристика ЭСР: 1 – зона отсутствия пробоя; 2 – зона формирования проводящего канала; 3 – зона постоянного эквивалентного сопротивления среды; 4 – зона насыщения

Полученный график можно разделить на четыре четко выраженные зоны. При значениях напряжения, ниже определенного порога (напряжение пробоя – $U_{пр}$) электрического пробоя газовой среды не происходит, электростатический разряд не протекает. Далее следует область формирования проводящего канала – эквивалентное сопротивление среды велико, но уменьшается. За область формирования проводящего канала (при значениях напряжения выше напряжения формирования канала – $U_{фк}$) лежит область постоянного эквивалентного сопротивления среды, на этом участке характеристики для проводящего канала выполняется закон Ома. Затем, при достижении напряжения насыщения – $U_{н}$, наступает область насыщения – в этой области увеличение напряжения между электродами уже не приводит к росту тока разряда.

Что касается поведения заряженных частиц, в области первичного электрода наблюдается ярко выраженная область высокой концентрации свободных электронов. Отмечено, что в области первичного электрода основными носителями заряда являются электроны, а на удалении от первичного электрода – ионы. При увеличении приложенного к электродам напряжения наблюдается тенденция к расширению областей высокой концентрации заряженных частиц и атомов в возбуждённом состоянии, их отдалению от первичного электрода и расслоению на несколько областей; также наблюдается изменение в распределении электронов по энергиям в сторону возрастания средней энергии.

Список литературы

1. Ховатсон А.М., Введение в теорию газового разряда / А. М. Ховатсон. – М.: Атомиздат, 1980. – 182с.
2. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер. – М.: Издательство МФТИ, 1997. – 320с.
3. Красников Г.Е., Нагорнов О.В., Старостин Н.В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics / Г.Е. Красников, О.В. Нагорнов, Н.В. Старостин. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 184с.
4. Райзер Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. – М.: Наука, 1992. – 536с.
5. COMSOL Multiphysics User's Guide / COMSOL AB. – 2012. – 1292p.
6. Plasma Module User's Guide / COMSOL AB. – 2014. – 336p

Варфоломеев Владимир Валерьевич, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Научные руководители:

Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Пискун Геннадий Адамович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА БЕСКОНТАКТНОГО ТИПА ОТ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ

Алексеев В.Ф., Варфоломеев В.В., Пискун Г.А.

DOI: 10.12737/14802

Аннотация. Изучается зависимость интенсивности протекания процессов электростатического разряда в газовой среде от параметров самой среды, в частности температуры и давления на основе компьютерной модели.

Ключевые слова: электростатический разряд, искровой разряд, температура, давление, компьютерное моделирование.

Несмотря на большие объемы проведенных исследований, в настоящее время явление электростатического разряда, протекающего в газовой среде, все же изучено недостаточно, следовательно, создание моделей разряда и эксперименты на их основе имеют теоретическую ценность. Кроме того по результатам этих экспериментов возможна выработка практических методик по защите электронных средств от воздействия электростатических разрядов.

Данное исследование базируется на компьютерной модели протекания электростатического разряда в газовой среде, основанной на математическом описании возникновения, перемещения и рекомбинации заряженных частиц и реализованной средствами программного комплекса COMSOL Multiphysics. Физически модель представляет собой два дисковых электрода толщиной 1 мм и диаметром 100 мм, один из них является диэлектриком, второй – проводником. Электроды разделены зазором шириной 2 мм, заполненным аргоном, напряжение, приложенное к электродам, составляет 1500 В.

В ходе экспериментов для различных значений температуры (из диапазона 200...600 К) и давления (из диапазона 0,5...2,5 атм.) газа замерялись максимально достигаемый ток разряда и длительность токового импульса. Эти параметры дают наглядное представление об интенсивности протекания процессов разряда. Необходимо отметить, что при некоторых условиях

наблюдалось разделение импульса тока на первичный (с существенно меньшей длительностью) и основной. Ниже приведены полученные зависимости:

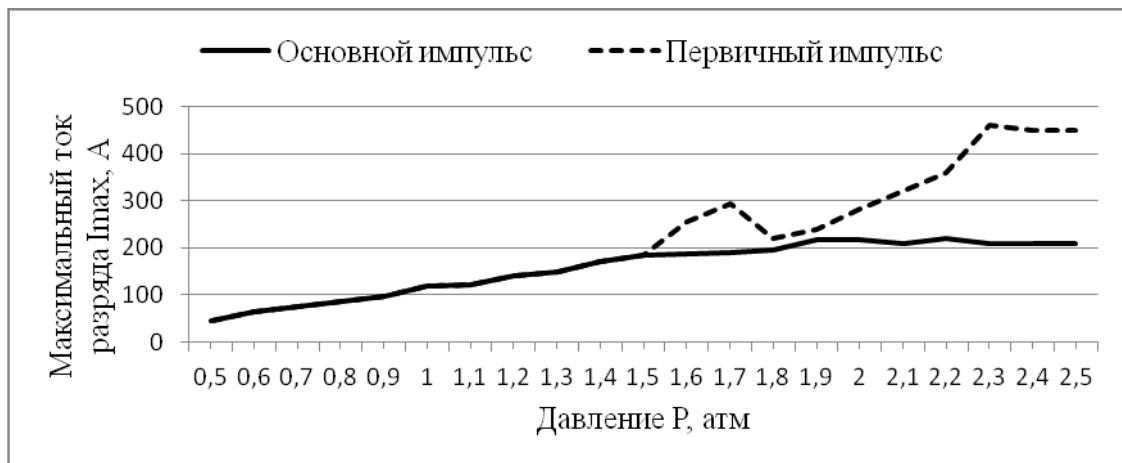


Рисунок 1 – Зависимость максимального тока разряда от давления газа

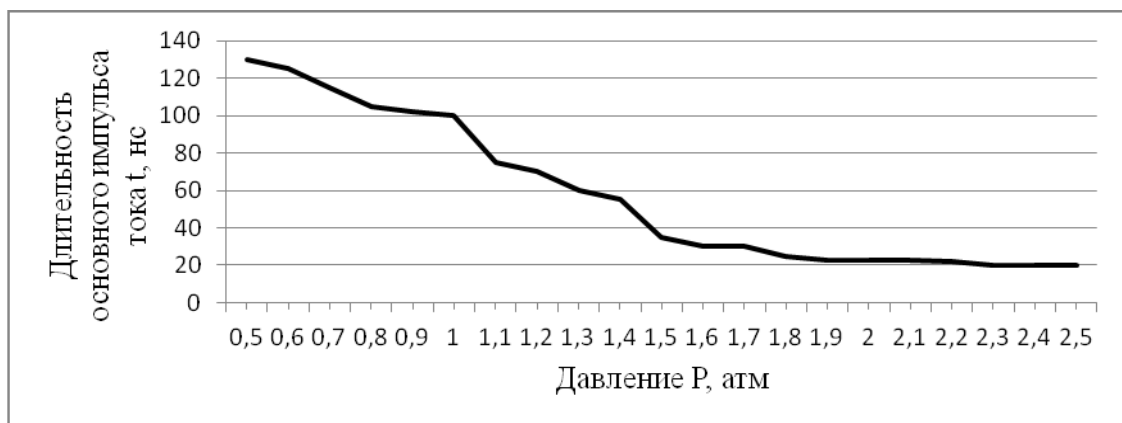


Рисунок 2 – Зависимость длительности основного импульса тока от давления

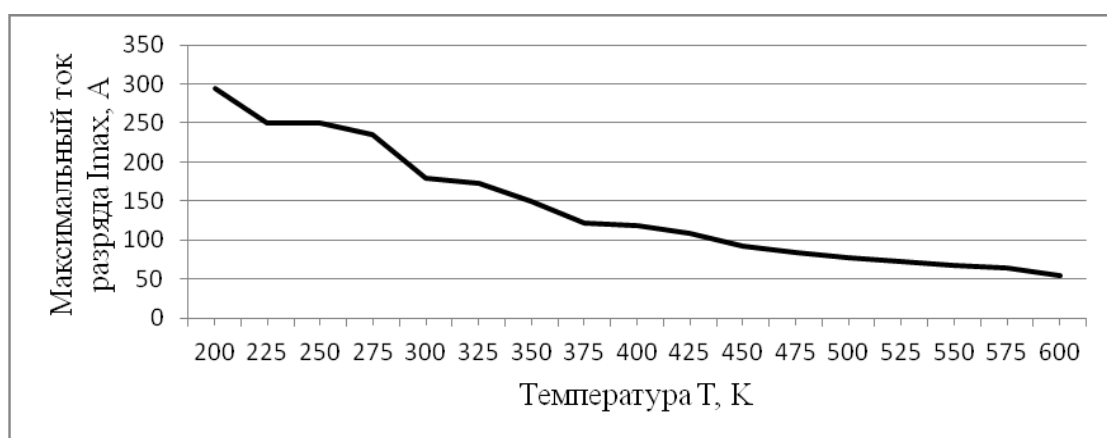


Рисунок 3 – Зависимость максимального тока разряда от температуры среды

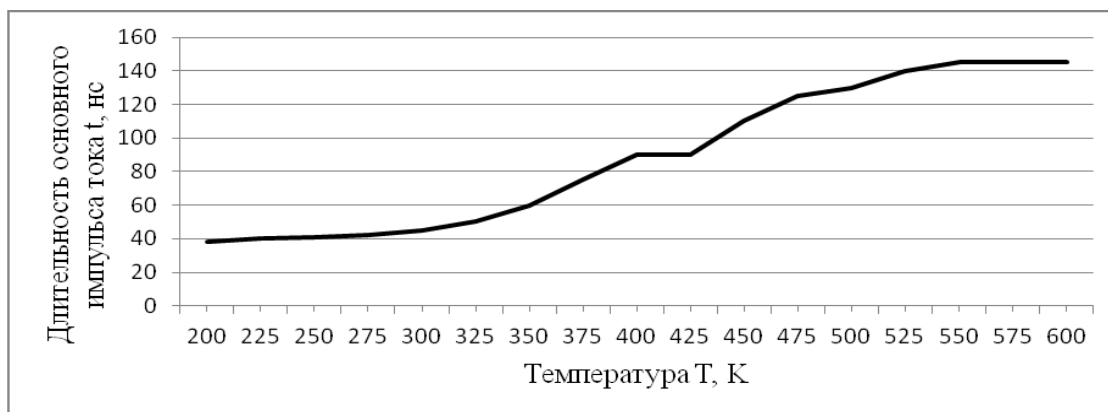


Рисунок 4 – Зависимость длительности основного импульса тока от температуры среды

Как видно из полученных зависимостей, интенсивность процессов протекания электростатического разряда в значительной степени зависит от давления и температуры среды протекания. При повышении давления и понижении температуры она возрастает, при понижении давления и росте температуры – возрастает. Зависимость в некотором приближении можно считать прямой пропорциональностью. Так относительное снижение максимально достигаемого тока разряда при повышении температуры на 1 К может достигать 1 %; его снижение при понижении давления на 0,1 атм. обычно составляет порядка 11-13 %.

Полученные данные позволяют говорить о возможности использования понижения давления газовой среды и повышения ее температуры в качестве мер по защите электронных средств от воздействия ЭСР, препятствующих протеканию разряда. Разумеется, не следует забывать о том, что повышенная температура и пониженное давление сами по себе являются дестабилизирующими факторами для электронных средств, а также что практическая реализация этих мер часто затруднительна либо в принципе не представляется возможной. Однако в некоторых случаях применение этой методики представляется возможным, к примеру, в аэрокосмической радиоэлектронной аппаратуре.

Список литературы

1. Ховатсон А.М., Введение в теорию газового разряда / А. М. Ховатсон. – М.: Атомиздат, 1980. – 182с.

2. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер. – М.: Издательство МФТИ, 1997. – 320с.
3. Красников Г.Е., Нагорнов О.В., Старостин Н.В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics / Г.Е. Красников, О.В. Нагорнов, Н.В. Старостин. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 184с.
4. Райзер Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. – М.: Наука, 1992. – 536с.
5. COMSOL Multiphysics User's Guide / COMSOL AB. – 2012. – 1292р.
6. Plasma Module User's Guide / COMSOL AB. – 2014. – 336р

Варфоломеев Владимир Валерьевич, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Научные руководители:

Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Пискун Геннадий Адамович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

УДК 663

**ДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ ДЛЯ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА**

Алексеев Г.В., Минаева Л.В., Аксенова О.И., Золотарева А.А

DOI: 10.12737/14803

Аннотация. В работе проводятся исследования процесса динамического измельчения плодов и овощей сферической формы, расчет основных параметров режущего органа и режимов измельчения. Определяются параметры рабочего органа устройства при производстве лимонного напитка с мякотью.

Ключевые слова: измельчение, математическая модель, нейронные сети.

Лимон представляет собой ткани, образованные пространственной волокнистой системой, в полостях которой содержится жидкость. Для отражения картины поведения плодов лимона под нагрузкой выберем физическую модель, содержащую три последовательно соединенных элемента: элемента E_1 мгновенной упругости, элемента E_2 запаздывающей упругости, соединенного параллельно с элементом вязкости и элемента течения η_1 , соединенного с первыми двумя элементами последовательно [5-7].

Было проведено аналитическое исследование различных форм ножей для плосковращательных аппаратов, при котором рассмотрены возможные формы ножей, дана оценка их достоинствам и недостаткам и определена целесообразность их применения. Из всех криволинейных форм для ножей наиболее предпочтительна форма эксцентрической окружности. С производственной точки зрения она несколько сложнее прямолинейной, но значительно проще других криволинейных форм [2-3].

Таким образом на первом этапе моделирования можно записать для разработки лезвийного ножа рабочего органа аппарата для динамического измельчения следующие основные формулы:

- уравнение окружности с радиусом R и эксцентриситетом e :

$$R^2 = l^2 + r^2 + 2er \cdot \cos \theta \quad (1)$$

где θ - оптимальный угол скольжения

- усилие резания:

$$P_{\text{рез.ср}} = 75 \cdot 10^{-0,00129} \cdot v_{\text{рез}}^{2,26} + 40 \quad (2)$$

где $v_{\text{рез}}$ - скорость резания = 10,14 м/с

В этом случае для критического усилия резания можно записать

$$P_{\text{кр}} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h^2}{h} \cdot \left[\tan \beta + f \cdot \sin^2 \beta + \mu \cdot (f + \cos^2 \beta) \right] \quad (3)$$

где δ – относительная деформация

σ_p – предельное напряжение разрушения

E – модуль упругости

f – коэффициент трения

μ – динамическая вязкость

Полученные соотношения позволяют на основании свойств измельчаемого продукта, а также конструктивных параметров машины для измельчения найти форму линии лезвия аппарата, угол наклона лезвия, угол заточки лезвия, а также проверить прочность выбранной конструкции режущего устройства [3].

Механическая часть экспериментальной установки выполнена из расчета, что объем готового напитка по рецептуре составляет 500 мл. Установка состоит из рабочего органа, представляющем собой ножевую головку, закрепленную на валу, который в свою очередь находится в полости дежи, закрепленной на опоре, и неподвижном основании.

Опыты показали существенное влияние на показатели измельчения количества добавляемой в процессе воды и время ее добавления. Использование комбинированного способа измельчения резко повышало эффективность измельчения, так как фрагменты, образовавшиеся на первом этапе измельчения, вовлекались в движение жидкостью, которая циркулировала под действием насосного эффекта ножа. Анализ показывает, что увеличение количества жидкой фазы улучшает условия измельчения, что связано с более интенсивной циркуляцией жидкости относительно плоскости вращения ножа [4].

Для выявления входных параметров, оказывающих наибольшее влияние на выходные параметры процесса, было проведено построение нейронной модели экспериментальных исследований процесса измельчения плодов и овощей лезвийным ножевым органом [8]. Разработка модели производилась с помощью программного комплекса NeuroShell 2. Полученные данные представлены в виде диаграмм и представлены на рисунке 1.

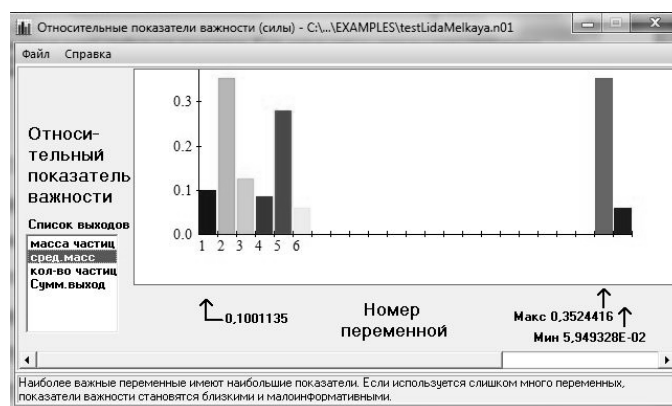


Рисунок 1 - Важность влияния входных параметров на среднюю массу частицы.

Из рисунка 1 видно, что наибольшее влияние на величину средней массы частицы оказывает время гидромеханического измельчения (2) и количество воды (5), добавляемой в процессе измельчения. Высота дежи аппарата (6) является наименее значимым параметром для средней массы частицы.

По материалам работы получен патент РФ №131996 на полезную модель «Устройство для измельчения фруктов и овощей» [1].

Список литературы

1. Алексеев Г.В., Минаева Т.В. Устройство для хранения фруктов и овощей. Патент на полезную модель, №141084 от 12.03.2014
2. Алексеев Г.В., Кондратов А.В., Верболоз Е.И. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья. Хранение и переработка сельхозсырья. 2007, № 11, 27-29 с.
3. Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Гончаров М.В., Холявин И.И. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования. Учебное пособие / Санкт-Петербург, 2014, 355 с.
4. Алексеев Г.В., Бриденко И.И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «механика жидкости и газа» Учебное пособие / Саратов, 2013, 214 с.
5. Алексеев Г.В., Кондратов А.В. Перспективы применения кавитационного воздействия для измельчения пищевых продуктов. Монография / Саратов, 2013, 312 с.
6. Иванова А.С., Алексеев Г.В. Моделирование процесса натекания неньютоновской жидкости на жесткую преграду. Вестник Международной академии холода. 2012. № 1. С. 34-35.

7. Алексеев Г.В., Гришанова (Даниленко) Е.А., Кондратов А.В., Гончаров М.В. Возможности реализации эффектов кавитации для измельчения пищевого сырья. Вестник Международной академии холода. 2012. № 3, С. 45-47.

8. Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 3. С. 1-10.

Минаева Лидия Викторовна, аспирант 2го года обучения кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Аксенова Ольга Игоревна, магистрант 2го года обучения кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Золотарева Алина Александровна, магистрант 1го года обучения кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Научный руководитель – Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, заведующий кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ КРАТКОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Алексеев Г.В., Минаева Т.В., Аксенова О.И., Хрипанкова М.С.

DOI: 10.12737/14804

Аннотация. В настоящей статье проведено теоретическое исследование аппарата для охлаждения и кратковременного хранения продуктов, определены

области применения и требования, предъявляемые для безотказной работе охлаждающих устройств.

Ключевые слова: охлаждение продуктов, кратковременное хранение пищевых продуктов, математическая модель.

Практически все отрасли пищевых производств применяют искусственное охлаждение, которое является необходимым для сохранения качества продукции. Решение ряда существующих проблем связано с разработкой нового принципа построения охлаждающих аппаратов, наиболее всего отвечающих требованиям пищевой промышленности.

Одной из основных стадий технологического процесса производства является сохранение плодов и овощей свежими. Разработано устройство, которое может являться узлом более сложного оборудования [2-3].

На рис. 1 схематически изображено предлагаемое устройство, общий вид и рабочая камера без охлаждающей рубашки.

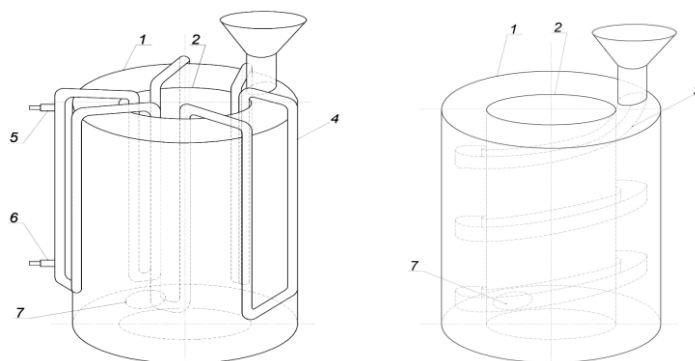


Рисунок 1 - Устройство для кратковременного хранения

При поступлении фруктов и овощей в загрузочную воронку рабочего корпуса, выполненного в виде тора с внешней стенкой 1 и внутренней стенкой 2, они самотеком поступают через отверстие по винтовой спирали 3, где последовательно распределяются по всей длине спирали. Предварительно через штуцер 5 в систему охлаждения поступает хладагент, который циркулирует в охлаждающей рубашке 4. Охлаждающая рубашка выполнена из U-образных трубчатых элементов, установленных последовательно с чередованием по наружным поверхностям внешней 1 и внутренней 2 стенок тороидальной рабочей камеры по ее образующей. По мере циркуляции, использованный

хладагент выводится из аппарата через нижний штуцер 6. Охлажденные фрукты по мере надобности могут быть извлечены из аппарата через разгрузочное отверстие 7 [1].

Поступающие в аппарат и образующиеся внутри рабочей камеры теплопритоки можно выделить на следующие виды: теплоприток от окружающей среды через ограждения, от продуктов при холодильной обработке, приток теплоты, поступающий с наружным воздухом при вентиляции, эксплуатационный теплоприток; от «дыхания» овощей и фруктов. При проектировании установки, необходимо учитывать холодопроизводительность по самым неблагоприятным факторам работы оборудования [4-7].

Для моделирования тепловых полей пользовались пакетом программ COMSOL Multiphysics.

Результаты проектирования представлены на рис. 2.

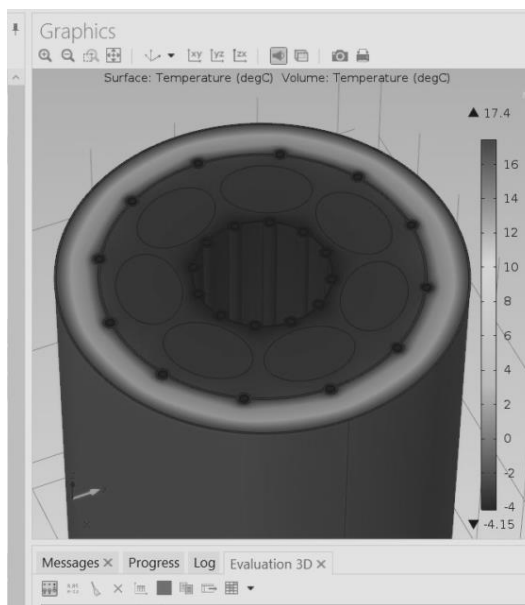


Рис. 2 Поле температур

Анализ результата показывает, что распределение температуры в области хранения продуктов практически равномерно.

Теплопотери в окружающую среду составляют 0,08%, что говорит о высокой эффективности предлагаемой конструкции теплоизоляции.

По материалам работы получен патент РФ на полезную модель «Устройство для хранения фруктов и овощей», от 16.10.2013 [1].

Разработанная конструкция повышает эффективность охлаждения продукта без подмораживания и имеет конструкцию, предотвращающую слеживание продукта в процессе хранения и позволяет минимизировать потери при охлаждении и является надежной в эксплуатации.

Список литературы

1. Алексеев Г.В., Минаева Т.В. Устройство для хранения фруктов и овощей. Патент на полезную модель, №141084 от 12.03.2014
2. Алексеев Г.В., Кондратов А.В., Верболоз Е.И. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья. Хранение и переработка сельхозсырья. 2007, № 11, 27-29 с.
3. Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Гончаров М.В., Холявин И.И. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования. Учебное пособие / Санкт-Петербург, 2014, 355 с.
4. Алексеев Г.В., Бриденко И.И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «механика жидкости и газа» Учебное пособие / Саратов, 2013, 214 с.
5. Алексеев Г.В., Кондратов А.В. Перспективы применения кавитационного воздействия для измельчения пищевых продуктов. Монография / Саратов, 2013, 312 с.
6. Иванова А.С., Алексеев Г.В. Моделирование процесса натекания неньютоновской жидкости на жесткую преграду. Вестник Международной академии холода. 2012. № 1. С. 34-35.
7. Алексеев Г.В., Гришанова (Даниленко) Е.А., Кондратов А.В., Гончаров М.В. Возможности реализации эффектов кавитации для измельчения пищевого сырья. Вестник Международной академии холода. 2012. № 3, С. 45-47.
8. Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 3. С. 1-10.

Минаева Лидия Викторовна, аспирант 2го года обучения кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Аксенова Ольга Игоревна, магистрант 2го года обучения кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Хрипанкова Марина Сергеевна, магистрант 1го года обучения кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Научный руководитель – Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, заведующий кафедры процессы и аппараты пищевых производств Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

УДК: 537.622.4

ЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНУСООБРАЗНЫХ Zn – НАНОСТРУКТУР

Алешова Н.Е., Козловский А.Л.

DOI: 10.12737/14805

Аннотация. В данной работе рассмотрено получение наноэмиттеров с конусообразной геометрией. Кондуктометрический метод получения асимметричных треков позволяет получать конусные наноструктуры с массивным основанием конуса и вершиной порядка 100 нм, что подходит для массового производства наноэмиттерных устройств. Показано, что влияние аспектного соотношения наноструктур вызывает изменение коэффициента полевого усиления в пределах 6-8%.

Ключевые слова: наноэмиттеры, эмиссионные свойства, нанотехнологии.

В настоящее время применение автоэмиссии в качестве технологии генерации свободных электронов ограничено по сравнению с термоэлектронной эмиссией, широко использующейся в современной сканирующей электронной микроскопии, из-за сверхвысоких градиентов

электрического поля ($E \geq 10^7 \text{В/см}$) чтобы получить технологически применимые эмиссионные токи. Важной особенностью металлических наноструктур является высокое аспектное соотношение (отношение высоты и диаметра нанотрубок), благодаря которому электрическое поле вблизи кончика нанотрубки в сотни раз превышает среднее значение напряженности электрического поля, создаваемого внешним источником [1-3]. Благодаря данному эффекту появляется возможность получения больших токов холодной электронной эмиссии из металлических наноструктур при невысоких значениях приложенного напряжения (порядка 100 – 200 В). Особое внимание уделяется тому, что высокая напряженность электрического поля должна быть достигнута при сравнительно низких напряжениях подаваемых на излучающую систему [4,5]. Тем не менее, полевая эмиссия имеет ряд чрезвычайно полезных функций, которые могут быть применены для создания устройств с уникальными характеристиками, таких как излучатели, которые могут обеспечивать плотности тока 10^6 А/см^2 , нанодиоды и нанотриоды со временем отклика порядка 10^{-13} секунд, приборы для микроволновой электроники и т.д. Современные требования к микро и наноструктурным активным элементам электроники в определённой степени определили развитие автоэмиссионных технологий.

Явление холодной полевой эмиссии основано на эффекте квантового тунеллирования электронов, находящихся внутри заземленного проводника и внешним электрическим полем. Применяя квантово – механический подход можно вычислить зависимость плотности тока от напряженности электрического поля E , которая называется соотношением Фаулера – Нордгейма (1):

$$J = C_1 E^2 \exp(-C_2 / E), \quad (1)$$

где C_1 и C_2 – параметры выражающиеся через значение работы выхода электрона $\phi=3.63 \text{ eV}$, заряд и массу электрона.

$$C_1 = \frac{e^3}{8\pi h t^2(y) \varphi}, C_2 = \frac{8\pi \sqrt{2m}}{3he} \varphi^{3/2} \theta(y), t(y) = 1, \theta(y) = 1 - y^2, y = \frac{e(eE)^{1/2}}{\varphi}$$

Соотношение Фаулера – Нордгейма соответствует ситуации, когда эмиттирующая поверхность проводника представляет собой бесконечную плоскость перпендикулярную направлению внешнего электрического поля.

Значение E в непосредственной близости от вершины наноструктуры, можно вычислить используя аналитическую формулу (2):

$$E = \frac{2U}{r \ln\left(\frac{4d}{r}\right)}, \quad (2)$$

где U – прикладываемое напряжение, r – радиус наноструктуры, d - расстояние между электродами. На рисунке 1 представлена зависимость изменения напряженности электрического поля от радиуса наноструктур.

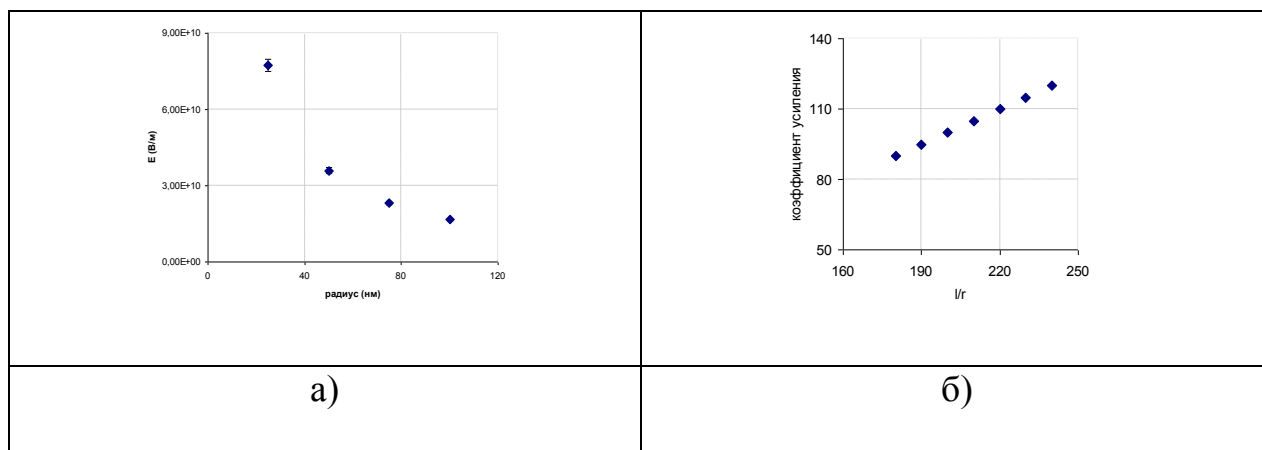


Рисунок 1 – а) Зависимость изменения напряженности электрического поля от радиуса наноструктур; б) График зависимости β от аспектного отношения наноконусов

Как видно из графика на рисунке 1а с увеличением радиуса наноструктур при постоянном прикладываемом напряжении 100 В значение напряженности уменьшается по степенному закону $y=3E+12x^{-1,1084}$. Фактором, влияющим на вычисление зависимости Фаулера – Нордгейма является эффект Шоттки, в основе которого лежит следующее предположение: взаимодействие электрона вылетающего с поверхности проводящего эмиттера с его зеркальным

отображением приводит к снижению потенциального барьера, создаваемого внешним электрическим полем. Поправка учитывающая этот эффект содержится в функции $\theta(y)$. Наиболее важным свойством металлических нанотрубок с точки зрения эмиссионных свойств является высокое аспектное отношение (отношение длины к диаметру). Из-за данной особенности величина напряженности электрического поля E вблизи острия наноструктур во много раз превышает среднее значение E_0 – отношение приложенного напряжения U расстоянию между наконечником наноструктуры и анодом d .

Способность эмиттера к усилению электрического поля характеризуется коэффициентом полевого усиления β , определяемым выражением 3:

$$\beta = \frac{E}{E_0} = \frac{Ed}{U}, \quad (3)$$

Так как аспектное отношение для наноструктур достигает $\sim 10^2 - 10^3$, полевая эмиссия нанотрубок наблюдается при более низких приложенных напряжениях, чем в случае традиционных холодных полевых эмиттеров. Зависимость коэффициента усиления электрического поля от аспектного отношения выражается следующим образом (4):

$$\beta = \frac{l}{d}, \quad (4)$$

где l – длина наноструктур d – диаметр наноструктур. Степень чувствительности коэффициента полевого усиления β к структуре наконечника наноструктуры можно оценить, основываясь на расчетах зависимости β от аспектного отношения нанотрубок с различной геометрией. Как видно из графика на рисунке 1б изменение структуры острия наноструктур вызывает изменение коэффициента полевого усиления в пределах 6-8%. Также наблюдается более высокое значение коэффициента полевого усиления в случае конусных наноструктур, где структура наконечника вызывает дополнительный эффект усиления электрического поля. Высокие значения E и коэффициента полевого усиления β дают возможность изучать эффект Штарка

для определения внутримолекулярных сил и объяснения диэлектрических свойств молекул и изучения вторичной электронной эмиссии, вызванной положительно заряженными ионами и подвижности этих ионов при напряжении $10^5 - 10^6$ V/cm, и тд.

Список литературы

1. Kumari, M. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research // A753. 2014. P. 116–120.
2. Amandeep Kaur, Chauhan, R.P. Radiation Physics and Chemistry 100 // 2014. P. 59–64.
3. Pallavi Rana, Devender Gehlawat, Chauhan R.P. AIP Conf. Proc. // 1591. 2014. P. 265-266.
4. Rana P., Chauhan R.P. Physics // B 451. 2014. P. 26–33.
5. Deepak Saini, Chauhan R. P., Sanjeev Kumar J. Mater Sci: Mater Electron // 2014. P. 25:124–127.
6. Stortini A.M., Moretto L.M., Mardegan A. Sensors and Actuators // B 207. 2015. P. 186–192.

Козловский Артем Леонидович - PhD – докторант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Алешова Назгуль Ерлановна - магистрант 2го курса физико-технического факультета Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Научный руководитель - Кадыржанов Кайрат Камалович - д.ф.м.н., профессор международной кафедры «Ядерной физики, новых материалов и технологий» Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

УДК 51-72, 533.9.082.5, 536.71

О ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ УГЛЕРОДА ПРИ ДАВЛЕНИЯХ МЕГАБАРНОГО ДИАПАЗОНА

Аливердиев А.А., Амирова А.А.

DOI: 10.12737/14806

Аннотация. Приводятся результаты численного и экспериментального исследования углерода при высоких давлениях, полученные в ходе совместных международных исследований.

Ключевые слова: уравнение состояния, экстремальные состояния, ударное сжатие, высокие давления, моделирование

Экстремальные состояния углерода представляют интерес для многих областей физики и техники, включая астрофизику, планетологию, материаловедение, прикладную инженерию и др. В частности интерес представляет экспериментальная проверка металлизации жидкого углерода при давлениях порядка 4–10 мегабар. Давления данного диапазона в лабораторных условиях могут быть достигнуты исключительно посредством динамического ударного сжатия, в частности, с использованием лазерного драйвера. [1,2]

Доклад составлен по материалам недавних работ [3-5], выполненных совместно с коллегами из университета Милана-Бикокка (Италия), Центра мощных лазеров и приложений (CELIA) Университета Бордо 1 (Франция), лаборатории LGM Миланского университета (Италия), Института высоких технологий (ИТА) Трапани (Италия) и Института лазерной инженерии (ILE) Университета Осаки (Япония).

В докладе приводятся: 1) результаты анализа возможной регулярной погрешности в экспериментальном определении уравнения состояния методом отражений, обусловленной гауссовой формой временного профиля лазерного импульса [3]; 2) подробный анализ обработки первичных результатов измерений (в том числе с использованием данных численного моделирования) в совокупности с результатами эксперимента.

В экспериментах, проведенных в LULI и PALS, использовалась многоступенчатая мишень, в которой суммарным (несколько синхронизированных источников) импульсом с интенсивностью порядка 10^{14} Вт/см² возбуждалась ударная волна, распространяющаяся от лицевой стороны к тыльной. Посредством электронно-оптического преобразователя (ЭОП) проводилась регистрация разрешенной по времени картины излучения с

тыльной стороны, что позволяло рассчитать скорости ударной волны в эталонном (алюминий) и исследуемом (углерод) веществах. Далее из соотношений Гюгонио-Ранкина, вычислялись остальные величины: удельная внутренняя энергия E , плотность ρ , давление P и массовая скорость u (см. метод отражений [6]). В экспериментах, проведенных в LULI, помимо регистрации собственного излучения использовалось интерферометрическая фотохронографическая техника VISAR, позволяющая непосредственно измерить массовую скорость для обоих веществ и одновременно «поймать» всплеск отражательной способности при металлизации. [4] В экспериментах, проведенных на установке GEKKO/HiPER, применялся другой дизайн мишени. Прозрачная подложка из более тяжелого (плотного) вещества позволила предотвратить возбуждение обратной волны разряжения при выходе ударной волны с тыльной стороны. Для диагностики также использовалась техника VISAR, позволившая измерить массовую скорость вещества на границе углерод-подложка и контролировать суммарную отражательную способность. Кроме того для измерения температуры использовались фотохронографический оптический пирометр и фотохронографический спектральный оптический пирометр. Подробное описание всей контрольно-измерительной техники и анализ основных экспериментальных результатов приводится в [4].

Для реализации моделирования использовался гидрокод MULTI [7]. Использовались уравнения состояния, взятые в SESAME, и уравнение состояния для углерода с уменьшенной плотностью, рассчитанное по MPQEOS [8]. Подробный анализ полученных результатов и дискуссия по обсуждаемым вопросам опубликованы в наших недавних (2013-2014 гг.) работах [3-5]. Ниже приводятся основные выводы.

1. Проведено моделирование процессов, имеющих место в экспериментах по исследованию уравнения состояния вещества методом отражений на предмет анализа влияния нестационарности ударной волны на возможную регулярную ошибку. Получено, что при использовании гауссова временного профиля лазерного импульса при интенсивностях лазерного излучения порядка

10^{14} Вт/см² и геометрии мишени, использованной в ряде недавних работ (толщина ступени мишени от 8 микрон (Al) до 11.5+9.5 микрон (Al+C)), должен использоваться иной профиль с временем роста не более 150 пс. [3]

2. Проведен многосторонний анализ, позволяющий судить об адекватности и точности реализованных экспериментальных методик, позволивших обнаружить свидетельство возможной металлизации жидкого углерода в виде всплеска отражательной способности. [4,5]

Авторы выражают глубокую признательность профессору Д. Батани, сотрудникам группы лазерной плазмы физического факультета университета Милана-Бикокка (Италия) и CELIA (Франция) за многолетнюю плодотворную совместную работу. Авторы также благодарны РФФИ (12-01-96500) за частичную поддержку исследований.

Список литературы

1. Aliverdiev A. Use of multilayer targets for achieving off-Hugoniot states / A. Aliverdiev, D. Batani, L. Antonelli, K. Jakubowska, R. Dezulian, A. Amirova, G. Gajiev, M. Khan, H.C. Pant // *Phys. Rev. E*. 2014. **89**. 053101

2. Aliverdiev A. Shock dynamics induced by double-spot laser irradiation of layered targets / Aliverdiev A., Batani D., Amirova A., Benocci R., Dezulian R., Krousky E., Pfeifer M., Skala J., Dudzak R., Jakubowska K // *Nukleonika*. 2015. **60** (2) P. 213-219.

3. Aliverdiev A. Influence of a laser profile in impedance mismatch techniques applied to carbon EOS measurement / A. Aliverdiev, D. Batani, R. Dezulian, // *High Power Laser Science and Engineering*. 2013. **1**(2), P. 102–104.

4. Paleari S. A new target design for laser shock-compression studies of carbon reflectivity in the Megabar regime / S. Paleari, D. Batani, T. Vinci, R. Benocci, K. Shigemori, Y. Hironaka, T. Kadono, A. Shiroshita, P. Piseri, S. Bellucci, A. Mangione, A. Aliverdiev // *Eur. Phys. J. D*. 2013. **67**. P 136 (1-10).

5. Paleari S. About carbon reflectivity in the Mbar regime / S. Paleari, D. Batani, R. Benocci, K. Shigemori, Y. Hironaka, T. Kadono, A. Shiroshita, A. Aliverdiev // *Phys. Scr*. 2014. **T161**. 014018.

6. Зельдович Я.Б. и Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, Москва, Физматгиз, 1963, 632 с.

7. Ramis R. MULTI2D – a computer code for two-dimensional radiation hydrodynamics / R. Ramis, J. Meyer-ter-Vehn, J. Ramírez // Computer Physics Communications. 2009. 180. P. 977-994.

8. Kemp A. An equation of state code for hot dense matter, based on the QEOS description / A. Kemp, J. Meyer-ter-Vehn // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A. 1998. 415. P. 674-676.

Амирова Анисе Александровна, младший научный сотрудник Института физики им. Х. Амирханова ДНЦ РАН, г. Махачкала, РФ

Научный руководитель – Аливердиев Абутраб Александрович, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Института проблем геотермии ДНЦ РАН, профессор кафедры Теоретической и математической физики Дагестанского государственного университета, г. Махачкала, РФ

УДК.595.771:591.174

ИЗУЧЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ (НА ПРИМЕРЕ НАСЕКОМЫХ)

Алыкова А.Ф., Алыкова О.М., Кускина Н.М.

DOI: 10.12737/14807

Аннотация. Проанализированы возможности передачи информации, содержащейся в акустическом сигнале, изучаемым объектам. Приведены основные органы насекомых, выступающих в качестве приемника звукового сигнала. Определен диапазон чувствительности приведенных органов. Описаны разработанные устройства для управления поведением насекомых.

Ключевые слова: акустический сигнал, насекомые, управление биологическими объектами, акустический канал связи.

В процессе жизнедеятельности насекомые обрабатывают звуковую, обонятельную, зрительную и другую сенсорную информацию – пространственную, геометрическую, количественную. Свойство всякого организма воспринимать раздражения, исходящие из внешней среды и от их собственных органов и тканей, называется чувствительностью. У насекомых, как и у других животных со специализированной нервной системой,

существуют нервные клетки с высокой избирательной способностью к различным раздражителям – рецепторы, воспринимающие сигналы из внешней среды, снабженные возможностью анализа полученных сигналов и адекватное реагирование на полученный сигнал, несущий информацию в акустической, электромагнитной, (тепловой) или оптической форме.

Такое взаимное соответствие характерно для биокibernетических систем (БКС) и позволяет управлять поведением насекомых. Биокibernетическая система для управления поведением насекомых состоит из трех последовательно взаимодействующих элементов: источника физического поля, внешней среды, т.е. канала передачи информации, и объекта управления, причем эффективное управление в БКС можно осуществить после выбора оптимальных параметров входящих в неё элементов на основе энергетических (уровень сигнала) и информационных (отношение «сигнал-шум») критериев качества. В свою очередь решение этой задачи возможно при наличии математической модели, описывающей как прохождение управляющего сигнала в БКС, так и шумовые характеристики её элементов. Необходимо определить параметры этих элементов. Остановимся на влиянии, оказываемом на насекомых, в частности, самок комаров и перелетную саранчу акустическими полями. Воздушная, жидкая или твердая среды являются акустическими каналами связи для передачи информации насекомым.

Насекомые являются как источниками, так и приемниками звука, воспринимают звуковые колебания с помощью волосковых сенсилл, джонстоновых и тимпанальных органов. Тимпанальные органы реагируют как на звуковое давление, так и на градиент. Основным приемником звука служит тимпанальная мембрана. Тимпанальные органы саранчовых проявляют максимальную чувствительность в диапазоне

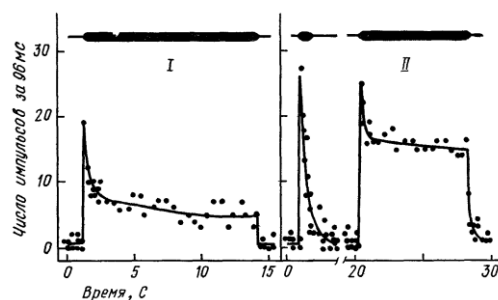


Рис. 1. Адаптация двух сенсорных нейронов из тимпанального органа саранчи *Schistocerca gregaria* к звуковому раздражению (3 кГц) интенсивностью 80 дБ (I) и 90 дБ (II) [2].

звуков от 2 до 15 кГц. (рис. 2) Т.к. в тимпанальном органе присутствуют рецепторы нескольких групп, то часть из них, взаимодействующая с жестким и тонким участком мембраны, настроена на восприятие высокочастотных звуков (от 15 до 20 кГц), а остальные более чувствительны к звукам низкой частоты (от 4 до 6 кГц).

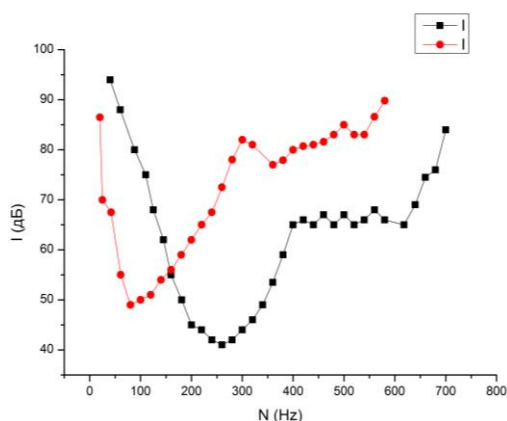


Рис. 2. Частотно-пороговые характеристики джонстоновых органов самца и самки комаров *C. plumosus* [2]

Двукрылые насекомые воспринимают акустические колебания, издаваемые крыльями другой особи, а также все внешние шумы с помощью джонстоновых органов (ДО). Антенны ДО комаров являются резонансными структурами. Вызванные акустическими волнами колебания жгутика «антенны» передаются сенсиллам джонстонова органа, а затем преобразуются в электрические потенциалы. [2]

Данную информацию мы использовали для создания технических устройств с помощью которых можно управлять поведением насекомых, исключая негативное воздействие на окружающую природную среду.

С конца мая и практически до конца сентября в Астраханской области наступает период активного лета кровососущих насекомых, в частности, комаров. Этот же период совпадает со временем активного отдыха наших граждан на природе, временем проведения сельскохозяйственных работ. В результате многие предприятия, например, в сфере туризма, сельского хозяйства не только в нашем регионе, но и во многих других, вынуждены терпеть убытки, а люди, особенно дети, ощущают дискомфорт, проводя свободное время на природе. С другой стороны неконтрольное уничтожение комаров нарушает природную экосистему, одной из звеньев которой они являются.

На рынке существует большое количество химических репеллентов и спреев, тепловых и ультразвуковых отпугивателей, но эффективность их использования не всегда дает ощутимые результаты. Решить эту проблему предлагается путем технической реализации воздействия на рецепторы насекомых акустическими полями.

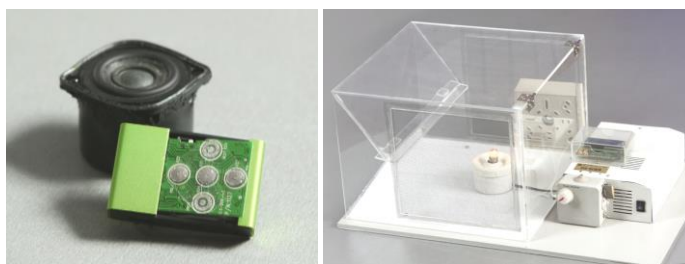


Рис. 4. а) пилотный образец отпугивателя; б) привлекающее устройство комплексного воздействия

Для изучения акустического сигнала воспринимаемого комарами были проанализированы технологии, которые используются в ловушках, предлагаемых на современном рынке [2], разработано и сконструировано устройство для привлечения комаров на основе комплексного воздействия на их рецепторные системы. [1]. Проведенные исследования показали, что при небольшой доработке устройство для привлечения комаров можно модернизировать и использовать не только как ловушку, но и как тестирующее устройство. В совокупности с отпугивателем эти два устройства (зарегистрированы в ФИПС) составили аппаратный комплекс. Комплекс имеет двойное назначение: 1) он может служить для тестирования существующих и вновь разрабатываемых акустических образцов систем для борьбы с кровососущими насекомыми на этапе их проектирования и доводки, поскольку на его базе можно определять степень эффективности их работы и выявлять скрытые недостатки; 2) один из элементов комплекса (отпугиватель) является самостоятельным продуктом, который планируется использовать в различных сферах применения (рис. 4) [3].

Несколько лет в Астраханской области массовое нашествие саранчи на территории порядка 300 кв. км, что постоянно угрожает растительности, урожаю на полях и в огородах, серьезно угрожает животноводству. И если обширные площади можно обработать с помощью самолета, распыляющий химикаты на предельно малой высоте, то огороды и приусадебные участки людям приходится «отбивать» самим. Нами было разработано акустическое устройство (находится на стадии регистрации в ФИПС), которое имитирует

звуки отпугивающие саранчу. Пилотный образец устройства был апробирован в с. Мумра Икрянинского района Астраханской области в июне 2015г.. Устройство предназначено для индивидуального потребителя.

В настоящее время разрабатывается математическая модель управления выбранными насекомыми, которая позволит учитывать влияние внешнего шума и шума производимого самими насекомыми.

Список литературы

1. Алыкова А.Ф. Алыкова О.М. Лихтер А.М. Оптимальные параметры системы управления поведением биологических объектов с помощью акустических полей. ж-л «Физическое образование в вузах». 2015. Т. 21. № 1С. С. 4-5.

2. Алыкова А.Ф., Алыкова О.М. Лихтер А.М. Изучение влияния акустических полей на кровососущих насекомых. Материалы XXI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам. Международный научный форум «Ломоносов-2014». Секция «Физика». Подсекция «Биофизика» Москва. с. 42-44.

3. Алыкова А.Ф., Алыкова О.М., Лихтер А.М. Разработка аппаратного комплекса для управления поведением кровососущих насекомых // Весенний финал "У.М.Н.И.К." РАН. — М: ИНБИ РАН, 2015.— С. 56-58.

Алыкова Алида Файзрахмановна, магистрант 1 курса, института магистратуры Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Москва, РФ

Алыкова Ольга Михайловна, канд. пед. наук, доцент кафедры общей физики Астраханского государственного университета, г. Астрахань, РФ

Кускина Наталья Михайловна, студент 4 курса физико-технического факультета Астраханского государственного университета, г. Астрахань, РФ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Андреева З.Н., Логачев А.А., Заяц А.М.

DOI: 10.12737/14808

Аннотация. Обоснована необходимость контроля качества противопожарных мер в лесничествах. Разработана математическая модель для определения прогнозируемых потерь при лесных пожарах и приложение для её практического применения.

Ключевые слова: лесные пожары, информационные технологии, приложение.

Одной из важнейших задач лесопользования является постоянный мониторинг лесов, своевременное обнаружение и предупреждение истощения лесных ресурсов. Самой значимой причиной истощения лесных ресурсов является лесной пожар [1].

Своевременное обнаружение, проведение необходимых профилактических мер для локализации и устранения очагов возгорания намного эффективнее в экологическом и экономическом плане, чем устранение последствий лесных пожаров. Анализ последствий пожаров за последние 5 лет показывает, что либо лесничествам не выделяют достаточные средства для выполнения профилактических мероприятий пожарной охраны, либо эти мероприятия не выполняются должным образом самими работниками. Поэтому актуальным является прогнозирование возможных рисков от лесных пожаров что, могло бы существенно улучшить качество профилактических мер.

Охрана лесов от пожаров включает комплекс организационных, технических, правовых и других мер, направленных на предотвращение, своевременное обнаружение и ликвидацию лесных пожаров [2].

Класс пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды определяет степень вероятности возникновения и распространения лесных пожаров на соответствующей территории в зависимости от метеорологических условий, влияющих на пожарную опасность лесов. Для целей классификации

применяется комплексный показатель, характеризующий метеорологические условия и в зависимости от его величины устанавливается класс пожарной опасности [3].

Разработанная интерполяционная модель, учитывающая объем и номенклатуру профилактических противопожарных мер, классы пожарной опасности и вычисляемой доли прогнозируемой или реально сгоревшей древесины, наглядно показывает, какие потери следует ожидать лесничеству.

На графике (см. рис.1) представлена зависимость объема сгоревшей древесины, и количества процентов выполненных профилактических мер пожарной безопасности в лесничестве с запасом $500\,000\text{ м}^3$ при классе пожарной опасности 4 ($V\text{ м}^3$ – ожидаемый объем потерь древесины, $G\%$ – процент выполненных профилактических мер от рекомендуемых).

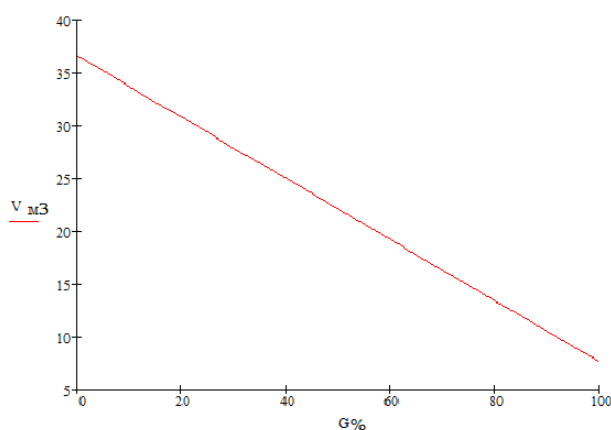


Рис.1. График зависимости объема сгоревшей древесины в лесничестве

Особенностью данной математической модели является её наглядность, однако неудобство в использовании обычными лесными работниками делают её малоприменимой без специального программного обеспечения.

С помощью приложения, разработанного в оболочке экспертной системы ESTA (Expert System Shell for Text Animation), пользователь может оценить качество проведённых профилактических противопожарных мероприятий, введя процентное значение проведённых мер от рекомендуемых и класс пожарной опасности [4]. Указание запаса интересующей территории позволяет определить количественное значение потерь объёмов древесины. На рис.2

показаны некоторые окна с запросом от приложения для ввода необходимых данных.

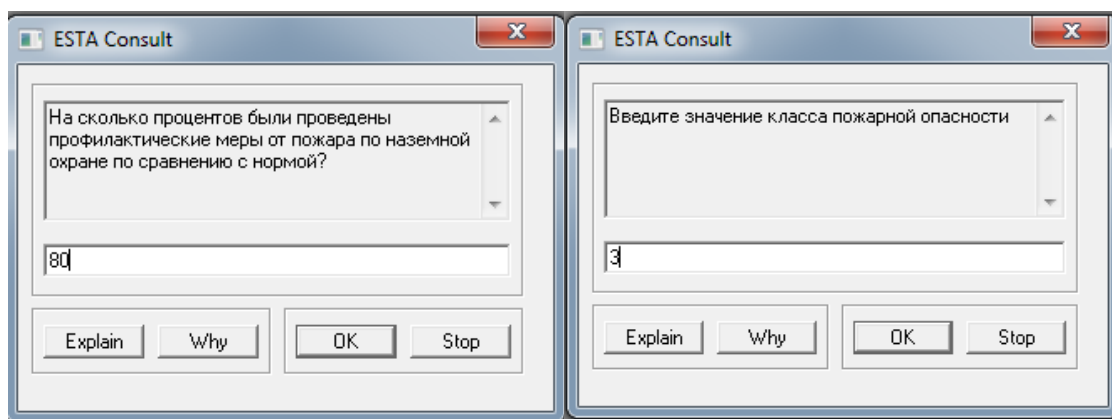


Рис.2. Окна запросов данных

Результат представлен в консультативном окне, который даёт оценку проведённым профилактическим мерам, рекомендации по их улучшению и примерное значение ожидаемых потерь (рис.3).

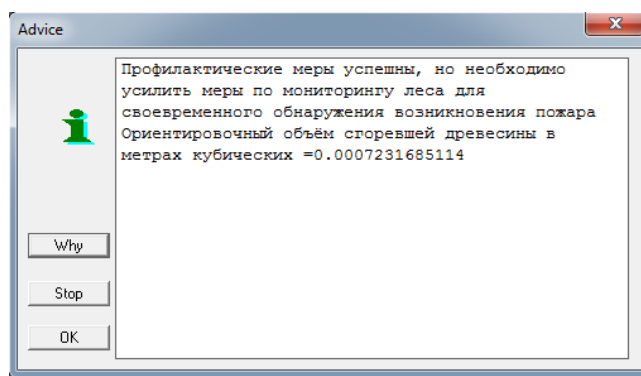


Рис.3. Консультационное окно

Представленная математическая модель ориентирована на практическое применение работниками лесничеств, для чего было разработано программа, позволяющая определить объём сгоревшей древесины в зависимости от проведённых профилактических противопожарных мер и погодных условий, а также оценить эффективность проведённых противопожарных мероприятий.

Список литературы

1. Воробьёв Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы // МЧС России . – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2014.
2. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 12 декабря 2011 г. N 516 г. Москва "Об утверждении Лесоустроительной инструкции" пункты 152-158.

3. Приказ Рослесхоза от 5 июля 2011 г. № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды».

4. Программа определения успешности проведенных противопожарных мероприятий в лесах. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2015660211 от 24 сентября 2015 г. Авторы: Андреева З.Н., Заяц А.М., Логачев А.А.

Андреева Зоя Николаевна - студентка 1 курса магистратуры лесохозяйственного факультета Санкт-Петербургского Государственного Лесотехнического университета имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ

Логачев Алексей Андреевич – аспирант Санкт-Петербургского Государственного Лесотехнического университета имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ

Научный руководитель - Заяц Анатолий Моисеевич - профессор, к.т.н., заведующий кафедрой информационных систем и технологий Санкт-Петербургского Государственного Лесотехнического университета имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ

УДК 368

РАСЧЕТ СТРАХОВЫХ ТАРИФОВ В МЕДИЦИНСКОМ СТРАХОВАНИИ

Арсланова Р.Р.

DOI: 10.12737/14809

Аннотация. Расчет страховых тарифов на примере некоторых заболеваний. Построение математической модели для расчета вероятностей состояний застрахованного лица. Рассмотрение возможности прогнозирования страховых тарифов и заболеваемости населения на последующие годы.

Ключевые слова: страхование, медицинское страхование, страховые тарифы, актуарные расчеты, теория марковских процессов.

Обязательной частью любого вида страховой деятельности, в том числе медицинского страхования являются актуарные расчеты - это система математических и статистических методов, с помощью которых производится

исчисление страховых тарифов. Широкое применение в актуарной практике получил подход, основанный на теории марковских процессов. В данном подходе для описания состояния застрахованного лица используется модель поведения системы со многими состояниями.

Для описания состояния человека обычно используется модель, которая включает три состояния: «здоров», «болен», «умер» (Рисунок 1). Вероятность выздоровления по основным классам болезней мала, поэтому переходом из состояния Болен —>Здоров можно пренебречь.

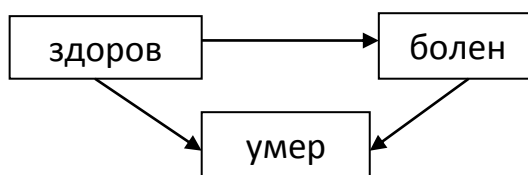


Рисунок 1 — Модель трех состояний.

С помощью составления дифференциальных уравнений Колмогорова можно построить математические модели и рассчитать вероятности состояний, в которых будет находиться застрахованное лицо в определенный момент времени. Для этого рассмотрим ряд дискретных состояний, в которых может находиться человек: S_1, S_2, S_3 , где S_1 -здоров, S_2 -болен, S_3 -умер. Обозначим через $p_i(t)$ -вероятность того, что в момент времени t застрахованное лицо будет находиться в состоянии S_i , $i = \overline{1,3}$. S_1, S_2, S_3 - несовместны и образуют полную группу, значит нормировочное условие: $\sum_{i=1}^3 p_i(t) = 1$ (1)

Плотность вероятности перехода из состояния в состояние λ_{ij} - это количество заболевших и умерших в единицу времени (Рисунок 2).

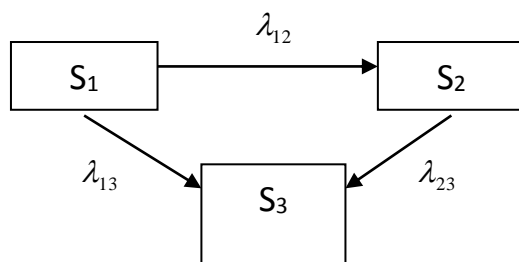


Рисунок 2 — Переход из одного состояния в другое

Можно определить $p_1(t), p_2(t), p_3(t)$ как функции времени. Эти функции будут удовлетворять дифференциальным уравнениям Колмогорова (2).

$$\begin{aligned}\frac{dp_1(t)}{dt} &= -\lambda_{12}p_1(t) - \lambda_{13}p_1(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{12}p_1(t) - \lambda_{23}p_2(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} &= \lambda_{13}p_1(t) + \lambda_{23}p_2(t)\end{aligned}\quad (2),$$

где λ_{12} - интенсивность заболевающих за определенный год; λ_{23} - интенсивность умирающих за определенный год по причине болезни; λ_{13} - интенсивность умирающих за определенный год вследствие других причин; $p_i(t)$ - вероятность того, что в момент времени t застрахованное лицо будет находиться в состоянии S_i , $i = \overline{1,3}$.

$$\text{Начальные условия: } p_1(0) = 1; p_2(0) = 0; p_3(0) = 0 \quad (3)$$

Решая дифференциальные уравнения (2) с начальными условиями (3), получаем, что вероятность в момент времени t быть здоровым рассчитывается по формуле:

$$p_1(t) = e^{(-\lambda_{12}-\lambda_{13})t} \quad (4)$$

Вероятность в момент времени t заболеть:

$$p_2(t) = -\frac{\lambda_{12}}{(-\lambda_{12} - \lambda_{13} + \lambda_{23})} \left(e^{-\lambda_{23}t} - e^{(-\lambda_{12}-\lambda_{13})t} \right) \quad (5)$$

Находим теперь $p_3(t)$ — вероятность в момент времени t умереть — из нормировочного условия (1):

$$p_3(t) = 1 - p_1(t) - p_2(t) \quad (6)$$

Для вычисления интенсивностей перехода из состояния в состояние можно воспользоваться статистикой численности, заболеваемости и смертности по основным классам причин смерти.

Интенсивности вычисляются по формулам:

$$\lambda_{12} = \frac{\text{число заболевших}}{\text{численность населения}} \quad (7)$$

$$\lambda_{23} = \frac{\text{число умерших по причине болезни}}{\text{численность населения}}; \quad (8)$$

$$\lambda_{13} = \frac{\text{число умерших вследствие др. причин}}{\text{численность населения}} \quad (9)$$

Построенные модели и вычисления вероятностей необходимы для расчета страховых тарифов. Страховой тариф (цена страхового риска и других расходов по ведению страхового дела), по которой заключается договор страхования, — брутто-ставкой. Нетто-ставка выражает цену страхового риска. В основе построения нетто-ставки лежит вероятность наступления страхового случая.

Используя формулы для расчета брутто- и нетто-ставки, можно вычислить величину страхового тарифа. Для этого нужно знать среднее возмещение, среднюю страховую сумму и вероятность наступления страхового случая, которую можно рассчитать по формуле:

$$P = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_n) \quad (10),$$

где P — вероятность наступления страхового случая, p_1, \dots, p_n — вероятности заболеть одной из n болезней, предусмотренных условиями страхования.

Полученные результаты позволяют рассмотреть возможность прогнозирования страховых тарифов и заболеваемости на последующие годы. Для этого составляется уравнение регрессии и проверяется значимость ее коэффициентов: $\hat{y}_x = a + bx$ (11), где a и b — коэффициенты уравнения.

Прогнозное значение y_p определяется путем подстановки в уравнение регрессии (11) соответствующего (прогнозного) значения x_p .

Проверка параметров может показать, что уравнение регрессии не подходит для прогнозирования, так как величина тарифной ставки устанавливается страховыми компаниями каждый год.

Список литературы

1. Спивак, С.И., Абдюшева, С.Р. Обратные задачи для Марковских моделей / С.И. Спивак, С.Р. Абдюшева // Журнал «Актуарий» - М.: Наука. 2007. №1.
2. Ахвледиани, Ю.Т., Шахова, В.В. Страхование / Ю.Т. Ахвледиани, В.В. Шахова // М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2012. 511 с.
3. Грищенко, Н.Б. Основы страховой деятельности: Учебное пособие Н.Б. Грищенко // Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 2001. 274 с.
4. Цибульский, В.А. Страхование: Учебное пособие / В.А. Цибульский // Казань: Изд-во «Юниверсум». 2011. 110 с.

Арсланова Ралина Рафиковна, студентка магистратуры 1 года обучения факультета математики и информационных технологий Башкирского государственного университета, г. Уфа, РФ

Научный руководитель – Абдюшева Светлана Рашитовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования Башкирского государственного университета, г. Уфа, РФ

УДК 66.099

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ ВИХРЕВЫХ ГРАНУЛЯТОРОВ ВЗВЕШЕННОГО СЛОЯ

Артюхов А.Е., Ведмедера В.С., Кремнёв А.В.

DOI: 10.12737/14810

Аннотация. Представлены результаты исследования режимов работы вихревого гранулятора с точки зрения изменения гидравлического сопротивления взвешенного слоя и интенсивности его закрутки. Каждый из режимов характеризуется диапазоном значений скорости газового потока, структурой слоя, характером распределения гранул и порозностью взвешенного слоя. Предложен оптимальный диапазон работы гранулятора, который обеспечит стабильный вихревой взвешенный слой гранул.

Ключевые слова: вихревой гранулятор, гидродинамика, режимы работы, оптимальный режим

Среди широкого разнообразия оборудования с применением технологии взвешенного слоя для проведения процессов в двухфазных системах «газ – твёрдое» и трёхфазных системах «газ – жидкость – твёрдое» (в частности, для процессов гранулирования) особое место занимают аппараты с вихревыми потоками [1–3].

Использование вихревых потоков как метода интенсификации теплообменных или тепломассобменных процессов получило распространение в процессах сжигания, абсорбции, ректификации, в турбинах, эжекционных устройствах, реакторах, процессах сепарации и т.д., но применение этого метода в процессах гранулирования во взвешенном слое в настоящее время не распространено. Это связано с недостаточной изученностью основных режимов работы вихревого взвешенного слоя и влияния на диапазон устойчивой работы гранулятора конструкции завихрителей, конфигурации рабочего пространства устройства и его производительности.

При изучении режимов работы вихревого взвешенного слоя особое влияние уделяется исследованию падения давления во взвешенном слое дисперсного материала (гидравлического сопротивления взвешенного слоя). Диаграмма, изображенная на рисунке 1 [4], дает схематическое представление характерных режимов работы вихревого взвешенного слоя.

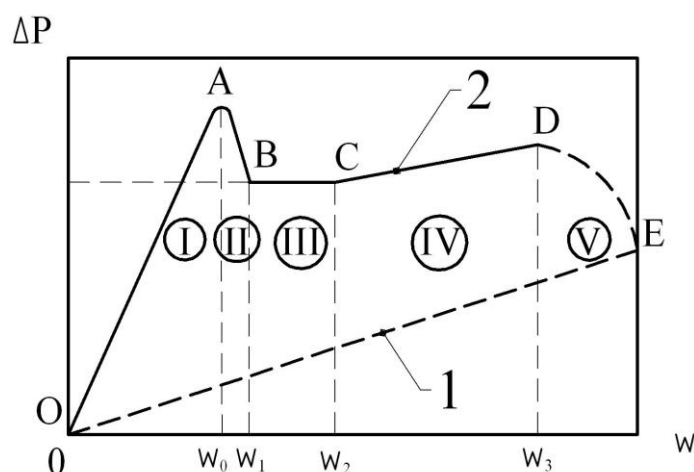


Рисунок 1 – Зависимость перепада давления через слой от скорости для вихревого взвешенного слоя: 1 – перепад давления газового потока, 2 – перепад давления в слое, OA – фильтрация газового потока сквозь стационарный

слой, АВ – частично взвешенный слой, ВС – взвешенный слой с частичной закруткой, CD – развитый вихревой взвешенный слой, DE – режим уноса гранул, w_0 – минимальная скорость взвешивания, w_1 – полная скорость взвешивания, w_2 – полная скорость вихревого взвешивания, w_3 – скорость уноса

В работе [4] на основании экспериментальных исследований были выделены основные режимы работы вихревого взвешенного слоя, изучен характер движения гранул в каждом из режимов. Взвешенный слой существует в пределах скорости движения газового потока w_0 и w_3 и характеризуется разной интенсивностью. На практике состояние слоя дисперсного материала в режиме взвешивания характеризуется параметром, который называется числом псевдооживления, которое определяется по формуле (1) в зависимости от экспериментально определённого режима движения дисперсной фазы:

$$K_w = \frac{w_p}{w_0},$$

где w_p – рабочая скорость движения газового потока, которая обеспечивает взвешивание дисперсной фазы.

Величина K_w в настоящее время для систем с классическим взвешенным слоем; для случая вихревого взвешенного слоя данные по величине K_w отсутствуют. Потому определение K_w для вихревого взвешенного слоя в зависимости от свойств взвешенного слоя (высота, порозность, состав дисперсной фазы) и режима движения дисперсной фазы (свободное или стеснённое) – одна из задач, решению которой посвящается данная работа.

Стабильность вихревого взвешенного слоя определяется интенсивностью закрутки газового потока. На рисунке 2 показаны основные зоны вихревого взвешенного слоя, сопоставленные качественным графиком изменения окружной составляющей скорости газового потока.

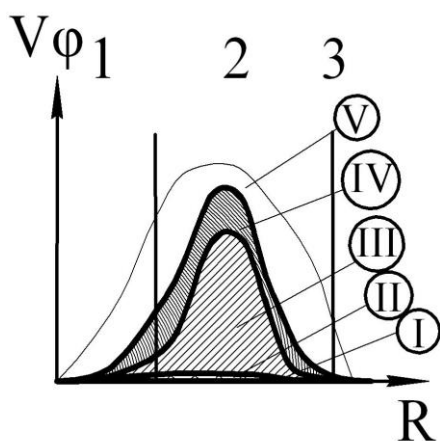


Рисунок 2 – Основные зоны вихревого взвешенного слоя по радиусу гранулятора и качественное распределение окружной скорости газового потока в зависимости от режима работы гранулятора: 1 – зона действия восходящего газового потока оживающего агента; 2 – зона формирования вихревого взвешенного слоя; 3 – зона пониженной интенсивности (торможения) движения вихревого взвешенного слоя



Данные исследований дают возможность определения основных факторов, которые влияют на развитие закрутки потоков рабочих сред, спрогнозировать траектории движения гранул в рабочем пространстве гранулятора, подобрать оптимальное время пребывания дисперсной фазы.

Список литературы

1. Artyukhov A.E. Vortical type granulators in the chemical industry / A.E. Artyukhov // Proceedings of the SSU staff and students scientific conference. 2006. Part 2. P.32-33.
2. Sklabinskyi V., Artyukhov A., Kononenko N. Environmental aspects implementation of high-granulation equipment for the production of nitrogen fertilizers / V. Sklabinskyi, A. Artyukhov, N. Kononenko // International Journal of Sustainable Development. 2013. Vol. 13. P. 10-16.
3. Sklabinskyi V.I., Artyukhov A.E., Rossi P.C. Vortex flows - perspective direction of heat and mass transfer processes intensification / V.I. Sklabinskyi, A.E. Artyukhov, P.C. Rossi // CLICAP 2015: Congreso Latinoamericano de Ingenieria y Ciencias Aplicadas. 2015. P. 596-602.

Ведмедера Владимир Сергеевич, студент 5 курса факультета технических систем и энергоэффективных технологий Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина.

Кремнёв Александр Васильевич, студент 4 курса факультета технических систем и энергоэффективных технологий Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина

Научный руководитель – Артюхов Артём Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств» Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина

УДК 630.383

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРУЗОПОТОКОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО ДОРОГАМ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Артюнян А.Ю.

DOI: 10.12737/16321

Аннотация. В данной работе описываются основные задачи многокритериальной оптимизации при эксплуатации комплекса машин, а так же предлагается вариант реализации схемы СППР, обеспечивающий решение многокритериальных задач управления.

Ключевые слова: методы, оптимизация, машины, подвижной состав, эксплуатация, экономика, управление.

Одной из областей применения математических методов оптимизации является эксплуатация подвижного состава транспортно-технологических машин, составляющих, в частности, парк лесотехнической техники. В связи, с чем можно обозначить круг главных задач, связанных с эксплуатацией комплекса лесотехнических машин, в которых целесообразно приложение методов поиска оптимального решения.

При реализации многокритериального выбора даже в условиях значительной неопределённости (к таким задачам относится, в частности, оценки подвижности и конкурентоспособности лесотехнических средств), лицо

принимающее решение (ЛПР) обязан осуществить выбор из конечного числа альтернатив $A = \{a_i\}$, $i = \overline{1, m}$. Последствия каждого выбора в силу неопределённости неочевидны, поскольку зависят от некоторого количества внешних факторов и ситуаций, в формируемой модели принятия решений являющихся для ЛПР неуправляемыми переменными. Условимся считать количество таких состояний конечными (это всегда можно обеспечить, объединив несколько неопределённостей в одну), образующим конечное множество $S = \{s_j\}$, $j = \overline{1, n}$. Выбирая для каждого состояния s_j некоторую альтернативу a_i , ЛПР получает и должен проанализировать некоторые последствия c_{ij} из соответствующего множества C .

Задачей формального выбора является объединение множеств A , S и C некоторой функцией F , определив меру эффективности W и количественное (качественное) объяснение принимаемых решений.

Несмотря на широкие исследования в области принятия решений, до сих пор не найден оптимальный подход к задачам выбора.

Для автоматизированного управления парком лесотехнической техники, где очень широк диапазон возможных ситуаций, к традиционной задаче выбора альтернатив необходимо добавить процедуру определения самого метода их выбора. Формально эту задачу можно сформулировать следующим образом. Имеется несколько описанных функций (процедур, алгоритмов или методов) F_t , позволяющих при любом состоянии системы найти альтернативу A (вариант действий) получения заданных последствий C : $A = F_t(S, C)$. В данном выражении t – это конкретный метод, эффективность W которого также зависит от конкретной ситуации S : $W = I_t(S)$.

Проанализировав актуальный в заданном временном интервале диапазон v_k , можно оценить наибольшую эффективность I_k и, соответственно, выбрать оптимальный метод T .

$$T = t, \text{ при } \max_{t,k} (S_{v_k}), \quad (1)$$

где $V_k \in (1;n)$, $k = \overline{1,K}$, $K \ll n$.

Таким образом, для достижения заданных последствий целесообразно выбрать для управления альтернативу A .

$$A = F_1(S,C). \quad (2)$$

В такой постановке для оценки множества C в реальном масштабе времени эффективным представляется создание автоматизированной системы управления парком лесотехнических машин. Концептуальная модель СППР (систем поддержки принятия решений) содержит в себе следующие блоки : интерфейс “пользователь-система”; блок анализа проблем; блок принятия решений; база данных; база моделей; база знаний.

Предлагается для более правильного выбора нужной процедуры принятия решения после подбора основной модели проблемы (альтернативы) варьировать составляющие этой модели (атрибуты). В диспетчерских системах это эквивалентно тому, что после распознавания текущей обстановки смоделировать возможные изменения.

После предварительной работы СППР и ЛПР, традиционными методами распознаётся текущая ситуация и выбираются группы методов, наиболее подходящих для решения текущей проблемы. После уточнения своих предпочтений ЛПР выбирает критерии эффективности методов. Далее предлагаемая СППР может дополнительно решать следующие задачи: моделирование обстановки, решение задачи принятия решения для всех смоделированных ситуаций, выбор наиболее оптимального метода, тестирование для выбранного метода всех алгоритмов адаптации и выбор наиболее оптимального алгоритма адаптации.

Для обеспечения гибкости системы целесообразно включить возможность ввода в систему дополнительных алгоритмов и методов, а также ввода известных статистик по принятым решениям в уже известных ситуациях. Упрощенная функциональная схема предлагаемой подсистемы изображена на рис.1.

Работу блока кратко можно описать следующим алгоритмом:

- составления перечня всех параметров, используемых в выбранной модели;
- вывод пользователю тех параметров списка, значение которых известно, а также величины этих параметров, источник информации и степень достоверности;
- выбор пользователем параметров, которые в дальнейшем будут считаться достоверно известными;
- выбор пользователем диапазона и закона изменения оставшихся параметров;
- прогнозирование времени, необходимого на моделирование всех вариантов;
- анализ пользователем целесообразности данного диапазона варьирования значениями при полученных затратах времени для конкретной задачи тестирования;
- в случае необходимости возврат на корректировку исходных условий моделирования отклонений.



Рисунок 1 - Функциональная схема предлагаемой системы

Предложенная система позволяет производить выбор алгоритма для решения задачи многокритериальной оптимизации при поддержке принятия управленческих решений на всех этапах жизненного цикла комплекса лесотехнических машин. Введение описанного модуля позволяет выбрать наиболее адекватный алгоритм исходя из специфики задачи и предпочтений

пользователя, что позволит значительно повысить качество принимаемых решений и эффективность управления.

Список литературы:

1. Сушков С.И., Рулев В.И. Анализ транспортных связей предприятий лесного комплекса // Вестник Московского государственного университета леса. - Лесной вестник 2005, № 021, 12.05.05.

2. Пильник, Ю. Н. Моделирование процессов формирования лесных транспортных потоков и размещения пунктов переработки древесины [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова, Ю. Н. Пильник // Строительные и дорожные машины. Научно-технический и производственный журнал. – Москва, 2014. – №8. – С. 54-56.

Арутюнян Арсен Юрикович, аспирант 3 года обучения специальности 05.21.01. «Технологии и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» Ухтинского государственного технического университета, г. Ухта, РФ

Научный руководитель – Бурмистрова Ольга Николаевна, доктор технических наук, заведующий кафедрой Технологии и машин лесозаготовок Ухтинского государственного технического университета, г. Ухта, РФ

УДК 630.383

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СЛОЁВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Арутюнян А.Ю.

DOI: 10.12737/16322

Аннотация. В статье разработана методика определения стоимости строительства земляного полотна, позволяющая учесть изменения природных факторов на всем протяжении рассчитываемого участка. Для каждого вида дорожно-строительных работ было рассчитано свое уравнение регрессии с независимыми переменными в закодированном виде.

Ключевые слова: математическая модель, грунт, земляное полотно, стоимость, разработка грунта, профилирование, уплотнение.

Даны серии парных наблюдений величин зависимостей переменной y и двух или нескольких независимых переменных x_i . Использование линейной зависимости y от x_i при применении множественной регрессии для ряда задач может серьезно ухудшить анализ этой зависимости или даже совсем исключить возможность ее использования. Поэтому для определения искомой зависимости была составлена программа определения множественных криволинейных регрессий.

Данная программа предназначена для определения множественных криволинейных регрессий по следующим законам:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a'_i x_i^2, \quad (1)$$

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{x_i}. \quad (2)$$

– определяется массив среднеарифметических отклонений

$$m_i = \sum_{j=1}^n \frac{a_{ji}}{n}, \quad i = 1, \dots, 2t - 1; \quad (3)$$

-определяется средне-арифметическое отклонение для каждой из независимых переменных

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_{ij} - m_j)^2}{n}} \quad j = 1, \dots, 2t - 1; \quad (4)$$

– определяются элементы системы и правые части линейных уравнений

$$B_{ki} = \sum_{j=1}^n (a_{jk} - a_{ji}) - nm_k m_i, \quad k = 1, \dots, 2t - 1; \quad (5)$$

$$C_k = \sum_{i=1}^n a_{in} x_{it} - nm_k m_{2t-1}, \quad i = 1, \dots, 2t - 1; \quad (6)$$

– определяется свободный член уравнения регрессии

$$a_o = m_{2t-1} - \sum_{i=1}^{2(t-1)} z_i m_i ; \quad (7)$$

– определяется коэффициент регрессии

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (a_{i,2t-1} - x_{i,1})^2}{\sum_{i=1}^n (a_{i,2t-1} - m_{2t-1})^2}}, \quad (8)$$

где t - количество случайных величин, включая не исследуемую функцию; n - длина выборки для каждого из случайных величин; x_{ij} - массив значений случайных величин, записанных по строкам (включая исследуемую функцию); $a_{n,2t-1}$ - массив случайных величин, записанных по строкам, содержащий для закона (1) – x_i, x_i^2, y_i , для закона (2) – $x_i, \frac{1}{x_i}, y_i$.

Влияние вида грунта на ширину работ по рубке леса, корчевке, снятию растительного слоя, засыпки ям, разравниванию и уплотнению, как функция от B – ширины земляного полотна по верху, H – рабочей отметки, Γ – вида грунта, выражается зависимостью

$$\text{Ш} = -7,704 + 0,9998B + 3,8202H + 0,0061H^2 + 0,14999\Gamma - 0,001435\Gamma^2. \quad (9)$$

Влияние вида грунта на объем работ по возведению земляного полотна в зависимости от ширины земляного полотна, рабочей отметки и вида грунта следующие

$$V = -6,7581 + 0,66367B + 3,8223H + 0,81452H^2 + 1,04999\Gamma - 0,0014406\Gamma^2. \quad (10)$$

Стоимость рубки, корчевки в зависимости от диаметра лесонасаждений, вида и густоты леса:

$$C_{\kappa} = \frac{C_{M-CM}}{10000} \times \left(-0,05129 + 0,10495D - \frac{0,000888}{D} + 0,02438\text{ШЛ} - \frac{0,55484}{\text{ШЛ}} \right), \quad (11)$$

где C_{M-CM} – стоимость машино-смены механизма, производящего корчевку.

Стоимость снятия растительного слоя в зависимости от применяемого типа механизма, категории трудности разработки грунта, типа навесного оборудования

$$C_{\text{сн.р.сл.}} = 0,002453 + 0,0001429TM + 0,001267TM^2 - 0,002991KTP + 0,0001619KTP^2 - 0,003826HO + 0,0006645HO^2. \quad (12)$$

Стоимость разравнивания, уплотнения и профилирования в зависимости от типа механизма, толщины слоя, категории трудности разработки

$$C_{\text{разравни}} = 0,031295 + 0,003209TM - 0,0005902TM^2 - 0,01535HCL - 0,017212HCL^2 - 0,0002849KTP + 0,003893KTP^2. \quad (13)$$

Стоимость возведения земляного полотна в зависимости от типа применяемого механизма, категории трудности разработки, типа навесного оборудования, расстояния перемещения грунта:

$$C_{\text{з-м}} = 0,024847 + 0,01235TM + 0,008472TM^2 + 0,00462KTP + 0,003032KTP^2 - 0,002094HO - 0,002847HO^2 - 0,007743L - 0,000064L^2. \quad (14)$$

После преобразования получаем окончательный вид зависимости:

$$C_{\text{общ}} = Ш(C_k + C_{\text{сн.р.сл.}}) + V(C_{\text{разравни}} + C_{\text{з-м}}) \quad (15)$$

или

$$C_{\text{общ}} = -7,704 + 0,9998B + 3,8202H + 0,0061H^2 + 0,14999\Gamma - 0,001435\Gamma^2 \times \left(\frac{C_{\text{м-см}}}{10000} \left(-0,05129 + 0,10495D - \frac{0,000888}{D} + 0,02438ШЛ - \frac{0,55484}{ШЛ} \right) + \right. \\ \left. + 0,002453 + 0,0001429TM + 0,001267TM^2 - 0,002991KTP + 0,0001619KTP^2 - 0,003826HO + 0,0006645HO^2 \right) - \\ - 6,7581 + 0,66367B + 3,8223H + 0,81452H^2 + 1,04999\Gamma - 0,0014406\Gamma^2 \times \\ \times \left(0,031295 + 0,003209TM - 0,0005902TM^2 - 0,01535HCL - 0,017212HCL^2 - 0,0002849KTP + 0,003893KTP^2 + 0,024847 + \right. \\ \left. + 0,01235TM + 0,008472TM^2 + 0,00462KTP + 0,003032KTP^2 - 0,002094HO - 0,002847HO^2 - 0,007743L - 0,000064L^2 \right). \quad (16)$$

Список литературы

1. Некрасов В.К. Оценка проектов дорог по их эксплуатационным показателям / В.К. Некрасов// Автомобильные дороги, 1974. – №2. – С.19-20.
2. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог / Г.А. Федотов. – М.: Транспорт, 1986. – 317 с.

Арутюнян Арсен Юрикович, аспирант 3 года обучения специальности 05.21.01. «Технологии и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» Ухтинского государственного технического университета, г. Ухта, РФ

Научный руководитель – Бурмистрова Ольга Николаевна, доктор технических наук, заведующий кафедрой Технологии и машин лесозаготовок Ухтинского государственного технического университета, г. Ухта, РФ

УДК 519.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ДОХОДА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ОБЪЕМЕ ФИНАНСОВ

Асанкулова М., Жусупбаев А., Жусупбаева Г.А.

DOI: 10.12737/14811

Аннотация. В работе сформулирована математическая модель оптимизации производства перерабатывающего предприятия, где определяется районы закупки сельхоз продукции, объем и ассортимент производства консервированной продукции, размер кредита для производства с целью получения максимального дохода.

Ключевые слова: оптимальное решение, продукция, сырье, цена, затраты, предприятие.

Пусть в регионе имеется предприятие A_0 , где производится консервированная продукция различных видов из сельскохозяйственной продукции. Для производства консервированной продукции предприятие имеет финансовое средство и есть возможность получить кредит под процент в ограниченном количестве, которую он намерен вложить на производство и закупку сельхоз продукции из районов B_j , $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$ этого же региона.

Предполагается, что имеются покупатели на консервированную продукцию изготовленную предприятием по предлагаемой оптовой цене производителя.

Требуется определить объем сельхоз продукции, закупаемый из районов региона и ассортимент выпускаемой продукции, а также объем кредита получаемый предприятием, доставляющий максимальный чистый доход от реализации продукции.

Математическая модель изложенной проблемы может быть описана в следующем виде.

Найти максимум

$$L(x,y)=\sum_{r \in R}(s_0^r - c_r)y_0^r - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \bar{c}_{ij0} x_{ij} - (1 + \beta)v \quad (1)$$

при условиях

$$0 \leq x_{ij} \leq \alpha_{ij}, \quad i \in I, \quad j \in J, \quad (2)$$

$$a_{ir} y_0^r = \sum_{j \in J} x_{ij}, \quad i \in I_r, \quad r \in R, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \bar{c}_{ij0} x_{ij} + \sum_{r \in R} c_r y_0^r = D + v, \quad (4)$$

$$0 \leq v \leq Q, \quad (5)$$

$$y_0^r \geq 0, \quad r \in R, \quad (6)$$

где $\bar{c}_{ij0} = c_{ij0} + c_{ij}$, $i \in I$, $j \in J$, $x = |x_{ij}|_{|I|,|J|}$, $y = |y_0^r|_{1,|R|}$,

l – индекс вида ресурса, используемый при производстве единицы объема консервированной продукции, $r \in R$;

L_r – множество индексов вида ресурсов, используемое при производстве r -ой консервированной продукции, $r \in R$;

i – индекс вида сельхоз продукции закупаемый из районов, $i \in I = \bigcup_{r \in R} I_r$;

r – индекс вида консервированной продукции, $r \in R$;

R – множество индексов консервированной продукции;

I – множество индексов вида сельхоз продукции используемое при консервации;

I_r – множество индексов вида сельхоз продукции, используемое при производстве r -го вида консервированной продукции;

j – индекс районов закупки сельхозпродукции, $j \in J$;

J – множество индексов районов закупки сельхозпродукции.

Известные параметры:

s_0^r – оптовая цена реализации единицы объема r -го вида консервированной продукции, $r \in R$;

a_{ir} – норма расхода i -го вида сельхоз продукции на единицу объема r -го вида консервированной продукции, $i \in I_r$, $r \in R$;

c_{ij} – цена закупки единицы объема i -го вида сельхозпродукции из j -го района, $i \in I = \bigcup_{r \in R} I_r$, $j \in J$;

c_{ij0} – затраты на транспортировку единицы объема i -го вида сельхозпродукции из j -го района, $i \in I$, $j \in J$;

α_{ij} – максимальный объем i -го вида сельхоз продукции закупаемый предприятием из j -го района за сезон работы, $i \in I$, $j \in J$;

D – объем финансовой возможности перерабатывающего предприятия;

Q – максимальный объем финансового средства, получаемый предприятием в качестве кредита;

β – процентная ставка выдаваемого кредита;

c_r – затраты предприятия на производство единицы объема r -го вида консервированной продукции, $r \in R$,

$$c_r = (\varepsilon_r + \delta_r) + \sum_{l \in L_r} c_r^l m_r^l, \quad r \in R;$$

ε_r – расход на организационную работу единицы объема консервированной продукции r -го вида, $r \in R$;

δ_r – оплата рабочим (заработная плата) за услуги на единицу объема консервированной продукции r -го вида, $r \in R$;

m_r^l – норма расхода l -го вида ресурса, используемой при производстве единицы объема консервированной продукции r -го вида, $l \in L_r, r \in R$;

c_r^l – оптовая цена закупки единицы объема l -го вида ресурса, используемое при производстве консервированной продукции r -го вида, $l \in L_r, r \in R$.

Искомые переменные:

x_{ij} – объем закупки i -го вида сельхоз продукции из j -го района, $i \in I, j \in J$;

y_0^r – объем консервированной продукции r -го вида производимый предприятием A_0 для реализации, $r \in R$;

v – объем кредита, получаемый предприятием.

Условие задачи может быть записана в виде следующей табл.1, где для компактности записи введены обозначения вида: $s_1^r = s_0^r - c_r, r \in R$.

Таблица 1 - Представление модели (1)-(6) в табличном виде.

y_0^1	...	y_0^r	x_{11}	...	x_{1n}	...	x_{m1}	...	x_{mn}	v		
a_{11}	...		-1	...	-1	...		...			=	0
...			
	...	a_{1r}	-1	...	-1	...		...			=	0
...			
a_{m1}	...			...		...	-1	...	-1		=	0
				
	...	a_{mr}		...		...	-1	...	-1		=	0
	...			...		...		...		1	≤	Q
c_1	...	c_r	\bar{c}_{110}	...	\bar{c}_{1n0}	...	\bar{c}_{m10}	...	\bar{c}_{mn0}	-1	=	D
s_1^1	...	s_1^r	$-\bar{c}_{110}$	...	$-\bar{c}_{1n0}$	...	$-\bar{c}_{m10}$	...	$-\bar{c}_{mn0}$	$-(1 + \beta)$	→	max

Решив задачу (1)-(6) методами математического программирования [1] определим объем приобретаемой сельхоз продукции $x_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J$, каждого вида предприятием из районов закупки, ассортимент производимой консервированной продукции $y_0^r \geq 0, r \in R$, подлежащей реализации за планируемый период и объем финансового средства в кредит для закупки сельхоз продукции и производства консервированной продукции, которое позволяет максимизировать объем чистого дохода предприятия.

Список литературы

1. Эшенкулов, П. Методика решения задачи линейного программирования на компьютере [Текст] / П. Эшенкулов, А. Жусупбаев, Т.Ч. Култаев // Ош: - ОшГУ, 2004. – 60 с.

Асанкулова Майрам, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории экономико–математических методов Института теоретической и прикладной математики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Жусупбаев Амангельди, доктор физико-математических наук, завлабораторией экономико–математических методов Института теоретической и прикладной математики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Жусупбаева Гульзат Амангельдиевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина, г. Бишкек, Кыргызская Республика

УДК 62–83–52+62.001.57

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В МАТРИЧНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

Астапович У.А.

DOI: 10.12737/14812

Аннотация. Рассматриваются вопросы создания компьютерной модели матричного преобразователя для электропривода переменного тока в среде Matlab Simulink.

Ключевые слова: матричный преобразователь, электрический привод, компьютерная модель, Matlab Simulink

Из требования, предъявляемых к преобразователям частоты в составе электропривода выделим два, а именно, обеспечение возможности для двунаправленного потока энергии от сети к нагрузке и наоборот и возможность получения единичного коэффициента мощности. Наиболее перспективными в этом отношении являются матричные преобразователи частоты (МПЧ).

Схема силовой части МПЧ представлена на рисунке 1. Она состоит из 18 биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), образующих 9 двунаправленных ключей, которые с одной стороны подключены к сети (А, В, С), а с другой – к нагрузке (а, b, с).

Модель МПЧ, выполненная в Matlab Simulink, представлена на рисунке 2. Силовая часть матричного преобразователя (*matrix_conv*) выполнена по схеме, представленной на рисунке 1. Блок формирования трёхфазных силовых напряжений (*power*) содержит 3 программируемых источника синусоидального сигнала, образующих трёхфазную систему напряжений. Кроме того, блок формирует линейные напряжения $U_{AB}, U_{AC}, U_{BC}, U_{BA}, U_{CA}, U_{CB}$. На периоде сети можно выделить интервалы, на протяжении которых линейные напряжения максимальны. В блоке формирования синхронизирующих импульсов (*synchro*) производится формирование прямоугольных синхронизирующих импульсов,

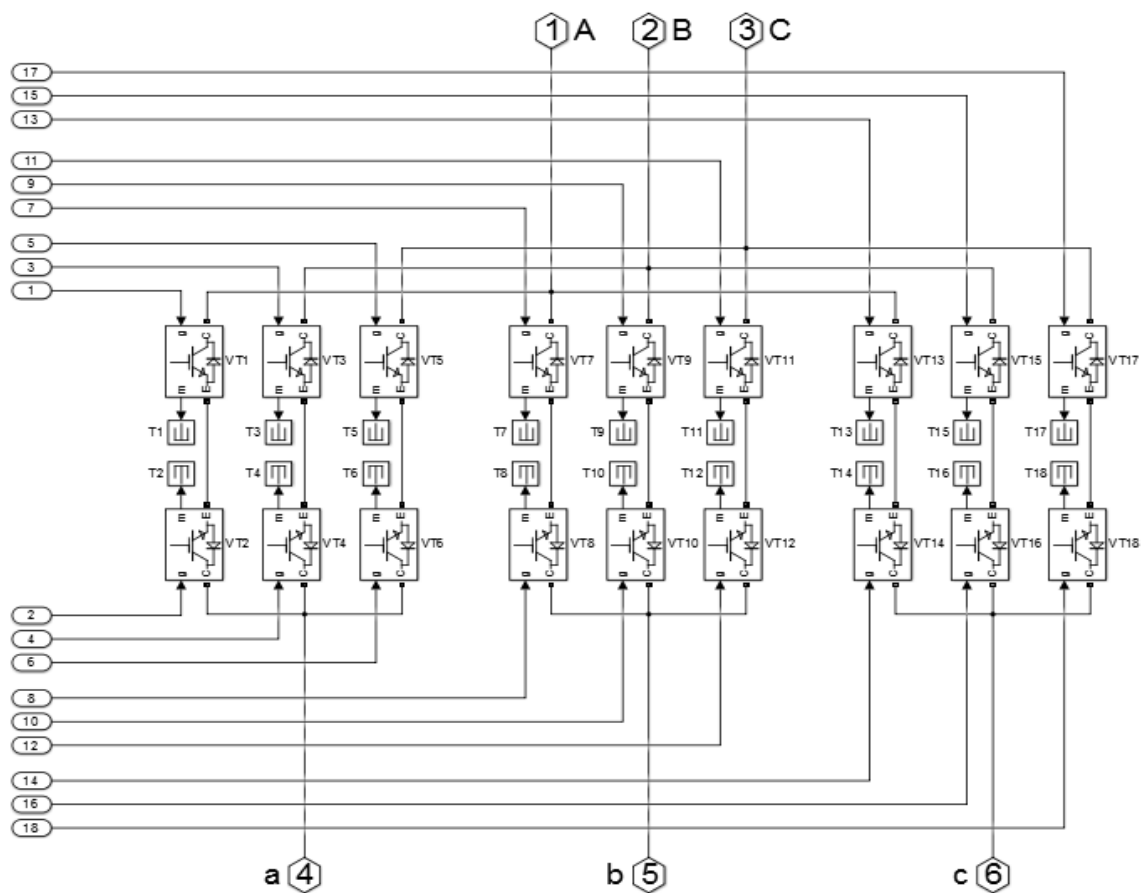


Рисунок 1 – Схема силовой части МПЧ

соответствующих участкам линейных напряжений U_{AB} , U_{AC} , U_{BC} , U_{BA} , U_{CA} , U_{CB} , на которых линейные напряжения имеют максимальное значение. Блок широтно-импульсной модуляции (*PWMI*) предназначен для задания желаемой частоты выходного напряжения и состоит из трех программируемых источников синусоидального сигнала, задающих частоту выходного напряжения, а также генератора пилообразного напряжения, необходимого для широтно-импульсной модуляции (ШИМ) синусоидальных сигналов. Блок логики распределения управляющих импульсов (*logic*) состоит из логических элементов «И» и «ИЛИ» и позволяет распределять импульсы на транзисторы блока *matrix_conv* в соответствии с логикой работы блоков *synchro* и *PWMI*. Кроме того, модель содержит блок трёхфазной симметричной нагрузки (*load*) и осциллограф (*scope*).

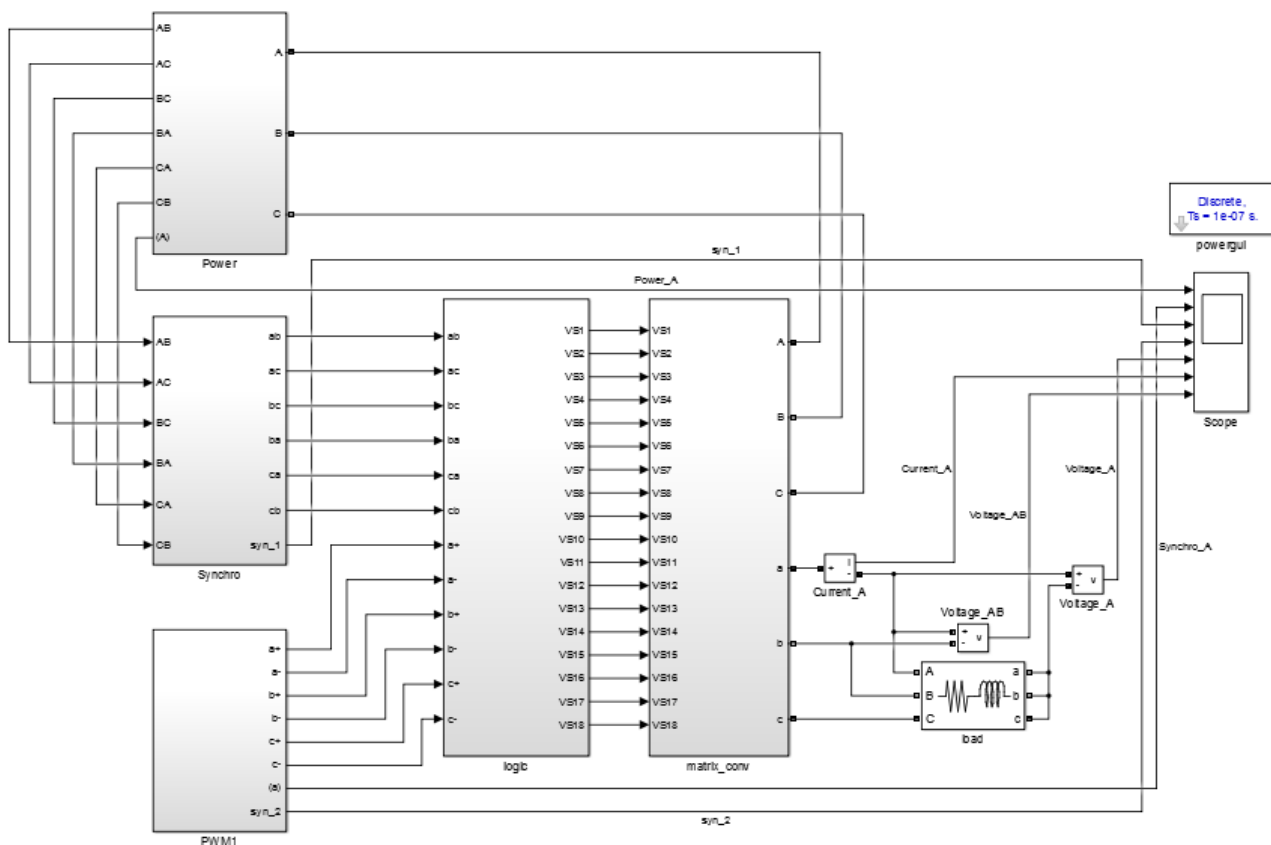


Рисунок 2 – Модель МПЧ в среде Matlab Simulink

В результате моделирования были получены диаграммы, приведенные на рисунке 3. На диаграмме «*Power_A*» представлена синусоида фазы А питающей сети. На диаграмме «*Synchro_A*» представлена заданная (желаемая) синусоида на выходе фазы А преобразователя. На диаграмме «*syn_1*» представлен

синхронизирующий сигнал с блока *synchro*, соответствующий линейным напряжениям сети. На диаграмме «*syn_2*» представлен ШИМ сигнала «*Synchro_A*». На диаграмме «*Voltage_A*» представлено напряжение фазы А на выходе преобразователя. На диаграмме «*Current_A*» представлен ток фазы А при активной нагрузке. На диаграмме «*Voltage_AB*» представлено линейное напряжение АВ на выходе преобразователя.

Результаты, полученные при компьютерном моделировании, полностью соответствуют теоретическим представлениям о работе МПЧ и будут в дальнейшем использованы при физическом моделировании преобразователя с применением микроконтроллера.

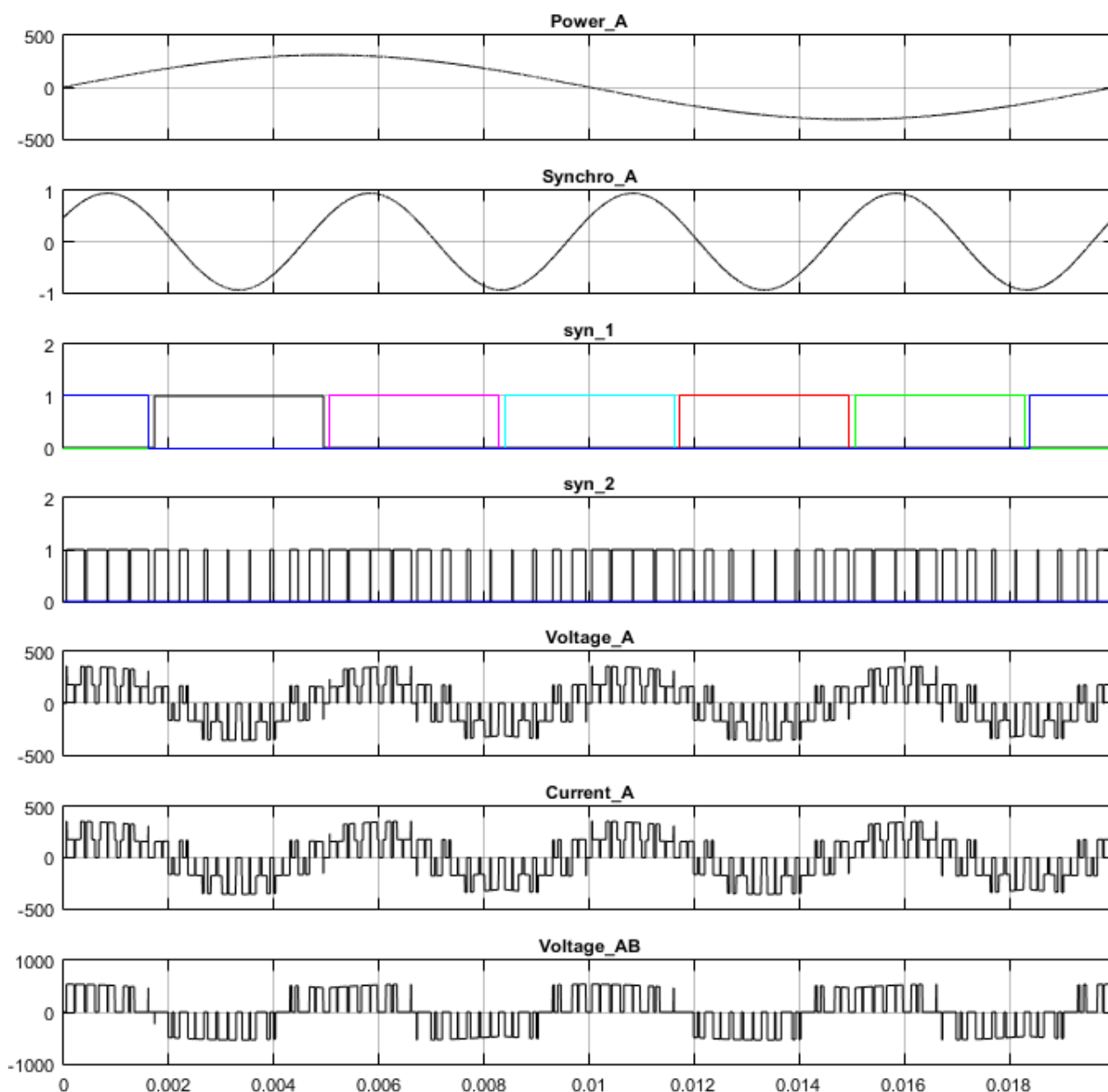


Рисунок 3 – Диаграммы работы МПЧ

Астапович Ульяна Александровна, студентка 4 курса факультета автоматизированных и информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Научный руководитель – Савельев Вадим Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

УДК 536.413.2

**ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ И СРЕДНЕКВАДРАТНОЕ
ДИНАМИЧЕСКОЕ СМЕЩЕНИЕ АТОМОВ
В ТВЁРДЫХ РАСТВОРАХ $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$**

Бабашева Т.Р.

DOI: 10.12737/14813

Аннотация. Изучается зависимость КТР твёрдых растворов от температуры Дебая, и среднеквадратичное динамическое смещение атомов для твёрдых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ ($x=0,02; 0,04; 0,05$) с ростом содержания диспрозия температура Дебая уменьшается, а среднеквадратичное динамическое смещение атомов увеличивается.

Ключевые слова: среднеквадратичное динамическое смещение атомов, температура Дебая, дилатометр.

Наличие фазового перехода в TlI подтверждено в [1-4], причем разные авторы сообщают разные области температур этого фазового перехода.

В [5] показано, что сплавы в системе $TlInS_2 - TlDyS_2$ кристаллизуются в тетрагональной сингонии. О некоторых свойствах тройных соединений типа $TlInX_2^{VI}$ сообщалось в [6]. Выявлено, что эти фазы имеют ряд преимуществ по сравнению с исходными веществами. Они термически более устойчивы, их свойства менее чувствительны к примесям и отклонению от стехиометрии.

С целью выяснения влияния р.з.э. в решётке $TlInS_2$ на фазовые переходы нами исследовано тепловое расширение твердых растворов $TlInS_{1-x}Dy_xS_2$ в

интервале 80 – 400 К. Измерения проводили на индукционном dilatометре, описанном в [7]. Скорость подъема температуры не превосходила 2 к/мин.

Образцы твердых растворов $TlIn_{1-x} Dy_xS_2$ ($0 \leq x \leq 1$) синтезировали и выращивали по методике [5]. Для измерения теплового расширения готовили цилиндрические образцы длиной 3 и диаметром 0,5 см.

Измеряли коэффициенты термического расширения (КТР) $TlInS_2$ и твердых растворов (где $x = 0,02; 0,04; 0,05$). Выявлено, что КТР соединения $TlInS_2$ в интервале 170 – 220 К в начале заметно возрастает, затем резко убывает до 268 К, далее вновь резко возрастает до 310 К. Дальнейшее увеличения температуры приводит к незначительному увеличению КТР. Скачкообразное изменение КТР свидетельствует о наличии фазового перехода в $TlInS_2$.

По характеру скачка КТР можно предложить, что наблюдаемый переход является фазовым переходом второго рода, что хорошо согласуется с данным оптических исследований [2]. Наблюдаемая аномалия КТР в $TlInS_2$, видимо, связана с переходом из несоизмеримой в соизмеримую фазу, а также с сегнетоэлектрическим фазовым переходом, как было показано в [1-4]. Широкую температурную область аномалий можно объяснить большой степенью дефектности кристалла $TlInS_2$.

По значениям КТР различных составов твердых растворов $TlIn_{1-x} Dy_xS_2$ нами вычислены температура Дебая (Θ) и среднеквадратичное динамическое

Т, К	$TlInS_2$		$TlIn_{0,98} Dy_{0,02} S_2$		$TlIn_{0,96} Dy_{0,04} S_2$		$TlIn_{0,95} Dy_{0,05} S_2$	
	Θ , К	$\sqrt{\bar{u}^2}, \text{Å}$	Θ , К	$\sqrt{\bar{u}^2}, \text{Å}$	Θ , К	$\sqrt{\bar{u}^2}, \text{Å}$	Θ , К	$\sqrt{\bar{u}^2}, \text{Å}$
80	335	0,066	329,0	0,067	302,7	0,073	289,5	0,075
90	324	0,068	314,3	0,072	292,4	0,077	263,7	0,085
100	312	0,075	295,6	0,079	277,8	0,083	239,2	0,094
120	290	0,085	264,0	0,093	246,2	0,098	210,3	0,114
140	266	0,097	240,0	0,107	213,8	0,121	200,5	0,128
160	240	0,115	222,3	0,123	199,7	0,138	194,7	0,139
180	206	0,138	210,0	0,136	193,2	0,148	190,0	0,150
200	182	0,163	201,4	0,147	189,0	0,159	186,4	0,162
220	178	0,177	196,4	0,161	187,0	0,169	183,5	0,172
240	220	0,150	194,0	0,170	186,2	0,177	181,6	0,181

260	-	-	193,3	0,177	185,8	0,184	180,2	0,190
280	174	0,201	193,0	0,184	185,3	0,190	179,3	0,197
300	173,6	0,208	192,8	0,189	185,0	0,196	179,2	0,204
320	172,7	0,215	192,7	0,195	184,8	0,204	179,0	0,210
360	171,8	0,229	192,5	0,207	184,5	0,216	178,5	0,224
400	171,4	0,242	192,4	0,218	184,2	0,228	178,2	0,236

смещение ($\sqrt{\bar{u}^2}$) атомов по известной формуле :

$$\langle \Theta \rangle = \frac{19,37}{(\bar{A}V^{\frac{1}{2}}\alpha)^{1/2}} \quad \bar{u}^2 = \frac{4,3 \cdot 10^{-4} \left[\frac{D(\Theta/T)}{\Theta/T} + \frac{1}{4} \right]}{\bar{A}\Theta}$$

где \bar{A} – среднеквадратичная атомная масса, V - атомный объем, α – коэффициент линейного теплового расширения, $D(\Theta/T)$ - функция Дебая.

Результаты вычислений приведены в таблице, из которой видно, что с ростом содержания диспрозия уменьшается температура Дебая и увеличиваются среднеквадратичные динамические смещения атомов в кристаллической решетке твердых растворов. Это позволяет сделать вывод, что с увеличением содержания атомов диспрозия химическая связь в этих твердых растворах значительно ослабляется.

Список литературы

1. Волков А.А., Гончаров Т., Козлов Г.В. и др. Структурные фазовые переходы в кристалле $Tl\dot{L}nS_2$ // ФТТ. 1983. Т. 25. Вып. 12. С. 3583-3585.
2. Аллахвердиев К.Р., Бабаев С.С., Бахышов Н.А. и др. Аномалия температурного поведения электронных спектров $Tl\dot{L}nS_2$, вблизи края их фундаментального поглощения // Физика и техника полупроводников. 1984. Т. 18. Вып. 7. С. 1307.
3. Вахшув С.Б., Жданов В.В., Вятковский Б.Е. и др. Несоизмеримый фазовый переход в кристалле $Tl\dot{L}nS_2$ // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т.39 № 6. С. 245-247.

Бабашева Табарак Раим кызы, студент 3 курса факультета физики и электроэнергетики Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

Научный руководитель – Зейналов Гамлет Ихтияр оглы старший преподаватель кафедры физики Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

УДК 621.317.1

РЕЗОНАНСНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Бакланов А.Н.

DOI: 10.12737/14814

Аннотация. Описан метод резонансной последовательно-параллельной идентификации параметров резистивно-емкостных датчиков. Метод резонансной последовательно-параллельной идентификации позволяет определять параметры резистивно-емкостных объектов с распределенными параметрами.

Ключевые слова: резистивно-емкостные датчики, метод резонансной последовательно-параллельной идентификации.

При измерении параметров технологических процессов [1] широко применяются потенциометрические датчики, однако у них низкая надежность из-за износа подвижной части. Этому недостатка лишены резистивно-емкостные датчики (РЕД), в которых используется не гальваническая, а емкостная связь подвижного элемента с резистивным слоем. Контроль значений емкости связи и ее девиации важен для повышения точности измерений и измерительных преобразователей к ним [2]. Для определения параметров РЕД предлагается использовать метод резонансной последовательно-параллельной идентификации (РППИ). Он объединяет измерения на физическом объекте в трех режимах (штатном и резонансов напряжения и тока), что позволяет определить параметры схемы замещения, недоступные прямым измерениям [3].

Алгоритм метода РППИ содержит следующие этапы: измерения на физическом объекте в трех режимах: штатном, резонанса напряжения и

резонанса тока; составление схемы замещения исследуемого объекта; составление и решение системы уравнений модели относительно искомых параметров объекта.

Схема измерений токов в вышеупомянутых режимах приведена на рис. 1.

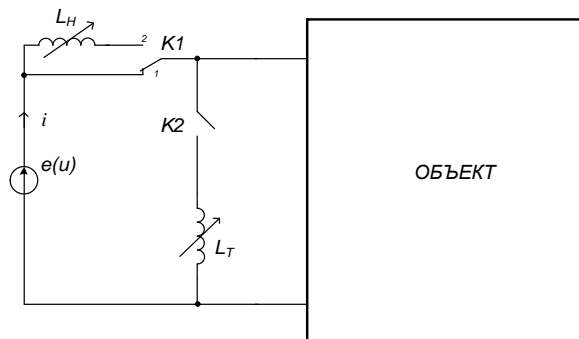


Рисунок 1 – Схема эксперимента

К измеряемому объекту подключен генератор синусоидального напряжения $e(u)$. В штатном режиме (ключ $K1$ находится в положении 1, ключ $K2$ разомкнут) производятся измерения действующих значений тока I , напряжения U и сдвига фаз φ между ними. Во втором режиме измерительного эксперимента (резонанс напряжений) ключ $K1$ переключен в положение 2, ключ $K2$ разомкнут. Изменяя индуктивность L_H добиваемся, чтобы сдвиг фаз φ между током i и напряжением u равнялся нулю. В этом режиме измеряются ток $I=I_H$ и напряжение U . В третьем режиме измерительного эксперимента (режим резонанса токов) ключ $K1$ переключен в положение 1, а ключ $K2$ замкнут. Изменяя индуктивность L_T добиваемся, чтобы сдвиг фаз φ между током i и напряжением u равнялся нулю. В этом режиме измеряются ток $I=I_T$ и напряжение U .

Схема замещения РЕД, приведенная на рис. 2 [2].

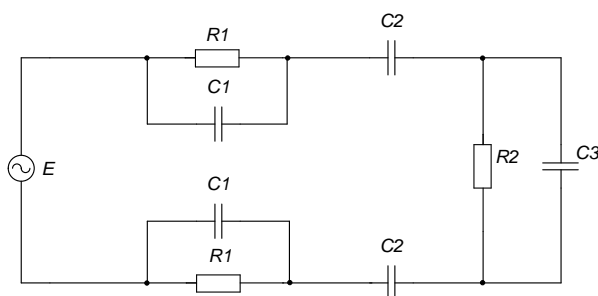


Рисунок 2 – Схема замещения

В первом (штатном) режиме измерений:

$$I = \frac{U}{\sqrt{\left(\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)^2 + \left(\frac{2R_1^2X_{C1}}{R_1^2 + X_{C1}^2} + 2X_{C2} + \frac{R_2^2X_{C3}}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)^2}} \quad (1)$$

$$\varphi = \arctg \left(1 + \frac{2X_{C2}}{\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}} \right) \quad (2)$$

в режиме резонанса напряжений:

$$I_H = \frac{U}{\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}} \quad (3)$$

в режиме резонанса токов:

$$I = \frac{U \cdot \left(\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)}{\left(\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2}\right)^2 + \left(\frac{2R_1^2X_{C1}}{R_1^2 + X_{C1}^2} + 2X_{C2} + \frac{R_2^2X_{C3}}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)^2} \quad (4)$$

Решение системы уравнений (1-4) дает искомые параметры схемы: $C1$, $C3$ и $R1$, $R2$.

Произведен вычислительный эксперимент при помощи эмулятора Micro-CAP. На выходе генератора напряжение $U = 3$ В, частотой $f = 50$ кГц. Значения параметров схемы замещения $R1 = 100$ Ом, $C1 = C2 = 1$ нФ, $R2 = 16$ кОм, $C3 = 0,1$ нФ. В штатном режиме получено: $I = 207,5$ мкА, $U = 3$ В, $\varphi = 0,98$ рад. Во втором режиме индуктивность $L_H = 21$ мГн дает резонансный ток $I_H = 231,2$ мкА, а в третьем – индуктивность $L_T = 200$ мГн ток $I_T = 237,7$ мкА. В ходе решения системы уравнений при помощи программы Maple [4-6] получены следующие результаты: $R1 = 99,708$ Ом, $R2 = 16,002$ кОм, $C1 = C2 = 0,999$ нФ, $C3 = 0,099$ нФ. Погрешность определения параметров составила [7-8]: $\gamma_{R1} = 0,3$ %, $\gamma_{R2} = 0,02$ %, $\gamma_{C1} = \gamma_{C2} = 0,3$ %, $\gamma_{C3} = 1$ %.

Список литературы

1. Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Широков К.М., Гречихин В.В., Ланкин А.М. Адаптивная подсистема автоматического управления

производством интеллектуальных электроприводов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-20095>

2. Алиев Т.М., Хачатуров А.А. Измерительная техника. – М.: Высшая школа, 1991. – 382 с.

3. Гроп Д. Методы идентификации систем. Перевод с англ. В. А. Васильева, В. И. Лопатима. Под ред. Е. И. Кринецкого. М.: Мир, 1979. – 302 с.

4. Lankin A.M., Lankin M.V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development of principles of computer appliance functioning, determination of characteristics of the biological object/ International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6489-6498.

5. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.

6. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.

7. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.

8. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.

Бакланов Алексей Николаевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Ткаченко Геннадий Иванович кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая электротехника и электрооборудование» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Бакланов А.Н., Ланкин А.М.

DOI: 10.12737/14815

Аннотация. Описан метод измерения импеданса биологического объекта. Разработана схема измерения. Метод позволяет неинвазивно определять импеданс биологических объектов.

Ключевые слова: импеданс, биологический объект, метод резонансной последовательно-параллельной импедансометрии, неинвазивный метод.

В настоящее время в медицине применяются два направления измерения характеристик, отражающих состояние биологического объекта (БО): инвазивный и неинвазивный [1]. Инвазивные методы дают большую диагностическую информацию о состоянии внутренних органов, позволяют фиксировать начальные стадии заболевания, в том числе онкологические, брать биопсийный материал для микроскопического исследования, фотографировать обнаруженные образования. Однако данный метод невозможен без хирургического вмешательства и требует обязательного обезболивания. Неинвазивные методы не используют игл или других хирургических инструментов, что обуславливает их безболезненность.

Электроимпедансометрия относится к неинвазивным методам и занимает значительное место в исследовании живых объектов. Основанная на взаимодействии биологических тканей с внешним электрическим током, импедансометрия является важным звеном в изучении их структурных особенностях, связанных с различным функциональным состоянием. Электроимпедансометрия позволяет ставить диагноз посредством измерения активного и реактивного сопротивлений БО.

При прохождении через ткани переменного тока, изменяющегося по гармоническому закону

$$I(t) = I_0 \cdot \sin \omega t$$

падение напряжения на биологической ткани изменяется по закону

$$U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

Для БО импеданс носит составной (комплексный) характер $Z = (R, X)$. Его активная составляющая R связана, в первую очередь, с проводимостью внутренних жидких сред, являющихся электролитами. Различные процессы в тканях, сопровождающиеся необратимыми потерями энергии, также дают вклад в величину активной составляющей импеданса. Реактивная компонента X определяется емкостными свойствами исследуемой ткани, в частности, емкостью биологических мембран. Кроме того, в емкостную составляющую импеданса входит область контакта стимулирующих электродов с биологическими тканями [2]. Абсолютная величина (модуль) электрического импеданса определяется выражением

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Предлагается метод резонансной последовательно-параллельной импедансометрии (РППИ). Он объединяет измерения на физическом объекте в трех режимах (штатном и резонансов напряжения и тока) и решение системы уравнений схемы замещения БО, что позволяет определить параметры схемы замещения, недоступные прямым измерениям [3-6].

Алгоритм метода РППИ содержит следующие этапы: измерения на физическом объекте в трех режимах: штатном, резонанса напряжения и резонанса тока; составление схемы замещения БО; составление и решение системы уравнений модели относительно искомым параметров БО.

Схема измерений токов в вышеупомянутых режимах приведена на рис. 1. К измеряемому БО подключен генератор синусоидального напряжения $e(u)$. В штатном режиме (ключ $K1$ находится в положении 1, ключ $K2$ разомкнут) производятся измерения амплитудных значений тока I , напряжения U и сдвига фаз φ между ними.

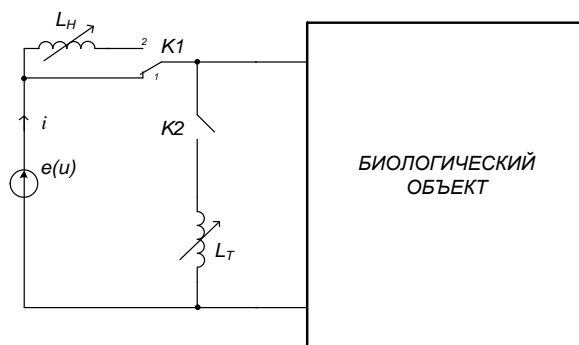


Рисунок 1 – Схема эксперимента

Во втором режиме измерительного эксперимента (резонанс напряжений) ключ $K1$ переключен в положение 2, ключ $K2$ разомкнут. Изменяя индуктивность L_H добиваемся, чтобы сдвиг фаз φ между током i и напряжением u равнялся нулю. В этом режиме измеряются ток $I=I_H$ и напряжение U . В третьем режиме измерительного эксперимента (режим резонанса токов) ключ $K1$ переключен в положение 1, а ключ $K2$ замкнут. Изменяя индуктивность L_T добиваемся, чтобы сдвиг фаз φ между током i и напряжением u равнялся нулю. В этом режиме измеряются ток $I=I_T$ и напряжение U .

Запишем обобщенную систему уравнений для схемы эксперимента. В штатном режиме (4) и в режимах резонансов напряжения (5) и тока (6).

$$I = \frac{U}{Z(R_1, R_2, \dots, R_k, C_1, C_2, \dots, C_n)}, \quad (1)$$

где k – количество резистивных элементов в схеме замещения БО, n – количество емкостных элементов в схеме замещения БО.

$$I_H = \frac{U}{Z(R_1, R_2, \dots, R_k, C_1, C_2, \dots, C_n, L_H)}, \quad (2)$$

где L_H имеет такое значение, при котором $\varphi = 0$.

$$I_T = \frac{U}{Z(R_1, R_2, \dots, R_k, C_1, C_2, \dots, C_n, L_T)}, \quad (3)$$

где L_T имеет такое значение, при котором $\varphi = 0$.

В случае если $k + n > 3$, то измерения проводят на нескольких частотах.

Предложенный метод позволяет неинвазивно определить импеданс биологических объектов.

Список литературы

1. Буняев В.В., Буняев В.А., Ланкин М.В. Технические методы лечебных воздействий. – Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2002. – 56. с.
2. Гроп Д. Методы идентификации систем. Перевод с англ. В. А. Васильева, В. И. Лопатима. Под ред. Е. И. Кринецкого. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
3. Lankin A.M., Lankin M.V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development of principles of computer appliance functioning, determination of characteristics of the biological object/ International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 3. С. 6489-6498.
4. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 3. С. 6509-6519.
5. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.
6. Lankin A.M., Lankin M.V. Getting weber - voltage characteristics using the method of harmonic balance//В сборнике: The Second International Conference on Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. 2014. С. 264-270.

Бакланов Алексей Николаевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Ланкин Антон Михайлович, аспирант факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Ткаченко Геннадий Иванович кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая электротехника и электрооборудование» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**Бакланов А.Н., Ланкин А.М.****DOI: 10.12737/14816**

Аннотация. В данной статье дан обзор эквивалентных схем замещения биологического объекта. Обоснован выбор схемы замещения, при помощи которой можно составить электрическую модель любого биологического объекта.

Ключевые слова: импеданс, биологический объект, схема замещения.

Измерения параметров биологического объекта (БО) является важной задачей для диагностики и лечения человека. Одним из методов измерения параметров БО является импедансометрия [1]. Электрический импеданс биоткани существенно зависит от частоты протекающего тока (рис. 1), а также физиологического состояния БО.

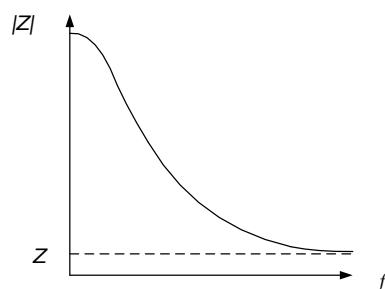


Рисунок 1 – Частотная зависимость импеданса

На рис. 2 представлены электрические эквивалентные схемы с частотной характеристикой $Z(f)$ соответствующей рис.1. В таблице 1 приведены параметры схем замещения биотканей, в зависимости от вида ткани [2]. Не трудно заметить, что схемы рис. 1а и 1в эквиваленты друг другу, а рис. 1б и 1г могут быть упрощены до вида первых. В связи с этим для описания частотных характеристик импеданса биологических объектов обычно применяется модель Фрике-Морзе [3] (рис. 1а) или ее модификация рис. 1в [4]. В схеме замещения внеклеточная и внутриклеточная жидкости представляют собой проводники, а мембраны клеток – диэлектрики, определяющие электрическую емкость.

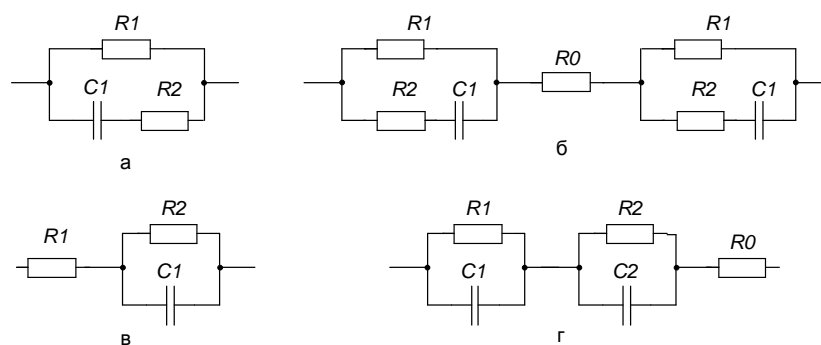


Рисунок 2 – Эквивалентные схемы замещения биологических тканей

Таблица 1 – Значения элементов эквивалентных схем

Вид ткани	Номер рисунка	Элемент				
		R0, кОм	R1, кОм	R2, кОм	C1, нФ	C2, нФ
Кожная ткань	1 а	-	13,0	0,34	72,0	-
Мышцы	1 в	-	2,2	0,1	50,0	-
Кожа прилегающими тканями	1 б	1,0	77,0	0,8	16,0	-
Предплечье правой руки	1 г	0,8	11,3	4,2	40,0	75,0
Икроножная мышца	1 г	0,95	12,5	11,1	41,0	46,0
Передняя большеберцовая мышца	1 г	0,82	25,2	4,4	24,0	48,0

На низких частотах величина импеданса определяется сопротивлением R_1 , на высоких частотах – параллельным соединением сопротивлений R_1 и R_2 [5-6].

Выражения для полного сопротивления схем замещения рис. 1а и 1в:

$$Z = \frac{R_1(R_1R_2 + R_2^2 + X_{C1}^2)}{(R_1 + R_2)^2 + X_{C1}^2} - j \frac{R_1^2 X_{C1}}{(R_1 + R_2)^2 + X_{C1}^2} \quad (1)$$

$$Z = R_1 + j \left(\frac{-R_2^2 X_{C1} + R_2 X_{C1}^2}{R_2^2 + X_{C1}^2} \right) \quad (2)$$

Формула (1) соответствует схеме приведенной на рис. 1 а, а формула (2) соответствует рис. 1 в. Выражение (2) очевидно проще по своей структуре, а значит и удобней для анализа.

Список литературы

1. Буняев В.В., Буняев В.А., Ланкин М.В. Технические методы лечебных воздействий. -Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. 56с.
2. Карпухин В.А. Биотехнические основы проектирования усилителей электрофизиологических сигналов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ, 1994.– 16 с.
3. Fricke Н. The Maxwell-Wagner dispersion in a suspension of ellipsoids[Текст]/ Fricke Н.// J. Phys. Chem. 1993; 57: 934-937
4. Schwan Н. P. Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review. [Текст]/ Foster К. R., Schwan Н. P. //CRC Crit. Rev. Biomed. Eng. 1989; 17(1):25-104.
5. Тихомиров А.М. Импеданс биологических тканей и его применение в медицине. Российской государственной мед. университет, 2006 – 12 с.
6. Lankin А.М., Lankin М. V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development Of Principles Of Computer Appliance Functioning, Determination Of Characteristics Of The Biological Object//International Journal of Applied Engineering Research. Volume 10, Number 3 (2015) pp. 6489-6498; Research India Publications.

Бакланов Алексей Николаевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Ланкин Антон Михайлович, аспирант факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Ткаченко Геннадий Иванович кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая электротехника и электрооборудование» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Бандурко Р.А., Наракидзе Н.Д.

DOI: 10.12737/14817

Аннотация. В статье описана разработанная система контроля параметров источников бесперебойного питания в режиме реального времени, были представлены её структурная и функциональная схемы и принцип их работы.

Ключевые слова: система, контроль, управление, ИБП.

В связи с быстрым и активным развитием информационно-телекоммуникационных сетей возросла и вероятность различных сбоев и перепадов подачи энергии на любом сегменте сети. Использование источников бесперебойного питания (ИБП) и устройств удалённого управления и мониторинга позволяет минимизировать количество сбоев в работе оборудования в связи с внеплановым отключением питания, исключить инциденты перепадов мощности, просадок напряжения, шумов и других негативных явлений в электроснабжении [1].

Была разработана система контроля параметров питания (СКП) ИБП, которая предназначена для автоматического непрерывного контроля, мониторинга и сигнализации параметров ИБП и позволяет осуществлять дистанционное управление.

На рисунке 1 представлена структурная схема СКП ИБП. Работает она следующим образом. Блок питания (БП) питает всю схему, в том числе и устройство управления (УУ), которое ведет постоянный контроль параметров напряжений и токов в ИБП. Собранную информацию о параметрах и состояниях УУ выводит на блок индикации (БИ), состоящий из светодиодов, и на блок дистанционного управления (ДУ), реализованного посредством CAN-интерфейса.

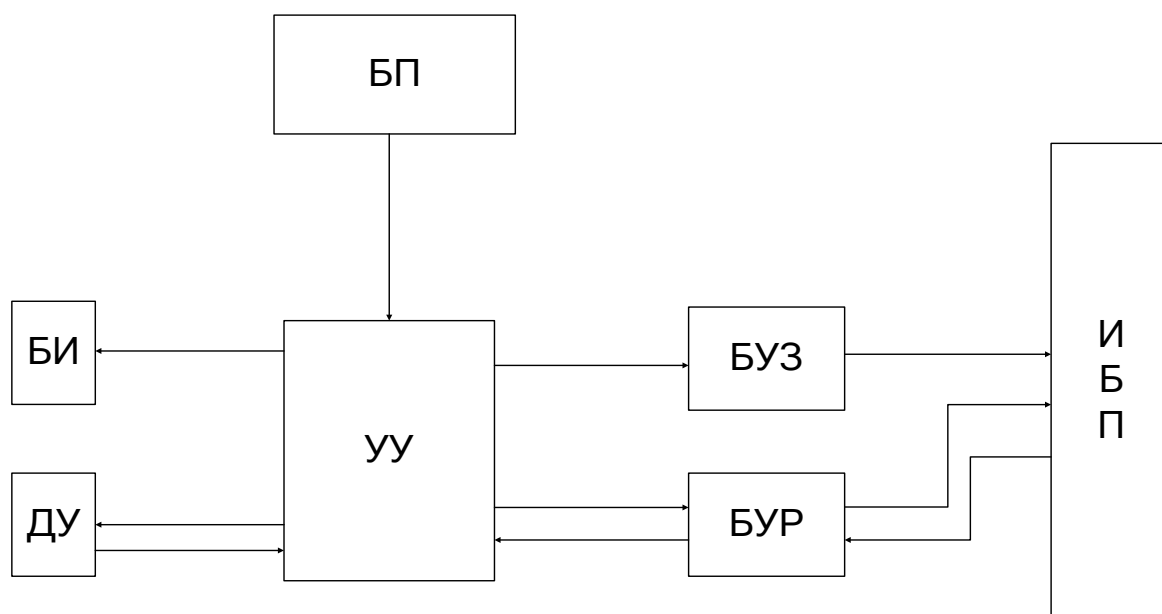


Рисунок 1– Структурная схема СКП ИБП

Блоки управления зарядом (БУЗ) и разрядом (БУР) аккумуляторной батареи ИБП инициализируются устройством управления, в зависимости от напряжения сети.

На основе структурной схемы была разработана функциональная схема СКП ИБП, изображенная на рисунке 2.

Напряжение $U_{вх}$ с ИБП подается на вход прибора. Если $U_{вх}$ в допустимом диапазоне – осуществляется «пуск заряда» аккумуляторной батареи (АБ), микроконтроллер подает сигнал на драйвер *IR 4428*. Если аккумуляторная батарея не полностью заряжена, то осуществляется её заряд.

Если же значения $U_{вх}$ ниже заданного диапазона или вовсе равны нулю – УУ осуществляет «пуск разряда» АБ, микроконтроллер подает сигнал на драйвер *IR 4428*, а с драйвера на силовой блок, тем самым поддерживая стабильную и бесперебойную работу питаемого оборудования на протяжении заданного времени.

Также УУ ведет постоянный контроль параметров напряжений и токов, информация о которых поступает с АБ. Блоки контроля токов и напряжения представляется возможным реализовать на основе дифференциального усилителя.

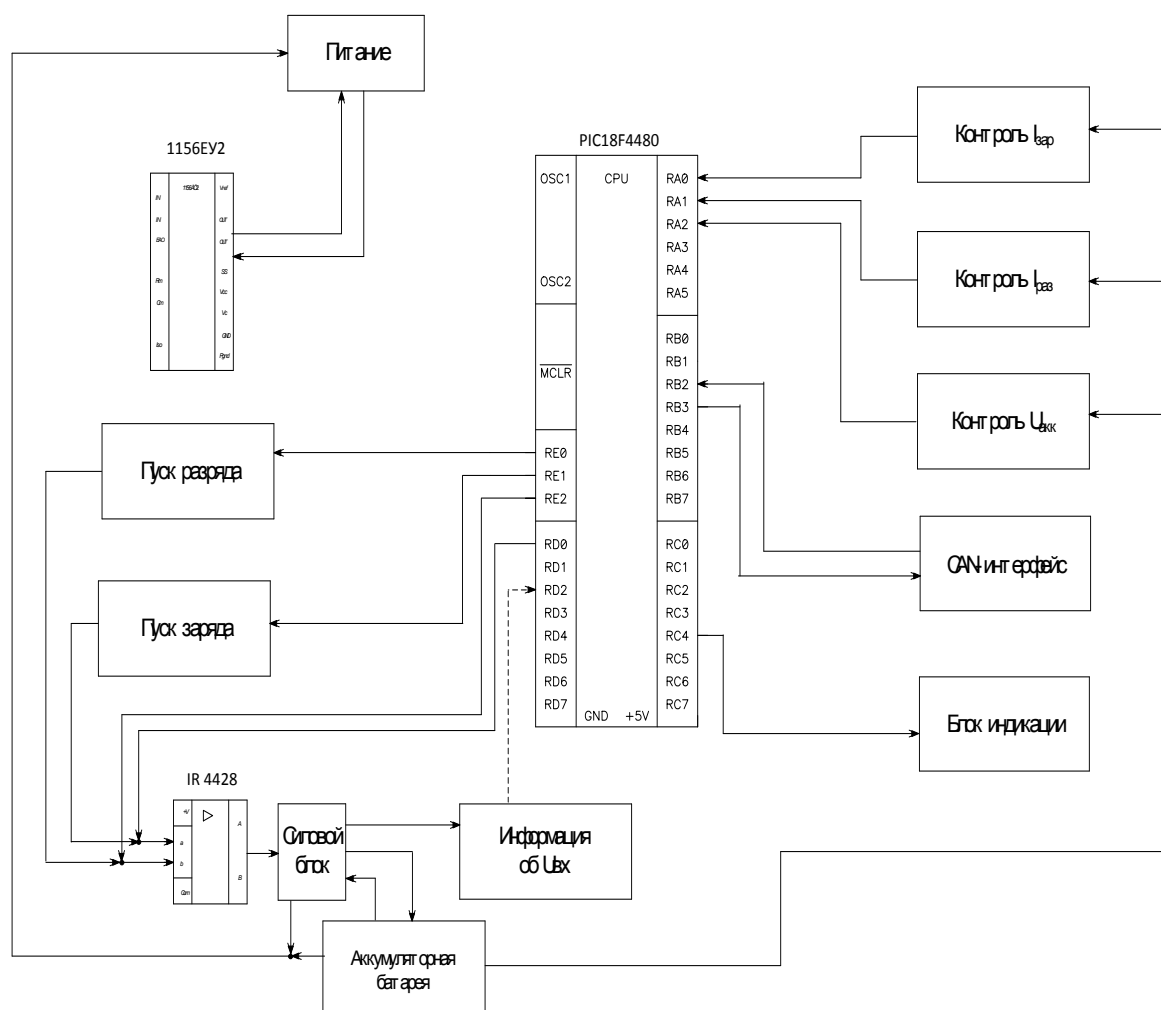


Рисунок 2 – Функциональная схема СКП ИБП

Формирователь блока питания построен на высокочастотном ШИМ-контроллере 1156EV2, оптимизированном для построения высокочастотных импульсных источников питания. В качестве микроконтроллера был выбран высокоскоростной *FLASH*-микроконтроллер со встроенным *CAN*-контроллером, являющийся одним из самых миниатюрных и производительных - *PIC18F4480* [2].

Информация о параметрах и состоянии УУ выводятся на табло индикации. Также в системе имеется *CAN*-интерфейс, обеспечивающий возможность обмена информацией, а именно дистанционное управление и дистанционный контроль основных параметров [3].

Статья подготовлена в рамках работ проводимых центром коллективного пользования «Диагностика и энергоэффективное электрооборудование» ЮРГПУ(НПИ).

Список литературы

1. Qtech.Ru: Официальный сайт компании Сетевое и телекоммуникационное оборудование QTECH [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.qtech.ru>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 14.04.2015).
2. Тавернье К., PIC-микроконтроллеры. Практика применения, ДМК Пресс, 2004. – 272 с.
3. Франк Альхивер, статья «Отключение и мониторинг», «Журнал сетевых решений/LAN». – 2003. – №9.

Бандурко Роман Александрович, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель - Наракидзе Нури Дазмирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

УДК 621.316.72

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЙ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Бандурко Р.А., Наракидзе Н.Д., Антоник И.А., Тарасова Л.Г.

DOI: 10.12737/14818

Аннотация. В данной статье была разработана система дистанционного мониторинга состояний источников бесперебойного питания в режиме реального времени, были представлены её структурная и функциональная схемы и описание их работы.

Ключевые слова: система, мониторинг, ИБП.

В связи с быстрым и активным развитием информационно-телекоммуникационных сетей возросла и вероятность различных сбоев и перепадов подачи энергии на любом сегменте сети. Использование источников бесперебойного питания (ИБП) и устройств удалённого управления и мониторинга позволяет минимизировать количество сбоев в работе оборудования в связи с внеплановым отключением питания, исключить инциденты перепадов мощности, просадок напряжения, шумов и других негативных явлений в электроснабжении [1].

Была разработана система дистанционного мониторинга состояний (СДМС) ИБП, которая предназначена для автоматического непрерывного контроля, мониторинга и сигнализации параметров ИБП и позволяет осуществлять дистанционное управление.

На рисунке 1 представлена структурная схема СДМС ИБП.

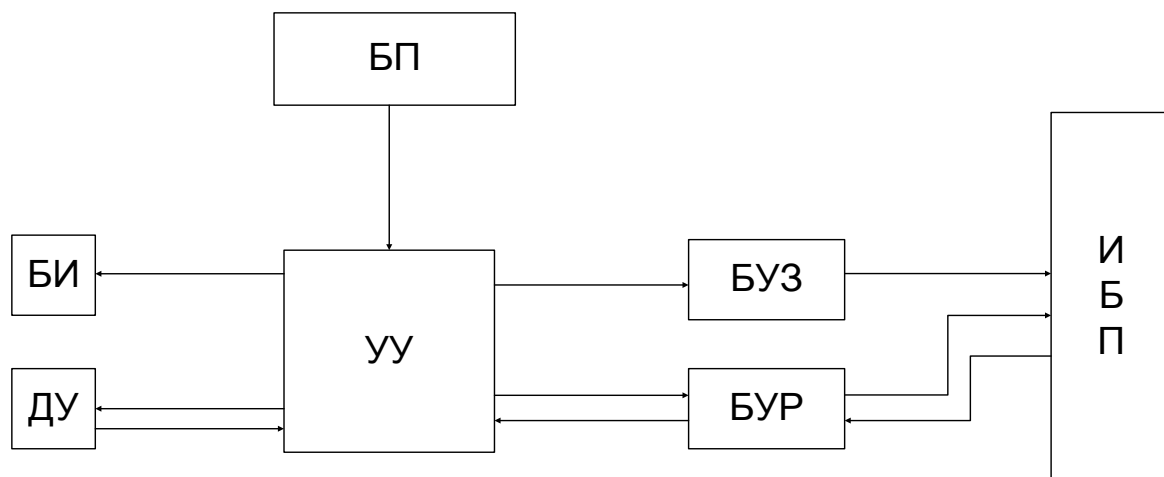


Рис. 1. Структурная схема СДМС ИБП

Работает она следующим образом. Блок питания (БП) питает микросхемы, в том числе и устройство управления (УУ), которое ведет постоянный контроль параметров напряжений и токов в ИБП. Собранную информацию о параметрах и состояниях УУ выводит на блок индикации (БИ), состоящий из светодиодов, и на блок дистанционного управления (ДУ), реализованного посредством CAN-интерфейса.

Блоки управления зарядом (БУЗ) и разрядом (БУР) аккумуляторной батареи ИБП инициализируются устройством управления, в зависимости от напряжения сети.

На основе структурной схемы была разработана функциональная схема СДМС ИБП, изображенная на рисунке 2.

Напряжение $U_{вх}$ подается на вход прибора. Информация об $U_{вх}$ подается через силовой блок на управляющее устройство УУ. Если $U_{вх}$ в допустимом диапазоне – осуществляется «пуск заряда» аккумуляторной батареи (АБ), микроконтроллер подает сигнал на драйвер IR 4428. Если аккумуляторная батарея не полностью заряжена, то осуществляется её заряд.

Если же значения $U_{вх}$ ниже заданного диапазона или вовсе равны нулю – УУ осуществляет «пуск разряда» АБ, микроконтроллер подает сигнал на драйвер IR 4428, а с драйвера на силовой блок, тем самым поддерживая стабильную и бесперебойную работу питаемого оборудования на протяжении заданного времени.

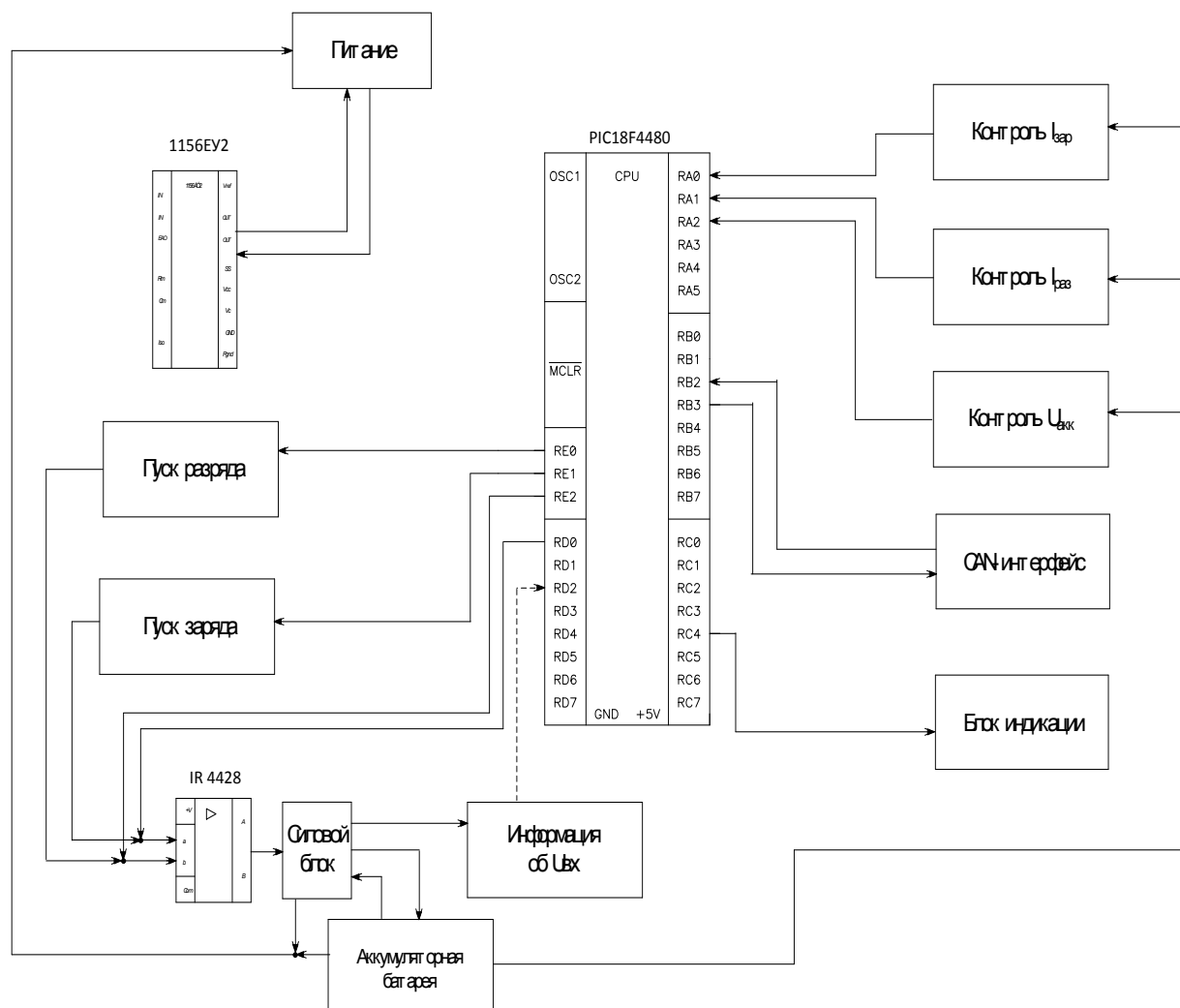


Рис. 2. Функциональная схема СДМС ИБП.

В качестве микроконтроллера был выбран высокоскоростной FLASH-микроконтроллер со встроенным CAN-контроллером, являющийся одним из самых миниатюрных и производительных - PIC18F4480 [2].

Собранную информацию о параметрах и состояниях и параметрах УУ выводит на табло индикации, состоящее из светодиодов.

Также в системе имеется CAN-интерфейс, обеспечивающий возможность обмена информацией, а именно дистанционное управление и дистанционный контроль основных параметров [3].

Список литературы

1. Qtech.Ru: Официальный сайт компании Сетевое и телекоммуникационное оборудование QTECH [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.qtech.ru> (дата обращения: 14.04.2015).
2. Тавернье К., PIC-микроконтроллеры. Практика применения, ДМК Пресс, 2004. — 272 с.
3. Франк Альхивер, статья «Отключение и мониторинг», «Журнал сетевых решений/LAN». — 2003. — №9.

Бандурко Роман Александрович, студент 1 курса магистратуры факультета информационных технологий и управления Южно-Российского Государственного Политехнического Университета имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Наракидзе Нури Дазмирович, доцент кафедры информационные и измерительные системы и технологии Южно-Российского Государственного Политехнического Университета имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Антоник Ирина Александровна, студентка 1 курса магистратуры факультета информационных технологий и управления Южно-Российского Государственного Политехнического Университета имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Тарасова Лилия Геннадьевна, студентка 2 курса магистратуры факультета информационных технологий и управления Южно-Российского Государственного Политехнического Университета имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА ДИНАМИЧЕСКОГО БАЛАНСА В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Бедняк С.Г., Курбатова Л.Г.

DOI: 10.12737/14819

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы динамического баланса в педагогической системе и способы его реализации в учебном процессе.

Ключевые слова: динамический баланс, состояние системы, системные объекты, оптимизация педагогического процесса

Динамический баланс известен в науке как принцип функционирования сложных систем. Систему можно определить, как совокупность объектов, взаимодействие которых вызывает появление новых интегративных качеств, не свойственных отдельно взятым образующим систему компонентам. Понятие системы органически связано с понятиями: целостность, элемент, подсистема, связи, отношения, структура и т.д. Следовательно, объект, называемый системой, должен иметь признаки целостности, структурности, взаимозависимости системы и среды, иерархичности, множественности описания.

Выделив системные объекты в окружающей нас реальности, мы можем задаваться вопросами их существования, устойчивости, самоорганизации. Важно выявить связи и взаимоотношения множества элементов, описание поведения которых принципиально нелинейно, что отражается в свойстве голографичности, или фрактальности. Речь идет о взаимоподобии иерархически подчиненных структурных элементов системы, об отражении общих свойств системы в любом ее отдельном элементе. В этом следует предполагать основной системообразующий фактор, являющийся условием ее формирования и стабильности, придающий системе устойчивость при постоянно изменяющихся внешних условиях. Представленный набор свойств системы приводит к возможности рассматривать самоорганизацию как системное свойство, как неизбежное следствие динамического взаимодействия подчиненных иерархически и фрактально соотносящихся частей системы.

Системный объект может быть, как механическим, так и психологическим или социальным.

Динамический баланс - это состояние системы, характеризующееся:

- ◆ гармоничным сочетанием логически противоположных характеристик, описывающих функционирование отдельных составляющих этой системы;
- ◆ готовностью системы изменить точку временного равновесия под действием изменившихся управляющих условий;
- ◆ постоянным стремлением системы находить оптимальное равновесное состояние и удерживаться в нем за счет введения в действие как уже известных, так и новообразованных ресурсов и возможностей.

При рассмотрении динамического баланса системы неизбежно возникает упоминание понятия оптимальности (оптимизации). Хорошо известны работы Ю.К.Бабанского и его последователей по оптимизации педагогического процесса. Как необходимость данной дидактической категории, так и возможные способы оптимизации разработаны и используются в педагогической теории и практике. Понятие динамического баланса лежит на пути достижения оптимизации педагогического процесса и является необходимым звеном в этой сложной цепи.

Оптимальность является результатом целенаправленного управления системой, выражением предсказуемости, заданности и ситуативной оправданности данного состояния. Однако оптимальность и гармоничность не подразумевают обязательно равновесия и устойчивости, зато подразумевают необходимость управления. Категории оптимальности и управления с неизбежностью связывают системы абстрактные с педагогическими системами.

Современная теория систем обсуждает связь устойчивости и неустойчивости в системе, т.к. исследователей интересуют не системы вообще, а изменяющиеся системы, в которых неустойчивость есть предпосылка изменения способа их поведения. Появляются новые характеристики системы, среди которых нелинейность, потенциальность, критическое поведение. Следовательно, должны измениться и такие, казалось бы, классические базовые понятия системного анализа, как равновесность и устойчивость. Устойчивость

и неустойчивость признаны характеристиками стационарных систем, при этом неустойчивость означает дрейф системы в сторону другого, возможного на данном этапе развития, стационарного состояния. Неустойчивость благодаря своей связи с устойчивостью может реально влиять на поведение системы. Эта структура изменяющейся системы с ее положениями устойчивого и неустойчивого равновесия известна физикам в виде своего абстрактного отображения – фазового портрета, где фазовые траектории показывают возможные пути эволюции системы. Однако в изменяющихся сложных системах фазовый портрет не остается неизменным, а устойчивость отдельных состояний характеризуется только некоторой вероятностью. Здесь мы вступаем в область нелинейности, когда одному и тому же исходному состоянию соответствует целый спектр возможных конечных состояний. Конечное состояние таких систем не прогнозируется только на основе предшествующего опыта. А сами стационарные состояния, не осуществленные в данный момент, называются потенциальными – они могли бы актуализироваться при других условиях.

Наличие непроявленных структур, альтернативных элементов, а также нелинейный характер функционирования системы выдвигает на первый план задачу оптимального управления, которая может быть решена только на основе использования понятия динамического баланса. Все это в полной мере относится к педагогической системе – сложной по структуре, социальной по природе, эвристической по современному уровню абстрактного обобщения. Педагогическая система должна рассматриваться как открытая система с отрицательной или положительной обратной связью, активно взаимодействующая и развивающаяся в комплексе с окружающей средой. Точкой отсчета в каждой конкретной ситуации является состояние динамического баланса, характерным признаком которого являются многочисленные флуктуации. При выведении системы из этого состояния она пытается сохранить начальные условия с помощью механизмов обратной связи. Однако отклонения могут быть и усилены изнутри посредством положительной обратной связи, в том числе самопроизвольно. В такие моменты система может

быть переведена через состояние неустойчивости в новую структуру. Система сохраняет свои первоначальные свойства, пока флуктуации не превысят предельно допустимые нормы, но система может преобразоваться полностью или частично, преобразовав свою структуру. Эта модель, разработанная лауреатом Нобелевской премии И.Пригожиным для химических диссипативных структур, в дальнейшем с успехом применялась для описания биологических и социальных явлений. Мы считаем, что применение принципа динамического баланса к разновидности социальных систем – педагогической – может показать пути такой трансформации системы в условиях неустойчивого развития, когда можно обойтись без резкого скачкообразного ее изменения.

Отметим и другое свойство педагогической системы – она не полностью детерминирована, т.е. поиск лучшей структуры носит случайный характер, часто осуществляется путем проб и ошибок, хотя система и подчинена поиску адаптационной ситуационной устойчивости. Управление системой в этих условиях становится ключевой проблемой. Умение достичь динамического баланса в каждой конкретной педагогической ситуации означает возможность оптимально выстроить свое педагогическое поведение и достичь поставленных перед собой педагогических целей.

Список литературы

1. Повышение качества высшего образования как педагогическая проблема Журнал «Известия Самарского научного центра Российской академии наук», том 15, № 2, 2013 г.

Бедняк Светлана Геннадьевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, РФ

Курбатова Лидия Григорьевна, магистрант 2 курса направления информационных систем и технологий Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, РФ

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Безруков А.А., Саражинская Ю.Е., Безрукова Т.Л., Базиева А.М.

DOI: 10.12737/14820

Аннотация: в статье представлен корреляционный анализ экономической системы в виде сельскохозяйственного предприятия Республики Кыргызсктан.

Ключевые слова: экономическая система, корреляционный анализ, межгодовые корреляции, эффективность, управляемые и неуправляемые параметры.

Для анализа взаимосвязи между экономическими показателями системы используется корреляционный анализ, который заключается в вычислении для каждой пары показателей коэффициента корреляции. По величине и знаку коэффициента корреляции можно судить о характере взаимосвязи показателей системы [1]. Для экономических объектов в виде систем обычно рассчитывают коэффициенты корреляции Пирсона по формуле [2]:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]}{(n-1) \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (1)$$

где r_{xy} – коэффициент корреляции показателей x и y (в дальнейшем используется сокращенное обозначение r); n – количество лет, за которые собраны статистические данные; x_i и y_i – значения показателей, между которыми определяется корреляция; σ_x и σ_y – среднеквадратические отклонения показателей.

Для анализируемой экономической системы в виде сельскохозяйственного предприятия Республики Кыргызстан матрицы коэффициентов корреляции рассчитаны с помощью программы STATISTICA 10 и представлены данными межгодовых корреляций между показателями эффективности, управляемыми и неуправляемыми параметрами (таблица 1).

В процессе расчета коэффициентов корреляции одновременно производится и оценка их статистической значимости – достаточности исходных данных для установления корреляции с достоверностью 95 %. В

дальнейшем анализируются только сильно выраженные корреляции с коэффициентом $|r| > 0,70$.

Таблица 1 – Матрица межгодовых корреляций между показателями эффективности, управляемыми и неуправляемыми параметрами

Неуправляемые параметры	Показатели эффективности и управляемые параметры										
	$ЧП_i$	$ВР_i$	$ОП_i$	$ОЧ_i$	$ОАР_i$	$ФЗП_i$	$ЗОТ_i$	$ЗСМ_i$	$ЗЭ_i$	$ЗТ_i$	$ЗЛР_i$
$ВВП_{i-1}$	-0,57	-0,62	-0,57	-0,36	0,37	-0,02	-0,00	-0,47	0,40	-0,32	-0,47
$ПСХ_{i-1}$	-0,27	-0,55	-0,59	-0,67	-0,01	-0,80	-0,15	-0,69	-0,07	-0,48	0,02
$ПП_{i-1}$	-0,72	-0,44	-0,30	0,24	0,14	0,19	-0,13	-0,19	0,11	-0,34	-0,16
$ИОК_{i-1}$	0,67	0,37	0,23	-0,48	0,30	-0,36	0,46	0,11	0,21	0,38	-0,18
$ОРТ_{i-1}$	0,45	-0,02	-0,17	-0,72	0,61	0,51	0,40	-0,03	0,87	0,48	-0,89
$ИЦП_{i-1}$	-0,26	-0,24	-0,23	0,26	-0,88	0,01	-0,80	-0,24	-0,68	-0,43	0,68
$ИПЦ_{i-1}$	-0,61	-0,80	-0,80	-0,27	-0,52	0,08	-0,79	-0,70	-0,20	-0,63	0,14
$ЭСС_{i-1}$	0,18	-0,03	-0,10	-0,11	0,01	0,81	-0,12	0,08	0,36	0,26	-0,37
$ЭДС_{i-1}$	-0,96	-0,84	-0,72	0,00	-0,34	-0,20	-0,63	-0,66	-0,27	-0,79	0,20
$ИСС_{i-1}$	0,45	0,11	-0,01	-0,36	0,36	0,82	0,22	0,17	0,69	0,52	-0,69
$ИДС_{i-1}$	0,34	0,16	0,08	-0,12	0,34	0,93	0,21	0,29	0,63	0,51	-0,63
$КД_{i-1}$	-0,34	-0,48	-0,50	-0,16	-0,89	-0,70	-0,81	-0,64	-0,82	-0,71	0,80

Также может быть представлена интерпретация по каждой паре коррелирующих показателей. Например, коэффициент корреляции между $ЧП$ и $ЗТ$ равен 0,89. Это означает, что с увеличением затрат на топливо и $ЗСМ$ в данном сельскохозяйственном кооперативе гарантированно увеличивается чистая прибыль. Другой пример – коэффициент корреляции между $ВР_{i-1}$ и $ФЗП_i$ составляет -0,96. Это означает, что фонд заработной платы в текущем году тем больше, чем меньше была выручка от реализации в прошлом года – то есть выявлена особенность управления данным сельскохозяйственным кооперативом – отрицательная обратная связь показателей $ФЗП_i$ и $ВР_{i-1}$.

В исследуемых таблицах корреляций обнаружено 30 корреляций с очень высоким уровнем статистической значимости – более 95 % (выделены в таблицах красным цветом), что означает четкую взаимосвязь соответствующих показателей. Также выявлены еще 80 корреляций с высоким уровнем статистической значимости, для которых коэффициент корреляции превышает 0,7 по абсолютному значению (соответствующие ячейки таблиц затемнены).

Основное назначение корреляционного анализа – скорректировать схему взаимосвязи показателей. Из большого количества управляемых и

неуправляемых параметров при анализе необходимо оставить лишь действительно оказывающие влияние [3].

В результате корреляционного анализа получены аналитические выражения для семи функций, описывающих развитие исследуемого сельскохозяйственного предприятия Кыргызстана, при этом отдельный интерес вызывают графические изменения показателей с течением времени и с учетом изменения курса киргизского сома по отношению к доллару (рис. 1, 2).

По виду графиков можно сделать общий вывод о характере развития сельскохозяйственного предприятия. На большинстве графиков функции не являются монотонными: то возрастают, то убывают. Это может быть следствием сильно изменяющихся внешних условий [4]. Судя по графикам на рисунке 1 эффективность данного предприятия, несмотря на значительные флуктуации, существенно не ухудшилась в течение 5 лет. Поэтому можно сделать вывод о достаточно эффективном алгоритме управления предприятием и о возможности сделать его еще более оптимизированным.

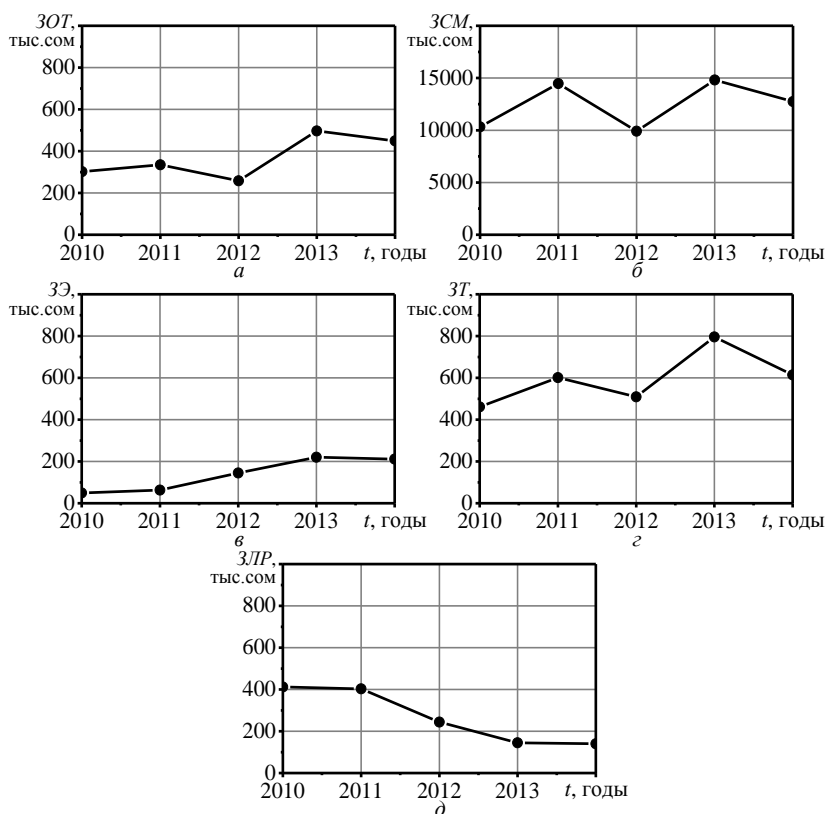


Рисунок 1 – Изменение с течением времени затрат сельскохозяйственного кооператива, входящих в себестоимость: *a* – на оплату труда; *б* – на сырье и материалы; *в* – на электроэнергию; *г* – на топливо и ГСМ; *д* – на приобретение лицензий и разрешений

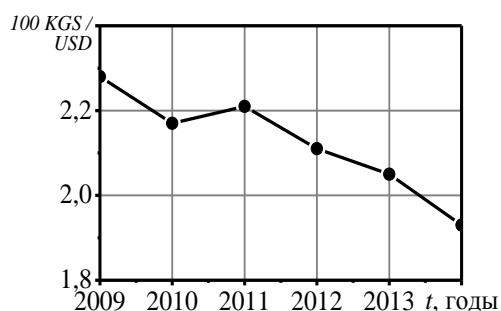


Рисунок 2 – Изменение с течением времени курса киргизского сома по отношению к доллару

Список литературы

1. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
2. Бикел, П. Математическая статистика [Текст] : пер. с англ. / П. Бикел, К. Доксам. – М. : Финансы и статистика, 1983. – Вып. 1. – 278 с.
3. Безрукова, Т.Л. Социально-экономический механизм обеспечения устойчивого развития мебельных промышленных предприятий [Текст] / Т.Л. Безрукова, Е.Т. Батищев, Е.В. Чугунова // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. № 9. С. 5-9.
4. Безрукова, Т.Л. Методический подход к формированию концептуальной модели устойчивого развития мебельных промышленных предприятий [Текст] / Т.Л. Безрукова, Е.В. Чугунова // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. № 4. С. 7-12.

Безруков Алексей Александрович, магистрант 2-ого года обучения экономического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Саражинская Юлия Евгеньевна, аспирант 2-ого года обучения кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Безрукова Татьяна Львовна, докт. эконом. наук, профессор, зав. кафедрой экономики и финансов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Базиева Алия Мансуровна, преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины, Энергетика и Строительство» Кызылкийского института технологии, экономики и права при Баткенском государственном университете, г. Кызылкия, Кыргызстан

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Березовский А.В.

DOI: 10.12737/14821

Аннотация. в статье рассматривается описание исследования тепловых процессов, протекающих в трансформаторах тока. Так же описывается конструкция самого трансформатора, его классификация, как происходит нагрев и охлаждение его отдельных составляющих, как правильно производить выбор самого трансформатора тока и вводить его в эксплуатацию. Описывается программный продукт, с помощью которого производится исследование тепловых процессов и метод, на котором основан данный продукт.

Ключевые слова: трансформатор тока, тепловые процессы, метод конечных элементов, конструкция, мощность.

1. Конструкция трансформатора тока

Трансформатор тока (ТТ) – это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования высоких значений переменного тока, до безопасных значений удобных для измерения. **Первичная обмотка ТТ** подключена к источнику тока, а вторичная обмотка, которых бывает две и более, подключена к защитным или измерительным приборам. **Вторичные обмотки ТТ** обязательно нагружаются. Если вторичные обмотки не нагружены, на них возникает высокое напряжение, которое может послужить причиной пробоя изоляции трансформатора, что приведет к его выходу из строя, а также создаст угрозу жизни обслуживающего персонала. Так же из-за возрастающих потерь в сердечнике магнитопровод трансформатора начнет перегреваться, что тоже может привести к повреждению изоляции и дальнейшему ее пробоя. Поэтому во время использования ТТ вторичную обмотку нельзя держать разомкнутой.

Конструкция ТТ состоит из шихтованного сердечника из холоднокатаной кремнистой стали, на которую наматываются одна или несколько вторичных обмоток. Первичная обмотка также может быть выполнена в виде катушки,

намотанной на сердечник либо в виде шины. Важными параметрами ТТ являются коэффициент трансформации и класс точности. Коэффициент трансформации ТТ определяет номинал измерения тока и означает при каком первичном токе во вторичной цепи будет протекать определенный стандартный ток (обычно 5 Ампер, редко 1 А). Коэффициент трансформации тока обычно записывается в виде отношения номинального первичного тока к номинальному вторичному в виде дроби: $75/5$ (при протекании в первичной обмотке тока 75 А, во вторичной 5 А)[1].

2.Нагрев и охлаждение трансформаторов

Во время работы трансформатора часть энергии, преобразуемой им, теряется, отсюда полезная мощность, подаваемая трансформатором в нагрузку меньше мощности, которую он потребляет из сети. Потери происходят в магнитопроводе и в обмотках трансформатора. Потери P пропорциональны квадрату плотности тока и весу обмоточного провода G . Различают два вида потерь в трансформаторе - потери в меди (в проводах, которыми он намотан) и потери в стали (в сердечнике)[2].

Охлаждение нагретых частей ТТ, происходит путем теплоизлучения, теплопроводности и конвекции. Тепло передается окружающей среде со свободных частей ТТ (наружной цилиндрической поверхности обмоток и поверхности ярма). Чтобы увеличить поверхность охлаждения создаются вентиляционные каналы в магнитопроводе и обмотках. За счет теплопроводности внутренняя часть магнитопровода и обмоток отдает тепло поверхностным частям. Количество тепла, которое излучается трансформатором зависит от поверхности охлаждения и от разности температуры нагретых частей ТТ и окружающей среды. Максимально допустимая температура бумажной изоляции в масле равно 105° без значимых изменений изоляционных свойств. При превышении допустимой температуры происходит интенсивное старение изоляции. Изоляция теряет свои электрическую и механическую прочности, что приводит к выходу ТТ из строя.

4.Выбор трансформаторов тока

Выбор трансформаторов тока производится, руководствуясь определенными значениями, это: напряжение сети, значения номинального первичного тока, мощность, зависящая от нагрузочных показателей потребителя, коэффициент трансформации [3].

Для исследования электромагнитных и тепловых режимов в трансформаторе тока используется программа Elcut. В основе программы лежит метод конечных элементов (МКЭ). Суть метода заключается в разбиении рассчитываемой области на конечное количество подобластей (конечных элементов КЭ)[4,5,6].

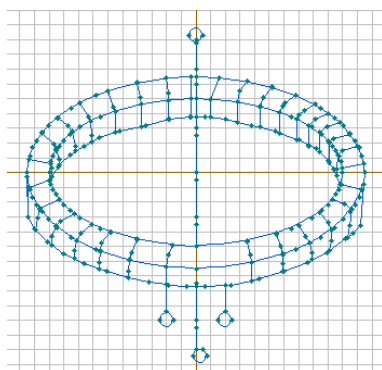


Рисунок 1 – Двухмерная модель ТТ в программе Elcut

На рис. 1. представлена геометрическая модель трансформатора тока в программном комплексе Elcut.

Вывод: в статье представлена математическая модель трансформатора тока при его выборе и исследовании. На рис.1 можно видеть спроектированную в программе Elcut двухмерную модель ТТ, где вся область разбита на отдельные подобласти, ограниченные точками, в которых будет производиться исследование и расчет температур.

Список литературы

1. Шабад, М. А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты: Конспект лекций издание/ М.А.Шабад // Санкт-Петербург, ПЭИПК. 2000. 64 с.
2. Родштейн, Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов / Л.А. Родштейн //Л.: Энергоиздат. 1981. 304 с.
3. Афанасьев, В.В. Трансформаторы тока/ В.В.Афанасьев, Н.М. Адоньев, В.М. Кибель и др. // Л.: Энергоатомиздат. 1989. 416 с.

4. Чернобровов, Н. В. Релейная защита/н.в. Чернобровов // М.: Энергия. 1974. 680 с.

5. Тороидальные трансформаторы [Официальный сайт]. URL: http://www.tor-trans.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=21/ (дата обращения: 02.10.2015)

6. ENARGYS [Официальный сайт]. URL: <http://enargys.ru/vyibor-transformatorov-toka/> (дата обращения: 02.10.2015)

Березовский Александр Владимирович, магистрант второго курса кафедры электрической техники Энергетического института Омского государственного технического университета, г. Омск, РФ

Научный руководитель – Андреева Елена Григорьевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электрической техники Омского государственного технического университета, г. Омск, РФ

УДК51: 621.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕСНОЙ ДОРОГИ

Бобренко А.В.

DOI: 10.12737/14822

Аннотация. Изучается применение математических методов для строительства лесных дорог. Приведен пример проектирования дороги методом динамического программирования.

Ключевые слова: динамическое программирование, лесовозная дорога.

Спецификой метода динамического программирования является то, что процесс развивается последовательно, от шага к шагу. Решение, которое принимается на каждом шаге, называется шаговым управлением. Совокупность всех шагов управлений представляет собой управление процессом в целом: $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$, где u_i – шаговые управления. Если обозначить w_i , как

выигрыш i -го шага, то выигрыш всего процесса равен $w = \sum_{i=1}^m w_i$, где m – число шагов. Оптимальное управление u^* , состоит из совокупности оптимальных шагов управлений $u^* = (u_1^*, u_2^*, \dots, u_m^*)$.

Решение задач методом динамического программирования осуществляется в два этапа: 1. От последнего шага к первому (от конца к началу); 2. От первого шага к последнему (от начала к концу).

На первом этапе ищутся условные оптимальные управления и выигрыши на каждом шаге. Условное оптимальное управление выбирается так, чтобы все предыдущие шаги обеспечили максимальную эффективность последующего. Поэтому процесс динамического программирования разворачивается от конца к началу – первым планируется последний шаг. Далее, двигаясь назад, оптимизируется управление на $m - 1$ шаге и т. д. пока не дойдем до первого.

На втором этапе записывается оптимальное управление $u^* = (u_1^*, u_2^*, \dots, u_m^*)$ и оптимальный выигрыш w^* . Для этого достаточно, двигаясь от начала к концу, прочитать уже готовые рекомендации. Следует отметить, что в отличие от оптимального выигрыша w^* , оптимальное управление u^* может быть неоднозначно[1].

Покажем, как может быть использовано динамическое программирование при проектировании лесной дороги [2]. Прокладывается участок лесной дороги между нижним складом L леспромхоза и погрузочной площадкой M по пересеченной местности. Требуется провести дорогу так, чтобы затраты на ее сооружение были минимальными.

Разделим отрезок от нижнего склада L до верхнего склада M прямыми, параллельными направлениям сторон света, допустим, на 5 частей. Будем считать на каждом шаге участок пути прямолинейным. В нашем случае трасса от L до M состоит из $m = 5 + 5 = 10$ участков, направленных на север или восток. Проставим на каждом из отрезков число, выражающее затраты на строительство дороги на этом участке (рисунок 1). Требуется выбрать такой путь из L в M , для которого сумма чисел, стоящих на отрезках, была бы минимальна.

	9	1	8	9	1	M
	1	2	1	1	2	4
	8	4	1	9	4	8
	1	3	5	1	1	
	1	4	5	8	9	1
	1	4	5	1	9	
	8	1	3	6	1	2
	2	2	6	5	1	
	2	1	2	3	3	1
	1	3	1	5	4	
L	4	3	2	1	3	

Рисунок 1 – Затраты на сооружение отдельных участков дороги

Шаговое управление на i -ом шаге представляет собой направление движения север (\uparrow), юг (\downarrow), восток (\rightarrow) или запад (\leftarrow). Требуется найти такое оптимальное управление u^* , при котором суммарные затраты W на сооружение

участков минимальны, т. е. $W = \sum_{i=1}^m W_i \rightarrow \min$. Для каждой узловой точки

прямоугольной сетки, необходимо найти условное оптимальное управление-направление движения. Выбирается это управление так, чтобы затраты всех оставшихся до конца шагов (включая данный) были минимальными.

Условную оптимизацию начинаем с последнего 10-го шага. Рассмотрим правый верхний угол прямоугольной сетки (рисунок 2). За один (последний) шаг можно попасть в точку M из точек A_1 и A_2 . Из этих точек управление вынужденное: из A_1 необходимо двигаться на восток (\rightarrow), что обойдется в 1 условную единицу, а из A_2 – на север (\uparrow), что приводит к затратам в 4 единицы.

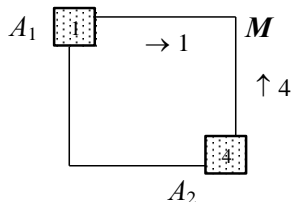


Рисунок 2 – Десятый шаг

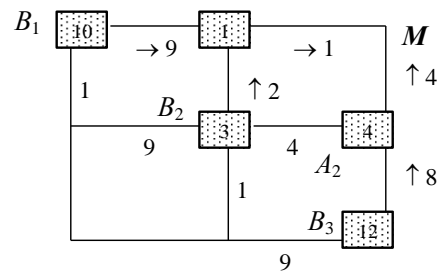


Рисунок 3 – Девятый шаг

Таким образом, условная оптимизация последнего шага проведена и условный оптимальный выигрыш для каждой из точек A_1 и A_2 найден и записан

в соответствующем квадрате.

Аналогично оптимизируем предпоследний 9-й шаг, который может быть сделан из точек B_1 , B_2 и B_3 . Отличие данного шага от последнего 10-го заключается в том, что управление здесь уже не вынужденное. Например, из точки B_2 возможно движение как на север (\uparrow) с затратами до точки M в $2 + 1 = 3$ единицы, так и на восток (\rightarrow) с затратами $4 + 4 = 8$ единиц. Условное оптимальное управление из точки B_2 помечено на рис.3 в виде стрелки – (\uparrow). Найденные для B_1 , B_2 и B_3 условные оптимальные управления и условные оптимальные выигрыши также представлены на рис.3 соответственно в виде стрелок и значений в квадратах. Двигаясь от предпоследнего шага назад к L , найдем для каждой точки условное оптимальное управление (\uparrow), (\downarrow), (\rightarrow) или (\leftarrow) и условный оптимальный выигрыш (затраты до конца пути), который записывается в квадрате. Конечный результат процедуры оптимизации показан на рисунке 4. В прямоугольнике при точке L записан оптимальный выигрыш на всем протяжении пути из L в M : $W^* = 21$.

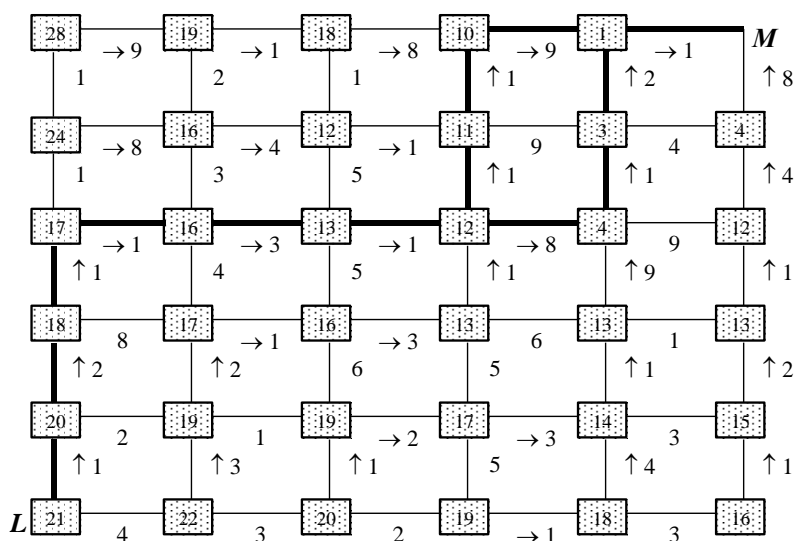


Рисунок 4 – Оптимальная трасса

Оптимальная трасса отмечена на рисунке 4 утолщенными линиями. Отметим, что возможны два равнозатратных оптимальных решения. $u^* = (\uparrow, \uparrow, \uparrow, \rightarrow, \rightarrow, \rightarrow, \uparrow, \uparrow, \rightarrow, \rightarrow)$ и $u^* = (\uparrow, \uparrow, \uparrow, \rightarrow, \rightarrow, \rightarrow, \rightarrow, \uparrow, \uparrow, \rightarrow)$.

Список литературы

1. Габасов, Р. Основы динамического программирования / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова – Мн.: Изд-во БГУ, 1975. – 264 с.

2. Игнатенко, В. В. Моделирование и оптимизация процессов лесозаготовок: учеб. пособие для студентов специальности «Лесоинженерное дело» / В. В. Игнатенко, И. В. Турлай, А. С. Федоренчик. – Мн.: БГТУ, 2004. – 180 с.

Бобренко Александр Васильевич, студент 4 курса факультета технологии и техники лесной промышленности Белорусского государственного технологического университета, г. Минск, Беларусь

Научные руководители:

Игнатенко Василий Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики

Белорусского государственного технологического университета, г. Минск, Беларусь

Бавбель Евгения Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины Белорусского государственного технологического университета, г. Минск, Беларусь

УДК 62-1/-9

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПО ДЫМОПОДАВЛЕНИЮ С ПОМОЩЬЮ ВОЛНОВОГО ЭФФЕКТА

Боваев О.Д., Манджиев Х.О.

DOI: 10.12737/14823

Аннотация. В статье описан метод дымоподавления при помощи ультразвуковых акустических волн. Такая система необходима при тушении пожаров. На основе теории предлагается лабораторная установка для исследования возможностей создания производственного прибора.

Ключевые слова: дымоподавление, акустические волны, пожар, задымленность помещения.

При пожарах в помещении, одну из главных проблем составляет задымленность помещения, вследствие которого уменьшается видимый обзор и идет отравление воздуха токсичными выбросами, что существенно затрудняет эвакуацию с место пожара и его ликвидацию. В настоящий момент для

дымоудаления в помещении используется системы противодымной вентиляции с естественным и искусственным побуждением. Но применение систем общеобменной вытяжной вентиляции для дымоудаления на пожаре может существенно изменить газообмен и динамику пожара в целом.

Для дымоудаления так же можно использовать действие акустических волн на аэрозоли (дым, взвеси, и т.д.). Степень разделения аэрозоли на дисперсную фазу и дисперсионную среду уменьшается с возрастанием дисперсности частиц аэрозолей. С целью увеличения степени разделения аэрозолей прибегают к коагуляции частиц в акустическом поле большой интенсивности. Под действием акустических волн частицы движутся с большими скоростями относительно друг друга, повышается вероятность числа соударений частиц аэрозоля и происходит их коагуляция до размеров, при которых они осаждаются. Частицы аэрозоля или капельки тумана – это полидисперсный аэрозоль, у которого функция распределения частиц по размерам имеет логнормальный вид. Если частицы аэрозоля полидисперсные, а относительная скорость частиц в акустическом поле зависит от их плотности и диаметра, частоты и интенсивности излучения, то и характеристики акустического поля должны соответствовать свойствам частиц. Что касается интенсивности излучения, то чем больше интенсивность звука, тем выше относительная скорость движения частиц аэрозоля. Отношение амплитуды скорости колебаний взвешенной частицы к амплитуде скорости колебаний дисперсионной среды в зависимости от отношения частоты f излучения звука к характеристической частоте:

$$F_0 = \frac{3\mu}{2\pi\rho R^2}$$

где μ – коэффициент динамической вязкости дисперсионной среды, ρ – плотность дисперсной фазы/частиц, R – радиус частицы); при различных плотностях частиц носит асимптотический характер [1].

Для более глубокого изучения влияния ультразвуковых волн на дым, скорости выпадения в осадок золь, отношение частоты волны к движению взвешенных частиц предлагаем создать лабораторную установку. Лабораторная установка представляет собой прозрачный резервуар (предпочтительно из

стекла, но в целях безопасности и уменьшении веса конструкции предлагаем сделать из органического стекла). Одна из стенок резервуара будет выполнять функцию отражателя для этого можно использовать бетонную плиту, а противоположная стенка резервуара будет оснащена ультразвуковым излучателем, который, в свою очередь, будет подключен к генератору ультразвуковых частот (для регулирования частоты волны, ее длины и формы).

Принцип действия лабораторной установки заключается в следующем: прозрачный резервуар заполняется дымом, затем запускается ультразвуковой излучатель, на генераторе частоты подбирается нужная длина, форма и частота волны до тех пор, пока дым не выпадет в осадок.

На основе полученных экспериментальных данных можно произвести расчеты габаритных размеров, мощности, расположения в помещении ультразвуковых излучателей. В дальнейшем на основе данной лабораторной установки можно попытаться создать портативный переносной комплекс для дымоудаления в помещении.

Список литературы

1. Статья «Комплекс оборудования для акустической коагуляции аэрозолей». Владимир Н. Хмелев, д.т.н., Member IEEE, Андрей В. Шалунов, к.т.н., Шалунова К.В.

2. Большая Советская энциклопедия, третье издание. — М.: Советская Энциклопедия, 1970-77 (электронная версия — М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2004.)

Боваев Очир Дмитриевич, магистрант 2-го года обучения инженерно-технологического факультета ФГБОУ ПО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста, РФ

Манджиев Хасыр Олегович, студент 3 курса инженерно-технологического факультета ФГБОУ ПО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста, РФ

Научный руководитель - Турдуматов Болот Мусаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и менеджмента профессионального образования ФГБОУ ПО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста, РФ

ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Богатко И.Н.

DOI: 10.12737/14824

Аннотация. Представлены виды повреждений полупроводниковых приборов и их элементов, вызванные разрядами статического электричества.

Ключевые слова: полупроводниковый прибор, электростатический разряд.

Электронная аппаратура постоянно подвергается воздействию дестабилизирующих факторов. Любое влияние на изделие может приводить к изменениям в работе устройства: от отклонений эксплуатационных параметров до отказов, поломок и разрушения входящих в ее состав элементов. Изучение воздействия такого фактора как электростатический разряд (ЭСР) позволит обеспечивать защитные меры еще на этапе проектирования изделий полупроводниковой промышленности. Важным аспектом исследования является классификация и систематизация возможных воздействий электростатического разряда.

При детальном рассмотрении повреждений полупроводниковых приборов (ППП), вызванных ЭСР, следует различать:

- дефекты, характерные для воздействия разрядного импульса на бездефектные и удовлетворяющие требованиям документации изделия;
- повреждения, образование которых возможно только в случаях наличия технологических дефектов структуры и конструкции ППП;
- повреждения структуры и конструктивных элементов, имеющие определенное сходство с повреждениями, образующимися при воздействии статического электричества, но вызванные другими признаками (например, аварийными бросками напряжения в питающих цепях устройства) [1].

Влияние ЭСР принято подразделять на непосредственное и косвенное. Первый тип влияния соответствует эффектам, связанным с инъекцией заряда

во время разрядного импульса, второй – с электрическими и магнитными полями, порождаемыми токами разряда [2].

Дефекты ППП при непосредственном воздействии разрядных импульсов, причины их появления и взаимосвязи представлены на рисунке 1.

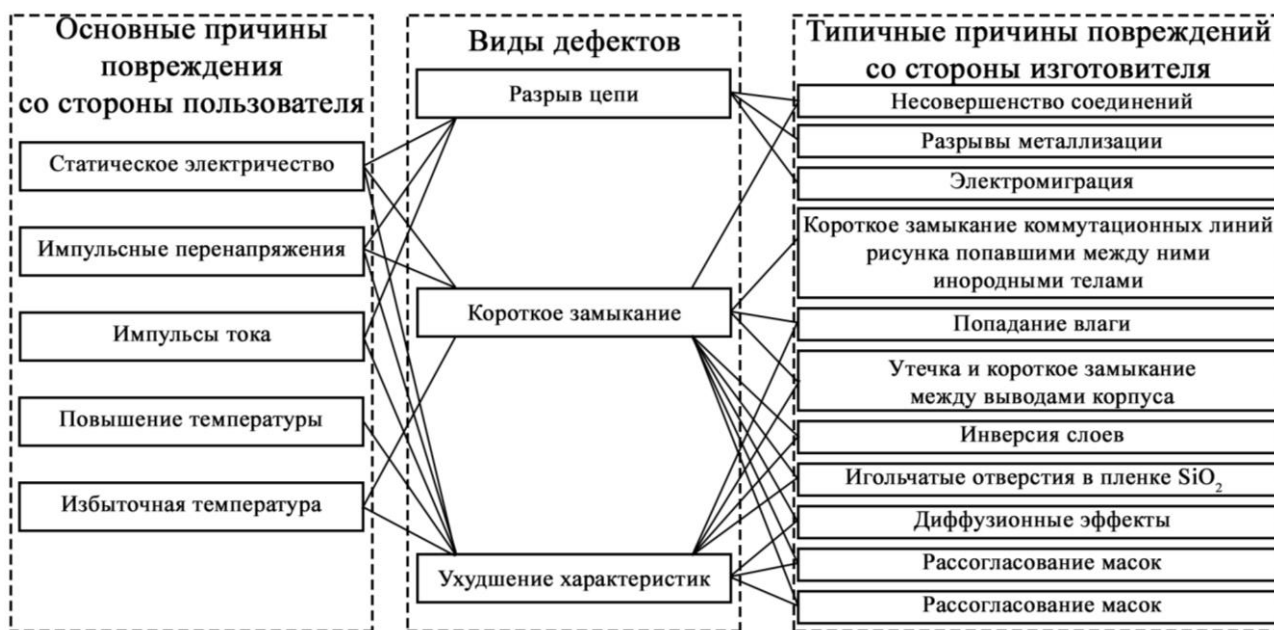


Рисунок 1 – Дефекты полупроводниковых приборов и причины их появления [2]

Как видно из рисунка 1, каждый дефект, образовавшийся предположительно от ЭСР, может быть следствием недобросовестной эксплуатации (со стороны пользователя), некачественного производства (со стороны изготовителя) или их совокупности.

Немаловажным аспектом исследования воздействия статического электричества является энергия, выделяемая ЭСР. Она обычно находится в пределах десятков и сотен микроджоулей, при этом ее оказывается достаточно для повреждения ППП вследствие исключительно малого времени нарастания импульса тока [2]. Непосредственно перед разрядом и в течение первых десятков наносекунд действует наведённое высокое напряжение, являющееся источником тока, так на изделие действует потенциал электрического заряда и ток разряда [3].

Величина выделяющейся в результате ЭСР энергии влияет на серьезность повреждений. Так при значениях энергии $10^{-6} \div 10^{-5}$ Дж и заряде $10^{-10} \div 10^{-8}$ Кл наблюдается нестабильность рабочих характеристик, снижение коэффициента усиления по току, увеличение коэффициента шумов и тока утечки. При росте энергии могут возникать короткое замыкание (КЗ) переходов и снижение стойкости к перенапряжениям ($10^{-5} \div 10^{-4}$ Дж, $10^{-8} \div 10^{-7}$ Кл), расплавление, КЗ и пробой оксидных пленок, электродов и выводов ($10^{-4} \div 10^{-3}$ Дж, $10^{-7} \div 10^{-5}$ Кл) деформация и расплавление металлических элементов (более 10^{-3} Дж, 10^{-5} Кл) [2].

У ППП после ЭСР могут встречаться два типа повреждений: катастрофические и скрытые. Первые обнаруживаются наиболее легко, так как повреждённые изделия не выполняют своих функций. Вторые, затрагивающие только один из параметров: усиление, утечку и т.д., или вызывающие некоторые изменения начальных характеристик (иногда не выходящих за рамки допустимых отклонений), обнаружить труднее – они проявляются лишь в результате повторяющихся разрядов или в процессе эксплуатации [3].

При разрядном импульсе непосредственно через ППП возникает электрическая цепь, проходящая через элементы прибора. В таблице 1 представлены виды воздействия ЭСР на элементы структуры и конструкции ППП.

Таблица 1 – Виды повреждений элементов ППП после воздействия ЭСР [1]

Элементы ППП	Виды повреждений
Внутренние выводы	Разогрев вывода протекающим током. Искровой разряд между выводом и корпусом. Электродинамическое взаимодействие токов вывода и траверсы
Токоведущие дорожки	Расплавление дорожек протекающим током
Переходы биполярного транзистора	Полный пробой перехода. Локальный пробой
Затвор МДП структуры	Пробой диэлектрика
Пассивные элементы	Перегорание металлизации. Поверхностный пробой

Стоит отметить, что за редким исключением возникает искровой разряд между внутренними выводами и корпусом изделия, тогда часть элементов цепи может оказаться шунтированной образующимся искровым промежутком [1].

Разрядный импульс при косвенном воздействии рассматривается как источник электромагнитных помех (ЭМП). При этом различают кондуктивные (наводятся в шинах питания, заземления и т.д.) и излучаемые помехи (разряд происходит вблизи устройства или системы). Излучаемые ЭМП обычно не приводят к прямому повреждению ППП, в основном сопровождаются сбоями и нарушением функционирования [2].

Механизмы возникающих повреждений ППП вследствие влияния на них разрядов статического электричества изложены в [4].

Список литературы

1. Каверзнев, В.А. Статическое электричество в полупроводниковой промышленности / В.А. Каверзнев. М. : Энергия, 1975. 114 с.

2. Кечиев, Л.Н. Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л.Н. Кечиев, Е.Д. Пожидаев. М. : «Технологии», 2005. 352 с.

3. Горлов, М. Воздействие электростатических разрядов на интегральные схемы / М. Горлов, А. Строгонов, К. Адамян // Компоненты и технологии. 2008. № 3. С. 188–192.

4. Богатко, И.Н. Систематизация механизмов повреждений полупроводниковых приборов, вызванных воздействием электростатических разрядов / И.Н. Богатко, Г.А. Пискун, А.Д. Элькинд // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению 1: Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы конф., Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. Минск, 2015. С. 157–158.

Богатко Иван Николаевич, магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДООЧИСТКИ ТЭС

Богдан Б.В., Федюн Р.В.

DOI: 10.12737/14825

Аннотация. Выполнен анализ системы химической очистки воды как объекта автоматического управления. Поскольку процесс химической очистки воды представляет собой совокупность нескольких процессов, то система автоматического управления (САУ) представлена двумя контурами управления технологическими параметрами. Главным регулируемым параметром является значение рН в осветлителе, дополнительным, который представлен в виде возмущения, температура питательной воды в теплообменнике. Разработаны математические модели предложенных контуров системы автоматического управления химической очистки воды.

Ключевые слова: химическая очистка воды, рН-параметр, температура питательной воды, система автоматического управления, математическое моделирование.

Система химической очистки воды состоит из нескольких взаимосвязанных процессов. Первым процессом является подогрев питательной воды. На этой стадии происходит нагрев исходной воды паром с коллектора собственных нужд ТЭС на подогревателе сырой воды (ПСВ) до температуры $30 \pm 10^\circ\text{C}$. Исходная вода поступает в пароподогреватель, куда подается и пар. На выходе из пароподогревателя получаем воду с заданной температурой, которая поступает в осветлитель, где и происходит этап очистки воды. Технологическая схема объекта представлена на рисунке 1.

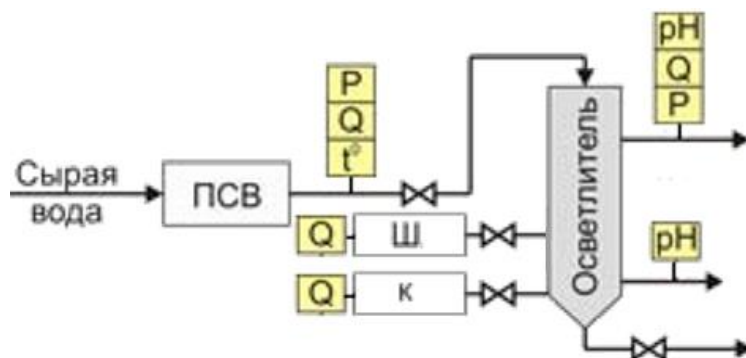


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса химической очистки воды
Динамика объекта по каналу управления температурой жидкости на

выходе и осветлитель описываются математической моделью в виде апериодического звена 1-го порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{Tp+1}, \quad (1)$$

где k - коэффициент усиления;

T - постоянная времени объекта;

p - комплексная переменная;

τ - временная задержка.

Для применяемого объекта управления температурой жидкости эти значения: $k = 0,015$; $T = 7,3$ с; $\tau = 2$ с.

Для применяемого объекта осветлителя эти значения равны: $k = 0,02$; $T = 25$ с; $\tau = 9$ с.

На рисунке 2 показана структурная схема системы автоматического управления температурой в теплообменнике.

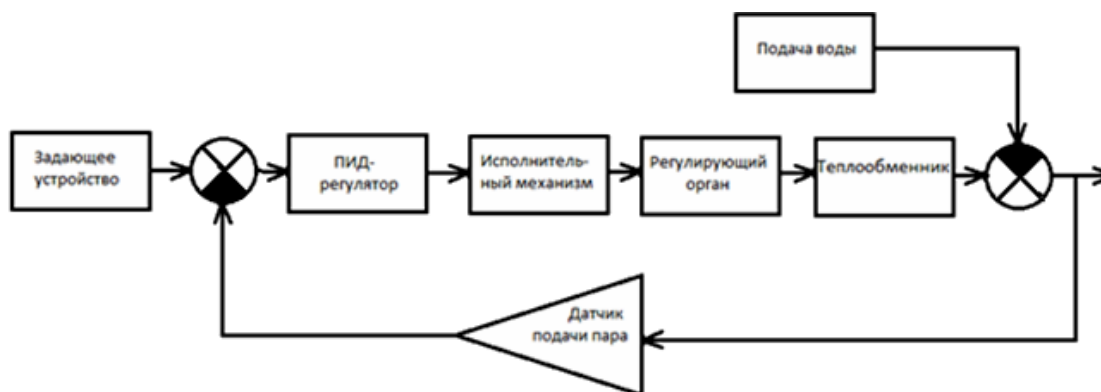


Рисунок 2 – Структурная схема САУ температуры в теплообменнике



Рисунок 3 – Переходный процесс в САУ температуры с ПД-законом управления

На рисунке 4 показана структурная схема системы автоматического управления рН-параметром в осветлителе.

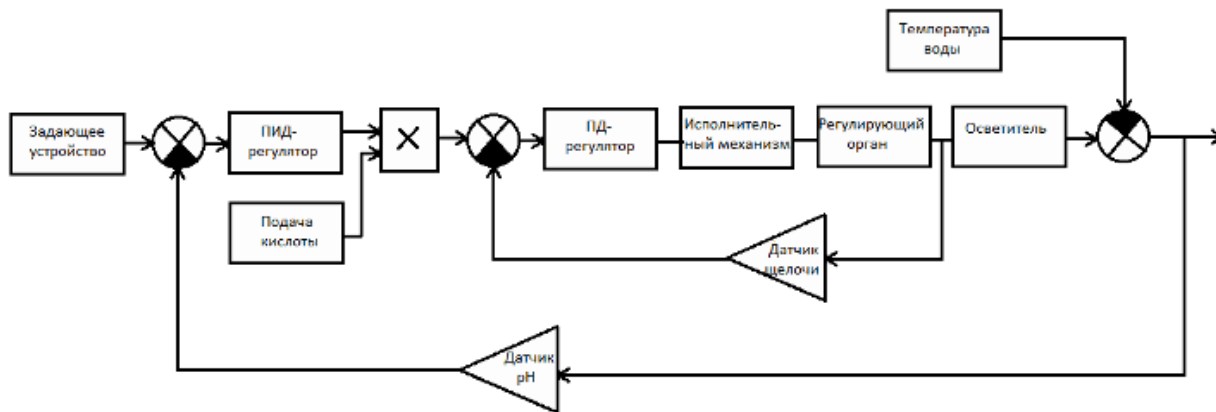


Рисунок 4 – Структурная схема САУ рН-параметром в осветлителе

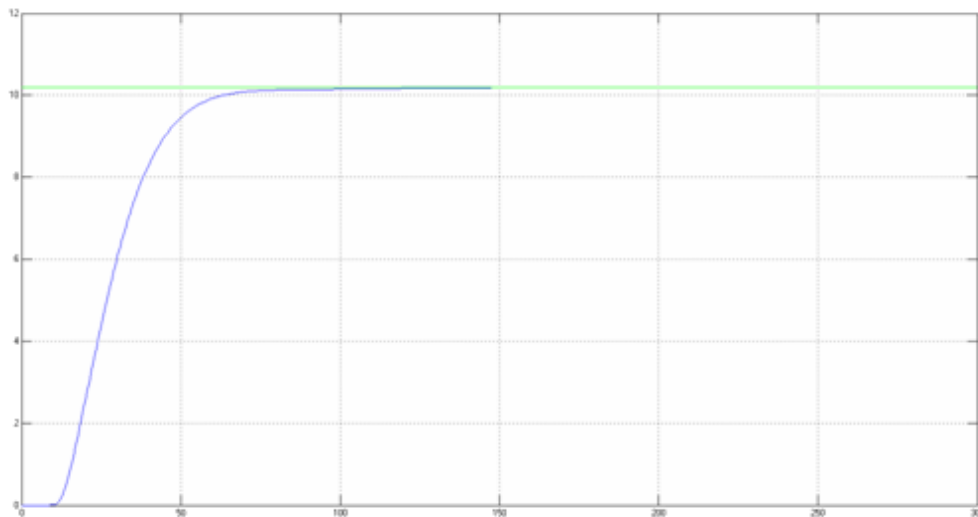


Рисунок 5 – Переходный процесс в САУ рН-параметра с ПИД и ПД-законом управления

Список литературы

1. Федюн Р. В., Попов В. А., Найденова Т. В. Принципы построения динамической модели процесса биохимической водоочистки. Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 20 (158).– Донецьк, ДВНЗ “ДонНТУ”, 2010. – с. 30 – 37.
2. Федюн Р. В., Найденова Т. В., Юрченко Р. В. Математична модель технологічного процесу біохімічного водоочищення. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск – 22(200) – Донецьк, ДонНТУ, 2012.– с. 48 – 55.
3. Федюн Р. В., Попов В. О., Бунєєв В. О. Автоматичне управління гідравлічними параметрами системи водопостачання. Наукові праці ДонНТУ.

Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, Випуск 14 (129). – Донецьк, ДонНТУ, 2008. – с. 54 – 63.

Богдан Богдана Викторовна, студентка 5 курсу, факультета комп'ютерних інформаційних технологій і автоматики Донецького національного технічного університету, г. Донецьк, Україна

Научний керівник – Федюн Роман Валерієвич, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики і телекомунікацій Донецького національного технічного університету, г. Донецьк, Україна

УДК 621.317

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТВЕРДОСТИ

Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С.

DOI: 10.12737/14826

Аннотация. Описан метод измерения твердости крупногабаритных изделий ультразвуковым методом. Приведена структурная схема прибора. Ультразвуковой метод измерения твердости позволяет осуществлять разбраковку материалов по упругим свойствам, а так же проводить экспресс-контроль.

Ключевые слова: ультразвук, измерение твердости, твердомер, акустические методы.

В ходе диагностики электротехнических устройств ЭУ [1-11] выявляются дефекты, возникшие не в процессе работы устройства, а при их изготовлении. В связи с этим необходимо измерять характеристики, определяющих качество металлических изделий, входящих в состав ЭУ, до окончательной сборки. Наиболее подходящей характеристикой в нашем случае является твердость материала.

Для определения твёрдости в поверхность материала с определённой силой вдавливается тело (индентор). По размерам получаемого на поверхности отпечатка судят о твёрдости. Когда контролируемое изделие является крупногабаритным и его нельзя поднести к прибору, а вырезка фрагмента из изделия для последующего измерения твердости приводит к порче всего

изделия применение "классических" твердомеров проблематично. Чтобы избежать этих недостатков, измерения осуществляют ультразвуковым методом. Этот метод основан на измерении относительных изменений механического импеданса колебательной системы преобразователя в зависимости от механических свойств поверхности образца. Преобразователь представляет собой стержень из магнестрикционного материала, на конце которого укреплен индентор в виде алмазной призмы. Стержень с индентором прижимают к объекту с постоянной силой. При этом индентор внедряется в поверхность изделия тем глубже, чем меньше твердость его материала. Площадь зоны соприкосновения индентора с изделием с уменьшением твердости растёт, а модуль упругого сопротивления увеличивается. Изменение импеданса определяют по изменению собственной частоты нагруженного преобразователя. Структурная схема УИТМИ представлена на рисунке 1.

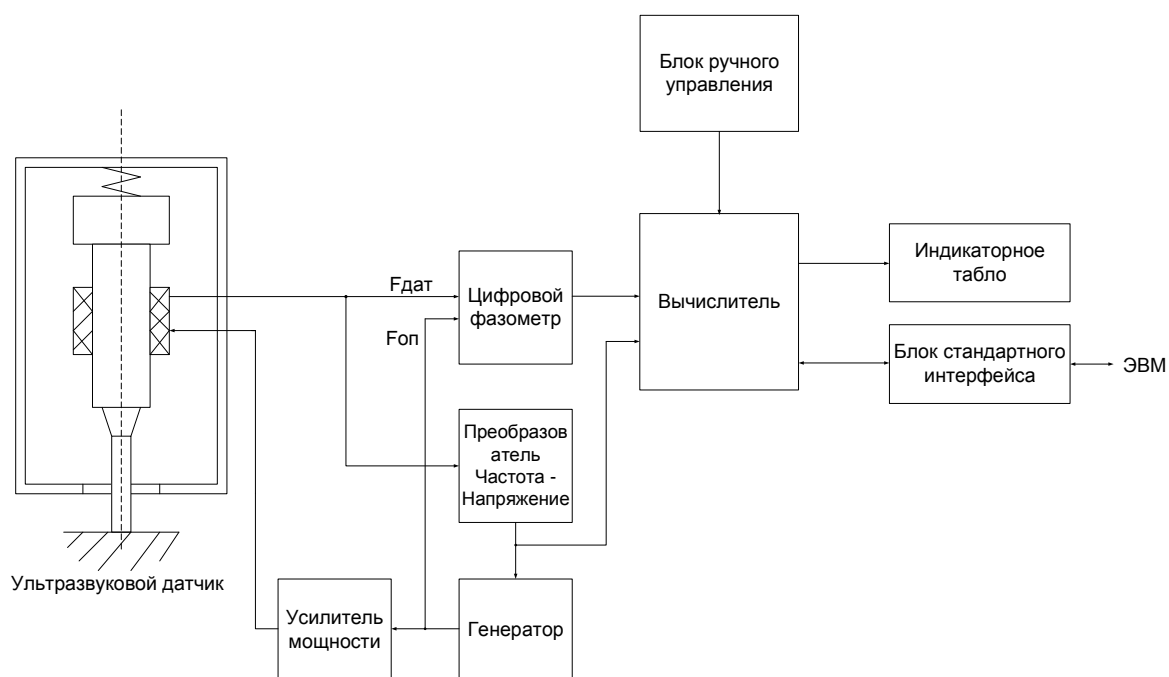


Рисунок 1 – Структурная схема УИТМИ

Она содержит: ультразвуковой датчик; задающий генератор; усилитель мощности; преобразователь частота-напряжение, предназначенный для настройки задающего генератора на резонансную частоту преобразователя; цифровой фазометр для измерения сдвига фазы выходного сигнала преобразователя относительно сигнала задающего генератора в процессе измерения; вычислитель, обеспечивающий измерение частоты и фазы преобразователя, преобразования их в единицы твердости материала, и

управление работой прибора; блоки ручного управления и индикаторное табло; блок интерфейса.

Ультразвуковой измеритель твердости металлических изделий представляет собой переносной микропроцессорный прибор для измерения твердости и разбраковки материалов по упругим свойствам и позволяет проводить экспресс-контроль, как в лабораторных, так и цеховых условиях.

Список литературы

1. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод натурно-модельного эксперимента в диагностике электромагнитов // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 28 сент. 2013 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2014. - С. 26-28

2. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Топография магнитного поля в окрестностях образца из магнитомягкого материала // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - URL: <http://www.science-education.ru/119-14696>

3. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Наугольников О.А. Управление магнитным состоянием изделий из магнитомягких материалов // Фундаментальные исследования. - 2014. - № 11(5). - С. 1005-1009

4. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Математическая модель одного класса намагничивающих систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19856>

5. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Намагничивающие системы прямого типа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19935>

6. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Применение алгоритма натурно-модельных испытаний для диагностики электротехнических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19975>

7. Ланкин А.М., Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Широков К.М., Гречихин В.В. Адаптивная подсистема автоматического управления производством интеллектуальных электроприводов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-20095>

8. Ланкин А.М., Наракидзе Н.Д., Ланкин М.В. Адаптивный алгоритм управления магнитным состоянием изделия из магнитомягкого материала при

определении основной кривой намагничивания// Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - URL: <http://www.science-education.ru/119-14704>

9. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.

10. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.

11. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>

Бодаева Марина Александровна, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Казарян Араик Артурович, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Ковалев Иларион Сергеевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Титов Юрий Владимирович, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТВЕРДОСТИ

Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С.

DOI: 10.12737/14827

Аннотация. Описан микропроцессорный прибор измерения твердости. Приведена функциональная схема прибора. Ультразвуковой метод измерения твердости позволяет осуществлять разбраковку материалов по упругим свойствам, а так же проводить экспресс-контроль.

Ключевые слова: ультразвук, измерение твердости, твердомер, акустические методы.

Для диагностики электротехнических устройств [1-11] необходимо проводить измерения не только характеристик готового устройства, но и материалов из которых оно собрано. В качестве характеристики отражающей свойства металла предлагается использовать твердость материала.

Функциональная схема измерителя твердости представлена на рисунке 1. Принцип ультразвукового преобразователя основан на зависимости сдвига фаз между тестовым гармоническим сигналом на резонансной частоте и сигналом с выхода пьезоприемника индентора, который зависит от комплексной нагрузки на контролируемое изделие. Замкнутый контур поддержания автогенераторного режима электроакустического преобразователя твердости на резонансной частоте устроен следующим образом. Гармонический сигнал с высокочастотного управляемого генератора поступает на усилитель мощности, где усиливается и подается на пьезовозбудитель. Сигнал с пьезоприемника усиливается и подается на схему автоподстройки частоты генератора, которая поддерживает резонансную частоту автоколебаний индентора на незатухающем уровне. Это осуществляется следующим образом.

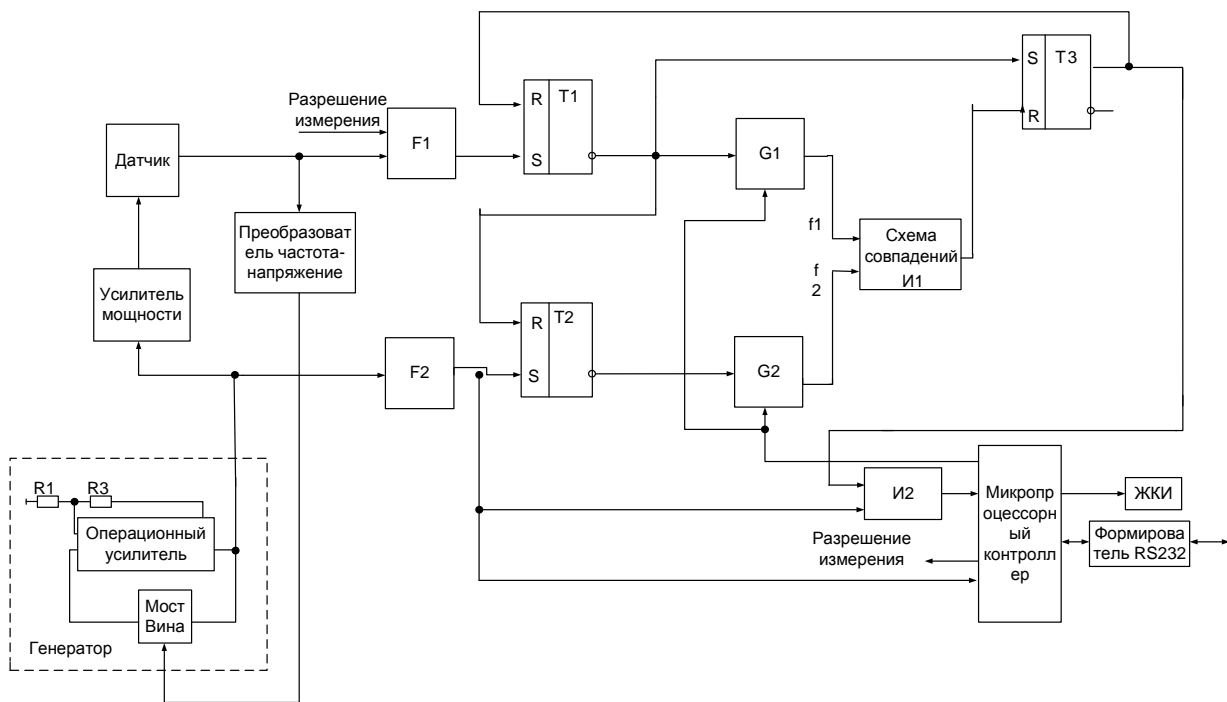


Рисунок 1 – Функциональная схема измерителя твердости металлических изделий

Измерительный сигнал с пьезоприемника, усиленный предварительным усилителем, поступает на вход преобразователя частота – напряжение (ПНЧ). Управляющее напряжение с выхода ПНЧ используется для подстройки высокочастотного управляемого генератора. В режиме измерения сигнал пьезоприемника, с входа предварительного усилителя поступает на вход частотомера, измеряющего резонансную частоту автоколебаний индентора. Далее сигнал поступает на вход АЦП. Цифровой код от АЦП поступает на микроконтроллер.

Кроме этого, измерительный сигнал с пьезоприемника поступает на первый вход фазометра. На второй вход фазометра подается сигнал с выхода генератора. Фазометр преобразует сдвиг фаз между этими сигналами в интервал времени. Измерение которого осуществляет микроконтроллер при помощи таймера-счетчика. Микропроцессорный контроллер формирует показания полученных твердости и модуля упругости на цифровой индикатор и при необходимости передаются через интерфейс RS232 в персональный компьютер для документирования.

Таким образом разработанный ультразвуковой измеритель твердости металлических изделий позволяет производить отбраковку материалов по упругим свойствам и проводить экспресс-контроль магнитопроводов электротехнических устройств.

Список литературы

1. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Применение алгоритма натурно-модельных испытаний для диагностики электротехнических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19975>

2. Ланкин А.М., Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Широков К.М., Гречихин В.В. Адаптивная подсистема автоматического управления производством интеллектуальных электроприводов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-20095>

3. Ланкин А.М., Наракидзе Н.Д., Ланкин М.В. Адаптивный алгоритм управления магнитным состоянием изделия из магнитомягкого материала при определении основной кривой намагничивания // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - URL: <http://www.science-education.ru/119-14704>

4. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.

5. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.

6. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>

7. Lankin A.M., Lankin M.V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development of principles of computer appliance functioning, determination of characteristics of the biological object/ International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6489-6498.

8. Устройства измерения ВАХ электротехнических изделий переменного тока: монография. Ланкин М.В., Ланкин А.М.: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, [2015]. - 104 с.

9. Управление намагничивающими системами в натурно-модельном эксперименте: монография. Ланкин М.В., Ланкин А.М., Наракидзе Н.Д.: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, [2015]. - 262 с.

10. Решение обратной задачи гармонического баланса в натурно-модельном эксперименте определения вебер-амперных характеристик электротехнических изделий: монография/ А.М. Ланкин, М.В. Ланкин: - М.: ООО «Книжный перекресток», 2015. - 127 с.

11. Управление магнитным состоянием изделий из ферромагнитных материалов при проведении натурно-модельного эксперимента: монография/ М.В. Ланкин, Н.Д. Наракидзе, А.М. Ланкин: - Новочеркасск: ООО «Лик», 2015. - 266с.

Бодаева Марина Александровна, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Казарян Араик Артурович, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Ковалев Иларион Сергеевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Титов Юрий Владимирович, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

УДК 621.317

ФАЗОМЕТРА С УМНОЖЕНИЕМ ВРЕМЕННОГО ИНТЕРВАЛА ПО НОНИУСНОМУ МЕТОДУ

Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С.

DOI: 10.12737/14828

Аннотация. Приведена разработка фазометра с умножением временного интервала по нониусному методу. Разработана функциональная схема фазометра. Данное устройство актуально для промышленных и лабораторных условий.

Ключевые слова: фазометр, нониусный метод, цифровые измерения.

Цифровые фазометры измеряют мгновенный или средний за время T сдвиг фаз по величине промежутка времени между моментами прохождения соответствующих фронтов синусоид или импульсов через нулевые значения. При искаженной форме кривых исследуемых напряжений временные промежутки между моментами перехода через нулевые значения могут не соответствовать измеряемому сдвигу фаз между первыми гармониками. В этом случае в показаниях цифровых фазометров возникают значительные погрешности, при относительной амплитуде высшей гармоники 1% погрешность может достигнуть $1,2^\circ$.

Функциональная схема цифрового фазометра с умножением временного интервала приведена на рисунке 1. В этой схеме временной интервал T_x , сформированный по моментам переходов сравниваемых напряжений U_1 и U_2 через нулевые значения умножается на постоянное число при помощи двух импульсных генераторов близких частот G_1, G_2 . С этой целью короткий импульс, сформированный формирователем F_1 , сбрасывает триггер T_1 в ноль, и выходным напряжением T_1 запускается генератор импульсов G_1 , а также устанавливаются в единицу триггеры T_2 и T_3 .

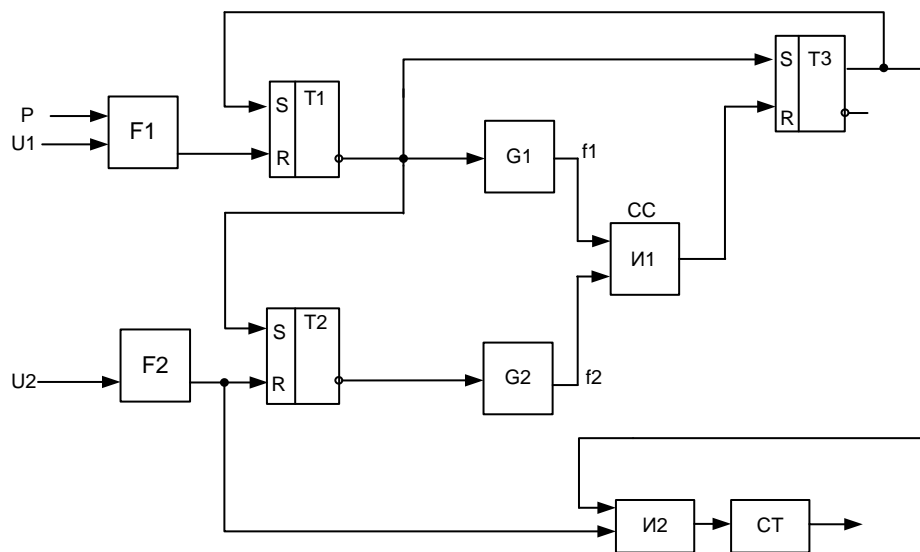


Рисунок 1 - Функциональная схема фазометра

Выходным сигналом триггера Т3 открывается ключ И2 и на вход счетчика импульсов СТ начинают поступать импульсы с выхода формирователя F2. Выходной короткий импульс формирователя F2, соответствующий моменту нулевого перехода второго сравниваемого напряжения U2 и сдвинутый по времени относительно ранее рассмотренного импульса F1 на $t_x = \varphi_x / 2\pi f_x$, возвращает в исходное положение Т2. При этом запускается второй генератор импульсов G2. Если частоты генераторов импульсов соответственно равны f_1 и f_2 и их первые импульсы сдвинуты на временной интервал t_x , то их совпадение произойдет по истечению временного интервала T . При совпадении импульсов обоих генераторов в момент t_3 , т.е. по истечению времени T , срабатывает схема И1, Т3 возвращается в исходное состояние, ключ И2 запирается и подача импульсов на счетчик СТ прекращается. Значение интервала T можно определить методом нониуса т.е. методом совпадения. В начальный момент t_1 интервала t_x , запускается генератор импульсов, с частотой f_1 , т.е. с периодом повторения T_1 , в конечный момент t_2 интервала T_1 запускается генератор импульсов с частотой f_2 , т.е. с периодом повторения T_2 . Интервал времени T от момента t_1 , до момента совпадения импульсов, если номер совпавшего импульса равен n_x , определяют из уравнения: $T = n_x T_1$.

Номер совпавшего импульса n_x находят из следующего уравнения:

$$t_x + n_x T_2 = n_x T_1, \quad n_x = t_x / (T_1 - T_2).$$

Когда T – интервал времени, в течение которого открыт путь к счетчику импульсов с периодом повторения $T_x = 1/f_x$, составит

$$T = n_x T_1 = t_x T_1 / (T_1 - T_2) = t_x f_2 / (f_2 - f_1)$$

Отсюда получаем

$$\varphi_x = N_x \cdot \frac{2\pi}{K_{\text{умн}}}$$

Видно, что показания цифрового фазометра не зависят от частоты f_x .

В качестве формирователей F1, F2 применен микросхема К521СА3, представляющая собой быстродействующий компаратор напряжения с выходом, согласованным с уровнями микросхем ТТЛШ-логики. Для построения генераторов с близкими частотами, обеспечивающих нониусное

умножение измеряемого временного интервала, используются программируемые синтезаторы сигналов типа AD9833. Данный синтезатор позволяет формировать прямоугольные импульсы в диапазоне частот от 0 до 25 МГц с разрешением 0.1 Гц. Настройка частоты осуществляется путем программирования по интерфейсу I²C.

Список литературы

1. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод натурно-модельного эксперимента в диагностике электромагнитов// Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 28 сент. 2013 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2014. - С. 26-28

2. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Топография магнитного поля в окрестностях образца из магнитомягкого материала // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - №5.

3. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Математическая модель одного класса намагничивающих систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19856>

4. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Намагничивающие системы прамоточного типа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19935>

5. Устройства измерения ВАХ электротехнических изделий переменного тока: монография. Ланкин М.В., Ланкин А.М.: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, [2015]. - 104 с.

6. Управление намагничивающими системами в натурно-модельном эксперименте: монография. Ланкин М.В., Ланкин А.М., Наракидзе Н.Д.: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, [2015]. - 262 с.

7. Решение обратной задачи гармонического баланса в натурно-модельном эксперименте определения вебер-амперных характеристик электротехнических изделий: монография/ А.М. Ланкин, М.В. Ланкин: - М.: ООО «Книжный перекресток», 2015. - 127 с.

8. Управление магнитным состоянием изделий из ферромагнитных материалов при проведении натурно-модельного эксперимента: монография/ М.В. Ланкин, Н.Д. Наракидзе, А.М. Ланкин: - Новочеркасск: ООО«Лик», 2015. - 266с.

Бодаева Марина Александровна, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Казарян Араик Артурович, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Ковалев Иларион Сергеевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Титов Юрий Владимирович, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

УДК 621.317

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ФАЗОМЕТРА

Бодаева М.А., Казарян А.А., Ковалев И.С.

DOI: 10.12737/14829

Аннотация. Задачей экспериментального исследования является анализ работы цифрового фазометра с нониусным умножением длительности временного интервала. Данное устройство применимо как для промышленных, так и для лабораторных условий.

Ключевые слова: фазометр, нониусный метод, цифровые измерения.

Модель блока представлена на рисунке 1. На рисунках 2-4 представлены временные диаграммы работы блока при различных сдвигах фаз измерительных сигналов. При моделировании умножение временного интервала осуществлялось в $T_1/(T_1-T_2)=f_2/(f_2 - f_1)$, раз. Для этого частоты генераторов выбирались с периодами $T_1=10$ мкс и $T_2=9,9$ мкс соответственно.

При этом коэффициент умножения равняется: $T_1/(T_1-T_2)=10/(10-9.9) = 100$

Временные диаграммы работы фазометра для различных значений разности фаз при $K_{умн} = 100$ приведены на рисунках 2-6.

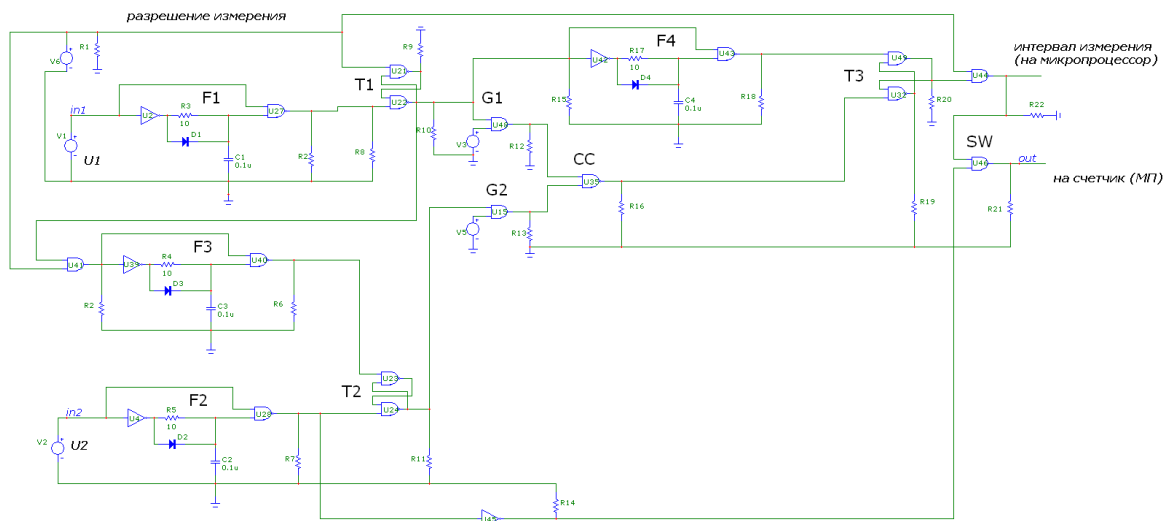


Рисунок 1 - Модель нониусного преобразователя сдвига фаз в число импульсов

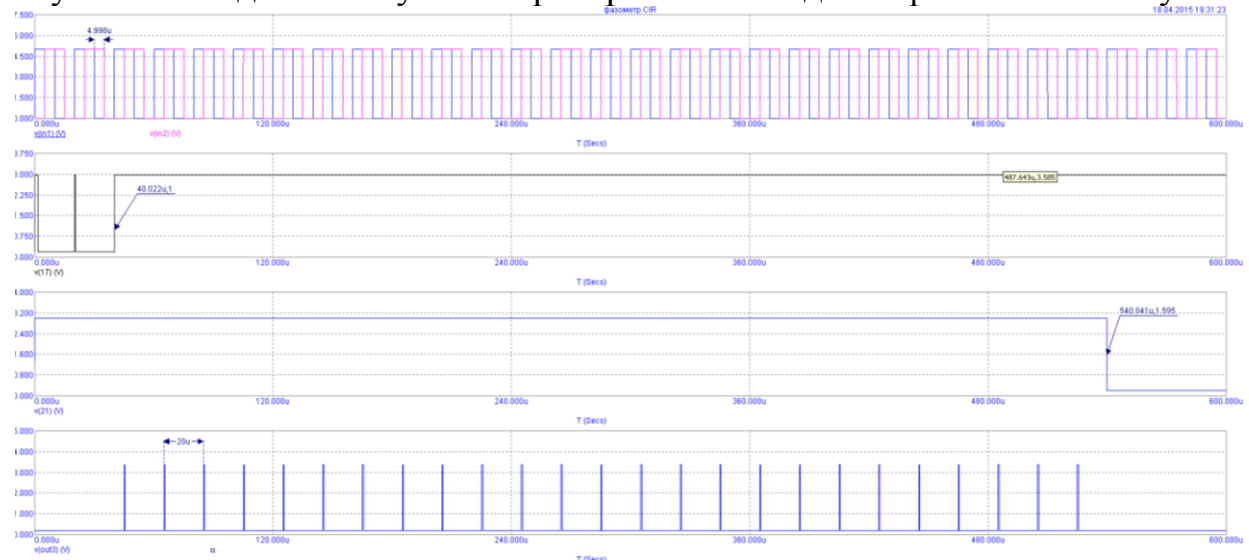


Рисунок 2 - Результаты моделирования при $\Delta\varphi = \pi/2$

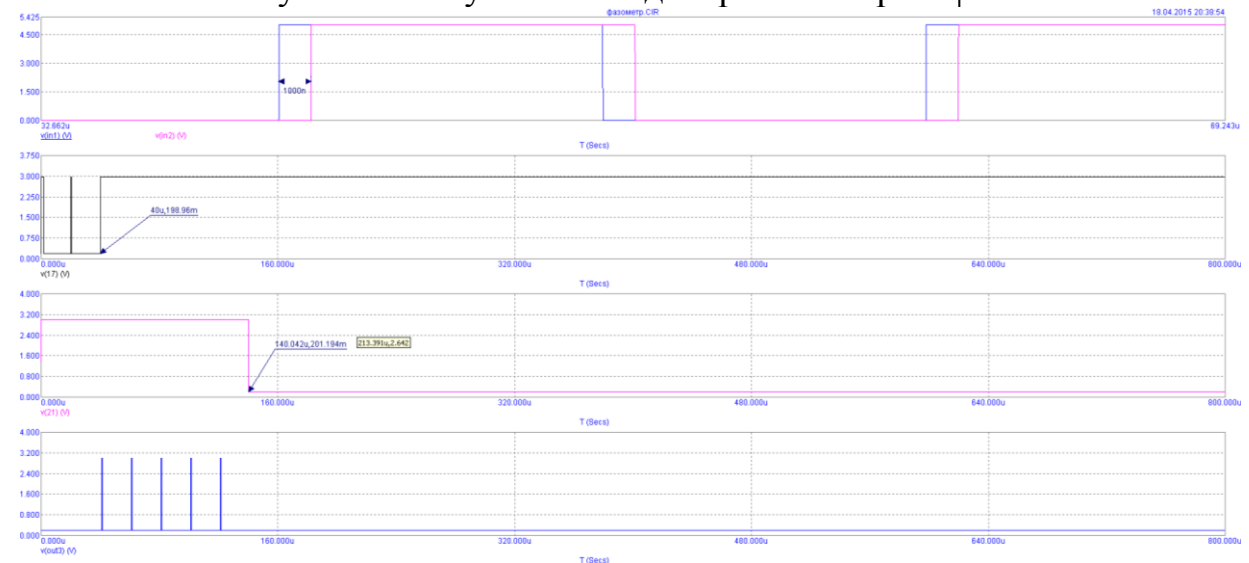


Рисунок 3 - Результаты моделирования при $\Delta\varphi = 0.1\pi$

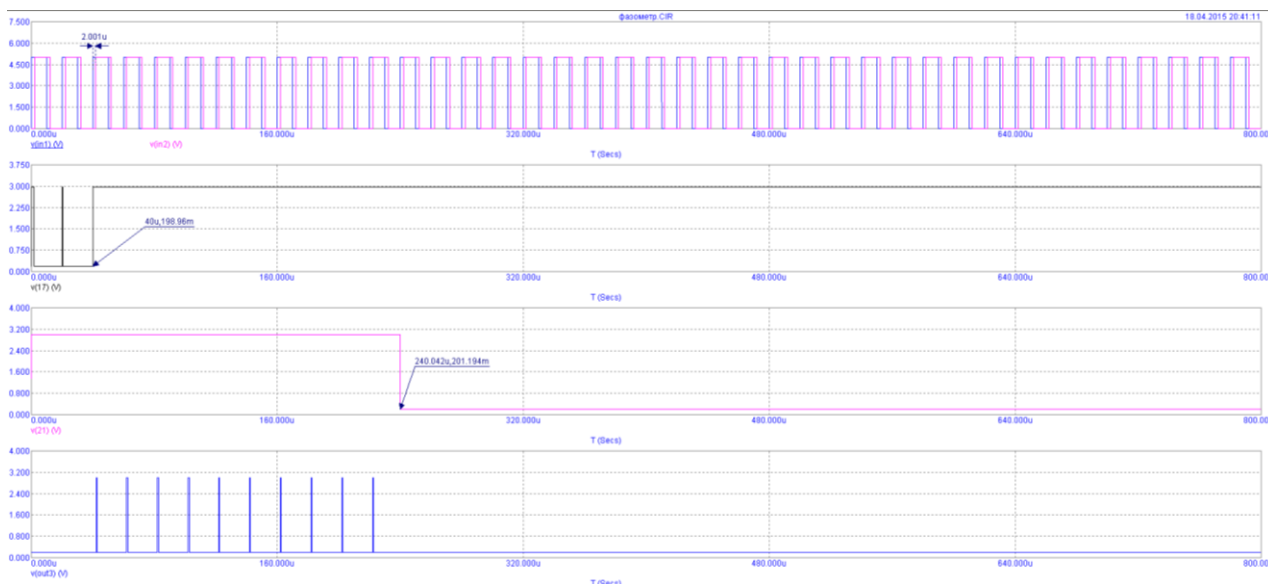


Рисунок 4 - Результаты моделирования при $\Delta\varphi=0.2\pi$

Моделирование показало, что для получения коэффициента временного интервала $K_{ум.}=100$, необходимо выбрать период следования импульсов генератора $G_1=10\mu\text{с}$, а генератора $G_2=9.9\mu\text{с}$. При этом погрешность измерения фазы $\Delta\varphi=\pi/2$ составляет 4%.

Для уменьшения погрешности измерения фазы, следует увеличить коэффициент умножения временного интервала. Для этого, необходимо выбрать период исследования нониусных генераторов G_1 и G_2 следующим образом: $T_{G1}=10\mu\text{с}$, $T_{G2}=9,99\mu\text{с}$. Это достигается путем программирования микросхем генераторов AD9833.

Список литературы

1. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод натурно-модельного эксперимента в диагностике электромагнитов // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 28 сент. 2013 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. - Новочеркасск : ЮРГТУ, 2014. - С. 26-28
2. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Топография магнитного поля в окрестностях образца из магнитомягкого материала // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - URL: <http://www.science-education.ru/119-14696>
3. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Математическая модель одного класса намагничивающих систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19856>

4. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И. Намагничивающие системы прямоочного типа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-19935>

5. Устройства измерения ВАХ электротехнических изделий переменного тока: монография. Ланкин М.В., Ланкин А.М.: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, [2015]. - 104 с.

6. Управление намагничивающими системами в натурно-модельном эксперименте: монография. Ланкин М.В., Ланкин А.М., Наракидзе Н.Д.: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, [2015]. - 262 с.

7. Решение обратной задачи гармонического баланса в натурно-модельном эксперименте определения вебер-амперных характеристик электротехнических изделий: монография/ А.М. Ланкин, М.В. Ланкин: - М.: ООО «Книжный перекресток», 2015. - 127 с.

8. Управление магнитным состоянием изделий из ферромагнитных материалов при проведении натурно-модельного эксперимента: монография/ М.В. Ланкин, Н.Д. Наракидзе, А.М. Ланкин: - Новочеркасск: ООО «Лик», 2015. - 266с.

Бодаева Марина Александровна, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Казарян Араик Артурович, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Ковалев Иларион Сергеевич, магистрант 1 курса факультета информационных технологий и управления Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Научный руководитель – Титов Юрий Владимирович, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НАПРАВЛЕННЫЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МОЛОТКОВЫХ ЗЕРНОДРОБИЛОК

Бойко А.И., Морозовская З.А.

DOI: 10.12737/14830

Аннотация. Рассмотрены конструктивные методы повышения эффективной работы молотковых дробилок. Предложены новые технические решения элементов дробильной камеры которые позволяют улучшить качество исходного продукта.

Для разделения измельченной зерновой массы используются различные устройства, среди которых наибольшее распространение получили решета. Учтены особенности их изготовления как перфорированных деталей и фактические преимущества при использовании.

Ключевые слова: молотковая дробилка, решето, измельчение, долговечность, техническое решение, перфорация, частица.

Главная задача комбикормового производства заключается в обеспечении всех видов и возрастных групп животных полноценными кормами. Чтобы получить качественную кормовую смесь в рационах необходимо вводить до 100 видов компонентов, основную часть которых занимают зерновые культуры.

Из всех машин, которые используются для измельчения зерновых материалов, наибольшее распространение получили молотковые дробилки. Они лучше отвечают требованиям измельчения сырья растительного происхождения имеют небольшую энергоемкость и достаточную производительность. Однако основным и существенным недостатком дробилок этого типа является их низкая надежность.

Требования необходимой безотказности дробилок при сохранении других эксплуатационных показателей играют значительную роль в усовершенствовании их конструкций.

Наряду с интенсивным износом молотков, повышению долговечности которых посвящено множество работ [1], другим существенным недостатком дробилок данного типа является интенсивный износ граней отверстий решет. Причиной этого прежде всего является относительно высокая скорость

перемещения зерна в дробильной камере и ударный характер приложения циклических нагрузок при контактировании зерна с рабочей поверхностью решета. Количество просеянного материала влияет на изменение геометрии отверстий, вызывает снижение эффективности процесса сепарации, соответственно, понижает качество приготовления выходного продукта. Быстрый износ отверстий в конечном итоге приводит к преждевременному выходу решет из строя.

На сегодня существует широкий выбор решетных классификаторов, используемых при измельчении и сепарации зернового материала. Для повышения долговечности в исследовании [2] предложено решето, которое охватывает всю часть дробильной камеры и выполнено выпуклым в сторону зарешетного пространства.

Заслуживают внимания результаты исследований [3], где рассмотрено регулируемое решето. Его подвижная часть может перемещаться относительно неподвижной. При этом проходные отверстия в решетках совмещаются в различной степени изменяя пропускную способность, качество помола и другие показатели работы дробилки.

В работе [4] для повышения эффективности процесса измельчения предложено периферийное установление решета в виде отдельных сегментов, что обеспечивает уменьшение скорости вращательного движения частиц внутри камеры при торможении их о выступающие части кромок.

Авторами исследования [5] создано новое комбинированное решето. Оно имеет систему двойных отверстий. Часть из них выгнуты вверх, а другие, расположенные между первыми, образуют обычные цилиндрические отверстия. Выступающие отверстия способствуют лучшему измельчению зерен при ударе о приподнятые кромки, а обычные отверстия предназначены в большей мере для удаления готового продукта.

Для повышения надежности и других параметров дробилки за счет дополнительного продления ресурса, нами было разработано и установлено в камере измельчения решето с отверстиями (патент на полезную модель № 96341), форма которых выполнена по вогнутой поверхности, приближенной к тороидальной поверхности естественного износа.

Предложенная форма отверстий способствует лучшему выведению измельченных частиц из рабочей камеры и продлевает срок службы решет снижая интенсивность их изнашивания.

Снижения износа решет и потери исходной формы отверстий, связано с тем, что в новой предложенной форме перфораций устранены особенно уязвимыми при износе выступающее прямоугольное сопряжения поверхностей материала, которые характерны для серийного решета. Именно на этих участках наблюдается наиболее интенсивный износ и быстрое изменение первоначальной формы.

Объяснить износ материала в сопряжении поверхностей можно прежде всего выступающей угловой формой места износа. В угловых формах материал решета находится в особых условиях повышенной концентрации нагрузок. Угловая форма менее защищена от износа и более уязвима к внешним воздействиям. С целью ее разгрузки и снижение концентрации напряжений было предложено скругление, сопряжений в отверстиях рабочих поверхностей, то есть изначально задавать их такими, какими они становятся в процессе износа.

Предложенное решение апробированно на молотковой дробилке КДУ-2. Предварительные данные испытаний показывают, что применение решета с скругленными отверстиями открывает возможность увеличения его долговечности, а также способствует росту производительности дробилки. Очевидно следует ожидать и некоторых изменений в фракционном составе измельченного материала.

Учитывая особенности решет как деталей с большой площадью перфорации, а также характер износа, проходных отверстий перспективными для повышения долговечности следует считать прежде всего конструктивные методы. Применение же упрочняющих технологий или покрытий не является технически целесообразным и экономически оправданным.

Список литературы

1. Бойко А.И., Денисенко Н.И. Исследование долговечности упрочненных молотков кормодробилок // Исследование и конструирование

машин и оборудования для животноводства. - К.: ВНИИживмаш. - 1987.- Вып. 12. - с. 71-75.

2. Пат. RU 2204436. Дробильное устройство / А.М. Карнов, И.В. Коношин. №2001129871/13; заяв. 05.11.2001; опубл. 20.05.2003, Бюл. №14.

3. Пат. RU 2520653. Молотковая дробилка / А.В. Черепков, И.В. Коношин. № 2012149728/13, заяв. 21.11.2012; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.

4. Пат. RU 2287371. Молотковая дробилка / А.В. Звекон, И.В. Коношин. № 2005109616/03, заявлено 04.04.2005; опубл. 20.11.2006, Бюл. № 35.

5. *Сыроватка В.И.* Основные закономерности процесса измельчения зерна в молотковой дробилке. – В кн.: Электрификация сельського господарства. Труды ВИЭСХ, 1964, № 4, с. 135-136.

Морозовская Зоя Анатольевна, аспирантка кафедры надежности техники Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Научный руководитель – Бойко Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры надежности техники Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

УДК 004.94

СИМУЛЯЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ИНСТРУМЕНТАМИ MATLAB

Болуть А.А., Сорокин П.А., Зайкова С.А.

DOI: 10.12737/14831

Аннотация. Выполнена симуляция работы системы передачи данных для изучения особенностей основных видов кодирования инструментами MatLab в рамках учебной дисциплины «Теория информации».

Ключевые слова: Симуляция, система, кодирование, теория информации.

Изучение особенностей передачи сигналов, анализ средств передачи сообщений, оценка количества информации, ее кодирование, учет потерь и эффективность сжатия являются важными составляющими дисциплины «Теория информации». Для улучшения усвоения базовых знаний о системах

передачи информации по данному предмету был разработан лабораторный практикум в среде MatLab. Выполнена симуляция общей схемы системы передачи информации. Демонстрация основных выводов фундаментальной работы К. Шеннона "Математическая теория связи" [1] сопровождается построением и оценкой функционирования системы передачи данных, которая включает в себя такие основные элементы, как: источник сообщений, кодирующее устройство, модулятор, канал связи, источник помех и шумов, демодулятор, декодер и получателя сообщений. Предложенные в работе варианты симуляции позволяют оценить работу таких систем с учетом ошибок [2, 3]. Практические задания выполняются студентами в среде MatLab инструментами Simulink, предназначенными для построения, симуляции и анализа динамических систем с помощью блок-схем [4]. Использован набор специальных компонентов Simulink для реализации различных вариантов тестовых контрольных заданий, а также, для решения задач сравнительного анализа с использованием различных типов входных данных.

Проведен анализ работы различных систем, в т.ч. с использованием генераторов: с равномерным распределением, Бернулли и Пуассона. Изучено влияние кодеров: Боуза-Чоудхури-Хоквингема, Рида-Соломона, циклического, линейного и Хемминга. Получены данные, которые демонстрируют преимущества и недостатки различных видов кодирования. Параметрически исследованы ошибки в сообщениях в зависимости от длины кодового слова и настроек канала передачи данных.

Симуляция отличается от аналогичных работ использованием в экспериментах набора заданных законов распределения случайных величин. Полученные результаты моделирования работы различных вариантов систем передачи данных полезны в междисциплинарном взаимодействии с такими предметами, как: «Системы связи и сети передачи информации», «Компьютерные сети», для студентов специальности 1-980101-01 Компьютерная безопасность (математические методы и программные системы), при подготовке курсовых проектов и индивидуальных заданий управляемой самостоятельной работы студентов.

Список литературы

1. Шеннон, К Работы по теории информации и кибернетике. Пер. с англ. Под ред. Р. Л. Добрушина и О. Б. Лупанова / К. Шеннон – М., 1963 – 367 с.

2. Свирид, Ю. В. Основы теории информации: курс лекций / Ю. В. Свирид. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: БГУ, 2010 – 151 с. – ISBN 978-985-518-378-6.

3. Галлагер, Р Теория информации и надежная связь / Р. Галлагер – М.: «Советское радио», 1974 – 720 с.

4. Дьяконов, В MATLAB 6: Учебный курс / В. Дьяконов – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.

Болуть Андрей Андреевич, студент 4 курса факультета математики и информатики УО “Гродненский государственный университет имени Янки Купалы”, г. Гродно, Республика Беларусь

Сорокин Павел Андреевич, студент 4 курса факультета математики и информатики УО “Гродненский государственный университет имени Янки Купалы”, г. Гродно, Республика Беларусь

Зайкова Светлана Алексеевна, к.ф.-м.н., доцент кафедры системного программирования и компьютерной безопасности УО “Гродненский государственный университет имени Янки Купалы”, г. Гродно, Республика Беларусь

УДК 514.851

К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ РЕАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Бондарев А.Б.

DOI: 10.12737/14832

Аннотация: В статье кратко рассмотрено современное состояние вопросов, связанных с учётом реальной геометрии металлоконструкций на их напряжённо-деформированное состояние. Проведён краткий обзор ранее выполненных работ по обозначенной проблеме исследований. Представлены возможные пути повышения качества и как следствие надёжности строительных металлоконструкций.

Ключевые слова: математическое моделирование, управление, точность, металлоконструкции, надёжность.

Здания и сооружения из металлоконструкций приобретают отклонения на всех этапах жизненного цикла. Следовательно, математическое моделирование реальной геометрии на напряжённо-деформированное состояние (НДС) металлоконструкций (систем), всегда актуально.

Известно, что при наличии отклонений в шарнирно-стержневых оболочках, их НДС отличается от проектного [2-4]. Изменение НДС в оболочке состоит в появлении начальных – дополнительных усилий. Учёт при проектировании точности изготовления и сборки конструкций большепролетных покрытий может повысить их несущую способность, живучесть, собираемость и как следствие – надёжность [5, 10]. Для компенсации отклонений в покрытиях, можно использовать конструктивные решения узлов и способ монтажа, предложенные автором [7-9].

Определение отклонений и оценка НДС большепролетных шарнирно-стержневых металлических покрытий с учётом точности изготовления и последовательности сборки при статическом расчёте – важная и актуальная научно-техническая задача. Для решения такой задачи предложен авторский Вычислительный Комплекс «Размерный анализ стержневых конструкций» [1, 11].

В работе [1, 12] моделирование формы, точнее – отклонения длины отдельных монтажных элементов (марок) осуществляется путём геометрического построения и определения положения их вершин. Для получения действительной геометрической формы конструкции при построении используются значения её расчётных геометрических параметров. Длины отрезков в расчётной схеме являются исходными параметрами при геометрическом построении математической модели [11] формы монтажных элементов и блоков. Значения расчётных геометрических параметров определяют по формуле:

$$\ell_i^* = \ell_i + \delta\ell_{m,i} + \delta\ell_{\sigma,i}, \quad (1)$$

где ℓ_i^* – расчётное значение геометрического параметра;

ℓ_i – проектное значение геометрического параметра;

$\delta\ell_{m,i}$ – систематическое отклонение параметра от номинального значения;

$\delta\ell_{\sigma,i}$ – случайное отклонение параметра от номинального значения.

В настоящее время такой подход нужно модернизировать, т.к. научно-технический прогресс в области математического моделирования развития технологий измерения не стоит на месте. В настоящее время в машиностроении уже предложен алгоритм обработки информации, полученной при измерении реальной геометрии деталей на координатно-измерительных машинах (КИМ) [6]. Учитывая изложенное в настоящее время, возникает несколько актуальных научно-технических и практических задач:

- разработка алгоритма и методики измерения и оценки отклонений формы и строительных металлоконструкций средствами 3D-метрологии;
- разработка алгоритма и методики математического моделирования, учёта и оценки отклонений строительных металлоконструкций на их НДС;
- уточнение существующих значений коэффициента продольного изгиба – φ , используемого в СНиП II-23-81*;
- разработка компьютерных программ или приложений к существующим программным пакетам по размерному анализу;
- разработка и внедрение в проектирование численно-аналитического аппарата оценки отклонений на НДС строительных металлоконструкций.

Список литературы

1. Авторское свидетельство 47952 Украина. Компьютерная программа «Вычислительный комплекс «Размерный анализ стержневых конструкций» («ВК РАСК») [Текст] / А. Б. Бондарев, А. М. Югов (Украина). – № 48382; заявл. 20.12.2012; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 1. – 2 с.
2. Бондарев, А. Б. Определение и анализ сборочных отклонений в металлическом каркасе большепролетного сооружения с купольным покрытием [Текст] / А. Б. Бондарев, А. М. Югов // International journal for computational civil and structural engineering. – 2015. – Vol. 11. – Issue 1. – P. 90-96.
3. Бондарев, А. Б. Оценка монтажных воздействий в однопоясной стержневой металлической оболочке покрытия цилиндрической формы [Текст] / А. Б. Бондарев // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: сб. научн. трудов. – Макеевка: ДонНАСА. – 2013. – Вып. 6 (104). – С.54-59.

4. Бондарев, А. Б. Оценка монтажных усилий в металлическом покрытии с учётом сборки [Текст] / А. Б. Бондарев, А. М. Югов // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – Том. 56. – №4. – С. 28-37.
5. Бондарев, А. Б. Сборочные отклонения в шарнирно-стержневом металлическом покрытии [Текст] / А. Б. Бондарев // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – Том. 30. – № 3. – С. 98-110.
6. Кашуба, Л. А. Алгоритм обработки информации, полученной при измерении реальной геометрии деталей на координатно-измерительных машинах. [Электронный ресурс] / Л. А. Кашуба // Системный анализ в науке и образовании: электронный научный журнал. – Дубна. – 2011. – № 3. – Режим доступа: <http://www.sanse.ru/archive/19-0421100111\0017>.
7. Пат. № 79680 Украина, МПК E04B 1/32; E04B 1/58 Способ монтажа большепролетных стержневых металлических покрытий [Текст] / Бондарев А. Б., Югов А. М.; заявитель и патентообладатель Бондарев А. Б., Югов А. М. – № u 2012 13187; заявлено 19.11.2012; опубликовано 25.04.2013, Бюллетень № 1. – 5 с.
8. Пат. № 79683 Украина, МПК E04B 1/38; E04B 1/58 Стыковое соединение стержней с разными размерами поперечного сечения [Текст] / Бондарев А. Б., Югов А. М.; заявитель и патентообладатель Бондарев А. Б., Югов А. М. – № u 2012 13191; заявлено 19.11.2012; опубликовано 25.04.2013, Бюллетень № 1. – 7 с.
9. Пат. № 80327 Украина, МПК E04B 1/38; E04B 1/58 Стыковое соединение стержней с равными размерами поперечного сечения [Текст] / Бондарев А. Б., Югов А. М.; заявитель и патентообладатель Бондарев А. Б., Югов А. М. – № u 2012 13193; заявлено 19.11.2012; опубликовано 25.04.2013, Бюл. № 1. – 6 с.
10. Югов, А. М. Оценка живучести однопоясной металлической оболочки покрытия цилиндрической формы вследствие погрешностей изготовления и монтажа [Текст] / А. М. Югов, А. Б. Бондарев // International journal for computational civil and structural engineering. – 2013. – Vol. 9. – Issue 2. – P. 124-131.
11. Bondarev, A. B. The Method of Generating Large-Span Rod Systems with the Manufacturer Defect and Assembly Sequence [Text] / A. B. Bondarev, A. M. Yugov // Procedia Engineering – 2015. –Vol. 117. – P. 953–963.
12. Vasylev, V. N. The results of experimental and theoretical research efforts in the assembly hinge-core system using a control system. / V. N. Vasylev,

A. N. Myronov, A. M. Yugov, A. B. Bondarev // Металлические конструкции. – 2014. – Том. 20, № 1. – С. 5-14.

Бондарев Алексей Борисович, ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, г. Макеевка, Донецкая область, Украина

УДК 685.34.017.35

РАСЧЁТ ЖЁСТКОСТИ ГЕЛЕНОЧНОЙ ЧАСТИ НИЗА ОБУВИ

Борисова Т.М., Федосеев Г.Н., Горбачик В.Е.

DOI: 10.12737/14833

Аннотация. Разработана методика и программа, позволяющие производить расчет жёсткости геленочной части низа обуви.

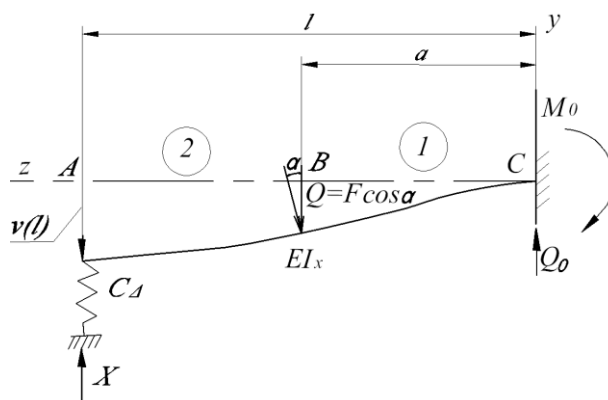
Ключевые слова: Жёсткость, расчётная схема, геленочная часть, высокий каблук.

Качество и конкурентоспособность женской обуви на высоком каблуке в значительной степени зависят от рациональности конструкции геленочной части, которая должна обладать достаточной жёсткостью, в противном случае отсутствие надёжной опоры наружному продольному своду стопы приводит к тому, что обувь под действием нагрузки будет прогибаться, вызывая прогиб наружного свода, и как следствие, дискомфорт, усталость и развитие плоскостопия. В настоящее время под влиянием моды всё большее количество женщин носят обувь на особо высоких каблуках, поэтому этот вопрос особенно актуален[1]. Для количественной оценки жёсткости геленочной части обуви разработаны устройство и методика [2], но большое значение имеет возможность оценивать жёсткость ещё на стадии разработки, что позволит выпускать обувь с заданным уровнем потребительских свойств.

С этой целью была составлена и обоснована расчетная схема геленочной части обуви, представленная прямой балкой, имеющей жёсткую заделку с одной стороны и опирающейся на упругую пластинку с жёсткостью C_{Δ} с другой стороны (рисунок 1). Схематизированы опорные части рассматриваемой

балки. С учётом того, что защемление пяточного конца более жесткое, т.к. геленочная часть в этом месте практически неподвижно скреплена с каблуком, в расчетной схеме на этом конце балки принята жёсткая заделка.

Исходя из того, что стелечные узлы проектируются таким образом, что передний конец геленка не доходит на некоторое расстояние до опорной поверхности, и опирается только на участок из деталей низа, расположенных под ним, опорой переднего конца балки принята упругая пластинка с жёсткостью C_{Δ} . Учитывая, что модуль упругости картона несравнимо больше, чем материала подошвы, при определении жёсткости пластинки жёсткость подошвы в расчёт не принимается. Длина балки принята от заделки пяточного конца до места закрепления переднего конца геленка.



l – длина балки, мм; $v(l)$ – прогиб конца балки, мм; a – координата действующей нагрузки, мм; z – координата точки упругой кривой, мм; M_0 – начальный изгибающий момент, Н·мм; Q_0 – начальная поперечная сила, Н; Q – действующая нагрузка, Н; F – приложенная сила, Н; α – угол наклона геленочной части, град; X – реакция упругой связи, Н; C_{Δ} – жёсткость упругой связи, Н/мм; EI_x – жёсткость балки, Н·мм²

Рисунок 1 – Расчётная схема низа обуви

Для расчёта распределённая нагрузка, действующая на геленочную часть, заменялась более простой и удобной схемой из пяти сосредоточенных сил. При разработке методики расчёта сначала рассматривалась каждая из этих сил, приложенных на некотором расстоянии от заделки пяточного конца балки, в отдельности.

В применении к схеме, представленной на рисунке 1, получено универсальное уравнение упругой кривой

$$EI_x v(z) = \frac{1}{2} M_0 z^2 + \frac{1}{6} Q_0 z^3 \Big|_1 - \frac{1}{6} Q (z-a)^3 \Big|_2, \quad (1)$$

в котором начальная поперечная сила

$$Q_0 = Q - X, \quad (2)$$

начальный изгибающий момент

$$M_0 = -Qa + Xl, \quad (3)$$

реакция упругой связи

$$X = Q \frac{\frac{1}{6} a^2 (3l - a)}{EI_x \left(\frac{1}{C_\Delta} + \frac{1}{3} \frac{l^3}{EI_x} \right)}. \quad (4)$$

Получено уравнение для определения прогибов геленочной части готовой обуви от любой из пяти сил:

$$v(z) = \frac{1}{EI_x} \left(\frac{1}{2} (-F \cos \alpha \cdot a + Xl) z^2 + \frac{1}{6} (F \cos \alpha - X) z^3 \Big|_1 - \frac{1}{6} F \cos \alpha (z-a)^3 \Big|_2 \right). \quad (5)$$

Прогиб некоторой точки геленочной части низа обуви от всех указанных сил находится суммированием прогибов от действия каждой из этих сил.

Для оценки адекватности разработанной модели проведено экспериментальное исследование прогибов геленочной части женской обуви на высоком каблуке. Анализ результатов показал, что разработанная теоретическая модель низа женской обуви позволяет с достаточной точностью (расхождение в пределах 15%) оценивать прогибы геленочной части низа обуви. Увеличение погрешности наблюдается ближе к пучковому концу, что можно объяснить большим влиянием на величину прогибов в этом месте картонного слоя.

Данный расчёт достаточно трудоёмок, поэтому для облегчения вычислений была разработана программа для расчета в системе Maple.

Программа реализует линейный алгоритм. Исходными данными для расчёта являются высотные и широтные размеры геленка, модули упругости картона и геленка, размеры стелечного узла, угол наклона геленочной части по отношению к опорной поверхности, координата приложения силы, действующей на геленочную часть, величина этой силы, координата точки измерения прогиба[3]. Процесс ввода информации прост и контролируется пользователем (рисунок 2).

```

Maple 10 - [Local-Server - Server 1]
File Edit View Insert Format Screenshots Window Help
P Normal Times New Roman 12
[ Введите значения:
[ Параметры сечения геленка:
[ Высотные размеры сечения геленка
[ > h_1:=1.3:
[ > h_2:=3.6:
[ > h_3:=1.3:
[ > h_4:=2.3:
[ > h_5:=2.1:
[ Широтные размеры сечения геленка
[ > b_1:=3.6:
[ > b_2:=1.7:
[ > b_3:=2.4:
[ > b_4:=0.6:
[ > b_5:=0.6:

[ модуль упругости полустелечного картона
[ > E_п:=0.24*10^4:
[ модуль упругости геленка
[ > E_г:=21*10^4:
[ Параметры стелечного узла
[ ширина упругой пластинки
[ > b[cp]:=59:
[ длина упругой пластинки
[ > l_п:=32:
[ толщина упругой пластинки
[ > h_п:=3.8:
[ ширина узла
[ > V:=44:
[ толщина узла
[ > H:=5.4:
[ > h:=1.6:
[ длина балки
[ > l:=85:
[ угол наклона геленочной части по отношению к опорной поверхности
[ > alpha:=-19.5:

```

Рисунок 2 – Ввод исходных данных

Разработанная методика расчёта и программа позволяют уже на этапе конструкторско-технологической подготовки производства прогнозировать жёсткость геленочной части готовой обуви, рассчитывая величину прогибов, при использовании различных конструкций укрепителей геленочной части и различных материалов комплектующих. Программа может использоваться в САПР конструкторско-технологической подготовки производства.

Список литературы

1. Борисова, Т.М. Предпочтения в выборе женской обуви с различной высотой каблука / Т.М. Борисова [и др.] // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг: Международный сборник научных трудов / ГОУ ВПО «ЮРГУЭС»; редкол. В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2009. – С. 33-34.

2. Борисова, Т.М. Устройство для испытания геленков, стелечных узлов и готовой обуви на жесткость и упругость / Т.М. Борисова, В.Е. Горбачик // Вестник УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – Вып. 21 – с.34-41.

3. Борисова, Т.М. Автоматизированный расчёт жёсткости геленочной части женской обуви / Т.М. Борисова, В.Е. Горбачик, Г. Н. Федосеев // Материалы докладов 45 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвящённой году книги / УО «ВГТУ».- Витебск, 2012.- С. 402-404.

Борисова Татьяна Михайловна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Конструирование и технология изделий из кожи» УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

Федосеев Гелий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физика и техническая механика» УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

Горбачик Владимир Евгеньевич, докт. техн. наук, профессор кафедры «Конструирование и технология изделий из кожи» УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

УДК 630*832

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ИНТЕГРАЦИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЕТИ

Будник П. В.

DOI: 10.12737/14834

Аннотация. Для повышения эффективности предприятий лесопромышленного комплекса необходимо обеспечить оптимальный баланс производства и потребления биомассы дерева. Решение этой задачи требует оптимизации портфеля заказов лесозаготовительного предприятия с точки зрения лесозаготовителей и лесопотребителей как единой системы по заготовке и переработки древесины. В работе приведена постановка данной задачи.

Ключевые слова: технологическая сеть, оптимизация портфеля заказов, оптимальная раскряжевка, сквозной технологический процесс, рациональное использование древесины.

Анализ состояния лесопромышленного комплекса показывает, что для повышения эффективности лесопромышленных производств необходимо решить проблему, связанную с увязыванием лесозаготовительных, деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных и лесохимических производств в единую систему по заготовке и переработки биомассы дерева. Такая проблема включает задачи планирования, управления материально-транспортными потоками, построения оптимального баланса производства и потребления биомассы дерева, выбора оптимального комплекта машин и оборудования.

Для решения перечисленных задач может использоваться разработанная в Петрозаводском государственном университете и успешно применяемая методология анализа и синтеза сквозных технологических процессов по заготовке и переработке биомассы древесины [1 – 7]. Методология основывается на эвристических методах решения изобретательских задач, где центральное место занимает метод Функционально-технологического анализа, а также на методах математического анализа, в частности, линейное и динамическое программирование, имитационное моделирование, теория очередей и др.

Функционально-технологический анализ процесса заготовки и переработки биомассы древесины показывает, что для повышения эффективности функционирования лесопромышленного комплекса должна быть решена проблема построения оптимального баланса производства и потребления биомассы древесины.

Традиционно в задачах такого вида для замкнутой транспортно-производственной системы в качестве исходных данных предполагаются известными объемы производства лесоматериалов. Однако важно отметить, что освоение лесного фонда предполагает вариантность использования древесины, так как ствол дерева может быть раскряжеван несколькими способами. Каждый вариант раскряжевки дает определенный набор продукции, который может быть переработан лесопотребителями. Таким образом, на практике

лесозаготовительное предприятие может варьировать виды вырабатываемых сортиментов и их количество, а, следовательно, возникает задача оптимизации портфеля заказов.

Задача оптимальной раскряжевки сводится к определению рациональных вариантов поперечного деления ствола дерева на сортименты, удовлетворяющих определенному условию максимума, в частности, наибольшей стоимости вырабатываемых сортиментов, максимальному использованию древесины стола и др. При этом оптимальность раскряжки рассматривается с точки зрения лесозаготовительного предприятия. Однако при рассмотрении некоторой совокупности предприятий лесопромышленного комплекса как единой технологической сети оптимальный портфель заказов должен определяться не только с точки зрения лесозаготовительного предприятия, но и всей технологической сети по заготовке и переработки биомассы древесины в целом.

Такой подход позволяет оптимизировать выбор технологических цепочек производства и потребления лесоматериалов по критерию наиболее выгодного использования лесного фонда. Запасы леса рассматриваются не как зафиксированные объемы лесоматериалов каждого конкретного вида или целевого назначения, а как гибкая система, подстраиваемая под потребности участников рынка лесной продукции с возможностью выбора таких участников. Сортиментный план лесозаготовительного предприятия, а по сути, речь идет о портфеле заказов, динамически формируется в процессе решения задачи выбора лесоперерабатывающих предприятий. Таким образом, варьируя способы раскряжевки хлыстов, будут получаться различные варианты использования древесины, что соответствует различным вариантам схем реализации лесоматериалов лесоперерабатывающим предприятиям.

Постановка задачи оптимизации портфеля заказов в технологической сети лесопромышленных производств заключается в следующем. Имеются запасы леса с известными значениями его параметров для каждого лесного участка, где предполагается проводить лесозаготовки. Известны лесоперерабатывающие предприятия, для каждого из которых определены виды и необходимые объемы лесоматериалов. Имеется транспортная сеть, соединяющая лесные участки и

лесоперерабатывающие предприятия. Необходимо выбрать поставщиков и объемы реализации им лесоматериалов посредством выбора вариантов раскряжевки хлыстов, таким образом, чтобы минимизировать затраты на производство и транспортировку лесоматериалов.

Предложенный подход к оптимизации портфеля заказов лесозаготовительных предприятий в технологических сетях лесопромышленных производств позволяет учесть взаимосвязь между лесозаготовителями и лесопотребителями, повысить эффективность функционирования предприятий лесопромышленного комплекса как единой системы и обеспечить рациональное использование биомассы древесины.

Список литературы

1. Шегельман, И.Р. Обоснование технологических и технических решений для перспективных технологических процессов подготовки биомассы дерева к переработке на щепу: дис. ... докт. техн. наук: 05.21.01 / Шегельман Илья Романович. – СПб., 1997. – 261 с.

2. Шегельман И. Р. Методология синтеза патентоспособных объектов интеллектуальной собственности: монография / И. Р. Шегельман, А. С. Васильев, П. В. Будник. – Петрозаводск: Verso, 2015. – 131 с.

3. Будник, П.В. Обоснование технологических решений, повышающих эффективность заготовки сортиментов и лесосечных отходов, на основе функционально-технологического анализа: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / Павел Владимирович Будник – Петрозаводск, 2011. – 243 с.

4. Будник П. В. Совершенствование сквозных технологических процессов лесопромышленного комплекса на основе функционально-технологического и вероятностно-статистического анализов: монография / П. В. Будник. – Петрозаводск: Verso, 2014. – 60 с.

5. Шегельман И. Р., Щеголева Л. В., Будник П. В. Постановка задачи оптимизации портфеля заказов лесозаготовительных предприятий в технологических сетях лесопромышленных производств // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1 (часть 2). URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2844>

6. Шегельман И. Р. Выбор режимов работы лесосечных машин с применением методов теории очередей [Текст] / И. Р. Шегельман, П. В. Будник, Е. В. Морозов // Глобальный научный потенциал, 2012. – № 12. – С. 56-60.

7. Шегельман, И. Р. Применение теории массового обслуживания к моделированию режимов работы лесозаготовительных машин [текст] / И. Р. Шегельман, П. В. Будник, Е. В. Морозов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №84(10). – С. 286-297.

Будник Павел Владимирович, канд. техн. наук, ведущий инженер отдела инновационных проектов и развития инновационно-производственной инфраструктуры ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, РФ

УДК 62-34

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРИВОД ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РУЧНЫМИ ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ

Бухтояров Л.Д., Лысыч М.Н., Мирзеханов Р.В.

DOI: 10.12737/14835

Аннотация. В статье рассмотрена перспективная конструкция привода для автоматизированного дистанционного управления гидрораспределителем. При его проектировании использована среда автоматизированного проектирования SolidWorks. Представлена трехмерная модель привода адаптированного под гидрораспределитель НС-М50. Приводится критический анализ предлагаемой конструкции и подхода в целом.

Ключевые слова: гидрораспределитель, автоматический привод, САПР, твердотельное моделирование

Гидрораспределители применяются для изменения направления или пуска и остановки рабочей жидкости в гидравлических системах стационарных машин, станков, прессов, гидросистем тракторов, автокранов, экскаваторов, сельскохозяйственных машин и т.д.

По управлению гидрораспределители подразделяются на гидроаппараты с ручным, электромагнитным, пневматическим, гидравлическим или электрогидравлическим управлением [1, 3].

Большой интерес представляют системы управления гидрораспределителями созданные на основе сервоприводов и шаговых двигателей. Подобные приводы позволяют достигнуть высокой точности управления потоками жидкости и максимально автоматизировать процессы управления. Это достигается за счет возможности непосредственной коммутации привода с управляющими компьютерами [2].

Однако на данный момент существует огромное количество машин оснащенных исключительно гидрораспределителями с ручным приводом, а это далеко не всегда позволяет обеспечить их наиболее эффективное применение. Один из способов повышения эффективности подобных машин – это создание автоматизированных приводов, которые позволяют, без какой либо переделки конструкции распределителя максимально автоматизировать его работу. Реализация подобного подхода должна повысить производительность и качество работы гидроагрегатов. При этом стоимость подобных систем должна быть минимальной.

Для решения поставленной задачи нами была предложена конструкция автоматизированного привода и концепция управления им.

На рисунке 1 представлен общий вид автоматического привода разработанного для гидрораспределителя НС-М50.

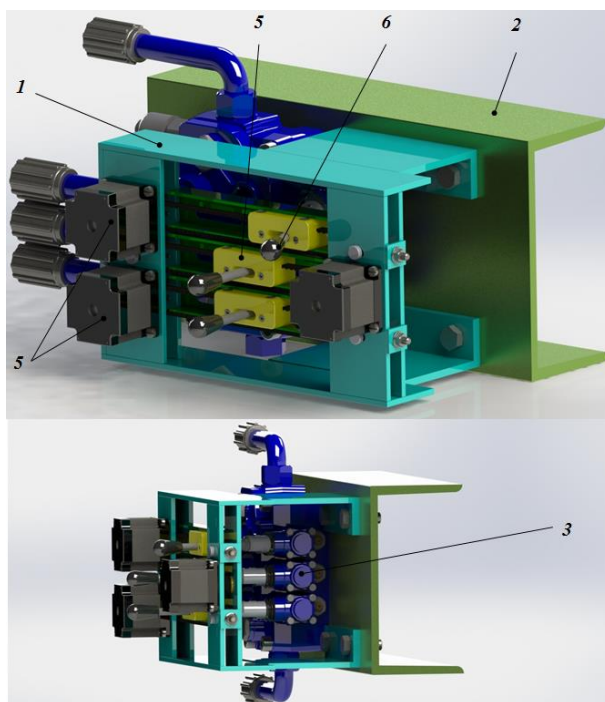


Рисунок 1 – Общий вид автоматического привода гидрораспределителя НС-М50

Привод состоит из рамы 1 жестко закрепленной на основании 2 к которому крепится гидрораспределитель 3, шаговые электродвигатели 4, и непосредственно механизм перемещения 5 рычагов управления 6.

Механизм перемещения состоит из зубчатых колес 1, зубчатого ремня 2, разъемных кареток 3 с металлическим вкладышем, механизмов натяжения зубчатых ремней 4 и направляющих 5 (рис. 2).

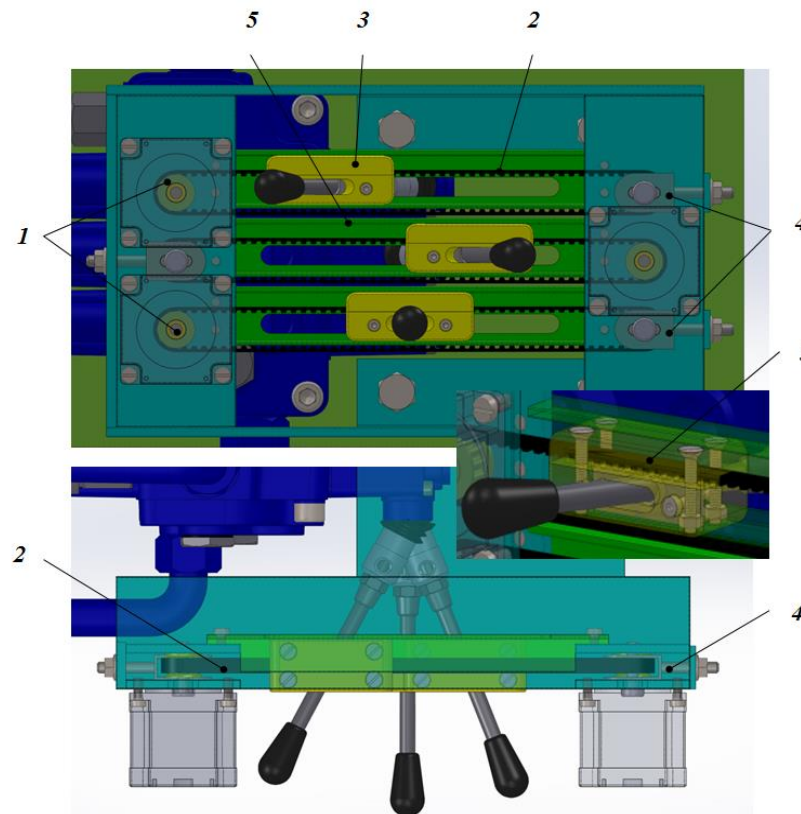


Рисунок 2 – Механизм перемещения рычагов гидрораспределителя HC-M50

Привод работает следующим образом. Управляющие команды, формируемые оператором или компьютерной программой, передаются через блоки управления шаговым двигателям. Посредством ременной зубчатой передачи вращательное движение вала двигателя преобразуется в поступательное движение каретки, которая в свою очередь, отклоняет ручки управления гидрораспределителя.

Преимуществом подобной схемы следует отнести высокую скорость работы привода и возможность быстрого возврата ручки распределителя в нейтральное положение за счет его пружины. При использовании самотормозящихся передач типа винт-гайка это было бы невозможным, что

могло бы вести к утере нейтрального положения и необходимости регулярных наладок. К недостаткам примененной схемы следует отнести потребность в шаговых двигателях достаточно большой мощности.

Вывод. Применение подобных приводов способно повысить производительность, качество и безопасность выполняемых операций. При этом капитальные вложения в совершенствование оборудования сравнительно невысоки.

Список литературы

1. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование [Текст] : монография / И. М. Бартнев, З. К. Емтыль, А. П. Татаренко, М. В. Драпалюк, П. И. Попиков, Л. Д. Бухтояров ; под ред. И. М. Бартнева. - М. : ФЛИНТА, Наука, 2011. - 408 с. ; eLIBRARY. - Библиогр.: с. 388-404 (169 назв.).

2. Бухтояров, Л. Д. Исследование механизма управления гидроманипулятором шаговыми электродвигателями [Текст] / Л. Д. Бухтояров, Д. А. Батаев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика – Воронеж, 2014. – № 2, ч. 2 (7-2). – С. 193-197.

3. Попиков, П. И. Проектирование гидропривода лесохозяйственных машин [Текст] : метод. указания / П. И. Попиков, М. Л. Шабанов, Л. Д. Бухтояров; М-во образования Рос. Федерации, Воронеж. гос. лесотехн. акад. - Воронеж, 2004. - 40 с.

Бухтояров Леонид Дмитриевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, РФ

Лысыч Михаил Николаевич, к.т.н., ст. преп., кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, РФ

Мирзаханов Руслан Валерьевич, студент 4 курса автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, РФ

СПОСОБ ЗАЩИТЫ СПЕЦИАЛИСТОВ СВАРОЧНЫХ РАБОТ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Бушлякова Л.В.

DOI: 10.12737/14836

Аннотация. В статье проведен анализ воздействия электромагнитного излучения на электросварщиков, а также предложено рациональное решение по уменьшению его степени воздействия.

В статье приведены сведения о действии электромагнитного излучения на человека. Предложено оценить защиту электросварщика от излучений применением костюма спасателя.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, напряженность, защита, материал, электромагнитная проницаемость.

В настоящее время человечество шагнуло далеко вперед в сфере развития различных технологий. Но, к сожалению, множество применяемых технологий в современном мире сопровождаются различными профессиональными заболеваниями. Поэтому актуальны научные исследования по предотвращению преждевременных профессиональных заболеваний, которые приводят к человеческим трагедиям и огромным экономическим потерям [2].

Специалисты сварочного дела являются непосредственными объектами воздействия огромного ряда вредных факторов, при выполнении профессиональных работ. Одним из наиболее неблагоприятных факторов воздействия на электросварщика, является сильное электромагнитное излучение, под которым, непосредственно, находится специалист, в течение всего рабочего цикла [3].

В результате ряда проведенных исследований предложен вариант индивидуальной защиты спасателей от воздействия электромагнитных полей. Защита выполнена в виде костюма и включает в себя следующие элементы: жилет; брюки с защитными чулками; рубаша с капюшоном; подшлемник и двупалые рукавицы.

Защитная оболочка костюма состоит из трех слоев. Первый слой – наружный (обращен к окружающей среде, выполнен в виде связанных между

собой колец). Материал слоя - нержавеющая сталь, обработанная композиционным материалом, с высокими защитными свойствами от проникновения электромагнитных полей. В состав композиционного материала входят соединения Fe, Si или Co. Материал с нанокристаллической структурой, объемной плотностью $(0,6 \div 1,4) \cdot 10^{-5} \text{ 1/нм}^3$. Данный материал обеспечивает увеличение магнитной проницаемости. Учеными экспериментально было установлено, что при объемной плотности нанокристаллов в аморфной матрице менее $0,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/нм}^3$, эффекта повышения значения магнитной проницаемости было не обнаружено. При значении больше, чем $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/нм}^3$ происходит значительное уменьшение значения магнитной проницаемости. Исходя из исследований, оптимальным решением при выборе значений объемной плотности нанокристаллов в аморфной матрице, является диапазон больше $0,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/нм}^3$, но менее $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/нм}^3$. Электромагнитная волна, проникшая вглубь материала, интенсивно поглощается в нем, за счет высокой поглощающей способности нанокристаллических частиц материала. Коэффициент экранирования резко увеличивается.

Третий слой, который контактирует с кожей работающего, выполнен из перфорированного полимерного материала. Примером такого материала могут являться арамидные волокна.

Второй слой, который находится между слоем из обработанной нержавеющей стали и слоем из перфорированного материала, выполнен из упругих сетчатых элементов. Плотность структуры данных элементов находится в пределах $1,2 - 2,0 \text{ г/см}^3$. Материал сетчатого элемента - сталь марки ЭИ-708[1].

Предполагается, что рассмотренные конструктивные решения средств индивидуальной защиты спасателей, могут быть использованы также и для защиты персонала от электромагнитного воздействия при выполнении электросварочных работ. Для оценки эффективности защиты необходимо выполнить экспериментальные исследования.

На рис. 1.1. приведены зависимости изменения напряженности электри-

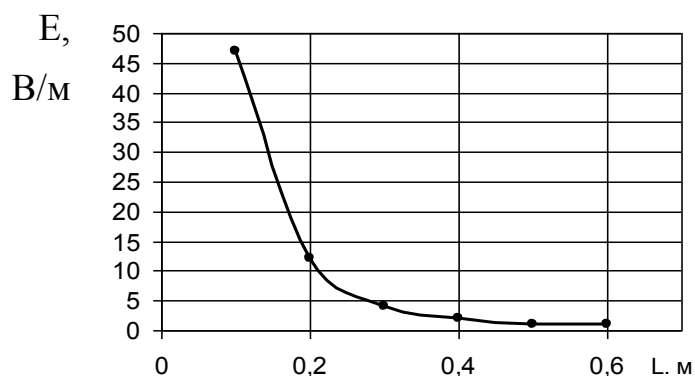


Рисунок 1.1. Зависимость напряженности электрического поля от расстояния до провода

ческого поля (сила сварочного тока 90А) от расстояния до сварочного провода[3].

Исследования показывают, что (рис. 1.1.) напряженность электрического поля снижается с 47 до 0,6 В/м при удалении от сварочного провода с 0,1 до 0,6 м. При этом, на расстоянии до 0,5 м от провода с увеличением силы тока сварки напряженность электрического поля увеличивается незначительно.

Исследования свидетельствуют, что при работе ручной дуговой сваркой электросварщик будет подвергнут воздействию электрической напряженности, не превышающей допустимой нормы.

Исследования изменения плотности электромагнитного потока в зависимости от расстояния до сварочного провода приведены на рис.1.2.

Исследования показывают, что даже на расстоянии 1,5 м от сварочного провода величина электромагнитного потока составляет 1800 нТл, что значительно превышает экологически безопасные значения.

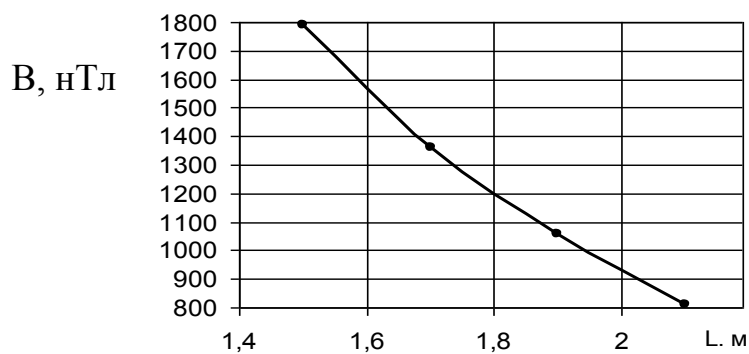


Рисунок 1.2. Зависимость напряженности электрического поля от расстояния до провода

Таким образом, даже малые токи сварки являются источником

значительных величин плотности электромагнитного потока.

В настоящее время разработаны специальные нормы и ГОСТы для уменьшения вредного воздействия излучения. В основном, все они сводятся к «защите расстоянием», то есть организацией санитарной зоны около источников ЭМП. Для сварщика ручной дуговой сваркой данные мероприятия неприемлемы по причине того, что не представляется возможным удалить проводник от сварщика далее вытянутой руки. Предлагается в качестве одного из способов защиты сварщика от ЭМП применение специального защитного костюма спасателя.

Список литературы

1. Аюбов Э.Н., Прищепов Д.З., Кочетов О.С., Жданенко И.В., Пашков А.А., Тараканов А.Ю. Одежда спасателей, действующих в условиях электромагнитного излучения // Патент РФ на изобретение № 2503915. Опубликовано 10.02.2014. Бюл. № 1.

2. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Н.А. Попов, Е.А. Высоцкая, В.И. Писарев; под ред. Н.А. Попова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015.

3. Гаврилов В.В., Галкин Е.А., Попов Н.А. Исследование ЭМП на рабочем месте сварщика / Тр. 63- й научной студенческой конф. Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 63-й студенческой научной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012.

Бушлякова Любовь Васильевна, магистр 1 курса агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

Научный руководитель – Писарев Вадим Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

**ВНУТРЕННИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЩИТЫ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ**

Быковский С.И., Шинтар А.В., Пискун Г.А., Алексеев В.Ф.

DOI: 10.12737/14837

Аннотация. Представлена классификация базовых встроенных элементов защиты интегральных схем. Исследованы свойства защиты на базе МОП-транзистора: *n*-МОП транзистора с заземленным затвором (*Grounded Gate NMOS Transistor, GGNMOST*).

Ключевые слова: электростатический разряд (ЭСР), интегральная схема (ИС), МОП-транзистор, подложка, эпитаксиальный слой.

В настоящее время микросхемы памяти занимают одну из наиболее широких областей применения, в частности, на базе микроконтроллеров построено практически все вычислительные системы, технологическое и медицинское оборудование и т.д. Однако данные быстродействующие ИС обладают повышенной чувствительностью к воздействию ЭСР [1].

Микросхемы значительную часть производственного цикла проводят вне плат, в составе которых будут функционировать впоследствии, а некоторые – например, центральные процессоры, оперативная память, остаются без защиты вплоть до поступления к конечному пользователю и, соответственно, монтажа. В связи с этим, вопрос взаимодействия ИС с оператором (пользователем) неизбежно приведет к появлению и последующему воздействию разрядов статического электричества [2].

Одним из важнейших требований, предъявляемых при проектировании схем защиты – не ухудшать параметры самой ИС. Однако немаловажными являются такие требования, как [3]:

- небольшая площадь, занимаемая схемой;
- способность эффективно ограничивать напряжение разряда, подаваемого на схему;
- возможность шунтировать напряжение и токи перегрузки, возникающие при ЭСР;

– ограничение физической области схемы на кристалле, на которую воздействует ЭСР;

– максимально быстрое время срабатывания и минимальное время задержки при нормальной работе ИС в диапазоне изменений питающего напряжения.

Наиболее распространенными элементами встроенной защиты интегральных схем от воздействия ЭСР, которые частично или полностью удовлетворяют вышеизложенным требованиям, являются следующие [3]:

– *n*-МОП транзисторы с толстым подзатворным окислом (*Thick Field Oxide, TFO*);

– *n*-МОП транзисторы с заземлённым затвором (*Grounded Gate NMOS Transistor, GGNMOST*);

– устройство защиты на основе тиристорного эффекта (*Silicon-Controlled Rectifier, SCR*);

– устройство, основанное на эффекте смыкания областей пространственного заряда (*Punchthrough-Induced Protection Element, PIPE*);

– диод Зенера (*Zener diode*), защита посредством технологии слабого подлегирования областей стока и истока (*Lightly-Doped Drain, LDD*).

Перечисленные элементы являются основой для разработки более сложных и надежных встроенных схем защиты ИС от воздействия ЭСР.

Необходимость использования специальных схемотехнических и технологических решений, в первую очередь, вызвана уязвимостью тонкого подзатворного окисла входных и выходных КМОП-структур и связанной с ними металлизацией. Это обусловлено снижением глубин залегания переходов, уменьшением толщины подзатворного окисла и толщины разводки. Важно также уменьшить дополнительную нагрузочную емкость защищаемого устройства путем изменения паразитного сопротивления и емкости схемы защиты. Таким образом, по схемотехнической и технологической реализации можно выделить следующие решения [3]:

– совмещение в защитном схеме управляемого диода с низким напряжением защелкивания (*Low-Voltage-Threshold Silicon-Controlled Rectifier, LVT SCR*) и *n*-МОП транзистора с затвором, связанным с контактной площадкой через конденсатор (*Gate-Coupled NMOS, GCNMOS*);

– схема, включающая n -МОП транзистор с заземленным затвором, управляемый латеральным паразитным p - n - p -транзистором (*p-n-p Driven NMOS, PDNMOS*) или элемент «*PDNMOS*»;

– схема, состоящая из n -МОП транзистора с толстым подзатворным окислом, причем карман, в котором этот элемент выполнен, соединен с контактной площадкой через конденсатор (*Well-Coupled Field-Oxide Device, WCFOD*).

В КМОП ИС, наиболее подверженных действию ЭСР, применяются встроенные диодные элементы защиты или элементы защиты из МОП- транзисторов, выполненных на кристалле интегральной схемы в едином технологическом процессе. При проектировании таких схем трудно оценить их поведение при воздействии дестабилизирующих факторов.

Наиболее широкое использование нашли схемы защиты на базе *GGNMOST*, которая заключается в том, что большое напряжение ЭСР, приложенного к контактной площадке, приводит к генерации дырочного тока в области обратносмещенного перехода стока n -МОП транзистора, который течет в подложку. Этот ток повышает локальный потенциал подложки за счет ее сопротивления. При определенном напряжении первого пробоя, поданном на вход, начинает работать паразитный латеральный биполярный n - p - n -транзистор. Под действием напряжения он защелкивается и сразу же начинает работать в низкоомной области. После вступления в низкоомную область ВАХ транзистор начинает проводить большую часть тока стока, не допуская его в защищаемое устройство [3].

Одним из важнейших аспектов работы n -МОП-транзистора во время ЭСР является время его включения. Оно определяется временем пролета базы паразитного биполярного транзистора. При длине канала менее 1 мкм время включения биполярного транзистора составляет менее 250 пс, в то время как время роста ЭСР-стресса по модели тела человека и по машинной модели составляет более 1 нс. Паразитный биполярный транзистор может не включиться при воздействии ЭСР по модели заряженного прибора, время роста импульса которого составляет менее 250 пс.

Список литературы

1. Кечиев, Л.Н. Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л.Н. Кечиев, Е.Д. Пожидаев. М.: Изд. дом «Технологии», 2005. 352 с.
2. Пискун, Г.А. Контроль функционирования микроконтроллеров при воздействии электростатического разряда / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев // Доклады БГУИР. 2012. № 6 (68). С. 12–18.
3. Вонг, Б.П. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр. М.: Техносфера, 2014. – 432 с.

Быковский Сергей Игоревич, студент 4-го курса факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Шинтар Андрей Владимирович, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Научные руководители:

Пискун Геннадий Адамович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

УДК 664.346

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФИЛЬТРАЦИИ МАСЛА В ЗЕЕРНОЙ ЗОНЕ ШНЕКОВОГО МАСЛОПРЕССА

Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Копылов М.В.

DOI: 10.12737/14838

Аннотация. Посредством математического моделирования была рассмотрена фильтрация масла в зерной зоне шнекового маслопресса, получено уравнение позволяющее определить концентрацию масла на выходе.

Ключевые слова: маслопресс, отжим, модель фильтрации.

Для сохранения всех ценных веществ в растительных маслах, полученным методом холодного прессования, необходимо правильно подобрать рациональные параметры для его извлечения.

Рассмотрим общую схему процесса получения масла (рис. 1). Сырье через загрузочную воронку поступает в рабочее пространство шнекового маслопресса, где в области I происходит сжатие сырья с уплотнением мятки, что приводит к выделению масла, которое в области II фильтруется через разделительную перегородку под действием разности давлений в рабочем пространстве и окружающей среде. Отработанный жмых удаляется через специальные каналы [1].

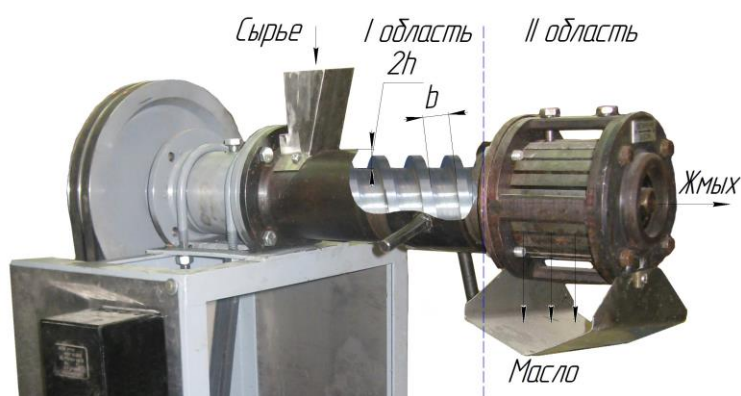


Рисунок 1 – Схема шнекового пресса

Таким образом, рабочую область можно разбить на две последовательные зоны. Задача области I состоит в максимальном увеличении давления в сырье с ограничением температурного режима. Задача области II состоит в максимальном извлечении масла. Хотя в действительности винт червячного пресса вращается, картину течения легче представить, если, наоборот, рассматривать вращающимся вокруг неподвижного шнека его наружный цилиндр (обечайку) [3].

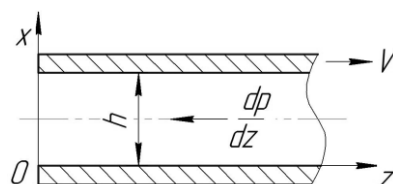


Рисунок 2 – Схема течения в шнековом канале

Если кривизна кольцевого канала невелика, то система эквивалентна течению между параллельными пластинами, одна из которых покоится, а

другая движется со скоростью, равной величине продольной составляющей линейной скорости вращения на периферии цилиндра (рис. 2). Скорость будет иметь направление, противоположное продольному предмету давления dp/dz .

По кривой коэффициента оттока в зависимости от давления в конце шнекового канала выбирается соответствующее значение доли масла в потоке, которая и будет являться начальной концентрацией масла на входе в зону фильтрации C_0 [2]. На рис. 3 вдоль по потоку выделим элементарный объем.

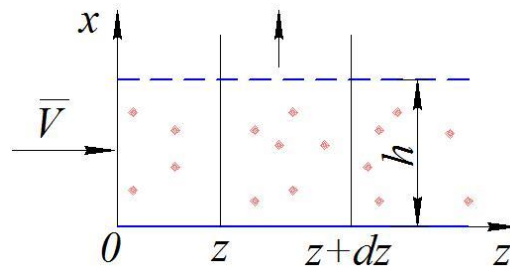


Рисунок 3 – Расчетная схема

Масса масла, поступившего в него за время $d\tau$ через площадь поперечного сечения шнекового канала S есть:

$$m(z) = \bar{v}C(z)Sd\tau \quad (1)$$

масса масла, вышедшего из него с потоком:

$$m(z + dz) = \bar{v}C(z + dz)Sd\tau \quad (2)$$

масса масла, покинувшая зону фильтрации:

$$m_\phi(z) = kC(z)dz \cdot ld\tau \quad (3)$$

где k – коэффициент фильтрации; l – ширина шнекового канала.

Запишем балансовое уравнение для элементарного объема в дифференциальной форме:

$$m(z + dz) - m(z) = m_\phi(z). \quad (4)$$

Подставим (1)-(3) в (4), получим:

$$\bar{v}C(z)Sd\tau - \bar{v}C(z + dz)Sd\tau = kC(z)dz \cdot ld\tau$$

или, т.к.

$$C(z + dz) = \frac{dC(z)}{dz} dz,$$

то:

$$-\bar{v} \frac{dC(z)}{dz} = -kC(z) \frac{l}{S},$$

но $S = h \cdot l$ и поэтому в окончательном виде модель будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{dC(z)}{dz} = -\frac{k}{\bar{v}} \frac{1}{h} C(z); \\ C(0) = C_0. \end{cases} \quad (5)$$

Решение (5) таково:

$$C(z) = C_0 \exp\left(-\frac{k}{\bar{v}} \frac{z}{h}\right) \quad (6)$$

или в безразмерном виде:

$$C(Z) = \exp(-KZ) \quad (7)$$

Найдем безразмерную массовую концентрацию масла на выходе из зоны фильтрации, если ее длина L_ϕ :

$$C(L_\phi) = \exp(-KL_\phi),$$

тогда концентрация отфильтрованного масла:

$$C_\phi = 1 - C(L_\phi).$$

Таким образом, в ходе математического моделирования была получена зависимость, позволяющая определить концентрацию растительного масла на выходе из зоны фильтрации. Полученные уравнения легли в основу системы САПР «Маслопресс», позволяющей проводить расчет конструктивных параметров основных узлов прессующего оборудования.

Список литературы

1. Карташов, Л.П. Параметрический и структурный синтез технологических объектов на основе системного подхода и математического моделирования [Текст] / Л.П. Карташов, Т.М. Зубкова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 225 с.
2. Василенко, В.Н. Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения растительных масел в шнековом маслопрессе [Текст] / В.Н. Василенко, М.В. Копылов // Вестник ВГУИТ, 2012. – № 1. – С. 10-12.
3. Василенко, В.Н. Создание ресурсосберегающей технологии комплексной переработки масличного и зернового сырья [Текст] / В.Н. Василенко, Е.А. Татаренков, М.В. Копылов, Е.В. Бабич // Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2010». В 8т. Т. 5. / Одесс. национ. морской унив. – Одесса, 2010. – С. 5-7.

Василенко Виталий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, РФ

Фролова Лариса Николаевна, кандидат технических наук, докторант кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, РФ

Копылов Максим Васильевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, РФ

УДК 631.312.3(23)

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ ЛАГРАНЖА
ВТОРОГО РОДА**

Велиев Назим Талыб оглы, Велиев Рамиль Назим оглы

DOI: 10.12737/14839

Аннотация. Изучается методика составления выражения для кинетической энергии машинно – тракторного агрегата с ротационным плугом как сложной голономной системы с потенциальными силами. Принято, что кинетическая энергия агрегата складывается из кинетической энергии трактора, плуга и кинетической энергии собственного вращения ротора плуга. При этом масса плуга приведена в точку приведения на оси подвеса, находящимся в сложном движении - в переносном вместе с трактором и в относительном по отношению к трактору. Найдено выражение для абсолютной скорости точки приведения, которая затем использована в выражении кинетической энергии агрегата.

Ключевые слова: движение, агрегат, устойчивость, уравнение Лагранжа, кинетическая энергия, обобщенные координаты, точка приведения.

Исследование движения машинно-тракторных агрегатов имеет большое значение в связи с непрерывным увеличением их мощностей и скоростей, а также попытками автоматизировать технологические процессы.

В основу исследования движения под действием заданных сил мобильных машинно-тракторных агрегатов (МТА), как сложных механических систем положен метод составления уравнений движения.

Для составления уравнений движения в аналитической механике, в основном, используются две формы описания движения несвободных механических систем: лагранжевый и гамильтоновы. Гамильтоновы метод использует обобщенные импульсы и в основном применяется для качественного анализа, т.е. понимания общего характера движения в сложных нелинейных механических системах, чего на наш взгляд недостаточно, хотя этот метод и использует систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Нами использована лагранжевая форма. В лагранжевой механике движение механической системы рассматривается в так называемом конфигурационном пространстве, составленном из независимых обобщенных координат, которые являются чисто абстрактными. Их использование снижает размерность задачи. Уравнения Лагранжа второго рода имеют очень большое значение, особенно для консервативных систем, т.е. голономных систем с потенциальными силами потому, что их вид не зависит от систем координат.

Нами сделана попытка исследовать устойчивость движения машинно-тракторного агрегата с ротационным плугом в продольно-вертикальной и поперечно-вертикальных плоскостях, а также в плоскости параллельной поверхности поля с помощью уравнения Лагранжа второго рода в виде [1]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_{q_i} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i}; \quad i = 1, \dots, k, \quad (1)$$

где t – текущее время;

$i=1, \dots, k$ – число обобщенных координат;

$L = T - V$ - функция Лагранжа (кинетический потенциал системы).

Здесь T – кинетическая, а V - потенциальная энергия агрегата;

q_i - обобщенная координата;

Q_{q_i} - обобщенная сила, соответствующая координате q_i ;

R - функция рассеивания Релея или диссипативная функция.

Учитывая, что $\frac{\partial V}{\partial \dot{q}_i} = 0$ и $\frac{\partial T}{\partial q_i} = 0$, уравнение Лагранжа можно записать в

виде:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial V}{\partial q_i} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i} = Q_{q_i} \quad (2)$$

Как видно из выражения (2) для составления уравнений Лагранжа, необходимо располагать значениями кинетической и потенциальной энергий агрегата, установить функцию рассеивания и значения обобщенных сил, соответствующих выбранным обобщенным координатам.

Вывод выражений для потенциальной энергии и диссипативной функции нами приведены в работах [2,3,4]. В общем случае, кинетическая энергия МТА с ротационным плугом складывается из кинетической энергии трактора, плуга и кинетической энергии собственного вращения ротора плуга:

$$T_a = T_T + T_p + T_r .$$

В свою очередь кинетическая энергия трактора состоит из кинетической энергии поступательно движущихся масс $\frac{M_T v_T^2}{2}$ и кинетической энергии вращающихся масс $\frac{1}{2} (J_\xi \dot{\theta}^2 + J_\eta \dot{\Psi}^2 + J_\zeta \dot{\varphi}^2)$. Тогда, кинетическая энергия агрегата

$$T_a = \frac{1}{2} (M_T v_T^2 + J_\xi \dot{\theta}^2 + J_\eta \dot{\Psi}^2 + J_\zeta \dot{\varphi}^2) + \frac{1}{2} m_{пр} v_M^2 + T_p(\omega) \quad (3)$$

где $m_{пр}$ – приведенная к точке M масса плуга (рис. 1,2,3 и 4);

J_ξ, J_η, J_ζ – моменты инерции трактора относительно осей подвижной системы координат ξ, η, ζ ;

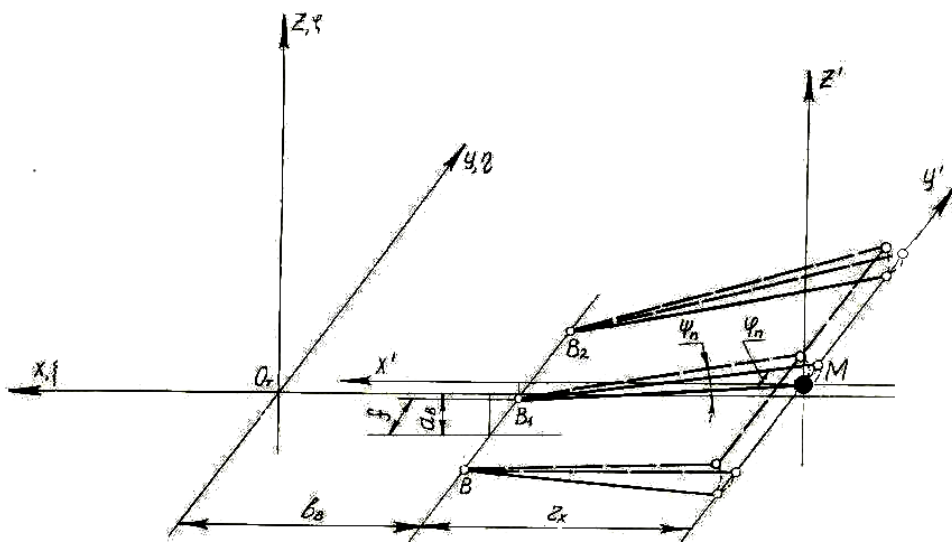
θ, Ψ, φ - углы поворота – обобщенные координаты, которые отсчитываются от соответствующих осей. Более подробно выбор систем

отсчета, обобщенных координат и уравнений связи между подвижными и неподвижными системами отсчета нами приведено в работе [5].

v_M - абсолютная скорость точки M ;

$T_p(\omega)$ - кинетическая энергия собственного вращения ротора плуга относительно оси симметрии. Она не зависит от обобщенных координат, то есть ее производные по обобщенным скоростям будут равны нулю, поэтому ее в уравнении кинетической энергии следует опустить;

v_T - скорость центра масс трактора ($v_T^2 = \dot{y}_T^2 + \dot{z}_T^2$). Где y_T и z_T - линейные координаты центра масс трактора, являющиеся его обобщенными координатами (смотри рисунки).



Выбор точки приведения на оси подвеса плуга обусловлен тем, что эту точку (M) можно считать принадлежащей как трактору, так и плугу.

Рис.1 Схема определения абсолютной скорости точки приведения.

Выразим скорость точки M через обобщенные координаты

$$v_M^2 = \dot{x}_M^2 + \dot{y}_M^2 + \dot{z}_M^2,$$

где $\dot{x}_M, \dot{y}_M, \dot{z}_M$ - проекции скорости точки M .

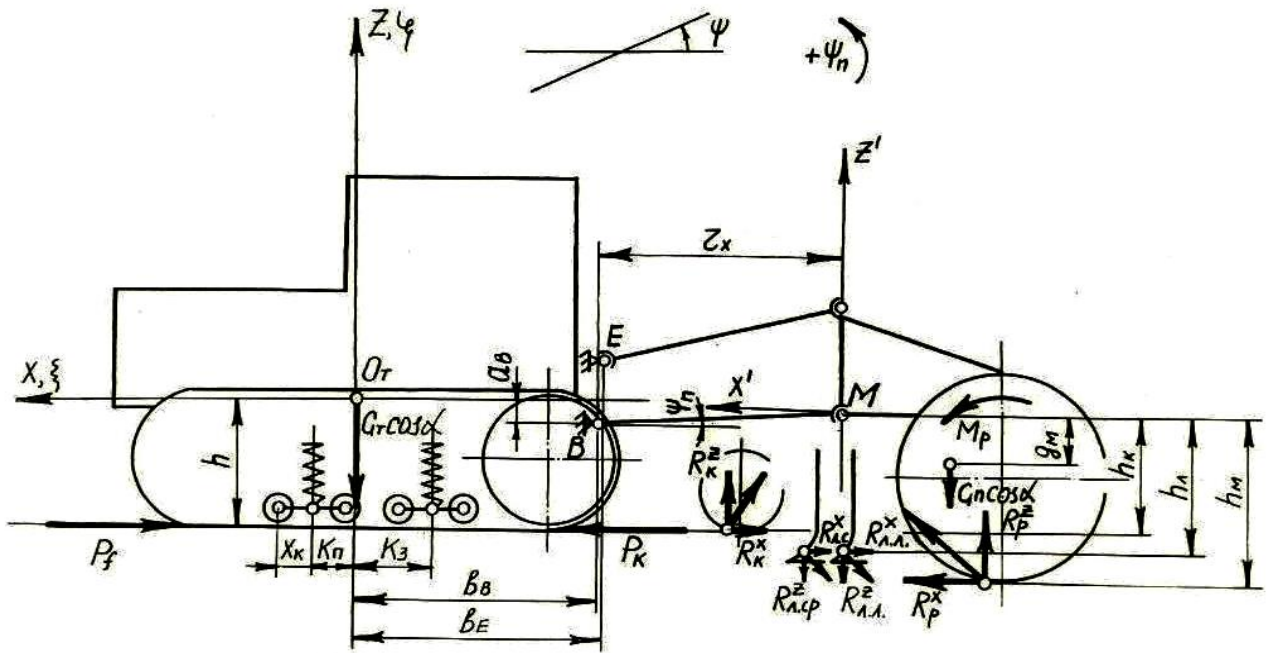


Рис.2 Схема активных сил и моментов, действующих на МТА в продольно-вертикальной плоскости.

Так как точка M находится в сложном движении – в переносном вместе с трактором и в относительном (вращательном по отношению к трактору), то проекции ее скоростей на координатные оси могут быть записаны в следующем виде:

$$\begin{aligned} \dot{x}_M &= \dot{x}_B + \dot{x}_M^B; \\ \dot{y}_M &= \dot{y}_B + \dot{y}_M^B; \\ \dot{z}_M &= \dot{z}_B + \dot{z}_M^B, \end{aligned}$$

где $\dot{x}_B, \dot{y}_B, \dot{z}_B$ – проекции скорости точки B_1 , принадлежащей трактору (для точки M они являются проекциями переносной скорости);

$\dot{x}_M^B, \dot{y}_M^B, \dot{z}_M^B$ – проекции относительной скорости точки в движении вокруг точки B_1 .

Для определения переносной скорости точки B_1 , определим ее координаты:

$$\begin{aligned} \xi_B &= -b_B; \eta_B = f; \zeta_B = -a_B, \quad \text{тогда} \\ \dot{x}_B &= -\eta_B \dot{\phi} + \zeta_B \dot{\Psi} = -f \dot{\phi} - a_B \dot{\Psi}; \\ \dot{y}_B &= \xi_B \dot{\phi} - \zeta_B \dot{\theta} + \dot{y}_T = -b_B \dot{\phi} + a_B \dot{\theta} + \dot{y}_T; \\ \dot{z}_B &= -\xi_B \dot{\Psi} + \eta_B \dot{\theta} + \dot{z}_T = b_B \dot{\Psi} + f \dot{\theta} + \dot{z}_T. \end{aligned}$$

Так как смещение f центра масс трактора ДТ-75К от продольной оси симметрии мало по сравнению с длиной оси подвеса нижних тяг навески, то для упрощения выражения абсолютной скорости точки M принято, что центр масс трактора O_T лежит в плоскости симметрии, то есть $f = 0$, тогда проекции переносной скорости точки B_1 равны:

$$\dot{x}_B = -a_B \dot{\Psi}; \quad \dot{y}_B = -b_B \dot{\phi} + a_B \dot{\theta} + y_T; \quad \dot{z}_B = b_B \dot{\Psi} + \dot{z}_T.$$

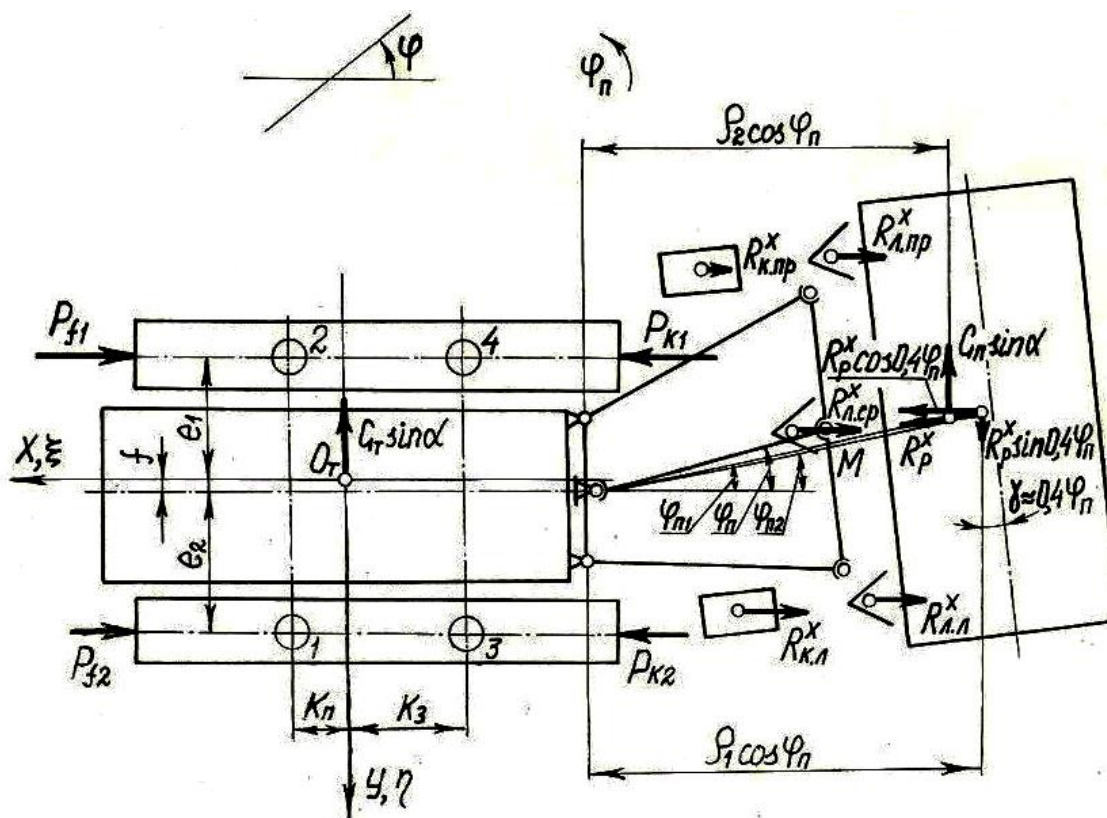
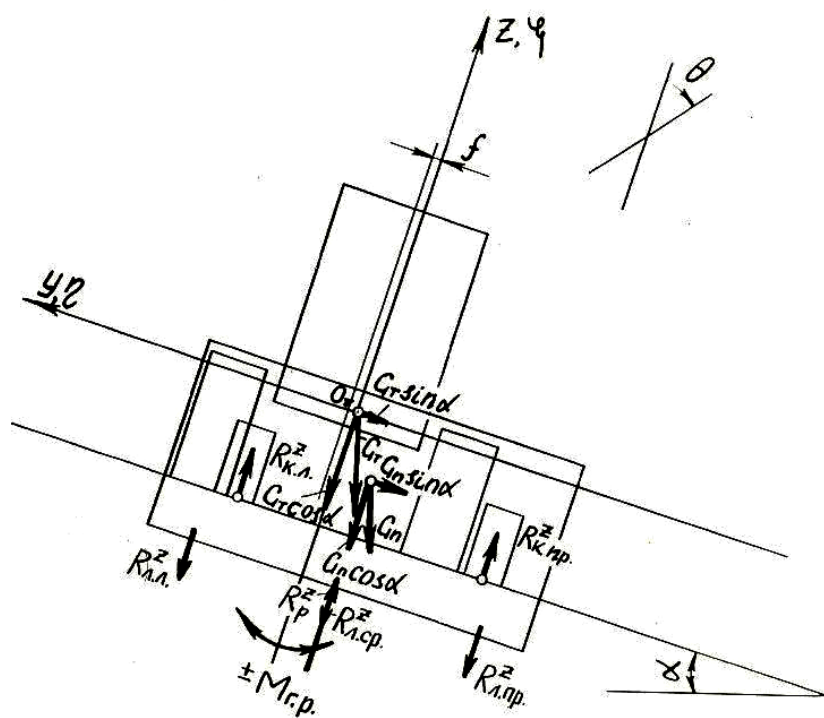


Рис.3 Схема активных сил и моментов, действующих на МТА в плоскости, параллельной поверхности поля

Так как при установившемся режиме работы МТА горизонтальные и вертикальные отклонения тяг навески трактора малы, то с целью упрощения выражения относительной скорости точки M вокруг точки B_1 примем, что проекция тяги навески (r_x) на ось $O_T x$ в процессе ее колебания относительно точки B_1 не изменяется, то есть $r_x = const$. Тогда, зная ее углы отклонения φ_n

и $\dot{\Psi}_\Pi$ соответственно в плоскости параллельной поверхности поля и в продольно-вертикальной плоскости (они же обобщенные координаты плуга) относительную скорость точки M вокруг точки B_1 можно представить в следующем виде: $\dot{x}_M^B \approx 0$; $\dot{y}_M^B \approx -r_x \dot{\varphi}_\Pi$; $\dot{z}_M^B \approx r_x \dot{\Psi}_\Pi$.



Таким образом, абсолютная скорость точки M в проекциях на координатные оси $O_T x, O_T y, O_T z$ примет вид: $\dot{x}_M = -a_B \dot{\Psi}$;
 $\dot{y}_M = -b_B \dot{\varphi} + a_B \dot{\theta} + \dot{y}_T - r_x \dot{\varphi}_\Pi$;
 $\dot{z}_M = b_B \dot{\Psi} + \dot{z}_T + r_x \dot{\Psi}_\Pi$.

Рис.4 Схема активных сил и моментов, действующих на МТА в поперечно-вертикальной плоскости

Окончательно получим:

$$v_M^2 = (b_B^2 + a_B^2) \dot{\Psi}^2 + a_B^2 \dot{\theta}^2 + b_B^2 \dot{\varphi}^2 + r_x^2 \dot{\varphi}_\Pi^2 + r_x^2 \dot{\Psi}_\Pi^2 + \dot{y}_T^2 + \dot{z}_T^2 + 2a_B \dot{y}_T \dot{\theta} - 2a_B b_B \dot{\theta} \dot{\varphi} - 2r_x a_B \dot{\theta} \dot{\varphi}_\Pi - 2b_B \dot{y}_T \dot{\varphi} - 2r_x \dot{y}_T \dot{\varphi}_\Pi + 2r_x b_B \dot{\varphi} \dot{\varphi}_\Pi + 2b_B \dot{z}_T \dot{\Psi} + 2r_x \dot{z}_T \dot{\Psi} + 2r_x b_B \dot{\Psi} \dot{\Psi}_\Pi. \quad (4)$$

Подставив значение абсолютной скорости точки M в выражение кинетической энергии агрегата (3) получим:

$$T_a = \frac{1}{2} (M_T + m_{\text{пп}}) \dot{y}_T^2 + \frac{1}{2} (M_T + m_{\text{пп}}) \dot{z}_T^2 + \frac{1}{2} (a_B^2 m_{\text{пп}} + J_\xi) \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} [(a_B^2 + b_B^2) m_{\text{пп}} + J_\eta] \dot{\Psi}^2 + \frac{1}{2} (b_B^2 m_{\text{пп}} + J_\zeta) \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m_{\text{пп}} r_x^2 (\dot{\varphi}_\Pi^2 + \dot{\Psi}_\Pi^2) + m_{\text{пп}} (a_B \dot{\theta} \dot{y}_T - a_B b_B \dot{\theta} \dot{\varphi} - r_x a_B \dot{\theta} \dot{\varphi}_\Pi - b_B \dot{y}_T \dot{\varphi} - r_x \dot{y}_T \dot{\varphi}_\Pi + r_x b_B \dot{\varphi} \dot{\varphi}_\Pi + b_B \dot{z}_T \dot{\Psi} + r_x \dot{z}_T \dot{\Psi} + r_x b_B \dot{\Psi} \dot{\Psi}_\Pi). \quad (5)$$

Полученное выражение кинетической энергии машинно-тракторного агрегата с ротационным плугом универсально и может быть использовано для любого агрегата с навесным орудием.

Список литературы

1. Айзерман, М.А. Классическая механика. Москва. «Наука». 1974. С. 128 – 129.
2. Veliyev, N.T. Hareketli dinamik sistemin potansiyel enerjisinin tayin edilmesinin bazı problemleri /Geleneksel Erzurum fizik günleri – II, 25 – 28 mayıs/ Erzurum. Türkiye. 2005. С.124.
3. Велиев, Н.Т., Велиев, Р.Н. К вопросу определения потенциальной энергии мобильных технических средств при движении по неровной дороге. /Azərbaycan Texnologiya Universiteti. Научные вести./ Gəncə. 2011. №19-20. С.66 – 71.
4. Велиев, Н.Т. К вопросу вывода диссипативной функции машинно – тракторного агрегата для исследования движения с помощью уравнений Лагранжа второго рода /Национальная академия наук Азербайджана. Гянджинское отделение/ Гянджа. 2013. №52. С.157-161.
5. Велиев, Н.Т., Сулейманов, К.М. К вопросу о выборе систем отсчета для мобильных машинных агрегатов и уравнениях связи между ними. /Azərbaycan Texnologiya Universiteti. XXII elmi konfransının məruzələrinin tezisləri./ Gəncə. 2000. С.66 – 71.

Велиев Назим Талыб оглы, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механика и технологические машины» Азербайджанского технологического университета, г. Гянджа, Азербайджанская Республика

Велиев Рамиль Назим оглы, ассистент кафедры «Автоматика и управление» Азербайджанского технологического университета, г. Гянджа, Азербайджанская Республика

УДК 517, 519.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ ОПОРЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Виштак И. В.

DOI: 10.12737/14840

Аннотация. Определяется давление в тонком газовом слое между двумя коническими поверхностями, которые могут быть как обе гладкие, так и одна из них профилирована глухими продольными канавками. Течение газа принимается изотермическим и при этом предположении рассматриваются уравнения движения, неразрывности, энергии и состояния газа, что позволяет получить дифференциальное уравнение в частных производных для давления газа в тонком слое. Конечной целью расчетов есть определение несущей способности слоя газа.

Ключевые слова: газовая опора, давление, газовый слой, дифференциальное уравнение, несущая способность

Теория опор с газовой смазкой основывается на уравнениях Навье-Стокса (уравнение Рейнольдса) [4, 7, 10, 11]).

Получено уравнения в частных производных второго порядка, которые

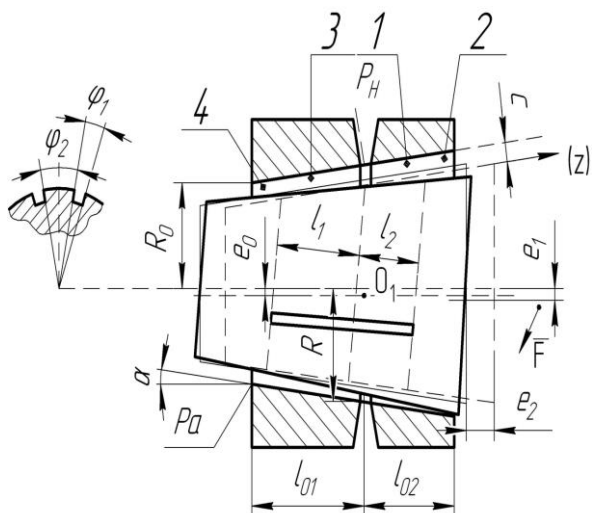


Рисунок 1 – Коническая опора с канавками переменной глубины

позволяют определить изменение давления в тонком газовом изотермическом слое газа между двумя коническими поверхностями, одна из которых профилирована канавками переменной глубины. Уравнение получено на основании уравнения Рейнольдса (1) и предположений о том, что количество канавок достаточно большое и потому можно

проводить расчеты для одной канавки, а результаты применить на всю опору в целом.

$$\frac{\partial}{\partial q_1}(\rho V_1 H_2) + \frac{\partial}{\partial q_2}(\rho V_2 H_1) + \frac{\partial}{\partial q_3}(\rho V_3 H_1 H_2) = 0, \quad (1)$$

где q_1, q_2, q_3 – криволинейные координаты; ρ – плотность газа; P – давление газа в смазочном слое; V_1, V_2, V_3 – проекции скоростей на координатные оси; H_1, H_2, H_3 – коэффициенты Ляме ($H_3 = 1$, т. к. координата q_3 линейная).

Математическая модель конической газовой опоры представлена в виде дифференциального уравнения в частных производных распределения давления газа в рабочих зонах опоры 1-4 (рис. 1).

Первая и третья область газового слоя конической опоры:

$$\chi_i^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial \xi^2} + \chi_1 \lambda t g(\alpha) \left[1 + \frac{3\gamma\chi_1}{\beta_1 h_q} (\psi \alpha_0 - \theta v (v^2 h^2 + \alpha_0) \cos(\varphi)) \right] \frac{\partial u_i}{\partial \xi} + \frac{\lambda \vartheta h^2}{(1 - \alpha)^2 \beta_1 \beta_2} \left[h \frac{\partial^2 u_i}{\partial \varphi^2} + \frac{3(\varepsilon + \theta \xi)}{\beta_2 h_q} \beta_3 \sin(\varphi) \frac{\partial u_i}{\partial \varphi} \right] = 0. \quad (2)$$

где $\lambda = (l_{01} + l_{02}) / (2R_0)$ – относительная длина опоры; $\vartheta = v^2 / \cos^2 \alpha$; α – угол конусности опоры; $v = c / (c + \sigma_0)$ – параметр изменения зазора газового слоя вследствие нанесения канавки; $\chi_1 = \alpha_1 + \lambda \xi t g \alpha$; $h_v = 1 - \zeta - (\varepsilon + \theta \xi) \cos \varphi$ – зазор между гладкими частями поверхности вала и втулки в безразмерных величинах; $\zeta = (e_2 \sin \alpha) / c$ – относительное осевое смещение вала; угол φ отсчитываем от поверхности, которая проходит через оси вала и втулки на участке минимального значения зазора; $\theta = (e_1 \cos \alpha) / c$ – относительный угловой перекося вала; $\varepsilon = (e_0 \cos \alpha) / c$ – относительное радиальное смещение вала; $h_q = 1 - v \zeta + \psi \xi - v(\varepsilon + \theta \xi) \cos \varphi$ – зазор между дном канавки и втулкой опоры в безразмерных величинах; $\xi = (2z \cos \alpha) / (l_{01} + l_{02})$ – относительная лучевая координата; $\beta = \sigma / (c + \sigma_0)$ – параметр изменения глубины канавки по линейному закону; $\alpha_1 = R_1 / R_0$; $\gamma = 1 / (\lambda t g \alpha)$; $h = h_v / h_q$; $\psi = \beta + v - 1$; $\beta_1 = \alpha_0 + v^3 h^3$; $\beta_2 = 1 + \alpha_0 v^3 h^3$; $\beta_3 = 1 + \alpha_0 v^4 h^4$; $\beta_4 = \alpha_0 + v^2 h^2$; $\alpha_0 = \alpha / (1 - \alpha)$; $\alpha = \varphi_1 / (\varphi_1 + \varphi_2)$ – относительная ширина канавки.

Для первой области: $i=1$; $0 \leq \xi \leq \alpha_{22}$; $\alpha_{22} = 2l_2 / (l_{01} + l_{02})$.

Для третьей области: $i=3$; $-\alpha_{11} \leq \xi \leq 0$; $\alpha_{11} = 2l_1 / (l_{01} + l_{02})$.

Вторая и четвертая области газового слоя конической опоры:

$$\chi_i^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial \xi^2} + \chi_1 \lambda t g(\alpha) \left[1 - \frac{3\theta\gamma\chi_1}{h_v} \cos(\varphi) \right] \frac{\partial u_i}{\partial \xi} + \lambda^2 \vartheta \left[\frac{\partial^2 u_i}{\partial \varphi^2} + \frac{3(\varepsilon + \theta \xi)}{h} \sin(\varphi) \frac{\partial u_i}{\partial \varphi} \right] = 0, \quad (3)$$

где $i=2$; $\alpha_{22} \leq \xi \leq \alpha_{02}$; $\alpha_{02} = 2l_{02} / (l_{01} + l_{02})$ – для второй области;

$i=4$; $-\alpha_{10} \leq \xi \leq -\alpha_{11}$; $\alpha_{10} = 2l_{01} / (l_{01} + l_{02})$ – для четвертой области.

Дифференциальные уравнения в частных производных (2) и (3) решались с помощью метода сплайнов [1, 9. 13].

Аппроксимируем функцию квадрата безразмерного давления u_i ($i=1, 2, 3, 4$) по координате ξ кубическими полиномами.

Первая область:

$$u_1 = A_1 + B_1\xi + C_1\xi^2 + D_1\xi^3. \quad (4)$$

Вторая область:

$$u_2 = A_2 + B_2(\xi - \alpha_{22}) + C_1(\xi - \alpha_{22})^2 + D_1(\xi - \alpha_{22})^3. \quad (5)$$

Третья область:

$$u_3 = A_3 + B_3\xi + C_3\xi^2 + D_3\xi^3. \quad (6)$$

Четвертая область:

$$u_4 = A_4 + B_4(\xi + \alpha_{11}) + C_4(\xi + \alpha_{11})^2 + D_4(\xi + \alpha_{11})^3. \quad (7)$$

Методом циклической прогонки находим коэффициенты A_i, B_i, C_i, D_i .

Подставив эти коэффициенты в уравнения (4–7), получаем значения давлений в произвольных точках рабочего газового слоя. Это позволяет определить для конкретных параметров и конфигураций опоры несущую способность и восстановительный момент.

Полученные уравнения в частных производных второго порядка позволяют определить изменение давления в тонком изотермическом слое между двумя коническими поверхностями, одна из которых профилирована продольными канавками переменной глубины. Математические зависимости, полученные в виде дифференциальных уравнений в частных производных, могут быть рекомендованы для практической реализации во время разработки методики расчета новых конструкций шпинделей на газовых опорах и оценки эффективности их характеристик.

Список литературы

1. Бахвалов Н. С. Численные методы. Ч. 1 / Н. С. Бахвалов // – М.: Наука, 1973. – 631 с.
2. Долотов К. С. Математические модели для расчета опор аэростатических шпиндельных узлов / Под. ред. д.т.н., проф. А.В. Пуша // Проектирование технологических машин: Сборник научных трудов. Выпуск 6 – М.: МГТУ «СТАНКИН» – 1997 – С. 100 с ил.

3. Емельянов А. В. Метод корректирующих сплайнов и его приложение к теории газовых подвесов / А. В. Емельянов, А. И. Шевчук // Исследование и применение опор скольжения с газовой смазкой : Всесоюзное координационное совещание, 12 – 14 мая 1983 г.: тезис докл. – Винница, 1983. – С. 47 – 48.

4. Константинеску В. Н. Газовая смазка / В. Н. Константинеску; пер. с рум. под ред. Коровчинского М. В. // М. : Машиноведение – 1968. – 718 с.

5. Самарский А. А. Теория разностных схем для дифференциальных уравнений с обобщенными решениями. Учебник / А. А. Самарский, Р. Д. Лазарев, В. Л. Макаров // М.: Высшая школа, 1987. – 296 с.

6. Типей Н. Подшипники скольжения. Расчет, проектирование, смазка / Н Типей, В. Н. Константинеску, Ника Ап., О. Бице // Бухарест.: Издательство Академии РНР – 1964 – 457 с.

Виштак Инна Викторовна аспирант кафедры Технологии повышения износостойкости Винницкого национального технического университета, г. Винница, Украина

УДК: 621.3.032

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Волков В.С., Французов М.В.

DOI: 10.12737/14841

Аннотация. Обосновано применение поликристаллических алмазных пленок алмаза для создания полупроводниковых тензорезистивных датчиков давления. Приведены результаты численного моделирования характеристик балки и круглой плоской мембраны на основе кремния и поликристаллического алмаза.

Ключевые слова: пленка поликристаллического алмаза, чувствительный элемент, полупроводниковый датчик давления.

В современной технике широкое распространение получили полупроводниковые тензорезистивные датчики давления [1 - 4]. Необходимость сохранения высоких метрологических и эксплуатационных

характеристик датчиков t в условиях ужесточающихся требований со стороны внешних воздействующих факторов требует применения новых материалов для изготовления чувствительных элементов (ЧЭ), поэтому актуальной является задача поиска материала, превосходящего кремний по механическим и электрофизическим параметрам [1 – 5].

В первую очередь, к таким материалам относится алмаз, являющийся широкозонным полупроводником с шириной запрещенной зоны 5,4 эВ [6].

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) α поликристаллического алмаза, в диапазоне от 20 °С до 500 °С определяется зависимостью

$$\alpha = 8,19 \cdot 10^{-7} + 1,107 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1,48 \cdot 10^{-11} \cdot T^2 + 1,08 \cdot 10^{-14} \cdot T^3,$$

где T – температура в °С [6].

Зависимость ТКЛР алмаза от температуры представлена на рисунке 1.

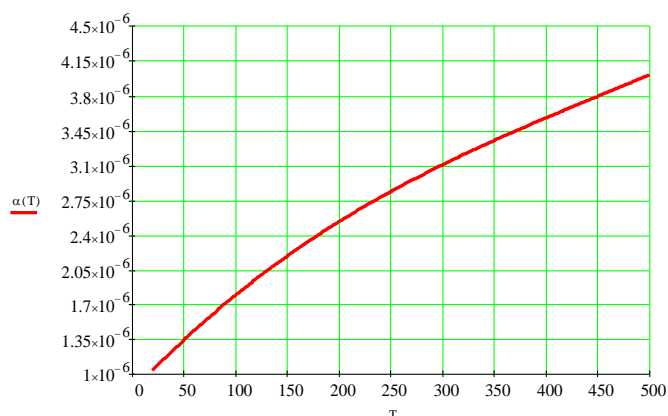


Рисунок 1 – Зависимость ТКЛР алмаза от температуры

Модуль Юнга для поликристаллических алмазных пленок равен 1143 ГПа, при этом он стабилен в диапазоне температур до 750 °С [6].

Современная технология позволяет получать методом CVD поликристаллические алмазные пленки, обладающие целым рядом достоинств по сравнению с кремнием [6].

В настоящее время для исследования и оптимизации характеристик МЭМС-датчиков широко используется математическое и численное (имитационное) моделирование [7]. Для сравнения механических характеристик ЧЭ, изготовленных из кремния и алмаза, было проведено

численное моделирование напряженного состояния. Параметры ЧЭ и материалов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Параметры материалов

	Предел текучести (10^9 Н/м ²)	Модуль Юнга (ГПа)	Плотность (г/см ³)	ТКЛР (10^{-6} /К)
Алмаз	53	1050	3,52	1,0
Кремний	7	190	2,3	2,33

Таблица 2 – Параметры ЧЭ

Тип ЧЭ	Габаритные размеры	Значение нагрузки	Тип нагрузки
Круглая мембрана	Ø 3×0,015 мм	10^3 Па	Давление
Консольная балка квадратного сечения	0,5×0,02×0,02 мм	10^5 Н/м ²	Распределенная по ребру сечения сила

Результаты моделирования представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Результаты моделирования ЧЭ в виде круглой мембраны

Материал	Максимальное полное напряжение, МПа	Максимальное радиальное напряжение σ_r , МПа	Максимальное тангенциальное напряжение σ_ϕ , МПа	Максимальный прогиб, мкм	Максимальная радиальная деформация ϵ_r , 10^{-5}	Максимальная тангенциальная деформация ϵ_ϕ
Кремний	6,8	-8	4	- 1520	$-4,3 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$
Алмаз	7,4	7,8	4	- 270	$-7,4 \times 10^{-6}$	$3,5 \times 10^{-6}$

Таблица 4 - Результаты моделирования ЧЭ в виде консольной балки

Материал	Максимальное полное напряжение, МПа	Максимальное нормальное напряжение, МПа	Максимальный прогиб, мкм	Максимальная деформация
Кремний	13,5	13,5	-670	$7,9 \times 10^{-5}$
Алмаз	14,5	15,1	-118	$1,4 \times 10^{-5}$

На основании результатов моделирования максимальная нагрузка для вышеописанных ЧЭ из условия двукратного запаса прочности для кремния составила $2,5 \cdot 10^7$ Па, для алмаза $1,5 \cdot 10^8$ Па.

Следовательно, результаты моделирования подтверждают перспективность использования поликристаллических алмазных пленок для создания ЧЭ датчиков давления с улучшенными характеристиками.

Список литературы

1. Баринов И.Н., Цыпин Б.В. Состояние разработок и тенденции развития высокотемпературных тензорезистивных датчиков давлений на основе карбида кремния // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.–2010.–

№11.–С. 50-60.

2. Баринов И.Н. Разработка высокотемпературных полупроводниковых датчиков давления / Мокров Е.А. Баринов И.Н. // Приборы.–2008.– №11.– С. 8-13.

3. Баринов И.Н. Высокотемпературные тензорезистивные датчики давлений на основе карбида кремния. Состояние разработок и тенденции развития // Компоненты и технологии.–2010.–№8.–С. 64-71.

4. Баринов И.Н., Волков В.С., Цыпин Б.В., Евдокимов С.П. Разработка и изготовление микроэлектронных датчиков давления для особо жестких условий эксплуатации // Датчики и системы. – 2014. - № 2. – с. 49 – 61.

5. Волков В.С. Снижение температурной зависимости начального выходного сигнала высокотемпературного полупроводникового датчика давления на структуре «поликремний - диэлектрик» // Надежность и качество - 2013: труды международного симпозиума: в 2 т. / под ред. Н.К. Юркова. – Пенза: Изд – во ПГУ, 2013, - 1 т. – с. 75 - 77.

6. CVD Diamond for Electronic Devices and Sensors Edited by Ricardo S. Sussmann, 2009 John Wiley & Sons, L td. ISBN: 978-0-470-06532-7

7. Баринов И.Н., Волков В.С., Кучумов Е.В. Струнный автогенераторный измерительный преобразователь на основе пьезоструктуры // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль., №2. 2014. С.58-65.

8. Кучумов Е.В. Особенности динамики колебаний металлического струнного чувствительного элемента датчика // Измерительная техника, №3. 2011. С. 7-11.

9. Волков В.С., Баринов И.Н. Автоматизация разработки диагностического обеспечения интеллектуальных полупроводниковых датчиков давления // Приборы.- 2009. - № 12. - с. 20 – 26.

10. Волков В.С., Фандеев В.П., Баринов И.Н. Использование информационных технологий для разработки диагностического обеспечения электронных устройств // Технологии приборостроения. - 2006. - № 4. – с. 21 – 23.

11. Волков В.С., Баринов И.Н. Использование системы Simulink при имитационном моделировании высокотемпературных полупроводниковых датчиков давления // Приборы.- 2011. - . № 7. - с. 50 – 55.

12. Волков, В.С. Модели, методы и алгоритмы оптимизации диагностирования приборов.: Учебное пособие / В.П. Фандеев, В.С. Волков - Пенза: Изд-во ПГУ, 2007. – 76 с.

Волков Вадим Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборостроение» факультета приборостроения, информационных технологий и электроники ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет, г. Пенза, РФ

Французов Максим Владимирович, магистрант 1 года обучения автомобильного факультета приборостроения, информационных технологий и электроники ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет, г. Пенза, РФ

Научный руководитель – Волков Вадим Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборостроение» факультета приборостроения, информационных технологий и электроники ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет, г. Пенза, РФ

УДК 628.84:142

МОДЕЛИРОВАНИЕ САУ ПОДОГРЕВОМ И ОХЛАЖДЕНИЕМ ВОЗДУХА ДЛЯ УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Волочко А.В., Червинский В.В.

DOI: 10.12737/14842

Аннотация. Разработана системы автоматического управления для секций нагрева и охлаждения системы промышленного кондиционирования воздуха. Проведены анализ и моделирование процесса нагрева и охлаждения воздуха с учетом параметров помещения.

Ключевые слова: система промышленного кондиционирования воздуха, САУ, математическое моделирование.

Система кондиционирования воздуха представляет собой воздушное отопление и охлаждение, совмещенное с вентиляцией, что создает в помещении вполне удовлетворительный микроклимат.

Разрабатываемая система компенсирует отклонения температуры воздуха в помещении и обеспечивает заданную точность регулирования.

В качестве объекта регулирования взят спортивный комплекс «Кальмиус Арена». Так как проектируемой системы и обслуживаемого помещения не

существует, приняты проектные характеристики помещения, проведен анализ литературных источников и проектов в которых представлены экспериментальные данные по рассматриваемой СКВ в идентичном помещении со схожими параметрами. Для рассматриваемого объекта принят общий вид передаточной функции, описывающий процесс охлаждения и нагрева воздуха:

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{(T^2 p^2 + Tp + 1)}, \quad (1)$$

k - коэффициент усиления секции;

T - постоянная времени объекта;

p - комплексная переменная;

τ - временная задержка.

Данная функция относится и к секции нагрева и к секции охлаждения, так как процессы происходящие в них по своей структуре идентичны. Разница лишь в коэффициенте усиления и времени протекания процесса. С учетом (1) подставим экспериментальные значения в полученные передаточные функции.

Передаточные функции по каналу управления:

Для следующих функций входом является количество подаваемой воды в трубки, а выходом температура в помещении. Эти функции описывают основные каналы управления в системе.

1) для секции подогрева воздуха

$$W(p) = \frac{0,01083e^{-200p}}{3500p^2 + 360p + 1}, \quad (2)$$

2) для секции охлаждения воздуха:

$$W(p) = \frac{0,0175e^{-200p}}{3000p^2 + 310p + 1}, \quad (3)$$

Передаточная функция по каналу возмущения:

Передаточная функция, описывающая взаимосвязь температуры наружного воздуха окружающей среды (контролируемый параметр) и температуры в помещении имеет вид:

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau p}}{T_p p + 1}, \quad (4)$$

С учетом (4) подставим экспериментальные значения в полученную передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{1,15e^{-200p}}{320p + 1}. \quad (5)$$

Моделирование системы автоматического управления секции подогрева воздуха проведено с учетом возмущений. К возмущению относится температура наружного атмосферного воздуха. В качестве регулятора используется ПИ-регулятор. Для компенсации контролируемого возмущения – температуры окружающего воздуха в контур системы внесен компенсатор. Для моделирования используются схемы, построенные в пакете Simulink программного обеспечения Matlab (рис. 1).

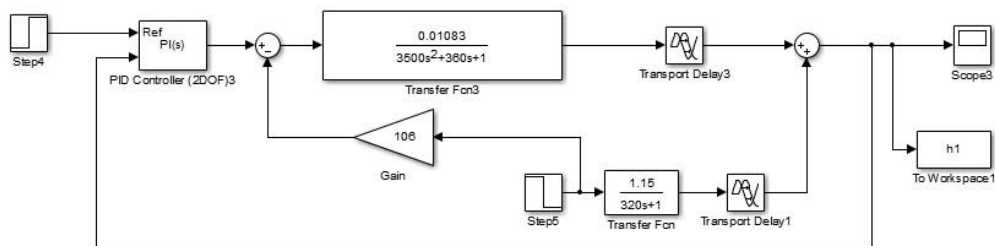


Рисунок 1.1 – Модель САУ секции подогрева воздуха

Результаты моделирования приведены на рис. 2.

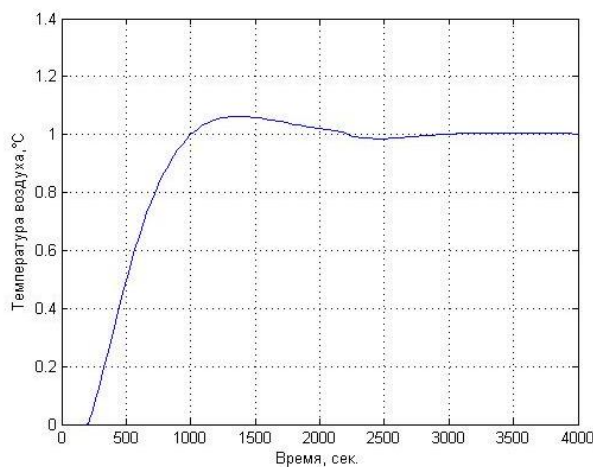


Рисунок 2 - График изменения температуры с приложенным возмущением для секции подогрева

Модель САУ для секции охлаждения выглядит аналогично (рис. 3). Результаты моделирования приведены на рис. 4.

По графикам переходных процессов рис. 3 и 4, можно сделать вывод об удовлетворительном качестве работы САУ как по каналу управления, так и по каналу возмущения. Перерегулирование составляет не более 10%, быстродействие – менее 3 мин, что удовлетворяет требованиям к системе.

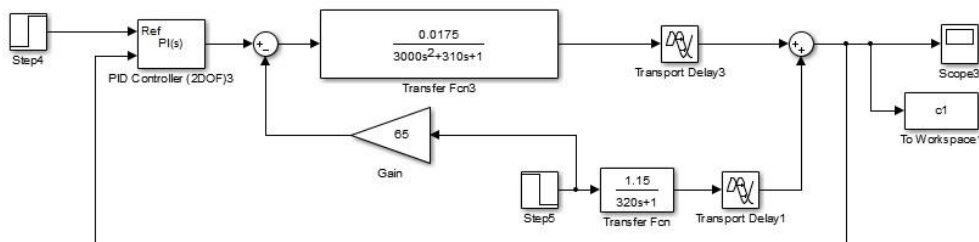


Рисунок 3 - Модель САУ секции охлаждения воздуха

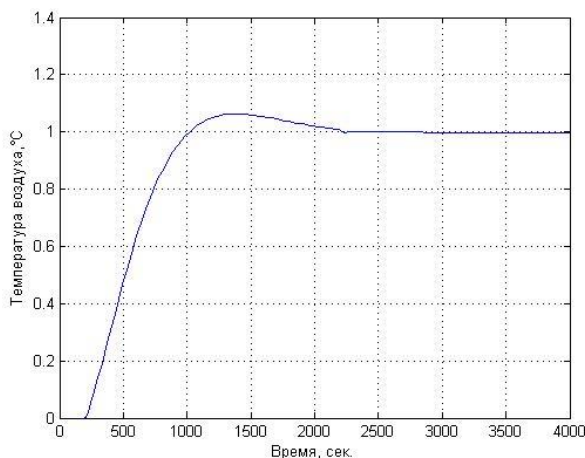


Рисунок 1.4 - График изменения температуры с приложенным возмущением для секции охлаждения

Список литературы

1. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С., Михайлов В.А., Нимич Г.В. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Издательство Аванпост-прим. 2003. - 561 с.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с.
3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 2. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. – 944 с.

Волочко Артем Васильевич, студент 5 курса факультета компьютерных информационных технологий и автоматике Донецкого национального технического университета, г. Донецк, ДНР

Научный руководитель - Червинский Владимир Владимирович,
кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и телекоммуникаций
Донецкого национального технического университета, г. Донецк, ДНР

УДК 658.15:338

ЭКСПРЕСС-МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ БИЗНЕСА

Волынец А.С.

DOI: 10.12737/14843

Аннотация. Рассмотрена экспресс-модель оценки стоимости бизнеса на основе финансовой отчетности. Описан один из распространенных подходов оценки, на его основе проведена оценка стоимости реального предприятия гродненского региона и определены факторы, влияющие на эту стоимость.

Ключевые слова: финансовые активы, оценка стоимости бизнеса, финансовое прогнозирование, движение денежных средств.

Существует множество показателей эффективного управления предприятием: ликвидность, рентабельность, величина прибыли и др. Наряду с этими показателями важную роль играет цена бизнеса, которая является объектом финансового управления и обобщающим результатом деятельности предприятия.

Основной целью работы является построение экспресс-модели стоимости бизнеса предприятия. Объектом исследования выступает предприятие гродненского региона ОАО «Гродно Азот». Предметом исследования является модель экспресс-расчёта стоимости бизнеса.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью использования новых методов управления финансовыми активами для повышения эффективности деятельности предприятий и достижения устойчивой работы в быстро изменяемых условиях рыночной среды.

Не существует однозначных способов расчета стоимости бизнеса. Распространенные способы требуют знания внутренней информации, а такая информация (например, внешним инвесторам) редко доступна. Поэтому

оптимальными упрощенным методом оценки и прогноза является экспресс-метод на базе финансовой отчетности.

Стоимость является сложным и неоднозначным понятием. Стоимость является не фактом, а мнением о ценности собственности в заданный момент времени в соответствии с выбранным видом (определением) стоимости [3, с.6].

Существуют несколько видов (определений) стоимости, используемых в теории и практике оценки: рыночная капитализация; справедливая рыночная стоимость; ликвидационная стоимость; балансовая стоимость и др.

Также выделяют три подхода к оценке стоимости компании: доходный, затратный и сравнительный. При проведении оценки наиболее распространен подход, при котором весь период деятельности компании разбивается на два: прогнозный и постпрогнозный. Факторы (параметры, показатели), определяющие свободный денежный поток на каждый год прогнозного периода, выбираются на основе модели баланса и отчета о прибылях и убытках. В каждый год постпрогнозного периода FCF определяют три фактора: NOPLAT – чистая операционная прибыль за вычетом скорректированных налогов, g – скорость роста прибыли компании за год, ROIC – рентабельность инвестированного капитала. На прогнозный период каждый фактор прогнозируется отдельно. Способ прогноза факторов не фиксируется в модели и может выбираться в каждом случае свой. В течение постпрогнозного периода факторы ROIC и g являются постоянными. Ставка дисконтирования предполагается постоянной в течение всего периода функционирования компании. Способ расчета ставки дисконтирования не определяется в модели. Расчет стоимости проводится на основе данных, полученных в предыдущих четырех пунктах в соответствии с формулой:

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{FCF_i}{(1+r)^i} + \sum_{i=N+1}^{\infty} \frac{FCF_i}{(1+r)^i} = V_1 + V_2, \quad (1)$$

где V_1 – стоимость, создаваемая за прогнозный период, V_2 – стоимость, создаваемая за постпрогнозный период.

Для прогноза денежных потоков используем модель баланса и отчета о прибылях и убытках, представленную в таблице 1. Поместим в таблицу соответствующие данные.

Таблица 1 Исторические данные по балансу и отчету о прибылях и убытках

Статья баланса	Коды строк	31.12.2011 (млн.руб)	31.12.2012 (млн.руб)
Актив			
Внеоборотные активы (FA)	190	5204306	7158305
Оборотные активы (CA)	290	1676987	1593900
Пассив			
Долгосрочные обязательства (LD)	590	556890	181310
Краткосрочные займы и кредиты (SD)	610	133166	318675
Краткосрочные обязательства (CL)	690	1212649	1202939
Кредиторская задолженность и прочие Краткосрочные обязательства (AP)	690-610	1079483	884264
Собственный капитал (EB)	490	511754	6955866
Отчет о прибылях и убытках			
Выручка (R)	10	6029269	8413436
Проценты к уплате (IE)	70	3270918	2178862
Прибыль до налогов (R-C)	160	1023205	623853
Налог на прибыль ((R-C)*α)	170	264556	85460
Чистая прибыль (NI)	210	758376	520955
Затраты (C)	10-140	6028533	8412090

Рассчитаем показатели с помощью электронной таблицы EXCEL.

Результаты расчетов основных показателей приведены в таблице 2.

Таблица 2 Расчеты основных показателей

	Обозначение	Стоимость (млн. руб)
Стоимость, создаваемая за постпрогнозный период	V_1	2274746,4
Стоимость, создаваемая за постпрогнозный период	V_2	2355756,9
Итоговая стоимость	V	4630503,3

Обратим внимание, что стоимость предприятия в прогнозный и постпрогнозный периоды отличается незначительно, что означает малую вероятность повышения стоимости предприятия. Также можно сделать вывод,

что наиболее чувствительным фактором, влияющим на изменение стоимости, является ставка дисконтирования.

Различие результатов оценки стоимости с реальными цифрами может быть обусловлено как не точностью расчетов, так и ограниченным количеством данных финансовой отчетности.

Предложенные расчеты оценки стоимости свидетельствуют, что экспресс-оценка стоимости – это модель, которая позволяет оценить «справедливую» стоимость бизнеса за приемлемое время, а также выделить наиболее существенные факторы, влияющие на стоимость бизнеса. В результате оценки ОАО «Гродно Азот», получена итоговая стоимость и замечено, что вероятность повышения стоимости предприятия на данный момент мала. Кроме того, выявлен наиболее чувствительный фактор, влияющий на изменение стоимости – ставка дисконтирования. На практике экспресс-модель может служить основой для проведения более подробной оценки стоимости.

Список литературы

1. Дранко О.И. Экспресс-модель оценки стоимости бизнеса // Журнал «Проблемы управления». – 2012. – №4. – С.32-37.
2. Сайт ОАО «Гродно Азот». Бухгалтерский баланс. [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: azot.by/pictures/godovoj_otchet.doc. – Дата доступа: 13.11.2014.
3. Хайруллин В. А., Сайфуллина С.Ф., Ривкина Н.Н. Оценка инвестиционного потенциала сектора высокотехнологических компаний Российской федерации // Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. – №4. – С.2-12.

Волынец Анастасия Станиславовна, студентка 4 курса факультета математики и информатики Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

Научный руководитель – Цехан Ольга Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОРЕБРЕННОГО ДВУХТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

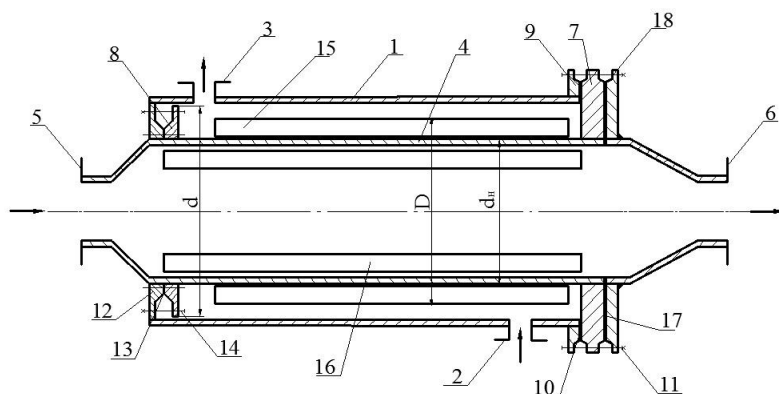
Воротнева С. Б., Голованчиков А. Б.

DOI: 10.12737/14844

Аннотация. Представлена модель двухтрубного теплообменника с оребрением внутренней теплообменной трубы. Оребрение предлагается проводить с помощью тонкостенных гильз с продольной прорезью и продольными ребрами, вырезанными из боковой поверхности гильзы. Проводится оценка влияния оребрения наружной и внутренней теплопередающих поверхностей двухтрубного теплообменника на параметры его работы.

Ключевые слова: двухтрубный теплообменник, оребрение, теплоотдача, тепловая мощность, длина и поверхность теплопередачи.

Опыт моделирования, проектирования и эксплуатации двухтрубных теплообменников показывает, что интенсификацию теплообмена в них можно обеспечить установкой продольных ребер вдоль наружной и внутренней поверхности теплопередающей трубы, причем для упрощения монтажа, обслуживания и ремонта ребра целесообразно изготавливать из материала боковой поверхности гильзы с продольной прорезью. При этом ребра отгибают наружу при установке гильзы на наружную поверхность и внутрь – при установке внутрь теплопередающей центральной трубы [1, 2]. Сам двухтрубный теплообменник также делается разборным [3]. На рисунке 1 изображен общий вид разборного двухтрубного теплообменника со съемными оребренными гильзами, а на рисунке 2 – съемная гильза с ребрами, вырезанными из боковой поверхности и отогнутыми внутрь (а) и наружу (б).



1 – наружная труба; 2, 3, 5, 6 – патрубки; 4 – внутренняя труба; 7, 8, 9, 12,

18 – фланцы; 10, 13, 17 – прокладки; 11 – болты; 14 – шпильки; 15 – гильза с внешними ребрами; 16 – гильза с внутренними ребрами

Рисунок 1 – Общий вид разборного двухтрубного теплообменника со съемными оребренными гильзами



а) с внутренними ребрами; б) с наружными ребрами

Рисунок 2 – Вид гильзы с продольными ребрами в аксонометрии

В типовую математическую модель и алгоритм расчета стандартного двухходового теплообменника при установке на теплопередающие поверхности продольных ребер необходимо внести следующие изменения.

Так как средняя площадь поверхности оребрения m_p снаружи описывается уравнением

$$F_i = F_c + m_p \ell_i h_i, \quad (1)$$

где $F_c = \pi(d_a + \delta_s) \ell_t$ – средняя площадь поверхности неоребренной теплопередающей трубы;

Аналогично для оребрения внутри трубы общая теплопередающая поверхность составит

$$F_a = F_c + m_p \ell_t h_a. \quad (2)$$

Тогда коэффициенты увеличения площадей теплопередающих наружной и внутренней поверхностей составят

$$y_i = 1 + \frac{m_p h_i}{\pi(d_a + \delta_s)}, \quad (3)$$

$$y_a = 1 + \frac{m_p h_a}{\pi(d_a + \delta_s)}. \quad (4)$$

Результаты расчетов показали, что двухсторонняя установка продольных ребер увеличивает удельную тепловую мощность в 2,6 раза, соответственно уменьшает расчетную поверхность и длину двухтрубного теплообменника. Установка шести продольных ребер только на наружной поверхности центральной трубы увеличивает удельную тепловую мощность в 1,9 раза, а такая же установка шести ребер на внутренней поверхности центральной трубы – только на 23%. Это объясняется тем, что лимитирующей стадией является теплоотдача от дымовых газов, так как в типовом расчете коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к отложениям в 2,5 раза меньше коэффициента теплоотдачи от отложений к нагреваемой жидкости.

Таким образом, установка продольных ребер с помощью предлагаемых конструкций съемных гильз (рисунок 2) позволяет в двухтрубном теплообменнике в 2,5 раза увеличить поверхности теплоотдачи на наружной и внутренней поверхностях центральной трубы и уменьшить расчетную поверхность теплопередачи и длину теплообменника более чем в 2 раза.

Список литературы

1. Голованчиков, А. Б. Моделирование гидромеханических и тепломассообменных процессов в аппаратах и реакторах: монография / А. Б. Голованчиков, Н. А. Дулькина, Ю. В. Аристова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – 139 с.

2. П. м. № 155029 Российская Федерация, МПК В 01 J 8/00. Кожухотрубный реактор / А. Б. Голованчиков, С. Б. Воротнева, Б. А. Дулькин, С. Р. Коломиец, Д. Р. Коломиец, А. В. Маринин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ) (RU). – № 2015111290/05; заявл. 27.03.15; опубл. 20.09.15.

3. П. м. № 130379 Российская Федерация, МПК F 28 F 1/00. Теплообменник «труба в трубе» / А. Б. Голованчиков, С. Б. Воротнева, Н. А. Дулькина, Б. А. Дулькин, Л. В. Кетат, Т. А. Кузнецова; заявитель и

патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ) (RU). – № 2013103932/06; заявл. 29.01.13; опубл. 20.07.13.

Воротнева Светлана Борисовна, аспирант кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, РФ

Научный руководитель – Голованчиков Александр Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, РФ

УДК 621.3.049.77

**ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ТОКОВ ПОВЫШЕННОЙ ПЛОТНОСТИ**

Врабий Э.М., Дегалевич Д.А., Пискун Г.А., Алексеев В.Ф.

DOI: 10.12737/14845

Аннотация. Изучаются причины повреждения металлизации интегральных схем (ИС) в условиях воздействия токов повышенной плотности, которые характерны для разрядов статического электричества.

Ключевые слова: повреждение, отказ, металлизация, электродиффузия, надежность, электростатический разряд (ЭСР).

Технологические недостатки металлизации, контактов и внешних выводов в значительной мере объясняют тот факт, что прогнозируемая высокая надежность ИС достаточно трудно реализуема. Стоит отметить, что система внутрисхемных соединений должна исключительно надежно выполнять свои

функции, однако производственно-технологические дефекты могут существенно ограничить возможности металлизации ИС.

Среди различных видов повреждения ИС, вызванных воздействием разрядов статического электричества, особое место принадлежит эффекту расплавления металлизированных дорожек, представляющих собой узкие (шириной в несколько микрон), тонкие (толщиной около 0,5 мкм), протяженные (длиной до 100 мкм) полосы металлизации, напыляемые на поверхность окисных защитных пленок [1, 2].

Из работы [3] известно, что отведение тепла от дорожки осуществляется четырьмя способами: путем конвекции, теплового излучения, теплопередачи вдоль дорожки и теплопередачи в глубину полупроводникового кристалла. Количество тепла, отводимое от металлизированной дорожки в единицу времени, составляет:

- за счет конвекции (в соответствии с формулой Ньютона) (1) [3]:

$$Q_k = \alpha_k S_k (T - T_0), \quad (1)$$

- за счет теплового излучения (по закону Стефана-Больцмана) (2) [3]:

$$Q_{изл} = 4,9\varepsilon \left(\frac{T}{100} \right)^4 S_{изл}, \quad (2)$$

- за счет теплопроводности металлизированной дорожки (в соответствии с законом Фурье) (3) [3]:

$$Q_{Т1} = \frac{8\lambda S}{l} (T_M - T_0). \quad (3)$$

В формулах (1) – (3) используются обозначения α_k – коэффициент теплоотдачи соприкосновением (Вт/(см²×К)); S_k – площадь участвующей в теплообмене поверхности (м²); T , T_0 , T_M – соответственно температура поверхности дорожки, температура окружающей среды и температура дорожки в наиболее разогретом сечении (К); ε – степень черноты лучеиспускающего тела; $S_{изл}$ – площадь излучающей поверхности (м²); λ – коэффициент теплопроводности дорожки (Вт/м×К); l – длина дорожки (м); S – площадь поперечного сечения (м²).

При анализе распределения тепла в системе токоведущих элементов при протекании токов повышенной плотности, вызванных воздействием разрядов статического электричества, стоит учитывать следующее:

- кристалл кремния, обладающий сравнительно небольшим значением теплового сопротивления и значительной тепловой инерционностью, для рассматриваемого процесса по существу представляет собой идеальный теплоотвод;

- металлизированные дорожки характеризуются пренебрежимо малым временем разогрева и могут рассматриваться как мгновенно разогреваемые слои с незначительным тепловым сопротивлением;

- наиболее значительная часть теплового сопротивления сосредоточена в слоях свинцово-силикатного стекла и окисла кремния, причем величина этого сопротивления при протекании через дорожки импульсов разрядного тока существенно зависит от соотношения между постоянной времени разряда и тепловой постоянной времени данных слоев.

На настоящий момент основным путем повышения термической устойчивости металлизированных дорожек к воздействию разрядов статического электричества может служить напыление более толстых и достаточно плотных слоев металлизации из материалов с высокой электропроводностью [3].

К основным видам отказов металлизации, возникающим под влиянием токов повышенной плотности, высоких температур, а также в результате длительного воздействия температурных и электрических нагрузок, следует отнести следующие [3 – 5]:

- обрыв металлизации в результате электродиффузии (электромиграции) металла и выгорания в местах повышенной плотности тока (например, в местах утончения металлической пленки при переходах через ступеньки окисла в полупроводниковых ИС или при изменении конфигурации токоведущих дорожек как в тонкопленочных, так и в полупроводниковых ИС);

- обрыв вследствие химической или электролитической коррозии алюминия при некачественном защитном покрытии и загрязнении поверхности кристалла или подложки ИС;

– короткое замыкание металлизации полупроводниковых ИС через отверстия в окисле или в результате образования «мостиков» между токоведущими дорожками в процессе электролитической коррозии в ИС обоих типов.

В работе [6], в результате проведенного эксперимента выявлено, что наибольшие перепады температуры в результате воздействия разряда статического электричества наблюдаются между такими соседними областями, как: «наружный вывод» / «внутренний вывод» и «внутренний вывод» / «металлизированная дорожка». Перепады температуры на данных участках составляют от 10 К (при напряжении разряда 2 кВ) до 142 К (при напряжении разряда 8 кВ).

Список литературы

1. Онегин, Е.Е. Автоматическая сборка ИС / Е.Е. Онегин, В.А. Зенькович, Л.Г. Битно. Минск: Выш. шк., 1990. 382 с.
2. Парфенов, О.Д. Технология микросхем / О.Д. Парфенов. М.: Высш. шк., 1986. 320 с.
3. Каверзнев, В.А. Статическое электричество в полупроводниковой промышленности / В.А. Каверзнев. М.: Энергия, 1975. 164 с.
4. Физические основы надежности ИС / под ред. Ю.Г.Миллера. М., Сов. радио, 1976, 320 с.
5. Брылева, О.А. Основные механизмы повреждения микроконтроллеров вследствие влияния электростатических разрядов / О.А. Брылева, В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун // Вестник Белорусско-Российского университета. 2013. № 2 (39). С. 130–137.
6. Моделирование распределения температуры в токоведущих элементах интегральных микросхем в результате воздействия электростатических разрядов / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев, В.Л. Ланин, В.Г. Левин // Доклады БГУИР. 2014. № 4 (82). С. 16–22.

Врабий Эдуард Михайлович, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Дегалевич Дмитрий Александрович, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители:

Пискун Геннадий Адамович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

УДК 681.5.015

**СИНТЕЗ ИНВАРИАНТНОЙ СИСТЕМЫ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПО МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

Бу Ань Хиен, Ягодкина Т.В.

DOI: 10.12737/14846

Аннотация: разрабатывается метод построения инвариантной относительно входного возмущающего воздействия системы по модели идентификации и синтез инвариантной системы модального управления.

Ключевые слова: инвариантная система, модальное управление, модель идентификации.

Улучшение качества работы АСУ в условиях действующих возмущений остается важной задачей. Мы рассмотрим случай измеряемых возмущающих воздействий и предложим способ их компенсации в объектах с неизвестной математической моделью.

Рассмотрим для стандартной MISO-системы варианты подхода к проблеме обеспечения инвариантности.

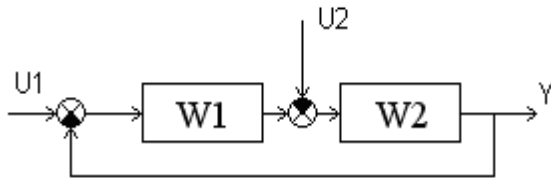


Рис.1. Схема стандартной MISO-системы

Комбинированное управление может быть использовано для уменьшения влияния контролируемого возмущающего воздействия U_2 , приложенного в какой-либо точке системы (рис. 2)

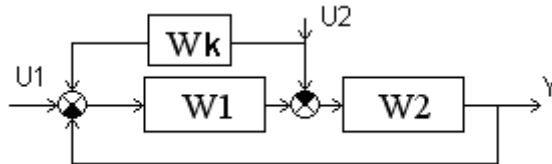


Рис.2. Структурная схема системы с компенсацией

При этом передаточная функция по возмущению:

$$W_{u_2y} = \frac{W_2 - W_k \cdot W_1 \cdot W_2}{1 + W_1 \cdot W_2} \quad (1)$$

Полная инвариантность, то есть независимость системы по отношению к возмущающему воздействию, может быть получена при $W_{u_2y} = 0$, т. е.

$$W_k = \frac{1}{W_1} \quad (2)$$

В случае, когда неизвестны параметры объекта, но получена дискретная модель идентификации системы в пространстве состояний, можно переписать передаточную функцию в соответствии с формулой:

$$W_{(z)} = \frac{Y_{(z)}}{U_{(z)}} = C \cdot (z \cdot I - A)^{-1} \cdot B \quad (3)$$

Получено $Y_{(z)} = W_{11}U_1 - W_{21}U_2$, где W_{11} , W_{21} : - передаточные функции по первому и второму входам.

В общем виде передаточные функции замкнутой системы относительно первого и второго входа имеют вид:

$$W_{11} = \frac{W_1 \cdot W_2}{1 + W_1 \cdot W_2} \quad \text{и} \quad W_{21} = \frac{W_2}{1 + W_1 \cdot W_2} \quad (4)$$

Соответственно, если известны передаточные функции W_{11} и W_{21} , путем деления W_{11} на W_{21} , может быть получена неизвестная передаточная функция W_1 .

$$W_1 = \frac{W_{11}}{W_{21}} \quad (5)$$

После компенсации возмущения, могут быть использованы любые методы модального управления, чтобы рассчитать параметры модального регулятора. В представленной работе используем методику, изложенную в [1].

Таким образом, синтез инвариантной системы модального управления при неизвестных параметрах объекта можно свести к следующим этапам:

1. Проведение структурной и параметрической идентификации объекта. Получение модели идентификации в пространстве состояний.
2. Синтез компенсации в соответствии с формулами (3) и (5).
3. Синтез модального регулятора по методике, изложенной в [1].
4. Моделирование полученного регулятора для объекта.

Для проверки метода, рассмотрим следующую систему, которую реализуем в среде MATLAB/Simulink.

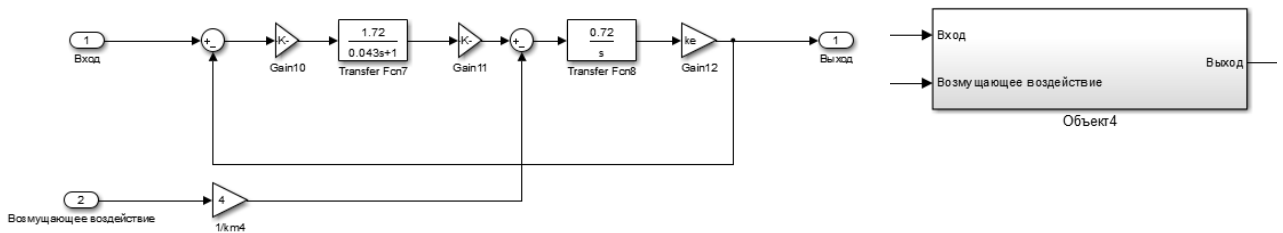


Рис. 3. Следящая система и её созданный блок в Simulink (Matlab)

Для идентификации использовался System Identification Toolbox в среде MATLAB.

Схема моделирования инвариантной системы модального управления показана на рис.4.

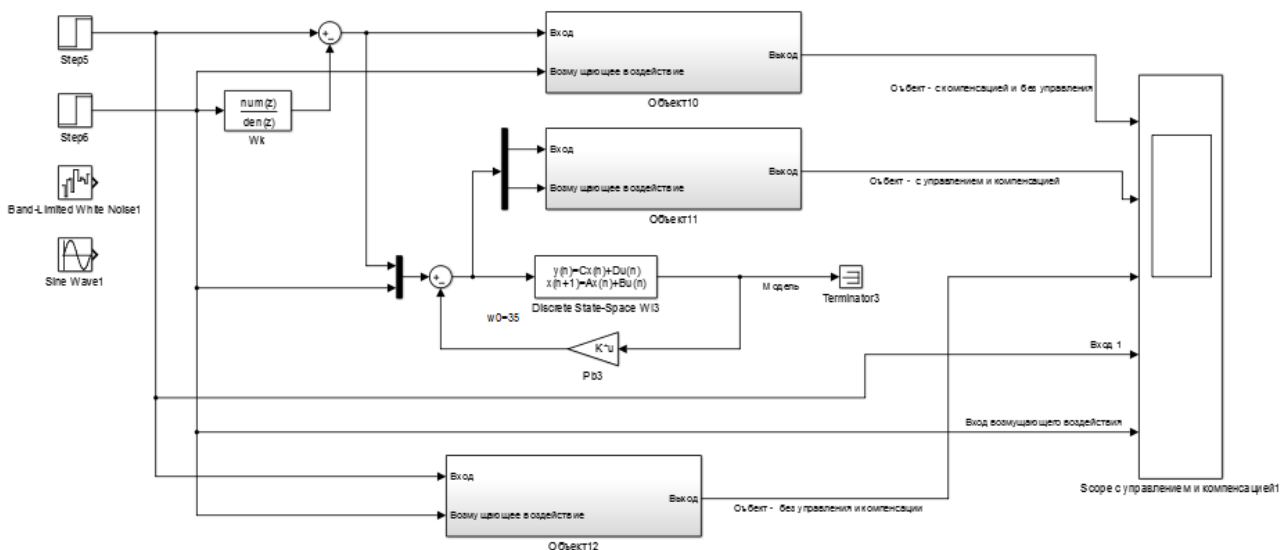
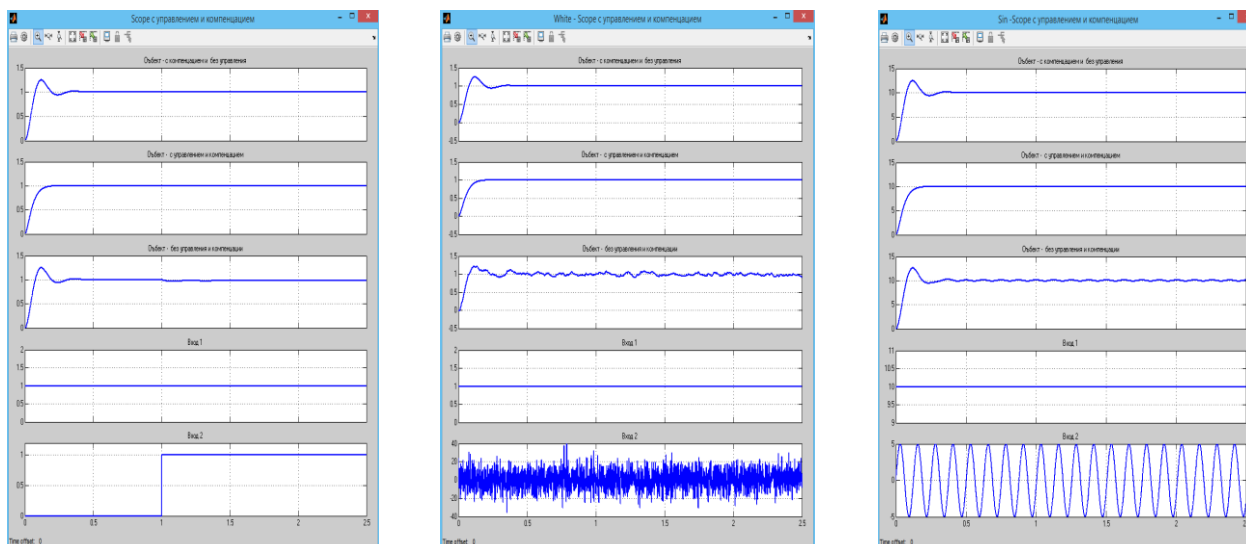


Рис. 4. Схема проверки компенсации и модального управления

Полученные результаты переходного процесса в системе показаны на рис. 5.



а) Скачка

б) Белый шум

в) Синусоида

Рис. 5. График переходного процесса в системе при подаче на вход возмущающего воздействия любых сигналы (с компенсацией и без модального регулятора; с компенсацией и регулятором; без компенсации и без регулятора; сигнал вход 1; сигнал вход возмущающего воздействия)

Выводы: Полученные результаты положительны. Система с компенсацией полностью исключает возмущающее воздействие на входе. В статическом режиме модальный регулятор с компенсацией соответствует стандартам управления. Мы рассмотрим и применяем этот метод для адаптивного управления.

Список литературы

1. Осина А.В., Ягодкина Т.В. Синтез систем модального управления с идентификаторами // Вестник МЭИ.– 2013.– № 2.– С. 109-113

Бу Ань Хиен, аспирант кафедры Управления и Информатики, Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, РФ

Научный руководитель – Ягодкина Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, профессор кафедры Управления и Информатики, Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, РФ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ, ДЛЯ СОБЛЮДЕНИЯ НОРМ ОСВЕЩЕННОСТИ.

Выборнов П.В.

DOI: 10.12737/14847

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с соблюдением норм освещённости, в частности основное внимание уделяется способностям и возможностям датчиков освещенности используемых для выполнения этих задач.

Ключевые слова: датчики, датчики освещения, освещенность, освещенность в помещениях, нормы освещенности, свет, естественный свет, искусственный свет.

Свет оказывает большое влияние на самочувствие людей и играет одну из важных ролей в создании рабочей атмосферы, благоприятной для здоровья. Естественный дневной свет манипулирует нашими природными биоритмами, воздействует на настроение и дает ощущение жизненного благополучия [3]. Однако единственного солнечного света бывает мало, для освещения рабочих мест на заданном уровне требуется хороший искусственный свет. Недостаточная освещенность помещений оказывает негативное влияние на самочувствие сотрудников, отрицательно сказывается на их зрении, а также может привести к высокой утомляемости и малой производительности, в особенности с работой, в которой необходима концентрация внимания и сосредоточенность [4]. Эффективное освещение решает все данные задачи.

Хорошее освещение – это свет высокого качества и комфорт. Освещение необходимо быть достаточно ярким для решения функциональных задач на рабочем месте, но не ослепляющим, чтобы не было зрительного дискомфорта. Помимо, зная о биологическом воздействии света, можно получить дополнительные преимущества, изменяя уровень освещенности рабочих мест [1].

Соблюдение норм освещенности, экономию электроэнергии и объём выбросов углекислого газа можно значительно сократить благодаря системам управления освещением, которая автоматически будет управлять уровнем освещенности в зависимости от количества естественного света и выключаться,

когда в помещении отсутствуют люди с начала и до конца рабочего дня. Использование датчиков освещенности одновременно со светодиодным освещением способно значительно уменьшить расходы на электроэнергию. Установка энергоэффективного освещения в комплексе с системой управления позволит предприятиям соблюдать законодательные нормативы, санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». Нормируется освещенность рабочих поверхностей, показатель дискомфорта М, коэффициент пульсации освещенности Кп. Нормы даются для помещений жилых зданий, административных и вспомогательных зданий министерств и ведомств, комитетов, префектуры, муниципалитетов, конструкторских и проектных организаций, научно-исследовательских, банковских, страховых учреждений, учреждений всех видов образования, предприятий питания, оздоровления и бытового обслуживания, лечебных учреждений [3].

Датчики освещенности — это устройства, предназначенные для включения и выключения световых электроприборов внутри или снаружи помещения. Реагирует индикатор такого типа на изменение яркости света. Хотя принцип работы почти не отличается, подобные устройства значительно отличаются не только дизайном, но и функциональными особенностями [2].

Датчики освещенности бывают «внутренними» и «наружными». Для замера яркости рассеянного света существуют специальные индикаторы непрямого освещения модели «скрытого» и «открытого» монтажа. Самые современные датчики освещенности не предъявляют каких-либо особых требований к установке и позволяют осуществлять монтаж в любом положении. Сенсорный датчик таких устройств остается подвижным (выносным).

Датчики освещенности бывают регулируемые и нерегулируемые по яркости. Есть возможность настроить индикаторы с соответствием своих пожеланий или условий комфортности и безопасности работ в зданиях делает датчик более комфортным в пользовании.

Датчики постоянной освещенности K2110 / K2111 используются для поддержки необходимого значения освещенности в заданном помещении, из-за

изменения мощности искусственного освещения пропорционально уровню естественного света, попадающего в помещение через оконные проёмы. Датчики работают с электронными диммируемыми ЭПРА стандарта 1-10В люминесцентных ламп (ЛЛ) или светодиодных светильников.



Управление производится изменением выходного управляющего напряжения в рамках от 1 до 10В. При достаточном количестве естественного света освещенности в рабочей зоне помещения (обычно на высоте рабочего стола) и нет потребности в искусственном свете – манипулирующее напряжение датчика постепенно уменьшается до 1В. После чего, управляемые с помощью датчика, светильники работают в режиме 2-5% от номинального светового потока, потребление при этом в 6 раз меньше электроэнергии (лл) или в 12 раз меньше (светильники со светодиодами) в среднем.

При недостатке естественного света, датчик K2110 “прибавит” нужное количество искусственного света, чтобы задать нужный уровень освещенности в районе рабочей зоны. Выходное напряжение датчика в режиме регулирования варьируется в пределах от 1 - 10В (при этом режим минимальной мощности, это работа при 1В, а максимальный при 10В).

К одному датчику освещенности возможно подключить от 50 до 100 шт светильников по входу управления 1-10В. Это количество зависит от конструкции входа 1-10В ЭПРА или LED-драйвера, точнее, от их

энергопотребления. Пример, стандартные ЭПРА ЛЛ возможно подсоединить около 50 шт, а LED-драйверов MeanWell - 85 шт.

Датчик монтируется к потолку. Чувствительный элемент обязан направлен вниз.

Датчик имеет подстроечный резистор, благодаря которому возможно задать уровень освещенности в помещении. Эту освещенность датчик соблюдает, увеличивая или уменьшая количество искусственного света в помещении.

Список литературы

1. Безопасность жизнедеятельности в выпускных квалификационных работах студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 (110800) - Агроинженерия - профили подготовки бакалавра "Технические системы в агробизнесе", "Электрооборудование и электротехнологии в АПК", "Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции", "Технический сервис в АПК" / Андрианов А.А. [и др.] ; под общ. ред. В. И. Писарева.— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2014 .— 193 с.

2. Электробезопасность : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 110800 "Агроинженерия" / [В.И. Писарев [и др.] ; Воронеж. гос. аграр. ун-т .— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2013 .— 190 с. : ил. — Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию .— Авторы указаны на обороте титульного листа .— Библиогр.: с. 183 .— ISBN 978-5-7267-0659-7 .— <URL:<http://catalog.vsau.ru/elib/books/b89767.pdf>>.

3. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 110800 "Агроинженерия" / [Е.А. Андрианов [и др.] ; Воронеж. гос. аграр. ун-т .— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2013 .— 365 с. : ил. — Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию .— Авторы указаны на обороте титульного листа и на обложке .— Библиогр.: с. 361 .— ISBN 978-5-7267-0655-9 .— <URL:<http://catalog.vsau.ru/elib/books/b86731.pdf>>.

4. Писарев, В.И. Практикум по оказанию доврачебной помощи и профилактическим мерам : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся

по направлению "Агроинженерия" / В.И. Писарев, А.А. Андрианов, Е.А. Андрианов ; Воронеж. гос. аграр. ун-т .— Воронеж : ВГАУ, 2012 .— 248 с. : ил., табл .— Библиогр.: с. 246 .— ISBN 978-5-7267-0620-7 .— <URL:http://catalog.vsau.ru/elib/books/b79292.pdf

Выборнов Павел Владимирович, магистр 1 курса агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

Научный руководитель – Андрианов Алексей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

УДК 662.614.2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАДИИ ОКИСЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ В ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

Галеев Т.Х., Садртдинов А.Р.

DOI: 10.12737/14848

Аннотация. В работе представлено математическое описание стадии окисления древесной биомассы в газогенераторных установках, позволяющее рассчитать основные режимные параметры процесса на данной стадии.

Ключевые слова: древесная биомассы, плазменный источник тепла, газогенератор, стадия окисления.

Стадия окисления в процессе газификации связана с глубоким превращением вещества, изменением его свойств и в основе своей является химическим процессом. Однако химические превращения протекают не обособленно от реальной физической обстановки, а сопровождаются рядом физических явлений: диффузией исходных веществ и продуктов реакций, передачей тепла, движением газов и т.д. [1]. Таким образом, стадия окисления в газогенераторных установках является сложным физико-химическим

процессом, в котором сочетаются взаимосвязанные химические и физические процессы. Зачастую процесс окисления определяется не скоростью химических реакций, а скоростью протекания чисто физических процессов. Например, при высоких температурах скорость горения углерода определяется скоростью подвода кислорода к поверхности углерода и отвода газообразных продуктов реакции [2].

При рассмотрении стадии окисления, математическое описание сводится к ряду простых математических выражений, в частности определения теоретически необходимого расхода окислителя.

Если принять допущение, что в зоне окисления протекают только гомогенные реакции взаимодействия газовой фазы с окислителем, то тогда расход теоретически необходимого количества окислителя рассчитывается из уравнений материально-теплого баланса [3]

$$\frac{\partial T_{сл}}{\partial \tau} = \sum q_{x.p.} \cdot \kappa_i (C_{i0} - C_i) - w_{nz} \frac{\partial T_{сл}}{\partial x} \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial T_{сл}} = w_{nz} \frac{\partial C_i}{\partial x} - k_i (C_{i0} - C_i) \quad (2)$$

где C_i – концентрация i -го вещества (O_2 , CO_2 , CO , H_2O , C_nH_m), $T_{сл}$ – температура слоя материала.

Зная суммарный расход окислителя можно вычислить, расход газифицирующего агента, а также его тепловой поток необходимый для обеспечения требуемых режимных параметров.

Расход газифицирующего агента подаваемого в газификатор рассчитывается через окислитель (кислород) из условия, что газифицирующий агент состоит из O_2 , H_2 и H_2O в соотношении $45 \div 20 \div 35$. Тепловой поток поступающий вместе с газифицирующим агентом можно рассчитать из закона сохранения энергии [4].

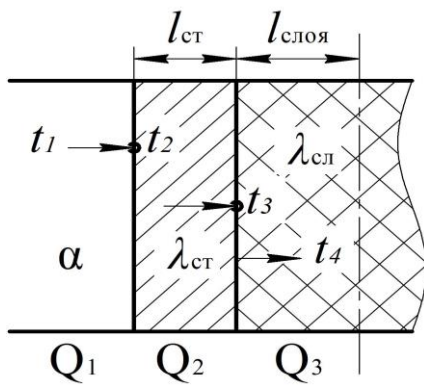


Рисунок 1 - Расчетная схема тепловых потоков

Для наглядности была составлена расчетная схема изображенная на рис.1, согласно которой расчетные уравнения имеют следующий вид.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (3)$$

$$Q = c_{др} \cdot m_{др} \cdot \Delta t \quad (4)$$

$$Q_1 = -\lambda(t_3 - t_4) l_{слоя} \quad (5)$$

$$Q_2 = -\lambda_{ст.}(t_2 - t_3) l_{ст.} \quad (6)$$

$$Q_3 = \alpha(t_1 - t_2) \quad (7)$$

где $c_{др}$ и $m_{др}$ – теплоемкость и масса древесины, λ – коэффициент теплопроводности, t_1 – температура газифицирующего агента, t_2 – температура наружной стенки, t_3 – температура внутренней стенки, t_4 – температура материала.

Методика и цель составления математического описания стадии окисления, моделирующего часть процесса газификации древесной биомассы, является решением системы уравнений, позволяющий определить режимные параметры процесса на стадии окисления.

Список литературы

1. Тунцев, Д.В. Математическое моделирование газификации жидкого продукта контактного пиролиза древесины / Д.В. Тунцев, Р.Г. Сафин, А.М. Касимов, Р.Г. Хисматов, И.С. Романчева, А.С. Савельев // Вестник казанского технологического университета. – 2015. – Т.18. – №6. – С. 168-172.
2. Тимербаев, Н.Ф. Совершенствование технологии переработки древесных отходов в генераторный газ : монография / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин, З.Г. Саттарова. – М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. – 116 с.
3. Исмагилова Л.М. Математическое описание стадии пиролиза с кондуктивным подводом тепла при газификации древесного сырья / Л.М. Исмагилова, А.Р. Садртдинов // Материалы Международной научно-технической конференции «Техника и технологии – мост в будущее». – 2014. – Т.2. – № 5-4 (10-4). – С. 115-119.
4. Зиатдинова, Д.Ф. Извлечение примесей из древесно-волоконистой массы, полученной при обработке лигноцеллюлозного материала высокотемпературным паровзрывным автогидролизом / Д.Ф. Зиатдинова, Р.Г.

Сафин, Д.Б. Просвирников // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. - № 12. – С. 70 – 77.

Галеев Тимур Хамитович, аспирант кафедры «Переработка древесных материалов» ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ

Садртдинов Алмаз Ринатович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Переработка древесных материалов» ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ

УДК 519.62

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУСТОРОННИХ ОЦЕНОК ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Галкин А.В.

DOI: 10.12737/14849

Аннотация. В работе представлена математическая модель инерционного трансформатора вращающего момента (ИТВМ). Моделью являются системы нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений. Представлен алгоритм решения уравнений модели с интервальными параметрами на основе апостериорного построения оценок решения, полученного численным интегрированием методом Рунге-Кутты.

Ключевые слова: инерционный трансформатор вращающего момента, дифференциальные уравнения, интервальный анализ.

Одной из задач математического моделирования является построение модели, отражающей как можно больше свойств исследуемого объекта. Но учесть все не всегда удается, поэтому математические модели могут нести в себе ряд неточностей, возникающих вследствие упрощения модели за счет отброса влияния некоторых факторов, неточного определения ряда параметров моделей и т.п. Так как при исследовании моделей часто применяются

приближенные методы, то и они могут являться причиной появления ошибок. Таким образом, достоверная оценка точности решения является актуальной задачей.

Выделяются два основных подхода оценки точности: использование методов интервального анализа и построение двусторонних оценок [1]. Наиболее удобными для практического использования являются апостериорные методы оценивания решения. Эти методы позволяют получить базовое решение дифференциального уравнения (систем дифференциальных уравнений) с помощью численного метода Рунге-Кутты, например, четвертого порядка точности. Уточнение тоже производится решением дополнительных дифференциальных уравнений (систем дифференциальных уравнений) численным методом Рунге-Кутты такого же порядка точности. Одним из них является метод, основанный на мажорантах Лозинского [1]. Пусть задано дифференциальное уравнение

$$y' = f(x, y), \quad (1)$$

и начальные условия

$$y(x_0) = g. \quad (2)$$

Предположим, известно, что правая часть дифференциального уравнения (1) принадлежит некоторой интервальной функции $f \in \mathbf{f}$, а начальные условия (2) являются интервальными числами $g \in [\underline{g}, \bar{g}]$, заданными своими нижними и верхними границами.

1. Решается уравнение (1) методом Рунге-Кутты четвертого порядка при конкретных значениях параметров на равномерной сетке.

2. По полученным значениям решений в узлах сетки строятся эрмитовы сплайны третьей степени s . Определяется функция $\varphi(x, s) = f(x, s) - \frac{ds}{dx}$.

3. Строятся и численно решаются два дифференциальных уравнения

$$\frac{du}{dx} = Wu + 1, \quad u(x_0) = 0; \quad \frac{dv}{dx} = Wv, \quad v(x_0) = z, \quad \text{где элементы матрицы } W$$

определяются следующим образом: $W_{ii} = \frac{\partial f_i}{\partial y_i}(x, s)$ и $W_{ij} = \left| \frac{\partial f_i}{\partial y_j}(x, s) \right|$, $i \neq j$,

$$z = \frac{\bar{g} - g}{2}.$$

4. Строятся эрмитовы сплайны $s^{(1)}$ и $s^{(2)}$ для полученных на третьем шаге решений u и v вспомогательных дифференциальных уравнений. Решение системы (1) с интервальными параметрами записывается в виде $y = s + [-1;1]s^{(2)} + \mathbf{a}s^{(1)}$, где $\mathbf{a} = [-a, a]$ – некоторая интервальная константа.

5. На последнем шаге определяется значение константы \mathbf{a} . Для этого вводятся интервальные функции $\frac{\partial f}{\partial y}(x, \theta) \in f_y(x, [\underline{\theta}; \bar{\theta}]) = [\underline{f}_y; \bar{f}_y]$ путем интервального расширения [2]. С использованием констант δ определяются величины $r = s + [-1;1]s^{(2)} + [-\delta; \delta]s^{(1)}$. Далее определяются величины

$$\tilde{f}_{y,i,j}(t) = \max(|\underline{f}_{y,i,j}(x, r)|, |\bar{f}_{y,i,j}(x, r)|),$$

$$\Phi_i(t) = \max(|\underline{\phi}_i(x, s)|, |\bar{\phi}_i(x, s)|) - ds_i^{(2)}(x)/dt + \sum_{j=1}^m \tilde{f}_{y,i,j}(x)s_i^{(2)}(x),$$

$$\Psi_i(t) = ds_i^{(1)}(x)/dx - \sum_{j=1}^m \tilde{f}_{y,i,j}(x)s_i^{(1)}(x).$$

Значение величины \mathbf{a} определяется по формуле $a = \max_{i=1, \dots, m} (\Phi_i(x)/\Psi_i(x), 0)$.

Рассмотрим применение приведенного алгоритма к моделированию рабочего процесса ИТВМ. Работа инерционного трансформатора имеет циклический характер. В течение цикла выделяются четыре участка, на которых дифференциальные уравнения движения не меняются. Математической моделью ИТВМ являются системы дифференциальных уравнений, описывающих движение ведущего маховика, реактора и ведомого маховика на каждом участке цикла [3].

Система дифференциальных уравнений, описывающих рабочий процесс ИТВМ, на участке разгона реактора имеет вид (4).

$$\begin{cases} B_1(\psi)\dot{\varphi}_{21} + B_2(\psi)\dot{\varphi}_{22} - B_4(\psi)(\dot{\varphi}_{21} - \dot{\varphi}_{22})^2 + B_6(\psi)\dot{\varphi}_{22}^2 = M_D; \\ B_2(\psi)\dot{\varphi}_{21} + B_3\dot{\varphi}_{22} - B_6\dot{\varphi}_{21}^2 = 0; \\ J_{II}\ddot{\varphi}_1 = -M_C. \end{cases} \quad (4)$$

Ряд параметров модели измеряются с погрешностями, то есть их истинные значения лежат в интервалах, определяемых погрешностями средств измерений. Решением таких интервальных уравнений тоже будут являться интервалы $[\underline{\varphi}_i, \overline{\varphi}_i]$. Результаты решения системы (4) приведенным алгоритмом представлены на рисунках 1, 2. Значения, полученные методом Рунге-Кутты, а также верхние и нижние границы угловых скоростей для некоторых узлов представлены в таблице 1.

Аналогично получаем решения систем дифференциальных уравнений, описывающих рабочий процесс ИТВМ на остальных трех участках.

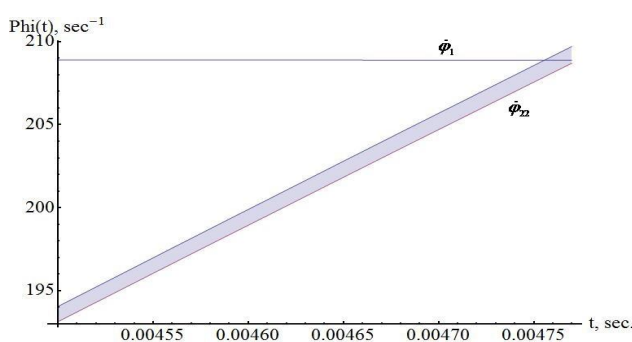


Рисунок 1 – Графики изменения угловых скоростей реактора и ведомого звена на участке разгона реактора

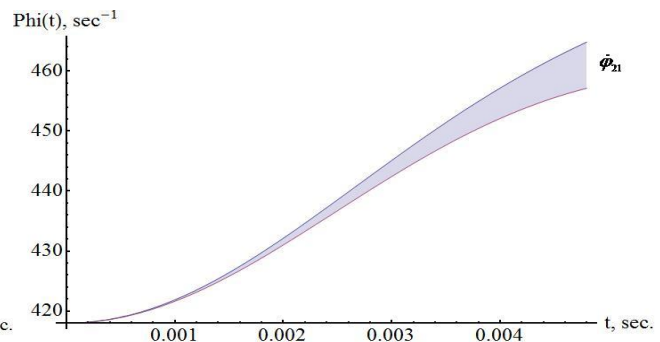


Рисунок 2 – График изменения угловой скорости ведущего звена

Таблица 1 – Значения угловых скоростей

t, сек	$\dot{\varphi}_{21}$, сек ⁻¹	$\overline{\varphi}_{21}$, сек ⁻¹	$\underline{\varphi}_{21}$, сек ⁻¹	$\dot{\varphi}_{22}$, сек ⁻¹	$\overline{\varphi}_{22}$, сек ⁻¹	$\underline{\varphi}_{22}$, сек ⁻¹
0,0005	418.946	418.981	418.91	2,95969	2.96674	2.95263
0,001	421.744	421.883	421.605	12.8021	12.8291	12.7751
0,0015	426.101	426.416	425.786	28.9009	28.9602	28.8415
0,002	431.569	432.137	431.001	50.2718	50.3754	50.1682
0,0025	437.626	438.533	436.719	75.708	75.8666	75.5495
0,003	443.757	445.097	442.417	103.923	104.146	103.7
0,0035	449.528	451.405	447.651	133.677	133.973	133.381
0,004	454.625	457.156	452.094	163.869	164.243	163.494
0,0045	458.873	462.187	455.558	193.592	194.05	193.134

Таким образом, получены интервальные оценки для решения уравнений, описывающих рабочий процесс инерционного трансформатора.

Список литературы

1. Добронез, Б.С. Интервальная математика [Текст] / Б.С. Добронез. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2004. – 216 с.
2. Шарый, С.П. Конечномерный интервальный анализ [Электронный ресурс] / С.П. Шарый. – Институт вычислительных технологий СО РАН, 2012. – 603 с. URL: <http://www.nsc.ru/interval> (дата обращения 12.12.2012).
3. Галкин, А.В. Математическое моделирование и оптимизация рабочего процесса инерционного трансформатора вращающего момента [Текст] / А.В. Галкин // Системы управления и информационные технологии – 2008. – 1.3(31) – С. 345-349.

Галкин Александр Васильевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой прикладной математики Липецкого государственного технического университета, г. Липецк, РФ

УДК 674.093.2-413.84

ОЦЕНКА ЛЕСОПИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ПО РЯДУ КРИТЕРИЕВ

Ганапольский С. Г., Шипин А.И.

DOI: 10.12737/14850

Аннотация. Проведен сравнительный анализ лесопильных линий. Лесопильные линии были разделены по типу головного оборудования и оценивались по наиболее важным критериям: производительность, качество получаемых пиломатериалов (средняя шероховатость), занимаемая площадь, необходимость установки дополнительного оборудования. Используя полученные данные можно произвести выбор линии по наиболее важному критерию для конкретных условий.

Ключевые слова: лесопильные линии, фрезерно-брусующие, круглопильные, ленточнопильные станки, лесопильные рамы, производительность, качество обработанной поверхности, занимаемая площадь.

На современном этапе развития промышленности России, в частности Кировской области, необходимо увеличение удельного веса деревообработки. Данное требование может быть реализовано применением передовых машин и технологий в деревообрабатывающей промышленности. Кроме того, оно обеспечивается внушительными запасами сырья (общий запас древесины по Кировской области составляет 1210,6 млн. м³).

Одним из основополагающих факторов, влияющих на развитие деревообрабатывающей промышленности и лесопромышленного комплекса в целом, является оптимальность структурно-технологических схем лесопильных потоков, применяемых на предприятиях различных мощностей и назначения.

Решающим критерием при выборе конкретного оборудования, способного обеспечить выполнение технических требований к изготавливаемой продукции, служит экономичность процесса обработки. При этом производительность является основополагающим показателем, следовательно, для реализации спроектированной технологии должно быть выбрано самое производительное и эффективное оборудование с учетом реальных условий данного производства.

С целью оптимизации структурно-технологических схем проведен сравнительный анализ линий получения обрезного пиломатериала на базе различных дереворежущих станков. Лесопильные линии были разделены по типу головного оборудования (таблица 1). Линии оценивались по наиболее важным критериям: производительность, качество получаемых пиломатериалов (средняя шероховатость), занимаемая площадь, необходимость установки дополнительного оборудования (окорочные станки, сортировка). Полученные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Классификация линий по типу головного оборудования

Тип головного оборудования	№ линии	Оборудование, входящее в линию
Фрезерно-брусующие	1	Linck VP22 (2 шт), Linck VP (2 шт), Linck DV, Linck МК, Торцовочный станок
	2	Термит 150 ФП, Термит 150 МП, Термит 150 ГО, Торцовочный станок
	3	АРКОС – 658С, АРКОС – 655С, Торцовочный станок
Круглопильное	4	Буреус 360, Фаворит – 200, ДКО – 55, Торцовочный станок
	5	БАРС, Торцовочный станок
	6	УН 500, Торцовочный станок
Ленточнопильное	7	Гравитон МЛК, Гравитон СПГ, Гравитон СКО, Торцовочный станок
	8	ТехАрсенал ТА4DUNH, HGD2M – 250, НУМУ – 400, НУ2G – 120, Торцовочный станок
Лесопильные рамы	9	Рама 2Р75 – 1, Рама 2Р75 – 2, Ц2Д – 5А, Торцовочный станок

Таблица 2 – Данные лесопильных линий по различным критериям

№ линии	Производительность “Q”, м ³ /2 смены	Качество получаемого пиломатериала (средняя шероховатость) “R _{m max} ”, МКМ	Занимаемая площадь “S”, м ²	Необходимость установки	
				Сортировочной линии «ОС»	окорочного станка «ОС»
1	430,0	700	1728	Да	Да
2	68,2	600	540	Да	Нет
3	57,0	700	432	Да	Нет
4	261,2	500	1080	Да	Да
5	31,4	500	360	Нет	Нет
6	24,2	500	360	Нет	Нет
7	131,9	750	576	Да	Да
8	91,4	600	1080	Нет	Да
9	69,4	650	1440	Да	Да

По результатам технологических расчетов и экспертных оценок были получены рабочие и комплексные значения критериев. Данные для сравнения структурно-технологических схем приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения критериев оценки

Критерии оценки	Размерность	Вес критерия	Дифференциальная оценка																			
			абсолютные показатели									относительные показатели										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	эталон	1	2	3	4	5	6	7	8	9	эталон
Q	м ³ /2 смены	0,3	430,00	68,20	57,00	261,20	31,40	24,20	131,90	91,40	69,40	430,00	1,00	0,16	0,13	0,61	0,07	0,06	0,31	0,21	0,16	1,00
R _{m max}	МКМ	0,3	700,00	600,00	700,00	500,00	500,00	500,00	750,00	600,00	650,00	500,00	0,71	0,83	0,71	1,00	1,00	1,00	0,67	0,83	0,77	1,00
S	м ²	0,2	1728,0	540,00	432,00	1080,0	360,00	360,00	576,00	1080,0	1440,0	360,00	0,21	0,67	0,83	0,33	1,00	1,00	0,63	0,33	0,25	1,00
OC	балл	0,1	1,00	5,00	5,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	5,00	0,20	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00
СЛ	балл	0,1	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00
Компл. знач.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	0,55	0,54	0,59	0,72	0,72	0,46	0,50	0,37	0,60

Экспертные оценки проводились специалистами, обладающими необходимым уровнем знаний оцениваемой системы и знанием методик проведения экспертизы.

Эксперты оценивали единичные показатели в баллах в виде парных сравнений предпочтительности объектов оценки.

Для численной оценки критериев рассматривались пиловочные бревна длиной 6 м, вершинным диаметром 20 см (порода – сосна, влажность - 60%).

Весовые критерии определялись в зависимости от их приоритета. Комплексные оценки, по численному значению которых производился сравнительный анализ структурно-технологических схем были получены последовательным перемножением относительных показателей и весовых критериев.

Также, для сравнительного анализа, построен лепестковый график (рисунок 1), на радиальных осях которого откладывались относительные показатели критериев оценки. Каждая из радиальных осей, по мере удаления от центра графика показывает степень совершенства структурно-технологической схемы по определенному критерию.

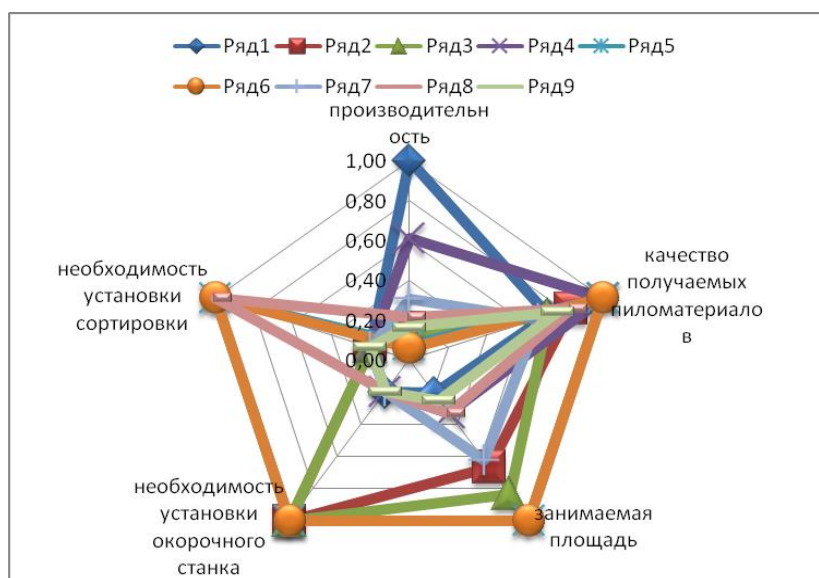


Рисунок 1 - Диаграмма дифференциальной оценки лесопильных линий

Используя данные, полученные в таблице 3 и построенную диаграмму, можно произвести выбор структурно-технологической схемы по наиболее важному критерию для условий конкретного предприятия.

Список литературы

1. Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Технология научных исследований – методы, модели, оценки: Учебное пособие. 2 – е изд. стереотипное. – М.:МГУЛ, 2002. – 390 с.: ил.

Шипин Александр Игоревич, студент 4 курса факультета автоматизации машиностроения Вятского государственного университета, г. Киров, РФ

Научный руководитель – Гананольский Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и технологии деревообработки Вятского государственного университета, г. Киров, РФ

УДК 665.547.562.4

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ДИИЗОПРОПИЛОВОГО ЭФИРА

Гаралиева М. А.

DOI: 10.12737/14851

Аннотация. Приводятся результаты исследования реакции конденсации изопропанола в присутствии цирконийсодержащих цеолитов с целью получения диизопропилового эфира.

Ключевые слова: Оксигенат, пропанол-2, конденсация диизопропиловый эфир, цирконийсодержащий цеолит

Требования к экологическим характеристикам топлив в настоящее время воспринимаются как одно из условий присутствия на международном рынке нефтепродуктов[1]. Для перехода на европейское качество нефтепродуктов необходимо углубить переработку нефти и повысить качество производимых продуктов. Для сравнения – глубина переработки нефти в Европе 85%, в США - 95% в странах СНГ- 60-70% [2-3] За последние годы на большинстве нефтеперерабатывающих заводах достигнуты определенные успехи в увеличении переработки нефти, изменения и усовершенствование ассортимента и улучшении качества нефтепродуктов.

После отказа от применения алкилсвинцовых (ТЭС) антидетонаторов в качестве антидетонационных добавок используются различные оксигенаты (в основном метил третбутиловый эфир), амины, соединения марганца и железа [1-4].

Вовлечение в базовый бензин оксигенатов позволяет отказаться от применения высокотоксичного ТЭС, снизить в бензинах содержание аренов, увеличить коэффициент полезного действия двигателя и уменьшить нагарообразование. Наибольшее применение среди октаноповышающих добавок нашел метил третбутиловый эфир. В 2000 г мировое производство этого продукта составило 30 млн. тонн.

В качестве оксигенатов могут использоваться спирты C_1-C_4 их эфиры а также другие производные содержащие разветвленный атом углерода. Среди этих соединений особое место имеет диизопропиловый эфир так как его сырьевая база намного опережает аналогичный показатель других эфиров. Известно что ресурсы пропилена несколько раз больше чем ресурсы изобутилена и изоамиленов. Кроме того производство диизопропилового эфира. Известно, что ресурсы пропилена несколько раз больше тем ресурсы изобутилена и изоамиленов. Кроме того производство диизопропилового эфира

можно организовать в каждом нефтеперерабатывающем и (или) нефтехимическом заводе.

В нефтехимической промышленности Азербайджана долгие годы успешно действует установка по производству изопропилового спирта. Процесс основан на гидратацию пропилена в присутствии серной кислоты. Полученный 2 пропанол удовлетворяет потребности республики в этой продукции и экспортируется в Российскую Федерацию и республики средней Азии.

В работе приводятся результаты исследования реакции конденсации изопропилового спирта с целью синтеза диизопропилового эфира. Опыты проводили в проточном реакторе с неподвижным слоем катализатора с объемом 10см³. В качестве каталитической системы использованы цирконий содержащие цеолиты. Анализ продуктов реакции проводили хроматографическим методом на приборе Хром-5. В качестве жидкой хроматографической фазы использовали полисорб (PS-1).

Изучено влияние состава цеолитных катализаторов (Zr- силикагель, Zr-H-морденит, ZrCaY и Zr-HZSM) и условий реакции на скорости основной и побочных превращений а также на показатели реакции.

Установлено, что активность катализаторов в синтезе диизопропилового эфира падает в ряду Zr-H-морденит > ZrCaY > Zr-HZSM > Zr- силикагель.

В присутствии исследованных каталитических системах селективность образования диизопропилового эфира на основе пропанола-2 составляет 87-97,0%.

Список литературы

1. Емельянов В.У. Проблемы производства отечественных автомобиль-ных бензинов и пути их решения // Мир нефтепродуктов. 2010, №3,с.10-13
2. Козин В.Г., Солодова Н.Л., Башкирцева Н.Ю., Абдуллин А.И. Современные технологии производства компонентов моторных топлив Казань 2009,328с.
3. Левинбук М.И., Винокуров В.А., Бородочева А.В. Основное направления модернизации нефтеперерабатывающей промышленности России М.: 000 «Макс Пресс» 2008. с.92.

Гаралиева Марям Абдуразаг кызы, студент 4 курса химия и биологического факультета Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

Научный руководитель - Назарова Мушкиназ Кичмирза кызы, доктор философии по химической науке, доцент кафедры Нефтехимии и химической технологии Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

УДК 004.942:669

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДАЧИ ЖИДКОЙ СТАЛИ НА УСТАНОВКАХ МНЛЗ

Гарматенко И.А.

DOI: 10.12737/14852

Аннотация. Рассматривается имитационная модель для исследования поведения системы регулирования уровня металла в кристаллизаторе в различных условиях работы.

Ключевые слова: сталь-ковш, стопор, промковш, кристаллизатор.

Актуальность. Под непрерывной разливкой стали обычно понимают систему технологий и операций, обеспечивающих непрерывный переход жидкой стали, что находится в сталеразливочном ковше, в твердое состояние в виде заготовок определенной геометрической формы. Стабильность процесса непрерывной разливки является одним из главных условий получения высококачественной заготовки. Колебания уровня металла в кристаллизаторе являются причиной значительных нарушений процесса разливки и могут привести к ухудшению качества продукции [1,2].

Цель. Разработка имитационной модели для исследования поведения системы регулирования уровня металла в кристаллизаторе в различных условиях работы.

Математическое описание основных звеньев системы.

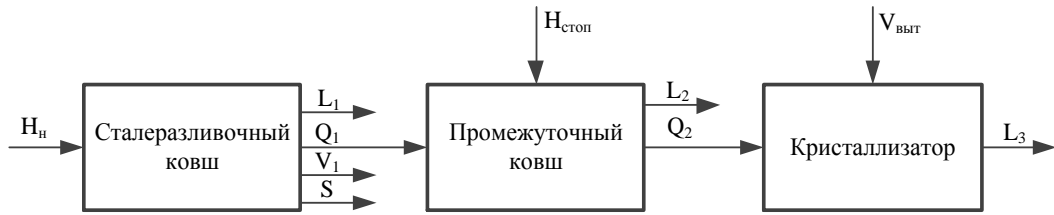


Рисунок 1 - Структурная схема модели

На рис. 1 введены следующие обозначения: H_n – высота налива металла в сталь-ковше, L_1 – уровень металла, Q_1 – расход, V_1 – скорость вытекания металла, S – площадь зеркала металла, Q_2 – расход металла из промковша, L_2 – уровень металла в промковше, L_3 – уровень металла в кристаллизаторе, $H_{\text{стоп}}$ – управляющее воздействие – высота поднятия стопора, $V_{\text{выт}}$ – скорость вытягивания заготовки.

Изменение уровня стали в сталеразливочном ковше при свободном ее истечении через отверстие на дне ковша:

$$\frac{dV_c}{dt} = -Q_1(H_c, t), \quad V_c = S_c(H_c, t) \cdot H_c(t), \quad Q_1(H_c, t) = S_0 \mu (2gH_c(t))^{1/2}, \quad (1)$$

где V_c – объем стали, м^3 ; Q_1 – расход вытекающей стали через отверстие, $\text{м}^3/\text{с}$; μ – коэффициент истечения металла из отверстия, учитывающий трение и скорость; $S_0 = \pi r^2$ – площадь отверстия, м^2 .

$$\frac{dH_c}{dt} = -S_0 \mu S_c(H_c, t)^{-1} (2gH_c(t))^{1/2}. \quad (2)$$

Динамические свойства промежуточного ковша МНЛЗ стопорного типа характеризуются следующим уравнением:

$$\frac{dH_n}{dt} = \frac{Q_1 - Q_2}{\rho F(H_n)}, \quad (3)$$

где H_n – уровень, м; Q_1 – приток металла из сталеразливочного ковша (1), $\text{кг}/\text{с}$; Q_2 – сток металла из промежуточного ковша, $\text{кг}/\text{с}$; ρ – плотность металла, $\text{кг}/\text{м}^3$; $F(h)$ – площадь зеркала металла в промковше, м^2 .

$$F(H_n) = F_m + \alpha H_n, \quad (4)$$

где α – коэффициент геометрии промежуточного ковша, $\text{м}^2/\text{м}$; F_m – площадь дна промежуточно ковша, м^2 .

Расход металла в кристаллизатор [2]:

$$Q_2(t) = S_{доз}(t) \mu \sqrt{2gH_n}, \quad (5)$$

где $S_{доз}(t) = \pi d^2(t)/4$ – текущее значение проходного сечения выходного отверстия дозатора, которое зависит от высоты поднятия стопора, m^2 .

Уровень металла в кристаллизаторе $L_{кр}$ описывается уравнением:

$$S_{кр} \frac{dL_{кр}}{dt} = Q_2(t) - Q_3(t), \quad (6)$$

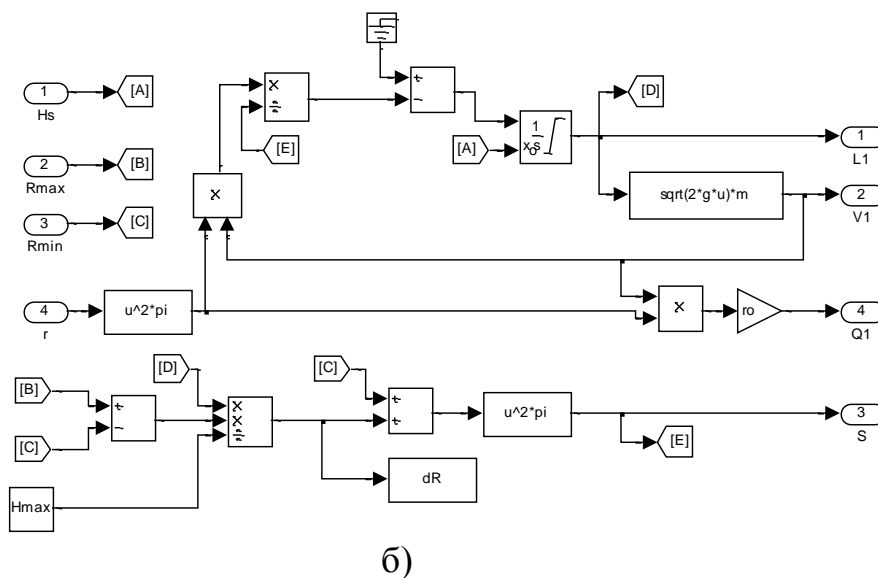
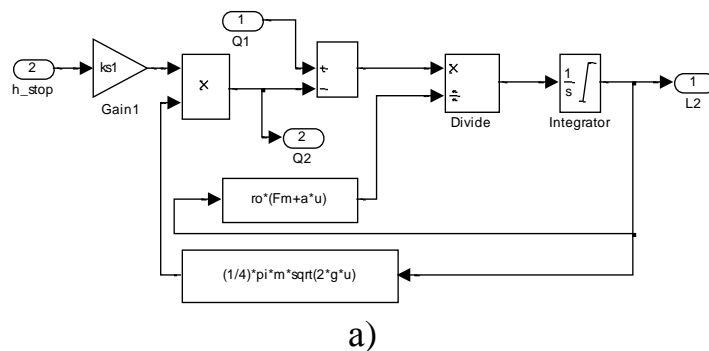
где $S_{кр}$ – площадь сечения кристаллизатора, m^2 .

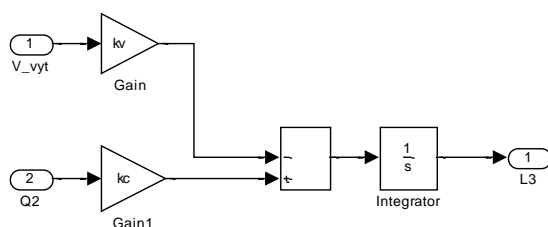
Расход металла из кристаллизатора пропорционален скорости вытягивания заготовки и площади сечения кристаллизатора:

$$Q_3(t) = S_{кр}(t) V_{выт}(t), \quad (7)$$

где $V_{выт}$ – скорость вытягивания заготовки, m/c .

На рис. 2 приведены схемы моделирования в Matlab&Simulink.





в)

Рисунок 2 – Схемы моделирования в Matlab&Simulink:

а – модель промковша; б – модель сталь-ковша; в – модель кристаллизатора

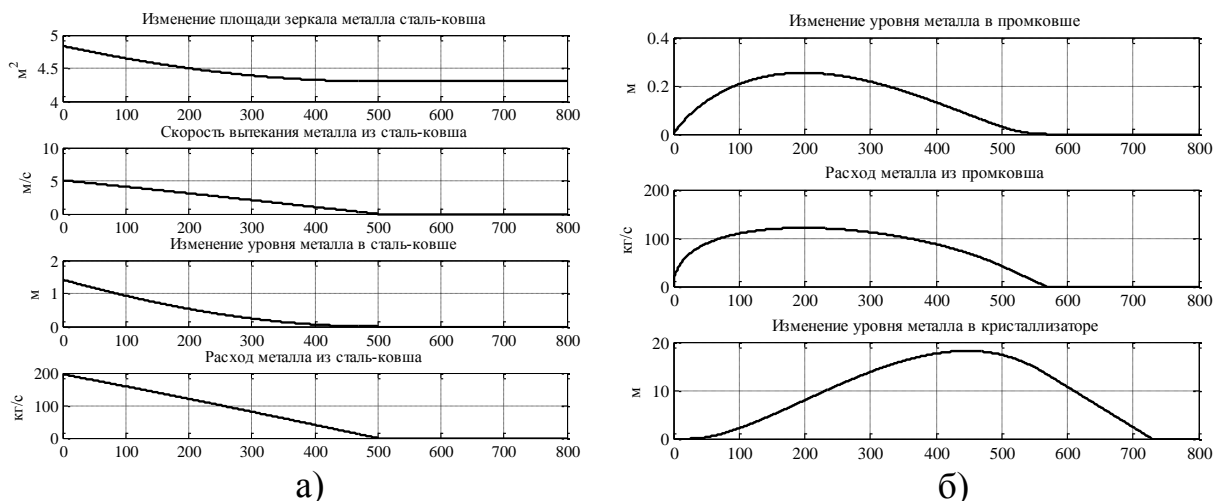


Рисунок 3 – Графики изменения параметров:

а) – сталь-ковша, б) – промежуточного ковша и кристаллизатора.

Выводы. Выполнено математическое описание звеньев системы и разработана имитационная модель в Matlab&Simulink для исследования поведения системы регулирования уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ.

Список литературы

1. Процессы непрерывной разливки: монография / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, А.А. Минаев и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с.
2. Чернышев Н.Н. Компенсация зарастания канала дозирования жидкого металла в системе управления уровнем металла в кристаллизаторе МНЛЗ / Н.Н. Чернышев, О.С. Волуева // Научные труды Донецкого национального технического университета. Вычислительная техника и автоматизация, 2(27). - Донецк: ДонНТУ, 2014. - С. 62-69.

Гарматенко Игорь Александрович, студент 2 курса магистратуры факультета компьютерных информационных технологий и автоматике

Донецкого национального технического университета, г. Красноармейск, Украина

Научный руководитель – Поцпаев Валерий Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики и телекоммуникаций Донецкого национального технического университета, г. Красноармейск, Украина

УДК 666.40.9

ДИНАМИКА ДЛИННОМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВИБРОУПЛОТНИТЕЛЕЙ

Гарнец В.Н., Човнюк Ю.В., Шаленко В.О.

DOI: 10.12737/14853

Аннотация. Совершенствование формовочного оборудования для поверхностного метода уплотнения и уточнения расчетных методик являются актуальными и обоснованными направлениями научно-практической деятельности, позволяющие создавать новые механизмы и оборудования.

Ключевые слова: железобетон, вибрация, формование, уплотнение, среда.

Основной принцип действия бетоноформовочных машин сохраняется и обеспечивается процессами истечения бетонной смеси из раздаточных бункеров, распределения ее в форме и уплотнения смеси при последовательном перемещении БФА вдоль формы или стенда.

Особенности динамического поведения длинномерных конструкций (5...15м) виброуплотнителей заключаются в том, что в процессе формообразования и уплотнения таких железобетонных сооружений как дорожные покрытия, гидротехнические каналы, взлетно-посадочные полосы аэродромов, могут возникать изгибные колебания металлоконструкции рабочих органов. При этом амплитуды собственных колебаний достигают величины соизмеримой или большей с технологически необходимой.

При этом нарушается качество уплотнения, а в самой металлоконструкции возникают напряжения и, соответствующие деформации,

которые приводят к преждевременному выходу их из строя по причинам возникновения и развития усталостных микротрещин в структуре металла [1].

С другой стороны, при этом возникают явления неравномерной обработки слоя бетонной смеси, нарушение физико-механических свойств изделия.

Таким образом, требования к режиму работы с помощью длиномерной конструкции входят в противоречие с эксплуатационными требованиями, снижается их надежность и повышается уровень шума.

Рассмотрим динамику поведения длиномерных виброуплотнительных конструкций (рис. 1).

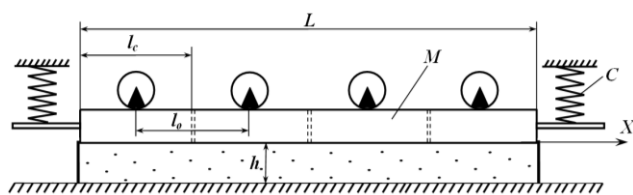


Рис. 1. Расчетная схема длиномерного виброуплотнителя

Модель системы анализируем на завершающей стадии уплотнения при безотрывных колебаниях вибробалки. Исходя из этого можно сделать вывод, что существенно

важным является совершенствование формовочных агрегатов путем создания конструкций, наряду с обеспечением заданных технологических режимов, которые соответствуют требованиям высокой надежности и долговечности в работе.

Для анализа динамического поведения такой конструкции рассмотрим математическую модель системы [2]:

$$\rho^* S \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \mu EI \frac{\partial^5 y}{\partial x^4 \partial t} + h \frac{\partial y}{\partial t} + k_0 y - r^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2} = f(x, t), \quad (1)$$

где y – поперечный изгиб балки, который зависит от продольной координаты x и интенсивности распределенной нагрузки, отнесенной к единице длины балки во времени t ; $\rho = \rho^* S$ – линейная плотность материала балки (ρ^* – истинная плотность материала балки); S – площадь поперечного сечения балки;

EI – жесткость балки при изгибе; μ, h – коэффициенты, характеризующие соответственно вязкие свойства материала балки и основы, на которой лежит балка; k_0 – коэффициент жесткости основания по модели Винклера; r – радиус инерции сечения балки.

Решение (1) состоит из двух частей: 1). $y_1(x, t)$ – решение, которое описывает свободные колебания балки ($f(x, t) \equiv 0$); 2). $y_2(x, t)$ – решение, которое описывает вынужденные колебания балки ($f(x, t) \neq 0$).

Решение $y_1(x, t)$ имеет вид:

$$y_1(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} S_n(t) Y_n(x). \quad (2)$$

Подставивши (2) в (1) при $f(x, t) \equiv 0$ имеем (для n -й гармоники свободных колебаний балки вдоль оси OX):

$$\rho^* S \ddot{S}_n Y_n + E I S_n Y_n^{(IV)} + \mu E I \dot{S}_n Y_n^{(IV)} + h \dot{S}_n Y_n + k_0 S_n Y_n - r^2 \ddot{S}_n Y_n^{(II)} = 0. \quad (3)$$

Считаем, что $S_n = A e^{\lambda_n t}$, с (3) получаем:

$$\frac{\ddot{S}_n}{S_n} + \frac{\dot{S}_n}{S_n} \left[\frac{h + \mu E I \frac{Y_n^{(IV)}}{Y_n}}{\rho^* S - r^2 \frac{Y_n^{(II)}}{Y_n}} \right] + \frac{\left(k_0 + E I \frac{Y_n^{(IV)}}{Y_n} \right)}{\left(\rho^* S - r^2 \frac{Y_n^{(II)}}{Y_n} \right)} = 0. \quad (4)$$

При $\rho^* S \gg r^2 \frac{Y_n^{(II)}}{Y_n}$ с (4) получаем:

$$\lambda_n^2 + \lambda_n [h + \mu E I \alpha \alpha_n^4] + (k_0 + E I \alpha \alpha_n^4) = 0, \quad (5)$$

где $\frac{\dot{S}_n}{S_n} = \lambda_n$, $\frac{\ddot{S}_n}{S_n} = \lambda_n^2$, а $Y_n(x)$ – комбинация функций Крылова; $\frac{Y_n^{(IV)}}{Y_n} = \alpha \alpha_n^4$.

$$y_1(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} S_n(t) Y_n(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \{B_{1n} e^{\lambda_{n1} t} + B_{2n} e^{\lambda_{n2} t}\} Y_n(x), \quad (6)$$

Константы B_{1n}, B_{2n} можно найти из начальных условий задачи. Но, при ненулевых начальных условиях, собственные колебания балки $y_1(x, t)$ быстро затухают, поэтому с течением времени $y_1(x, t) \rightarrow 0$.

Собственные функции $Y_n(x)$ определяем для граничных условий вида:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}; C_0 E I \frac{\partial^3 y}{\partial x^3} = -y; & x = 0; \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}; C_0 E I \frac{\partial^3 y}{\partial x^3} = +y; & x = l, \end{cases} \quad (7)$$

где l – длина балки, а C_0 – податливость амортизаторов.

$$Y_n(x) = C_{1n}\overline{S}_n(x) + C_{2n}\overline{T}_n(x) + C_{3n}\overline{U}_n(x) + C_{4n}\overline{V}_n(x), \quad (8)$$

где $\overline{S}_n(x)$, $\overline{T}_n(x)$, $\overline{U}_n(x)$, $\overline{V}_n(x)$ – функции Крылова:

Выражение для $y_2(x, t)$ имеем, исходя из уравнения (1):

$$y_2(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} G_n(t)Y_n(x). \quad (9)$$

Учитывая ортогональность функций $Y_n(x)$, и подставляя (9) в (1), после интегрирования от 0 до l получаем уравнение для $G_n(t)$ функции:

$$\ddot{G}_n + \dot{G}_n\delta_n + G_n\Omega_n^2 = \tilde{F}_n(t), \quad (11)$$

$$\delta_n = \frac{[\mu EID_n^{(2)} + hD_n^{(1)}]}{[\rho^*SD_n^{(1)} - r^2D_n^{(3)}]}; \quad \Omega_n^2 = \frac{[EID_n^{(2)} + k_0D_n^{(1)}]}{[\rho^*SD_n^{(1)} - r^2D_n^{(3)}]}; \quad \tilde{F}_n(t) = \frac{\int_0^l f(x, t)Y_n(x)dx}{[\rho^*SD_n^{(1)} - r^2D_n^{(3)}]}, \quad (12)$$

где δ_n – коэффициент, характеризующий затухание n -й изгибной моды колебаний балки; Ω_n^2 – квадрат собственной частоты изгибных колебаний балки по n -й изгибной моде пространственных колебаний этой балки.

$$G_n(t) = \frac{1}{\tilde{\Omega}_n} \int_0^t \tilde{F}_n(\tau) \exp\left[-\frac{\delta_n}{2}(t-\tau)\right] \sin[\tilde{\Omega}_n(t-\tau)] d\tau, \quad (13)$$

где $\tilde{\Omega}_n = \sqrt{\Omega_n^2 - \frac{\delta_n^2}{4}}$ – по сути, частота собственных колебаний балки по n -й моде колебаний, с учетом затухания.

Анализ вынужденных колебаний свидетельствует, что в любом сечении виброуплотнителя, в зависимости от частоты и высоты основания, могут возникнуть резонансные усиления колебаний. Исходя из этого, при проектировании длинномерных неразрезных конструкций виброуплотнителей следует учитывать весь комплекс факторов, действующих в системе.

Список литературы

1. Бауман В. А., Быховский И. И. Вибрационные машины и процессы в строительстве “Высшая школа”, М.:1977, 251с
2. Гарнец В. Н., Човнюк Ю. В. Динамический анализ работы поверхностных виброуплотнителей // Изв. Вузов. Сер. Стр-во и архитектура. – 1987. - № 12. – 100-104с.

Гарнец Владимир Николаевич, канд.техн.х наук, профессор кафедры основ профессионального обучения Киевского национального университета строительства и архитектуры, г. Киев, Украина

Човнюк Юрий Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования машин и оборудования Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Шаленко Вадим Олегович, ассистент кафедры основ профессионального обучения Киевского национального университета строительства и архитектуры, г. Киев, Украина

УДК 303.732.

О ФУНКЦИЯХ ПОЛЕЗНОСТИ ПРИ КОНФЛИКТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Глущенко С. В., Агапов В. Е.

DOI: 10.12737/14854

Аннотация. В статье показано, что системные конфликтные взаимодействия оказывают влияние на характеристики функций полезности и функций конфликта.

Ключевые слова: система, конфликт, риск, функция, полезность.

Для самоорганизующейся системы (S) необходимо обладание определенным потенциалом для своего функционирования. Теоретически S может обладать достаточным ресурсом (r) и уровнем организации (o), позволяющими функционировать системе в замкнутом режиме достаточно длительное время. Но, так как ресурсы системы не бесконечны и претерпевают убывание с течением времени, связанное с расходами на обеспечение внутрисистемных связей, то замкнутая система обречена рано или поздно на дезинтеграцию. Следовательно, в ходе своего развития система должна вступать в отношения с другими самоорганизующимися системами, обладающими ресурсами, с целью возобновления затраченных собственных

ресурсов. Такими отношениями могут быть сотрудничество (содействие) или конфликт. Сотрудничество предполагает взаимовыгодный обмен ресурсами по определенным схемам и условиям. В условиях конфликта системы в процессе взаимодействия стремятся завладеть как можно большим количеством ресурса соперника, в то же время пытаясь сберечь как можно больше свой ресурс.

Можно привести часто используемые при анализе функционирования систем виды функций полезности:

1) $u(x) = a+bx$ ($b>0$) - нейтральность к риску.

2) $u(x) = \log_a(x+b)$ ($x > -b$, $a > 1$) - убывающая несклонность к риску.

3) $u(x) = e^{cx}$ ($c>0$)- постоянная несклонность к риску.

4) $u(x) = e^{-cx}$ ($c>0$) - постоянная склонность к риску.

5) $u(x) = F(x) = P(X < x)$, ($u(x) = F(x) = P(X < x_{кр})$, $F(x)$ – функция распределения).

Рассмотрим ситуацию, при которой система S_2 (o_2, r_2) вступает в борьбу с системой S_1 (o_1, r_1) с целью обладания r_1 . В этом случае полезность S_1 снижается, т. е. $q_1(S_1, S_2) < q_1(S_1, \bar{S}_2)$; если система S_1 оказывает противодействие системе S_2 , то соответственно $q_2(S_1, S_2) < q_2(\bar{S}_1, S_2)$, где $q_1(S_1, \bar{S}_2)$ ($q_2(\bar{S}_1, S_2)$) - функция полезности системы S_1 (S_2) до взаимодействия с системой S_2 (S_1), а $q_1(S_1, S_2)$ ($q_2(S_1, S_2)$) - при взаимодействии.

Конфликт со стороны S_2 , направленный на S_1 , можно оценить, определив функцию конфликта

$$c_1(S_1, S_2) = q_1(S_1, \bar{S}_2) - q_1(S_1, S_2).$$

Аналогично можно оценить конфликт со стороны S_1 , направленный на S_2 .

$$c_2(S_1, S_2) = q_2(S_1, \bar{S}_2) - q_2(S_1, S_2).$$

Анализируя $c_1(S_1, S_2)$ и $c_2(S_1, S_2)$ на различных временных интервалах функционирования систем, можно оптимизировать их, развивая конфликт в нужном направлении. Конфликт может усиливаться (причем не исключена его эскалация), ослабевать (вплоть до внезапного его прекращения), поддерживаться в некотором устойчивом состоянии (в этом случае нужно искать ограничения на $c_1(S_1, S_2)$ и $c_2(S_1, S_2)$).

Поведение систем в условиях конфликта зависит от поставленных системами целей до взаимодействия, ресурсов систем и уровней их

организации. Кроме того важнейшим фактором поведения системы является склонность системы к риску или отсутствие таковой. Без ограничения общности будем рассматривать функции полезности систем монотонно – возрастающими. Система считается склонной к риску, если ее функция полезности выпукла вниз, и несклонной к риску, если ее функция полезности выпукла вверх.

Будем считать, что конфликт инициируется одной из сторон, например системой S_2 . В паре “жертва - агрессор” S_1 выступает в качестве “жертвы”, а S_2 – в качестве “агрессора”. Естественно полагать, что система S_2 склонна к риску. Продолжительность и интенсивность ее участия в конфликте зависит от объема собственных ресурсов r_2 , от уровня ее организации o_2 , а также от того, насколько интенсивное противодействие окажет ей система S_1 . Стратегия поведения системы S_1 зависит от объема собственных ресурсов r_1 , от уровня ее организации o_1 , а также от степени склонности к риску.

Рассмотрим ситуацию, когда система S_1 не склонна к риску. В этом случае поведение S_1 можно назвать осторожным, и насколько долго она будет оказывать противодействие системе S_2 зависит в первую очередь от r_1 и o_1 , а также от действий S_2 . Если ресурсы и организация системы S_1 позволяют длительное реагирование на действия системы S_2 , тогда стратегия несклонности к риску системы S_1 может быть оправдана, что в итоге может привести к истощению ресурсов S_2 и ослаблению ее внутрисистемных связей. В последнем случае система S_2 вынуждена будет менять свою стратегию и идти на определенные компромиссы с S_1 с целью разрешения конфликта. В сложившейся ситуации возможны две модели поведения системы S_1 : либо пойти на компромисс с S_2 либо продолжить конфликт. Вторая модель может реализовываться в двух вариантах (подмоделях поведения): продолжение предыдущей стратегии несклонности к риску или эскалация конфликта.

С помощью функции полезности с интервальной нейтральностью к риску можно с любой степенью точности аппроксимировать любую функцию полезности.

Первый вариант вялотекущего конфликта свидетельствует о действиях системы S_1 , направленных на постепенное ослабление потенциала системы S_2 ,

постепенному уменьшению r_2 и ослаблению o_2 . В этом случае кривая функции полезности $q_2(S_1, S_2)$ может пройти свой максимум и войти в стадию убывания (нарушится монотонность). Такая стратегия связана с тем, что S_1 не преследует цели дезинтеграции S_2 , а стремится лишь ослабить ее до определенного уровня и готова проанализировать условия компромисса со стороны системы S_2 с целью разрешения конфликта.

Второй вариант разрешения конфликта предполагает принятие новой стратегии поведения S_1 , коррекции функции полезности $q_1(S_1, S_2)$, в связи с чем ее кривая будет иметь точку перегиба, слева от которой кривая выпукла вверх, а справа – выпукла вниз. Новая стратегия S_1 направлена на дезинтеграцию S_2 с целью овладения ее оставшимся потенциалом и усилением собственного.

Если же система S_1 не обладает потенциалом, позволяющим оказывать противодействие системе S_2 , то она вынуждена со своей стороны предлагать условия компромисса системе S_2 с целью разрешения конфликта. Последняя может либо принять их, если не преследуется цель дезинтеграции S_1 либо отвергнуть их в противном случае. Доминирование S_2 над S_1 усилит потенциал S_2 .

Приведенные рассуждения позволяют рассмотреть постановку задачи анализа конфликта двух саморазвивающихся систем. Для этого необходимо осуществить:

- унификацию ресурсов системы;
- формализацию структуры организации системы;
- формализацию функции полезности;
- формализацию функции конфликта с целью ее дальнейшей оптимизации.

Список литературы

1.. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М: Радио и связь, 1981. - 560 с.

Глуценко Сергей Владимирович, канд. техн. наук доцент кафедры математики Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил “Военно-

воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина”, г. Воронеж, РФ

Аганов Вадим Евгеньевич, курсант 1 курса 12 факультета Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил “Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина”, г. Воронеж, РФ

УДК 621.78.08

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ

Гниatieв П.А.

DOI: 10.12737/14855

Аннотация. В работе представлена система диагностики процесса воздушного охлаждения металла в камерных печах, способная поддерживать заданный темп охлаждения.

Ключевые слова: диагностика теплового состояния, измерение температуры, термограммы.

Как известно в металлургии и машиностроении для изменения структуры и свойств стальных изделий применяют термическую обработку, которая позволяет изменять в широких пределах вышеназванные характеристики. Зачастую термообработка оказывает решающее влияние на качество и стоимость изделий [1]. В связи с этим необходимо контролировать данный процесс с максимальной точностью. В данной работе рассматривается комплексный процесс термообработки, состоящий из трех последовательных операций – нагрев, выдержка и охлаждение металла.

Как показывает практика, на сегодняшний день оценка теплового состояния металла на большинстве предприятий проводится достаточно условно в связи с отсутствием инженерных методик по расчету теплового состояния, позволяющих давать точную оценку состояния металла и управлять процессом с высокой точностью. Процесс контроля температуры осуществляется по методу термограмм, путем размещения измерительных

термопар на поверхности и по толщине исследуемой детали. Недостаток такого измерения в том, что измерение осуществляется только для так называемой контрольной садки печи, в дальнейшем принимается что измеренные параметры справедливы для подобных и близких по геометрическим и массовым параметрам садок, что является достаточно условным способом контроля. Важным параметром, влияющим на качество конечных изделий, является скорость охлаждения и точность поддержания заданного темпа, а значит необходимо контролировать тепловой поток, отводимый от тел в каждый момент времени.

В данной работе предлагается способ определения теплового состояния металла на основании измерения температур воздуха, подаваемого в печь и покидающего ее, а также расхода охлаждающего воздуха.

Имея информацию о температуре поступающего воздуха и воздуха, покидающего печь можно составить дифференциальное уравнение первого порядка, представляющего собой моментальный тепловой баланс печной камеры. При составлении данного условия принято, что температура охлаждающего воздуха равномерна по объему печной камеры и равна величине температуры воздуха на выходе из печи t_B :

$$\frac{dt_B}{dt} = \frac{q \cdot F_M + V_B \cdot C^{t_{BH}} \cdot t_{BH} + Q_{ПOT}^{BH} - V_B \cdot C^{t_B} \cdot t_B}{V_K \cdot C^{t_B}},$$

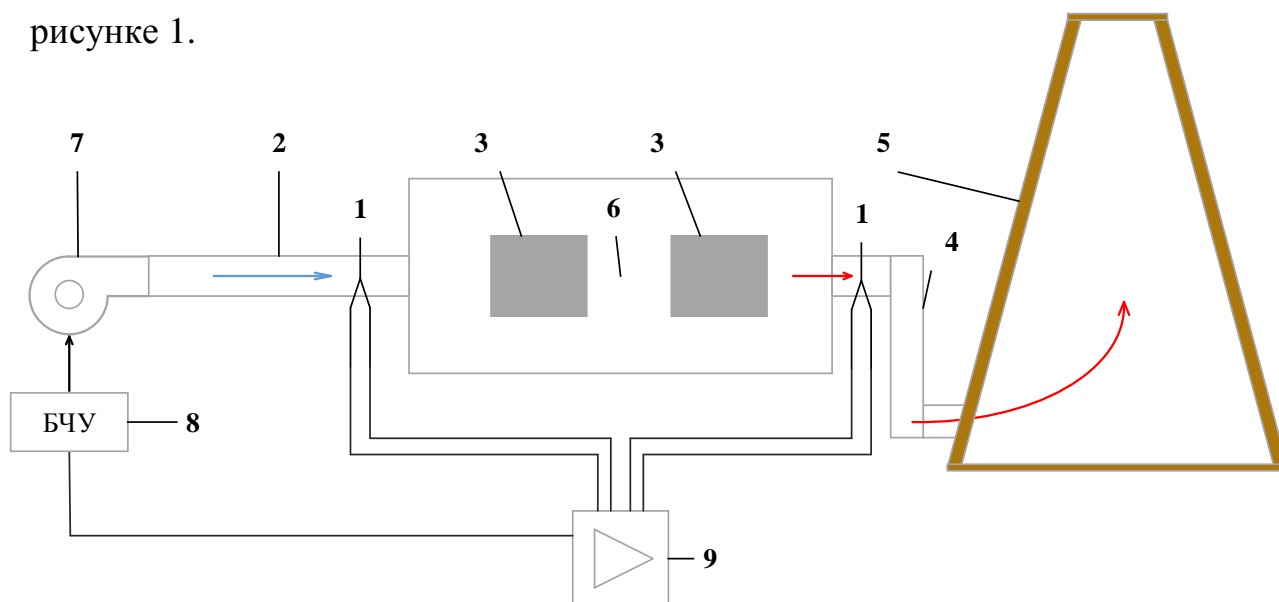
где q – плотность теплового потока от охлаждаемых тел к охлаждающему воздуху, Вт/м²; F_M – площадь охлаждаемых тел, м²; V_B – необходимое количество воздуха для охлаждения изделий, м³/с; C – теплоемкость воздуха при различных температурах, Дж/(м³·К); t_{BH} – начальная температура охлаждающего воздуха, °С; $Q_{ПOT}^{BH}$ – текущее значение теплотерь, Вт; t_B – температура воздуха, покидающего печь, °С.

Для решения данного уравнения необходимо в каждый момент времени иметь численное значение величины текущих теплотерь $Q_{ПOT}^{BH}$, которое может иметь как положительный так и отрицательный знак. При использовании низкоинерционных теплоизоляционных материалов – керамоволокнистых

блоков, возможно минимизировать значение $Q_{\text{пот}}^{\text{ВН}}$, тем самым снизив долю влияния данной переменной в уравнении.

Искомой величиной в уравнении выступает плотность отводимого теплового потока, которая позволит поддерживать заданную скорость охлаждения металла.

Для реализации технологии управления согласно предложенной формуле, необходимо расположить две термопары в каналах подачи и удаления воздуха для измерения температуры, регулятор, а также блок частотного управления приводом двигателя вентилятора для оперативного изменения количества подаваемого воздуха в печь. Схематическое изображение представлено на рисунке 1.



1 – термопары для измерения температур воздуха; 2 – трубопровод охлаждающего воздуха; 3 – охлаждаемые изделия; 4 – трубопровод нагретого воздуха; 5 – труба; 6 – камера печи; 7 – нагнетатель; 8 – блок частотного управления вентилятором; 9 – ПИД регулятор

Рисунок 1 – Устройство системы диагностики теплового состояния металла

Система работает следующим образом: в регулятор 9 закладывают необходимую скорость охлаждения, которая в свою очередь определяет плотность отводимого теплового потока; регулятор в реальном времени отслеживает разность температур воздуха, поступающего в печь и выходящего из нее при помощи термопар 1 и по вышеприведенной зависимости,

корректирует подачу воздуха для поддержания требуемого теплового потока путем воздействия на блок частотного управления вентилятора.

В качестве измерительных устройств рекомендуется применять хромель-алюмелевые термопары, способные работать с температурой вплоть до 1100 °С.

Такие системы автоматического контроля могут служить источником дополнительной информации для систем АСУ ТП [4], в системах прогнозного расчета теплового состояния металла, путем задания граничных условий II рода.

Вывод. В представленной работе предложена автоматическая система диагностики и контроля теплового состояния металла в камерных печах при воздушном охлаждении, основанная на учете количества тепла, покидающего печь.

Список литературы

1. Сажин В.Б. Основы материаловедения / В.Б. Сажин - М.: Теис, 2005. – 155 с.
2. Гусовский В.Л. Методики расчета нагревательных и термических печей: учебно-справочное пособие / Гусовский В.Л., Лифшиц А.Е. - М.: Теплотехник, 2004. – 400 с.
3. Бирюков А.Б. Энергоэффективность и качество тепловой обработки материалов в печах: Монография / А.Б. Бирюков. – Донецк: Ноулидж, 2012. – 248 с.
4. Бирюков А.Б. Математическая модель для изучения процессов воздушного охлаждения металла в печах / А.Б. Бирюков, А.И. Волошин, П.А. Гнитиёв // Сталь. 2015. №7. С. 77-81.

Гнитиёв Павел Александрович, аспирант кафедры «Техническая теплофизика» Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

Научный руководитель – Бирюков Алексей Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической теплофизики Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОЦИКЛОНА С ДВУХСЛОЙНЫМ ТЕЧЕНИЕМ

Голованчиков А. Б., Ламскова М. И., Филимонов М. И., Новиков А. Е.

DOI: 10.12737/14856

Аннотация. Предложен алгоритм расчёта вероятности улавливания частиц в гидроциклоне с двухслойным течением. Выполненные расчёты показывают, что применение рецикла способствует увеличению локальных степеней улавливания частиц различных фракций, интегральная степень очистки увеличивается в 1,3 раза (с 56 % до 73,4 %).

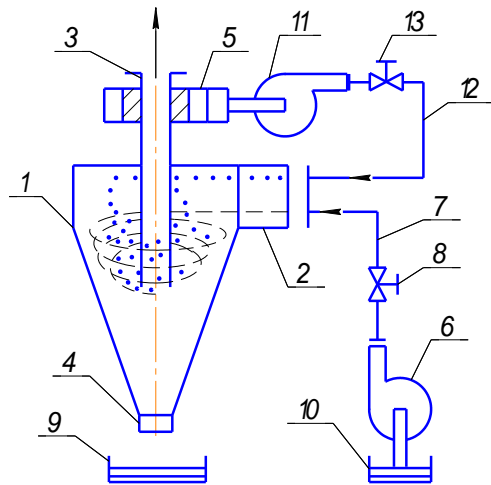
Ключевые слова: гидроциклон, вероятность улавливания частиц, рецикл, двухслойное течение.

Для сепарации и классификации неоднородных систем, включающих жидкую и (или) твёрдую фазы, применяются многочисленные аппараты и машины, в том числе гидроциклоны, в которых процесс разделение происходит в поле действия центробежных и гравитационных сил. Аналитический обзор современных источников информации показывает, что расширение функциональных возможностей гидроциклонов обусловлено применением новых технических и технологических решений в их конструкции, созданием комбинированных систем с рециклическими связями.

С целью повышения степени очистки тонкодисперсных суспензий и эмульсий предложена комбинированная установка, включающая гидроциклон, насосы, трубопроводную обвязку с необходимой запорно-регулирующей арматурой, ёмкости для сбора шламовой и осветлённой жидкости. Новшество данной установки заключается в разделении входного патрубка гидроциклона вертикальной перегородкой таким образом, что область течения жидкости делится на внутреннюю зону, прилегающую к внутренней стороне патрубка корпуса с радиусом R_B , и на внешнюю, прилегающую к внешней стороне патрубка корпуса R_H [1, рисунок 1]. Результатом такого технического решения является уменьшение пути и времени центробежного осаждения частиц и капель дисперсной фазы, а соответственно, увеличение степени очистки жидкостей от побочных примесей. Алгоритм расчёта гидроциклона с двухслойным течением жидкости сводится к определению номинального

диаметра уловленных частиц и степени очистки. Во внешнюю область течения подаётся жидкость (суспензия) с расходом q_{Γ} , движущаяся в кольцевом зазоре $R_{\Gamma} - R_H$; во внутреннюю область течения подаётся фугат с расходом q_{Φ} :

$$q_{\Phi} = q_v - q_{\Gamma}$$



1 - корпус; 2, 3, 4 - входной, сливной и песковый патрубки; 5 - устройство для отбора фугата на рецикл; 6, 11 - насосы; 7, 8 - трубопровод подачи исходной жидкости с запорно-регулирующей арматурой; 9, 10 - ёмкости сбора шламовой и осветлённой жидкостей; 12, 13 - трубопровод для рецикла осветлённой жидкости с запорно-регулирующей арматурой

Рисунок 1 - Схема гидроциклонной установки с двухслойным течением жидкости

Формула расчёта номинального диаметра частиц для гидроциклона с двухслойным течением с учётом ранее проведённых исследований [2] будет иметь вид:

$$d_{\Gamma} = \sqrt{\frac{36\mu}{(\rho_{\Gamma} - \rho)(R_H^2 - R_{\Gamma}^2) \cdot l} \int_{R_{\Gamma}}^{R_H} \frac{r}{U_{\Phi}^2} dr \int_{R_{\Gamma}}^{R_H} r U_z dr},$$

где μ – динамическая вязкость жидкости;

$\rho_{\text{ч}}$ – плотность дисперсной фазы;

ρ – плотность сплошной фазы;

l – длина зоны вращения;

r – радиус движения частицы, $R_{\text{в}} \leq r \leq R_{\text{н}}$;

U_{Φ} - скорость вращательного течения.

Расход жидкости в этом случае определяется по уравнению:

$$q_{\Gamma} = 2\pi \int_{R_{\Gamma}}^{R_H} r U_z dr$$

где U_z - скорость осевого течения.

На номограмме (рисунок 2) представлены зависимости номинального диаметра уловленных частиц d_{Γ} и расхода суспензии q_{Γ} от радиуса движения суспензии R_{Γ} .

При составлении модели локальной степени улавливания частиц было принято допущение о том, что вертикальная перегородка делит входной патрубок и кольцевой поток на две равные части. Проведем расчет для гидроциклона производительностью $5 \text{ м}^3/\text{час}$ при радиусе границы движения суспензии в гидроциклоне $R_{\Gamma} = (R_H + R_B)/2 = 0,035 \text{ м}$.

В этом случае расход жидкости в соответствии с номограммой (рисунок 2) должен составлять $q_{\Gamma} = 2,76 \text{ м}^3/\text{час}$, расход фугата, возвращаемого на рецикл и подаваемого во внутреннюю область потока $q_{\Gamma} = 2,24 \text{ м}^3/\text{час}$. Из той же номограммы следует, что номинальный диаметр частиц d_{Γ} , улавливаемых на 100%, составляет 171 мк.

Для данных расходов суспензии и фугата было показано, что семь фракций (с шестой по двенадцатую) частиц в исходной жидкости будут улавливаться на 100%, что значительно эффективнее гидроциклона со стандартной конструкцией и аналогичным типоразмером, в котором будут улавливаться лишь четыре фракции (с девятой по двенадцатую) с номинальным диаметром d_0 равным 235 мк.

В качестве примера проведем расчёт локальной степени улавливания частиц, у которых диаметр меньше номинального, например, для $d_0 = 150 \text{ мк}$. Для этой фракции по номограмме (рисунок 2) определяем радиус траектории, с которой они бы улавливались на 100 %: $R_5 = 0,0376 \text{ м}$. В этом случае локальная степень улавливания составит:

$$X_5 = \frac{R_H - R_5}{R_H - R_{\Gamma}} = \frac{0,05 - 0,0376}{0,05 - 0,035} = 0,82 \cdot$$

Для наглядности графики локальных степеней улавливания по фракциям представлены на рисунке 3. Площади под кривыми 2 и 3 характеризуют долю уловленных частиц, площадь под кривой 1 характеризует распределение частиц исходной суспензии по фракциям.

Результаты сравнительных расчётов стандартного гидроциклона и гидроциклона с двухслойным течением при $R_{\Gamma} = 0,035 \text{ м}$, $q_{\Gamma} = 2,76 \text{ м}^3/\text{час}$ и $d_{\Gamma} =$

171 мк показывают, что применение рецикла фугата с уменьшением расхода суспензии с 5 м³/час до 2,76 м³/час повышает степень очистки в 1,3 раза (с 56 % до 73,4 %).

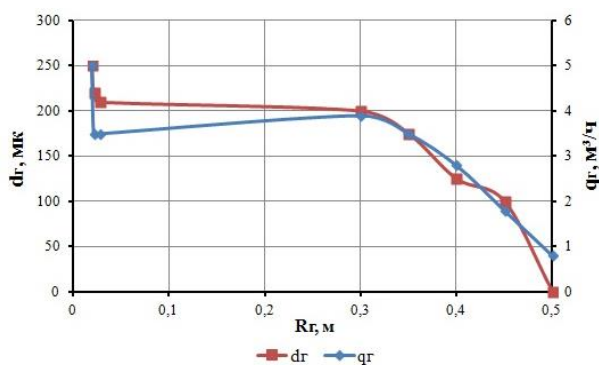


Рисунок 2 – Номограмма определения локальных и общих степеней

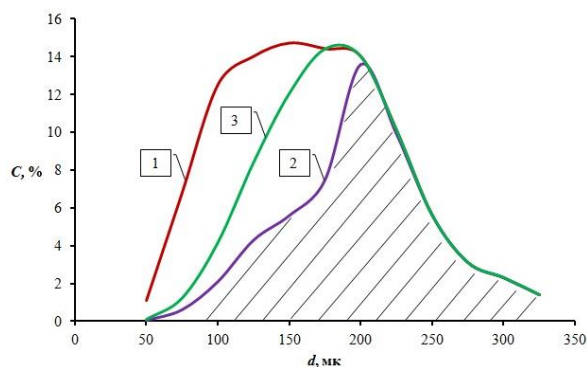


Рисунок 3 - Плотность распределения частиц в исходной суспензии нефтешлама (кривая 1), доля уловленных частиц по фракциям (кривая 2), доля уловленных частиц в гидроциклоне с двухслойным течением (кривая 3)

Список литературы

1. П. м. 100433 РФ, МПК В 04 С 5/12. Гидроциклонная установка / А.Б. Голованчиков [и др.]; ВолгГТУ. – 2010.
2. Голованчиков, А.Б. Сравнение вероятности улавливания частиц в напорном гидроциклоне при обычном и двухслойном течении / Голованчиков А.Б., Ламскова М.И., Филимонов М.И. // Известия ВолгГТУ. Сер. Реология, процессы и аппараты химической технологии. Вып. 8. - Волгоград, 2015. - № 1. - С. 64-67.

Голованчиков Александр Борисович, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, РФ

Ламскова Мария Игоревна, старший преподаватель кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, РФ

Филимонов Максим Игоревич, старший преподаватель кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, РФ

Новиков Андрей Евгеньевич, канд. техн. наук доцент кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, РФ

УДК 681.2

**РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОТОТИПА
ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО СТАНКА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ
ВИТРАЖНОГО КОНТУРА**

Голочалова А.В. Манько И.В. Угольникова А.А.

DOI: 10.12737/14857

Аннотация: Современный рынок представлен различными установками для создания витражей, но все они имеют высокую стоимость, в тоже время все установки, использующиеся в настоящее время не имеют такой функции как изменение оттенка витражного контура.

Ключевые слова: контурный витраж, система управления, статический миксер, шестерёнчатый насос, шаговый двигатель.

Введение. Искусство витражей известны человечеству очень давно. В современной архитектуре витражи так же играют важную роль, с помощью них декорируют помещения, придавая им элегантность и индивидуальный стиль. Создание витражей в ручную очень кропотливая работа, требующая большого количества времени, затрат и мастерства. При этом витражи выполненные в ручную единичны и обладают высокой себестоимостью.

На сегодняшний день существуют две техники изготовления витражей:

- классическая - композиция создается посредством спайки медной лентой и припоем фрагментов из стекла разных сортов и цветов;

- заливной витраж - на стекло при помощи специального приспособления наносится полимерный двухкомпонентный витражный контур, а области внутри контура заливаются специальными красками.

Современный рынок оборудования для создания заливных витражей представлен рядом установок, которые позволяют выполнять работу по созданию витражей быстро и качественно. Однако, наряду с высокой стоимостью, в них отсутствует возможность для автоматического изменения оттенка наносимого полимерного контура.

Предлагаемое решение предназначено для получения полимерного витражного контура заданного оттенка с возможностью последующего нанесения его на стекло.

Суть работы.

Структурная схема прототипа полуавтоматического станка для нанесения витражного контура представлена на рисунке 1.

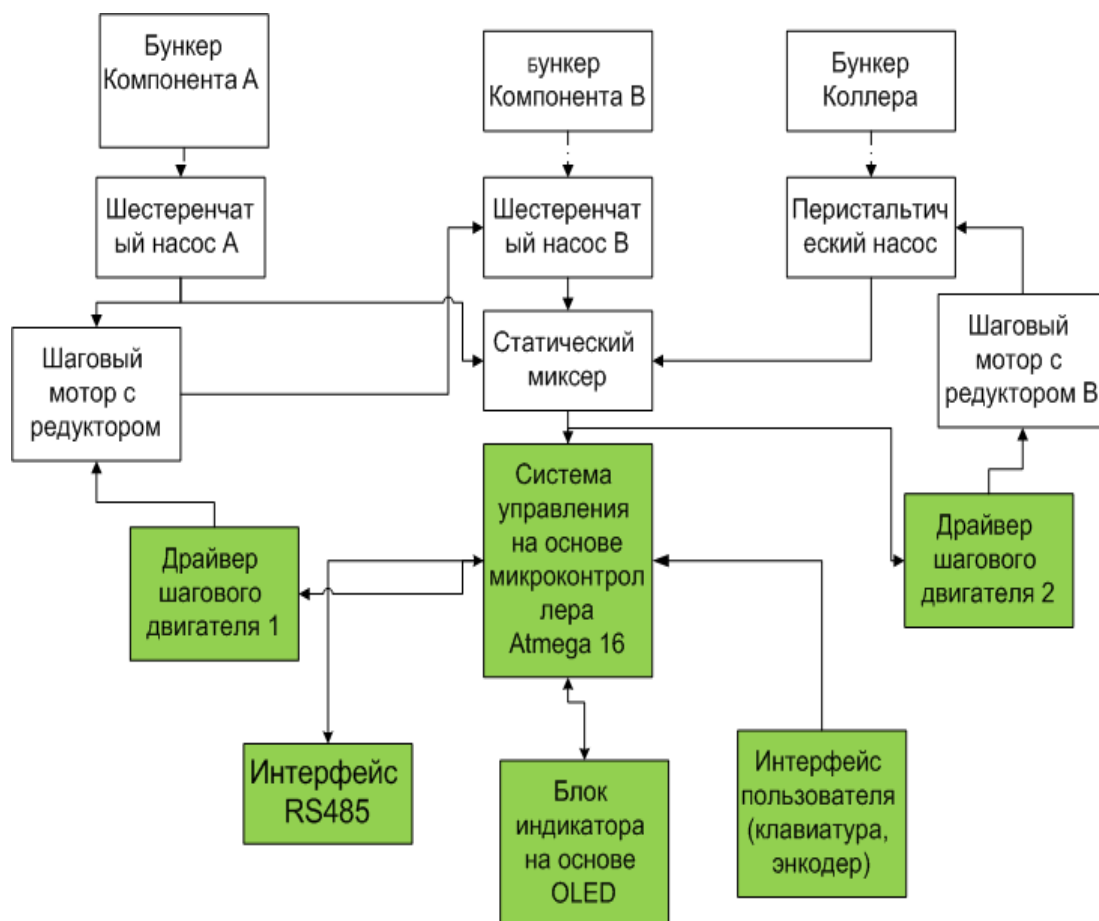


Рисунок 1-Структурная схема

Основой конструкции является микроконтроллер Atmega 16. Вращение шестеренок насоса для перекачки компонентов полимерного контура осуществляется посредством шагового двигателя, управляемого с

микроконтроллера при помощи драйвера шагового двигателя 1. Работа перистальтического насоса осуществляется посредством шагового двигателя, управляемого с микроконтроллера с помощью драйвера 2. Устройство может обмениваться с компьютером при помощи интерфейса RS485. Отображение информации по текущим настройкам осуществляется посредством OLED-дисплея.

Схема электрическая- принципиальная системы управления механическими узлами прототипа представлена на рисунке 2.

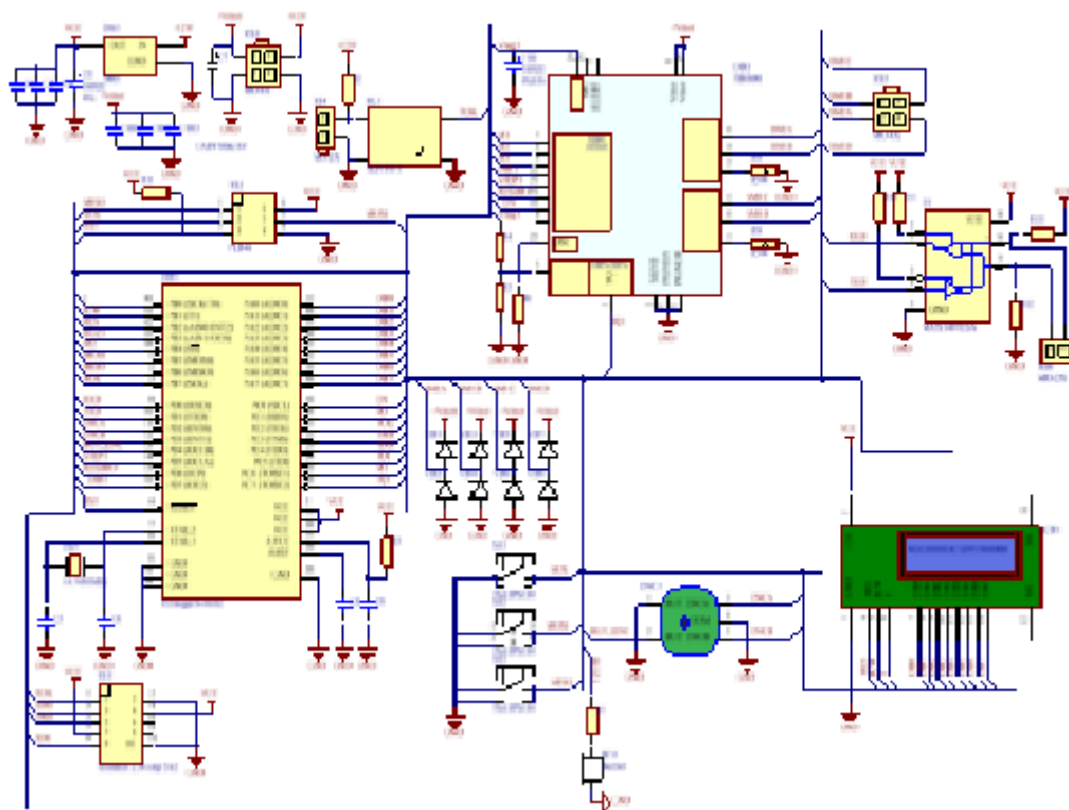


Рисунок 2 - Схема электрическая принципиальная системы управления

Микроконтроллер Atmega 16 в схеме представлен компонентом DD1. Тактовая частота стабилизируется кварцевым резонатором ZQ1. Драйвер шагового двигателя представлен компонентом DD2. Устройство питается от источника стабилизированного напряжения 12 В 50W.

Неотъемлемой частью устройства является система сдвоенного шестеренчатого насоса и перистальтический насос.

3D модель механической части одного насоса и конструкция сдвоенного шестеренчатого насоса для перекачивания составляющих полимерного контура

с электроприводом представлены на рисунке 3.

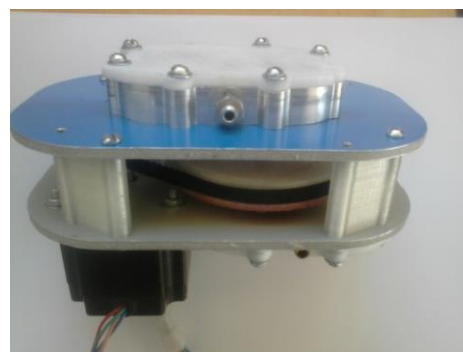
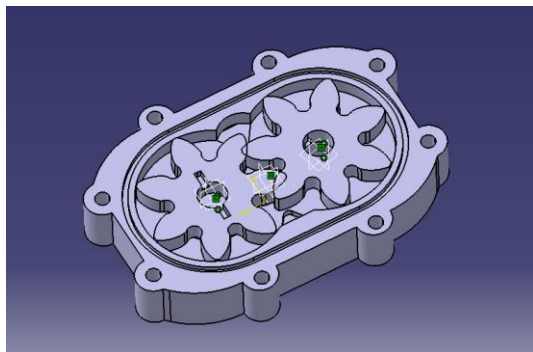


Рисунок 3 - Конструкция сдвоенного шестеренчатого насоса

В своем составе конструкция имеет два насоса шестеренчатого типа, редуктор на основе двух шкивов и зубчатого ремня, шаговый привод и набор крепежных элементов.

При изготовлении было использовано оборудование с ЧПУ и 3d печать.

Конструкция перистальтического насоса на данном этапе находится в разработке.

В работе предложена разработка прототипа полуавтоматического станка для нанесения витражного контура. Функция управления оттенком витражного контура позволяет более рационально и качественно подойти к вопросу создания заливных витражей.

Голочалова Анастасия Владимировна, студентка 3 курса института инженерных технологий и естественных наук ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, РФ

Манько Ирина Владимировна, студентка 3 курса института инженерных технологий и естественных наук ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, РФ

Угольников Анастасия Аркадьевна, студентка 3 курса института инженерных технологий и естественных наук ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, РФ

Научные руководители:

Афонин Андрей Николаевич, доктор технических наук, доцент, Профессор кафедры материаловедения и нанотехнологий ФГАОУ ВПО

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, РФ

Алейников Андрей Юрьевич, старший преподаватель, руководитель СКБ ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», институт инженерных технологий и естественных наук, студенческое конструкторское бюро. г. Белгород, РФ

УДК 631.331.02.01

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «СЕМЕНА – ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ - СЕМЕПРОВОД»

Голубев В.В., Фирсов А.С.

DOI: 10.12737/14858

Аннотация. На начальном этапе проведения теоретических исследований особое внимание необходимо уделить построению модели взаимодействия элементов исследуемых систем. Грамотно определенная схема влияния исследуемых факторов друг на друга предопределяет точность полученных впоследствии математических моделей системы. В данной статье рассмотрены основные факторы, возникающие при построении модели взаимодействия основных узлов пневматического высевающего аппарата для посева мелкосеменных культур.

Ключевые слова: семена, мелкосеменные культуры, высевающий аппарат, пневматический высевающий аппарат, семепровод, модель взаимодействия.

На основании системного подхода, с учётом агротехнических требований [1], свойств высеваемых мелкосеменных культур и ограничений, с точки зрения конструктивных характеристик [2], параметров и режимов работы высевающего аппарата нами предложена модель взаимодействия системы «семена – высевающий аппарат - семепровод».

Приведенная на рисунке 1 блок-схема модели высевающего аппарата позволяет выделить отдельные подсистемы функционирования элементов высевающего аппарата. Становится возможным учесть, какие факторы влияют

на высевальной аппаратуре, и какие ограничительные условия необходимы для гарантированного выполнения установленного отклика – полевой всхожести и урожайности мелкосеменных культур.

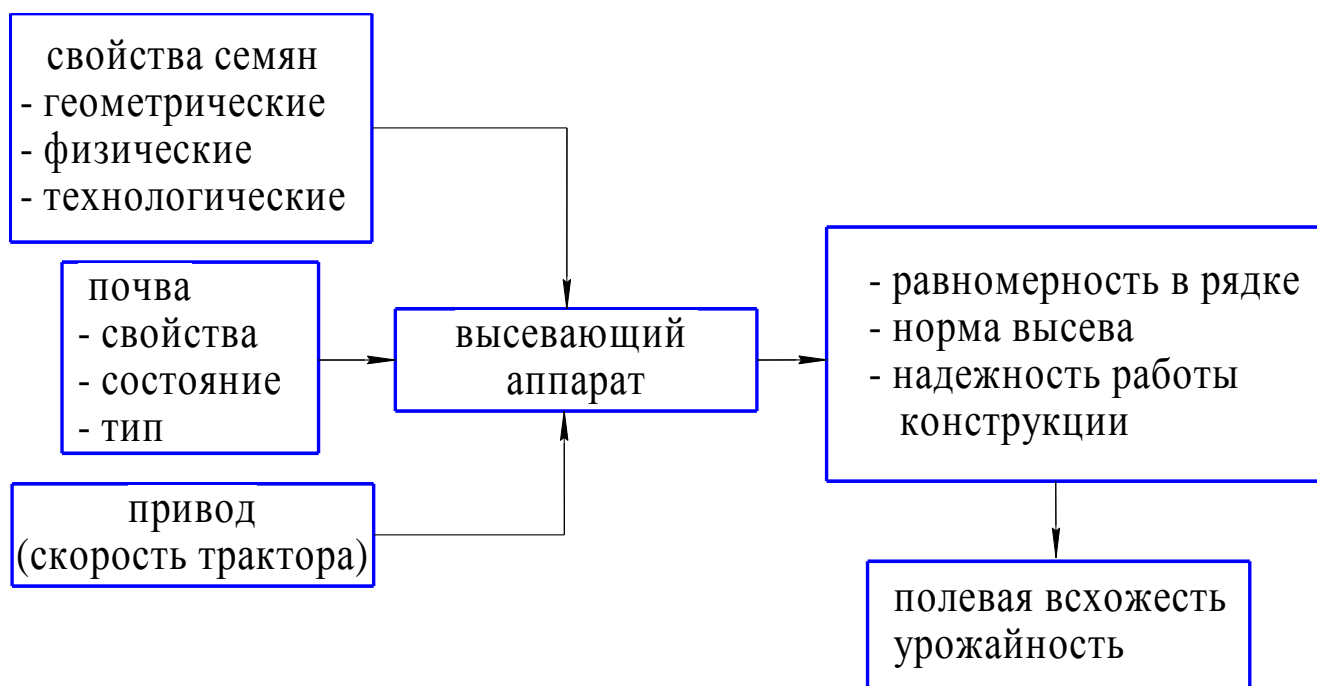


Рисунок 1 – Блок схема модели высевальной аппаратуры

Выделив из составленной укрупненной модели отдельную подсистему «семена – высевальной аппарат - семяпровод» возможно более точно описать процесс взаимодействия дозирующего элемента высевальной аппаратуры с высевальным материалом (рисунок 2).

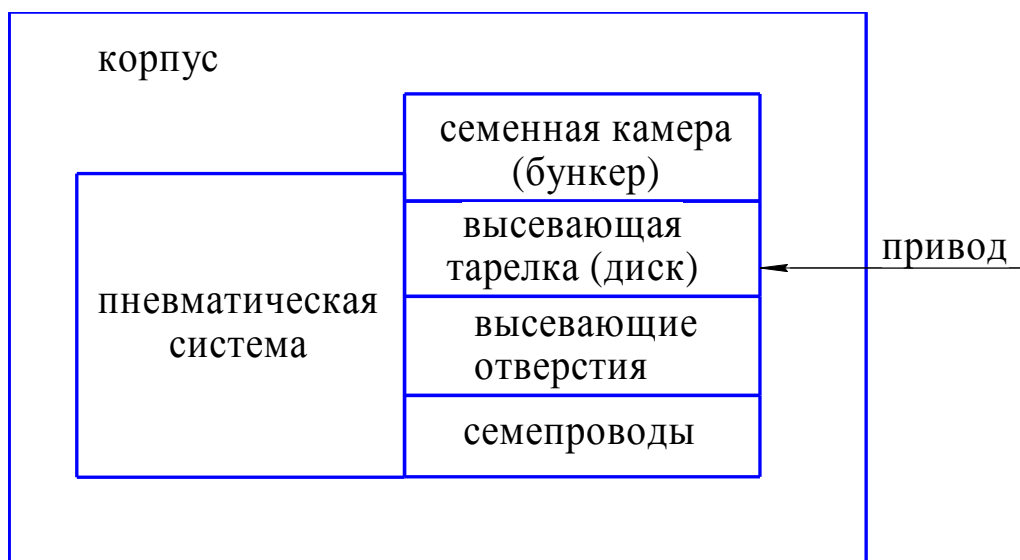


Рисунок 2 – Модель взаимодействия системы «семена – высевальной аппарат - семяпроводы»

Предполагая наличие пневматической системы и индивидуальном приводе элементов высевающего аппарата – например через вал отбора мощности (ВОМ) трактора, основными элементами в рабочем узле будут семенной бункер, где хранятся и транспортируются семена до места посева, вращающийся высевающий диск с отверстиями под заданный размер и семепроводы, по которым происходит передвижение семян к сошникам сеялки.

При проектировании модели пневматического высевающего аппарата важным условием является исследование математической модели технологического процесса его функционирования при взаимодействии с мелкосеменными культурами. На траекторию перемещения мелкосеменных культур влияет ряд факторов – характеристики материала, параметры и режимы высевающего аппарата, входящие в уравнения движения семян на отдельных стадиях – дозирования из бункера и последующей транспортировки мелкосеменных культур к семенному ложу посредством семепровода и сошниковой группы.

Для решения задачи по составлению математической модели взаимодействия высевающего аппарата с дозированным материалом, необходимо сформулировать математическое описание процесса взаимодействия семян с дисковым пневматическим высевающим аппаратом, с учётом влияющих на модель факторов – формы семенного материала, его физико – механических и технологических свойств (ФМТС) мелкосеменных культур.

Взаимосвязь исследуемых узлов высевающей системы представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 - Взаимосвязь исследуемых узлов высевающей системы

При проведении теоретических исследований необходимо использовать методы системного анализа и синтеза, а также положения и методы классической механики и математики [3].

Рассматривая технологический процесс перемещения семенного материала от бункера дискового пневматического высевающего аппарата через высевные отверстия и семепровод к сошниковой группе, можно выделить три случая, два из которых являются экстремальными (рисунок 4).

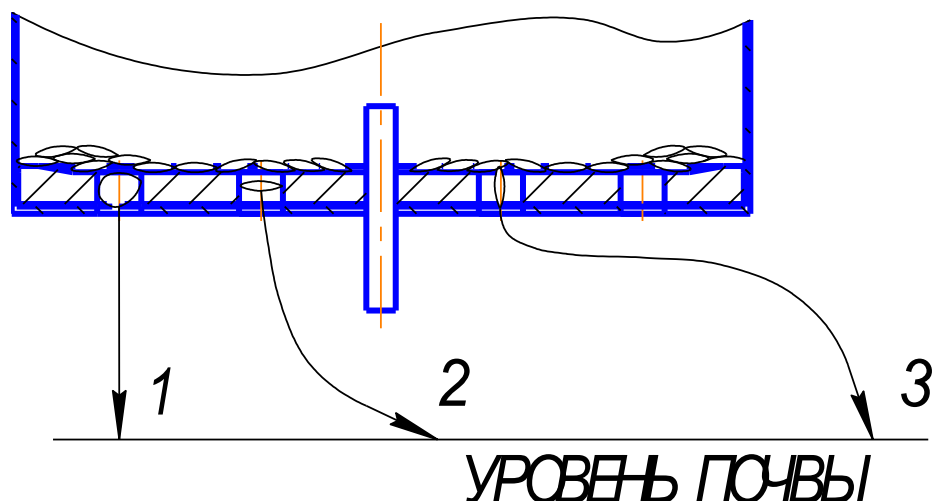


Рисунок 4 - Возможные траектории движения семян в высевающем аппарате
1, 2 – траектории движения семян без влияния дополнительного воздействия; 3 – траектория движения семян с обязательным дополнительным воздействием

Случаем нашего исследования является третий вариант траектории. Полученные впоследствии математические зависимости рассматриваемой траектории движения семян на участке «семена – высевающий аппарат - семепровод» позволят максимально полно сформулировать процесс передвижения семени и оптимизировать параметры и режимы работы пневматического высевающего аппарата для посева мелкосеменных культур.

Список литературы

1. ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытания. М.: Стандартинформ, 2008, 47 с.

2. Голубев В.В., Фирсов А.С., Рула Д.М. Оптимизация параметров и режимов работы дискового пневматического высевающего аппарата / Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. №2. С. 24-28.

3. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики [Текст] / С.М. Тарг // М.: Высш. шк., 1986. – 416 с., ил.

Фирсов Антон Сергеевич, аспирант 3 курса инженерного факультета Тверской государственной сельскохозяйственной академии, г. Тверь, РФ

Научный руководитель - Голубев Вячеслав Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных и технологических машин и комплексов инженерного факультета Тверской государственной сельскохозяйственной академии, г. Тверь, РФ

УДК 004.722

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛА STP В СЕТЯХ ОРГАНИЗОВАННЫХ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ZIGBEE

Голубничая Е.Ю., Лихтциндер Б.Я.

DOI: 10.12737/14859

Аннотация. Рассматривается возможность применения протокола STP (Spanning Tree Protocol) при реализации кластерных древовидных сетей ZigBee. Предлагаемый способ позволяет в сетях организованных на базе технологии ZigBee, осуществить маршрутизацию при двухадресных пакетах, содержащих адрес начального и конечного получателя, по аналогии тому, как это происходит при реализации проводных сетей, работающих на основе протокола STP.

Ключевые слова: ZigBee, STP, временной слот, кластерное дерево.

В настоящее время в сфере телекоммуникаций особое место занимают беспроводные сети с низким энергопотреблением. Для реализации таких сетей служит технология ZigBee, организованная на основе стандарта IEEE 802.15.4. Сети ZigBee являются самообразующимися и самовосстанавливающимися, и могут быть использованы не только для реализации простых соединений, но также и для образования сложных сетей. Проблема эффективной маршрутизации в данных сетях, несомненно, является актуальной.

Для организации сетей ZigBee существует несколько топологий, каждая из них предназначена для решения конкретных задач и имеет преимущества перед другими топологиями в различных условиях. В данной статье, мы ориентируемся на модель кластерной древовидной сети, поскольку, сети организованные на основе данной топологии имеют наибольшую пропускную способность [1].

Вся рассматриваемая сеть разделяется на подсети, называемые кластерами [2]. Все узлы, принадлежащие одному кластеру, образуют полносвязную подсеть. Каждым кластером управляет маршрутизатор (ZigBee Router, ZR), который отвечает за координирование процесса передачи и маршрутизацию детектируемых данных между конечными узлами (ZigBee End Device, ZED) своего кластера, а также до координатора сети (ZigBee Coordinator, ZC).

Нами предлагается в кластерных древовидных сетях ZigBee использовать метод временного распределения, который позволяет осуществить маршрутизацию при двуадресных пакетах, содержащих адрес начального и конечного получателя, по аналогии тому, как это происходит при реализации проводных сетей, работающих на основе протокола STP [3].

Сети, организованные на базе технологии ZigBee поддерживают «суперфреймовую» структуру. Суперфрейм начинается с передачи координатором специального фрейма – «сетевого маркера» (Network Beacon), который предназначен для синхронизации и управления работой всех активных в сети устройств. «Сетевой маркер» позволяет разделить весь период активной работы на 16 равных временных слотов, которые и используются при организации процесса маршрутизации [2]. В качестве временных слотов выступают отдельные ячейки в структуре суперфрейма, которые в нашем случае выступают в роли портов.

Соединение между узлами осуществляется благодаря тому, что оба узла работают в течение одного и того же временного слота. Если же узлы осуществляют приёмо-передачу в различные временные слоты, то связь между ними отсутствует. При распределении временных слотов, в которых происходит активная работа приёмо-передатчика, необходимо предусмотреть,

чтобы, в течение данного слота, образующего связь между двумя узлами, отсутствовала связь этих узлов с остальными соседними узлами.

В предлагаемом способе, так же, как и в протоколе STP используются специальные фреймы BPDU (Bridge Protocol Data Units), которые коммутатор начинает посылать при включении. Так же, как в проводных сетях STP, началу работы в штатном режиме, предшествуют процесс выбора корневого узла сети (ZC) и процесс построения минимального связующего дерева. ZC может быть назначен автоматически или же выбран по специальному алгоритму (основанном на выборе узла с максимальной остаточной энергией).

Процесс формирования связующего дерева начинается с того момента, когда ZC направляет широковещательный BPDU, со своим MAC-адресом и помещает в него собственную метрику. Каждый конечный узел кластера, получивший широковещательный BPDU, игнорирует его. Каждый ZR находящийся в состоянии приёма и получивший широковещательный BPDU от соседнего ZR, проверяет, получал ли он раньше BPDU с метрикой лучшей, чем метрика принятого BPDU. Если получал, то принятый BPDU игнорируется. Если BPDU с лучшей метрикой не был получен, то ZR записывает MAC-адрес узла, от которого поступил BPDU, прибавляет к полученной метрике собственную метрику, затем вставляет в адрес отправителя собственный MAC-адрес и производит дальнейшую рассылку BPDU с увеличенной метрикой. Таким образом, MAC-адрес узла, от которого поступил BPDU с наилучшей метрикой, считается для данного узла адресом достижения ZC. Каждый узел направляет пакет со своим адресом, в адрес своего узла достижения корневого, в результате чего, в каждом ZR (и в самом ZC) сформируется таблица MAC-адресов содержащая MAC-адреса всех соседних ZR, которые имеют непосредственную связь с данным ZR. Затем каждый ZR, через свои узлы достижения корневого, направляет в сторону ZC пакет, содержащий сформированную таблицу MAC-адресов. ZC анализирует полученные таблицы MAC-адресов, и, по специальному алгоритму, производит закрепление за каждым из ZR по группе слотов, через которые данный узел будет работать со своими узлами окружения.

Узел, получивший пакет в течение определённого слота, копирует адрес начального отправителя пакета, фиксирует номер слота, в котором получен

пакет, и дополняет свою таблицу MAC-адресов строчкой, в которой бывший адрес начального отправителя обозначается как MAC-адрес конечного получателя. При необходимости направить пакет в адрес определённого конечного получателя, ZR вставляет в пакет MAC-адрес конечного получателя, а в поле начального отправителя заносит собственный MAC-адрес. Узел проверяет, имеется ли в его таблице, требуемый для отправки MAC-адрес конечного получателя. Если MAC-адрес конечного получателя имеется, то узел отправляет пакет в закреплённом за этим адресом слоте. Если отсутствует, то узел отправляет пакет во всех слотах, кроме того, через который он этот пакет получил. Пакеты, достигнут адреса конечного получателя, оставляя, по пути, строчки, с адресом своего начального отправителя и закреплёнными за ним номерами слотов.

Таким образом, в предлагаемом способе, временные слоты, как бы, выполняют функции портов, через которые осуществляется связь между двумя узлами, тем самым в рассматриваемой сети ZigBee, становится возможным осуществить полноценную маршрутизацию.

Список литературы

1. Алгоритмы оптимизации работы беспроводной сенсорной сети на базе протокола ZigBee / С.В.Трифонов [и др.] // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО – СПб. 2008. № 56. С. 86-95.

2. TDBS: A time division beacon scheduling mechanism for Zigbee cluster-tree wireless sensor networks / Koubaa A. [et al.] // Real-Time Systems Journal. 2008. Vol. 40. №3. P. 321–354.

3. Общие сведения о протоколе быстрого связующего дерева (802.1w) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92067_146.html

Голубничая Екатерина Юрьевна, аспирант 3-го года обучения кафедры мультисервисных сетей и информационной безопасности Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, РФ

Научный руководитель – Лихтциндер Борис Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры мультисервисных сетей и

информационной безопасности Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, РФ

УДК 004.91:655.2

АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАКЕТА ИЗДАНИЯ

Гончаренко О.Г., Алексеев В.Ф.

DOI: 10.12737/14860

Аннотация. В статье предложены схемы расчета одного из основных параметров макета издания – величины интерлиньяжа, сформулированы основные условия для наиболее комфортного чтения текста, приведена упрощенная схема алгоритма расчета вариантов макета издания.

Ключевые слова: интерлиньяж, типографика, межсловный пробел, заполненность кегельной площадки, апрош, макет издания, сетка базовых линий.

Практика издательского дела показывает, что при подготовке издания к печати с использованием компьютерных систем очень много времени тратится впустую из-за неорганизованности издательского процесса. Схематический макет издания позволяет создать визуальный образ издания до того, как начнется верстка.

Основной целью при верстке книг является создание макета, с помощью которого книга должна получиться красивой и легко читаемой.

Одним из основных параметров макета издания является интерлиньяж – междустрочный пробел, расстояние между базовыми линиями соседних строк. В компьютерной верстке это понятие обычно называют «межстрочный интервал» [1-3].

Расчет оптимальной величины межсловного пробела основан на классических традициях типографики: расстояние между словами должно быть пропорционально средней ширине знаков или чуть меньше ее [3].

Расчет величины интерлиньяжа (рис. 1,2) основан на следующих принципах классической типографики [2] и анализе работ, которые посвящены изучению условий, необходимых для наиболее комфортного чтения текста:

1. Величина интерлиньяжа зависит от высоты строчных букв;
2. Увеличенный интерлиньяж позволяет увеличить скорость чтения;
3. Величина интерлиньяжа напрямую зависит от длины строки;
4. Гарнитуры, имеющие большую площадь запечатывания очка знаков, требуют большего интерлиньяжа;
5. Видимый межсловный просвет должен быть меньше или равен видимому межстрочному просвету;
6. Верхние и нижние выносные элементы символов в двух смежных строках не должны пересекаться.

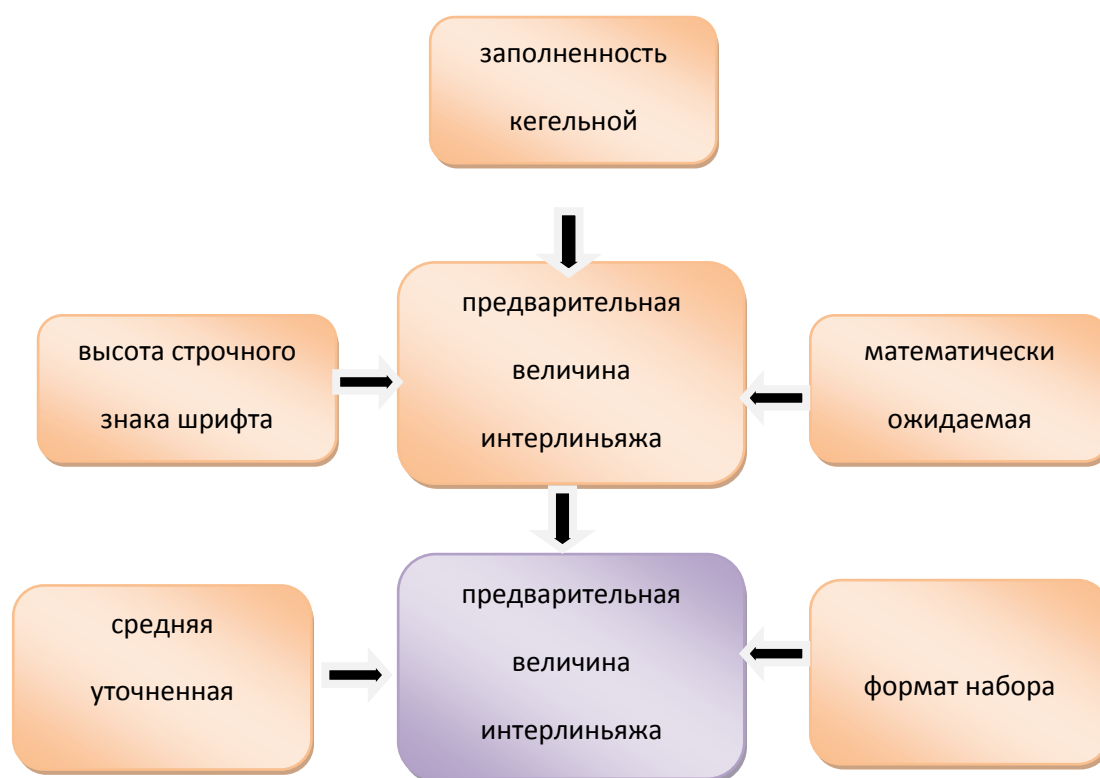


Рисунок 1 – Схема расчета предварительной величины интерлиньяжа с учетом поправки на длину строки

Данная методика расчета параметров макета издания основывается на применении сетки базовых линий - множестве регулярно расположенных

служебных горизонтальных линий, с которыми могут совмещаться основные линии шрифта текста [2].

В результате использования сетки интерлиньяжа [1-3] выравниваются строки по одной горизонтальной линии в многоколонном наборе.

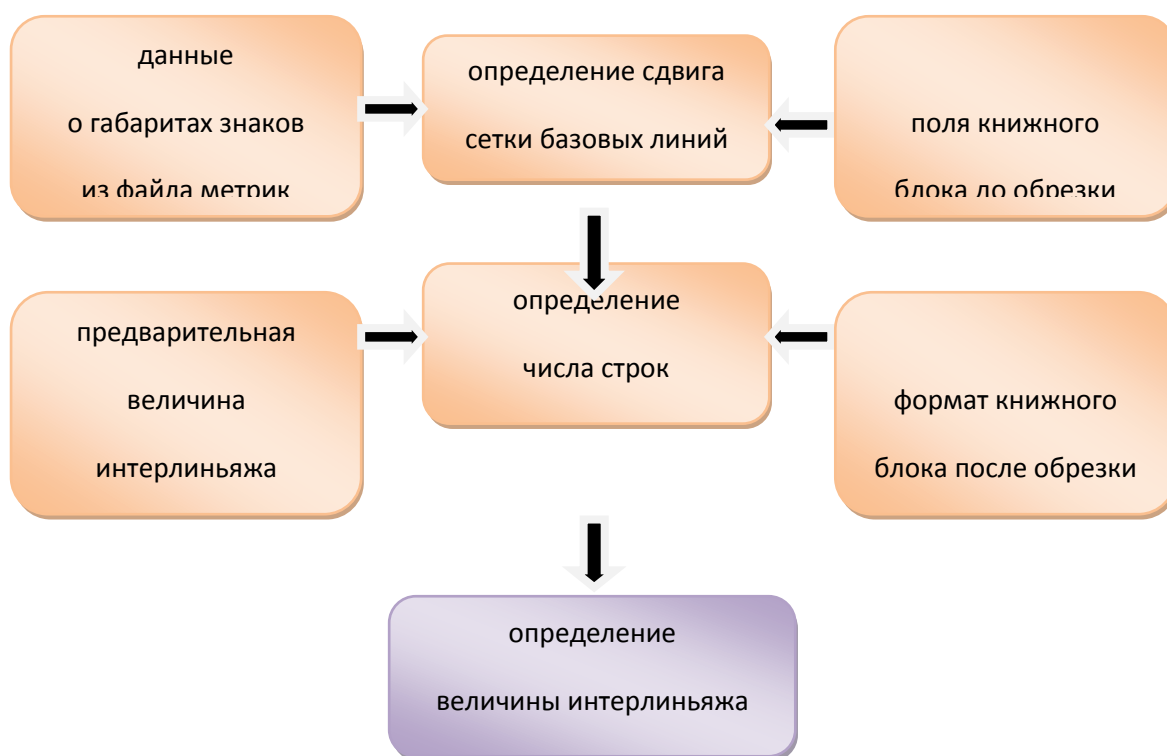


Рисунок 2 – Схема расчета окончательной величины интерлиньяжа

Фактические величины отбивок от текста, при использовании данной схемы, будут меняться для одного и того же заголовка при изменении гарнитуры, а видимые величины будут оставаться практически неизменными.

После проведения расчета всех возможных вариантов макета будущего издания из их числа выбираются те, которые удовлетворяют условию удобопечатаемости [2].

Традиционная методика, в отличие от предложенной, не учитывает отступы абзацев и концевые строки [3]. Поэтому основной пользой данной методики является возможность получения общего числа полос в издании,

зная число полос в каждом разделе и число полос в издательско-оформительской информации.

Принцип многовариантности является основным для предлагаемой методики расчета параметров макета издания [1]. Алгоритм такого расчета строится на трех вложенных циклах (рис.3).

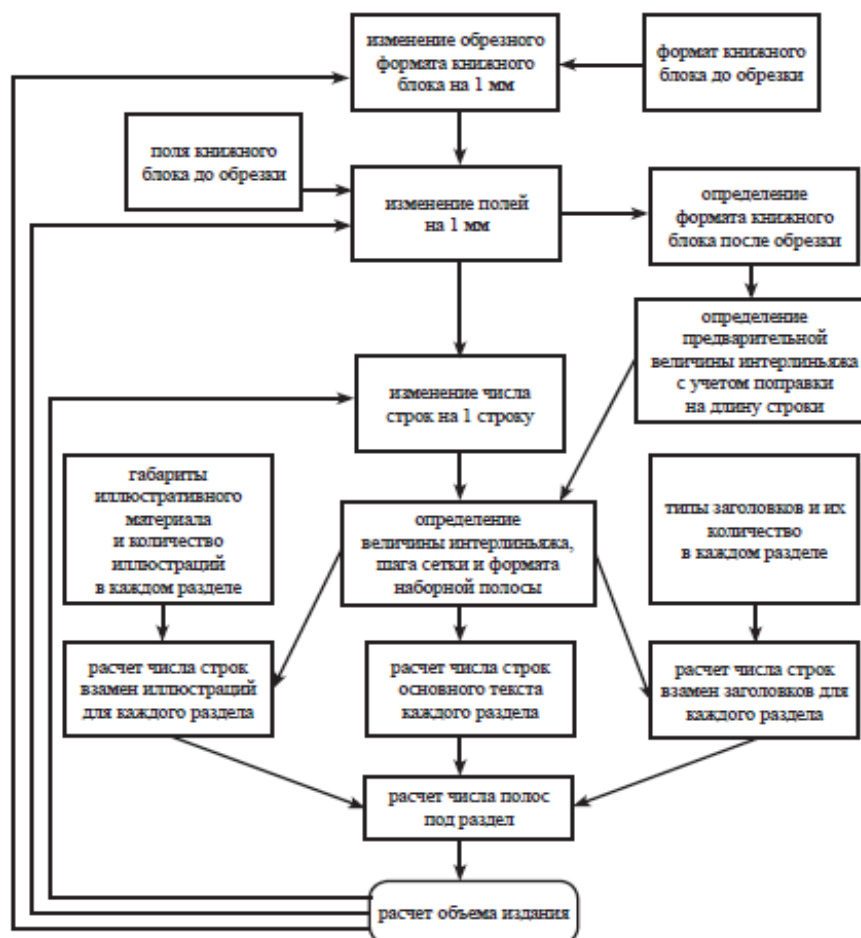


Рисунок 3 – Упрощенная схема алгоритма расчета вариантов макета издания

Для межсловного пробела, параметра, который не имеет постоянной величины в тексте, рассматриваются инструменты воздействия на данный параметр с целью минимизации его отклонения от расчетной величины.

Список литературы

1. Jan V. White. Graphic Design for the Electronic Age, 2014.
2. Блатнер Д., Смит К., Вернер С. Переходим на InDesign, 2010.
3. Капелев В.В. Модуль расчета параметров экранной сетки при многоколонном наборе, 2008.

Гончаренко Ольга Георгиевна, магистрантка Белорусского

государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

УДК 629.7.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ САУ ДЛЯ НАСТРОЙКИ И КОРРЕКТИРОВКИ АВТОПИЛОТА БПЛА

Гончаров В.С.

DOI: 10.12737/14861

Аннотация. Проводится описание преимуществ БПЛА, обоснование необходимости модели автопилота, анализ систем моделирования, допущений и характеристик БПЛА для моделирования.

Ключевые слова: автопилот, алгоритм, БПЛА, модель, САУ, симулятор, Matlab, Simulink, X-Plane.

Сам по себе БПЛА – лишь часть сложного многофункционального комплекса. В отличие от пилотируемой авиации для БПЛА требуются дополнительные элементы системы обеспечения. К ним относятся сам беспилотный аппарат, рабочее место оператора, программное обеспечение, линии передачи данных и элементы, необходимые для выполнения целей полета [1, 2].

Беспилотные летательные аппараты обладают рядом преимуществ:

Во-первых, для выполнения одних и тех же задач, легкие беспилотные аппараты обходятся на много дешевле пилотируемых самолетов.

Во-вторых, легкие беспилотные летательные аппараты потребляют меньше топлива.

В-третьих, машинам без пилота не нужны аэродромы с бетонным покрытием.

В-четвертых, важным преимуществом при использовании систем автоматического и полуавтоматического управления можно считать исключение человеческого фактора при выполнении поставленной задачи.

Сегодня современные автопилоты (АП) представляют комплекс совместно работающих устройств, обеспечивающих стабилизацию ЛА по углам при полете по заданной траектории, а именно стабилизацию высоты полета, управление маневрами ЛА. Типичные автопилоты состоят из нескольких автоматов, работающих совместно. Каждый автомат контролирует только один параметр: курс движения, крен, скорость, высоту и др. [3]. Для более точного управления, исключающего падение БПЛА, столкновение с препятствиями и другие несчастные случаи, из-за которых может потребоваться дорогостоящая замена комплектующих самолета или его полностью, автопилот необходимо правильно настроить и точно откалибровать. Это можно сделать, используя систему компьютерной математики Matlab и ее пакет Simulink, построить там модель (блок-схему) САУ автопилота.

При моделировании БПЛА рассматривается как динамический объект, у которого изменение состояния во времени описывается дифференциальными уравнениями.

Одним из основных моментов в составлении математической модели ЛА является принятие различных допущений, упрощающих реальный процесс.

- неизменная масса;
- жесткая конструкция;
- главные оси совпадают с осями связанной системы координат;
- вектор силы тяги лежит в плоскости симметрии и проходит через центр масс под некоторым углом с осью OX;
- векторы суммарного кинетического момента вращающихся частей двигателя направлены вдоль оси OX;
- обтекание воздушным потоком квазилинейное с нелинейными зависимостями от углов атаки и скольжения.

Для отработки алгоритмов управления БПЛА и для реального изучения его поведения создали имитационную модель в компьютерном авиасимуляторе

X-Plane, которая бы заменила реальный объект управления, снизив риск поломки в случаях допущении ошибок системой автоматического управления до нуля, а также способствовала ускорению отработки системы на имитационной модели.

При этом компьютерная модель должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать отработку всех задач, для которых предназначен БПЛА, включая планирование полетного задания и управления полетом;
- максимально приближенно к реальным условиям моделировать полет БПЛА;
- моделировать действия в аварийных ситуациях и в случае выхода из строя отдельных систем БПЛА.

MATLAB - Simulink – интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем. Он дает возможность строить графические блок-схемы, диаграммы, имитировать динамические системы, исследовать работоспособность систем, оценивать их устойчивость и управляемость (рис. 1). Simulink полностью интегрирован с MATLAB, обеспечивающий прямой доступ к широкому спектру инструментов анализа и проектирования. Эти преимущества делают Simulink наиболее популярным инструментом для проектирования систем управления и моделирования систем.

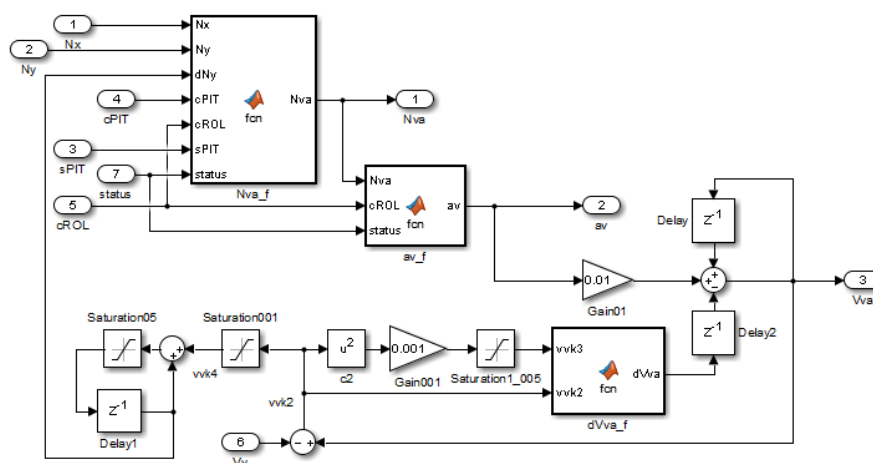


Рис. 1 – Блок расчета вертикальной скорости в Simulink

MATLAB имеет инструменты, необходимые для расчета динамических моделей в реальном времени. Модель рассчитывается в MATLAB, а для

визуального отображения используется симулятор X-Plane с созданной ранее анимированной моделью (рис. 2).

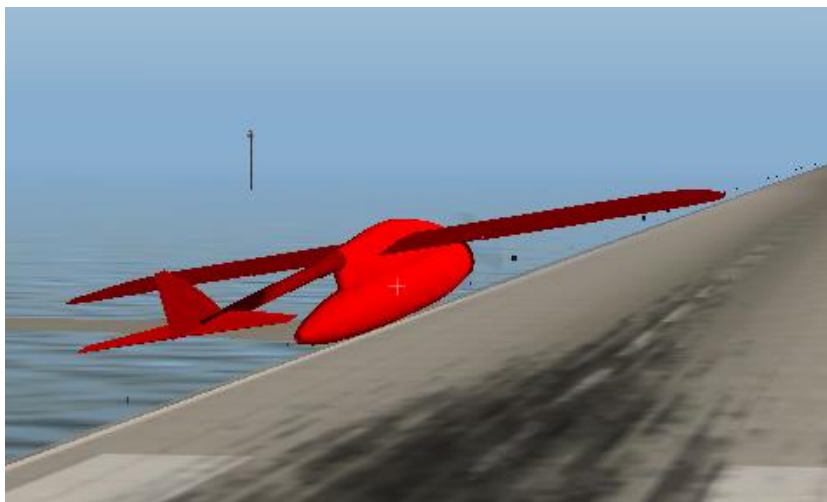


Рис. 2 – Полет модели БПЛА в авиасимуляторе

С симулятора передаются данные о текущем положении управляющих поверхностей и положении ручки тяги и, в свою очередь, MATLAB, рассчитывая динамику, передает обратно на симулятор координаты и три угла, на которые повернут ЛА в текущий момент времени.

После первичной настройки автопилота, его можно скорректировать под различные условия применения БПЛА и полезную нагрузку, под различные типы БПЛА.

Список литературы

1. Российский сайт о ракетной технике и технологии, [Электронный ресурс], Информационно-аналитическое интернет-издание по авиаракетной технике, Режим доступа: <http://www.missiles.ru>, свободный.
2. Российский сайт, посвященный беспилотной авиации, [Электронный ресурс], Федутин Д. Режим доступа: <http://www.uav.ru/>, свободный.
3. В.А. Боднер, «Системы управления летательными аппаратами», Москва, Машиностроение, 1973г.

Гончаров Владислав Сергеевич, магистрант 2-го года обучения кафедры электроники и микропроцессорной техники филиала НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, г. Смоленск, РФ

Научный руководитель – Строев Константин Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и микропроцессорной техники филиала НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, г. Смоленск, РФ

УДК 621.396.6

МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЭС МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Горбач А.П., Русак А.А., Алексеев В.Ф.

DOI: 10.12737/14862

Аннотация. Рассмотрен процесс моделирования механических процессов, протекающих в конструкциях РЭС методом конечных элементов. В результате анализа приведен вариант алгоритма метода конечных элементов для решения задач в линейной постановке.

Ключевые слова: моделирование механических процессов, условия эксплуатации, метод конечных элементов, матрица жесткости.

Жесткие условия эксплуатации сильно влияют на работоспособность и надежность работы РЭС. Отказы, связанные с потерей механической прочности РЭС выявляются на завершающих этапах разработки, и приводят к возможно длительной оптимизации конструкции, что, в конечном итоге, сказывается на сроках и стоимости выполнения проектных работ. Применение компьютерного моделирования механических процессов позволит сократить количество промежуточных вариантов конструкции и уменьшить себестоимость и время проектирования.

Метод конечных элементов является одним из наиболее эффективных численных методов решения математических задач, описывающих состояние физических систем сложной структуры. В последние десятилетия он занял ведущее положение и получил широкое применение. В настоящее время существует множество программных реализаций метода конечных элементов. [1].

В основе МКЭ лежит дискретизация объекта для решения уравнений механики сплошной среды с учетом, что эти уравнения и зависимости

выполняются в пределах каждой элементарной области – конечном элементе (КЭ). Они могут соответствовать реальной части пространства, например, пространственные элементы (рисунок 1 а, 1 б) или быть математической абстракцией: элементы стержней, балок, пластин, оболочек (рисунок 1 в). В пределах КЭ назначаются свойства участка объекта и описываются поля необходимых величин (перемещения, деформации, напряжения) [2].

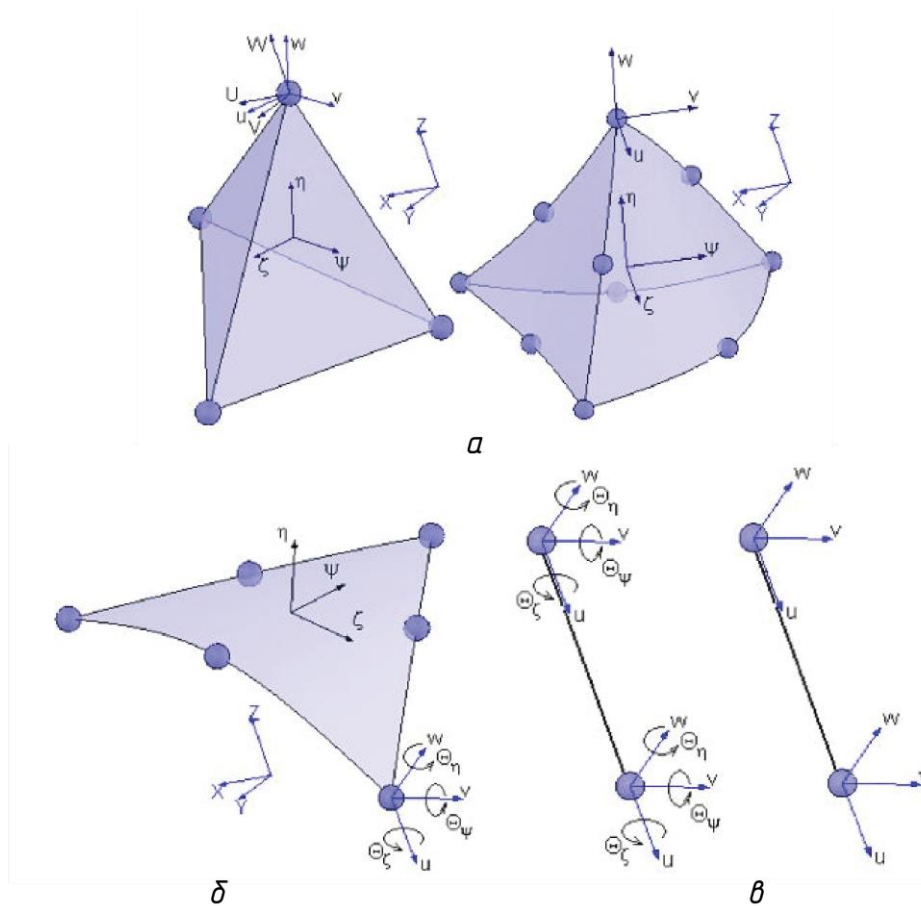


Рисунок 1 – Конечные элементы

Параметры из второй группы задаются в узлах элемента, далее вводятся интерполирующие функции, с помощью которых соответствующие значения можно определить в любой точке внутри элемента или на его границе. Математическое описание элемента сводится к тому, чтобы определить зависимости действующих в узлах факторов. В механике сплошной среды это обычно перемещения и усилия [2]. Имея математический аппарат для получения матриц жесткости конечных элементов, приведения нагрузок, приложенных к поверхности или в объеме элемента к усилиям в узлах, а также решения обратных задач: вычисления полей деформаций и напряжений в объеме элемента на базе перемещений в узлах, можно построить алгоритм

МКЭ. Ниже приведен один из его вариантов для решения задач в линейной постановке [2]:

1. Производится дискретизация объема, занимаемого деталью или сборкой на элементы, или строится сетка конечных элементов. Для объемного тела область разбивается на тетраэдры с гранями, аппроксимируемыми линейными или параболическими функциями координат. Для поверхностных моделей – на плоские или криволинейные треугольники.

2. Для пространственных конечных элементов степенями свободы являются перемещения в направлении осей локальной системы координат элемента. Для конечных элементов оболочек к трем перемещениям в каждом узле добавляются по три угла поворота нормали к срединной поверхности области, аппроксимируемой элементом, относительно тех же осей.

3. Определяются зависимости для преобразования перемещений и углов поворота в узлах к глобальной системе координат.

4. Вычисляются матрицы жесткости конечных элементов. В формулы для расчета компонентов матриц жесткости конечных элементов помимо координат узлов входят модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов. То есть если анализируется сборка, то в зависимости от принадлежности элемента детали при расчете матриц жесткости элементов используются соответствующие характеристики жесткости материала.

5. Полученные матрицы жесткости с использованием зависимостей для перехода от локальных систем координат элемента в глобальные преобразуются в глобальную систему координат.

6. Матрицы жесткости, представленные в глобальных координатах, объединяются в глобальную матрицу жесткости $[K]$.

7. Назначенные пользователем граничные условия, статические и кинематические, приводятся к нагрузкам и перемещениям в узлах, выраженным в глобальной системе координат, и включаются в столбец усилий $[F]$.

8. Полученная линейная система уравнений вида $[K] \cdot [\Delta] = [F]$ решается относительно столбца перемещений. Это наиболее трудоемкий этап расчета. Для решения используются итерационные или прямые методы. Матрица жесткости, как правило, хранится в компактной форме, структура которой определяется до этапа ее заполнения матрицами жесткости элементов.

9. Для каждого конечного элемента, имея перемещения (углы поворота) в узлах и аппроксимирующие функции, рассчитываются деформации. Если элементы линейные – деформации в пределах элементов постоянные, если элементы параболические – деформации изменяются линейно. На основе деформаций вычисляются напряжения в элементах. При необходимости напряжения в узлах смежных элементов осредняются с последующим пересчетом напряжений в пределах каждого элемента.

10. На основе компонентов напряженно-деформированного состояния и параметров прочности материала (материалов) производится вычисление эквивалентных напряжений по какому-либо критерию прочности.

Программы, реализующие метод конечных элементов, могут иметь различное назначение. Чаще всего требуется только решение линейных задач в упругой постановке, однако число степеней свободы может быть различным, от нескольких десятков до нескольких тысяч. В задачах динамики и устойчивости может потребоваться отыскание собственных значений, а для решения нелинейных задач может оказаться необходимым применение различных итерационных методов [2].

Список литературы

1. Зенкевич, О. С. Метод конечных элементов в технике / О.С. Зенкевич. – М., Мир, 1975.
2. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский [и др.]. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 1020 с.

Горбач Антон Петрович, магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Русак Алексей Андреевич, магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕБИТА ФЛЮИДА ПРИ ГАЗЛИФТНОМ СПОСОБЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Горбаченко В.С.

DOI: 10.12737/14863

Аннотация. Изучается, как контролировать дебит скважины при добыче нефти газлифтным способом. Определена зависимость дебита флюида от давления и количества газа, закачиваемого в скважину.

Ключевые слова: газлифтный метод добычи, объем флюида, пластовое давление, дебит скважины.

Сырье, добываемое из продуктивного пласта, залегающего глубоко в недрах земли, может быть поднято на поверхность как за счёт пластовой энергии (фонтанный способ эксплуатации скважины), так и за счёт совместного действия пластовой энергии и энергии, подаваемой в скважину с поверхности (механизированный способ эксплуатации).

Наиболее распространенный механизированный способ основан на использовании газлифтного метода добычи пластового флюида. Принцип действия газлифтного оборудования основан на закачке сжатого газа, при этом газ может подаваться в скважину по кольцевому пространству (кольцевая система) или по НКТ (центральная система). В период фонтанирования скважины в карман скважинных камер устанавливаются пробки, а в случае перевода скважины на газлифтный способ эксплуатации, пробки заменяются газлифтными клапанами. [1-3]. Газлифтный метод разработки скважин является экономически эффективным, надежным и полностью автоматизированным методом, принцип действия которого основан на уменьшении средней плотности добываемой жидкости, при подаче газа в скважину.

Рассмотрим скважину в статическом состоянии, пластовое давление которой будет поддерживаться нагнетательными скважинами. Газ при этом закачиваться в кольцевое пространство не будет, и в скважине установится статический уровень жидкости h . В этом состоянии пластовое давление равно давлению насыщения:

$$P_{\text{пл}} = P_{\text{нас}} = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{при} \quad P_{\text{пл}} \rightarrow \text{const},$$

где $P_{\text{пл}}$ – пластовое давление, $P_{\text{нас}}$ – давление насыщения, характеризующее состояние нефти при её извлечении.

Газ закачивают в кольцевое пространство скважины, и в ней появляется дополнительное давление, оказываемое газом. Тогда, для того чтобы жидкость поднялась до уровня устья скважины, необходимо выполнение следующего условия:

$$\rho_{\text{смеси}} \cdot g \cdot H = P_{\Gamma} + \rho_{\text{н}} \cdot g \cdot h,$$

где: $\rho_{\text{смеси}}$ – плотность смеси, полученной при смешивании пластовой нефти и закачиваемого газа; H – расстояние от земной поверхности до конца НКТ; P_{Γ} – давление, полученное от закачиваемого газа; $\rho_{\text{н}}$ – плотность нефти.

Определяем плотность смеси:

$$n_{\text{смеси}} = n_{\Gamma} + n_{\text{н}},$$

где: $n_{\text{смеси}}$ – концентрация молекул полученной смеси; $n_{\text{н}}$ – концентрация молекул нефти, находящейся в НКТ; n_{Γ} – концентрация молекул закачиваемого газа, находящегося в НКТ. Так как

$$n = \frac{N}{V}, \quad N = \nu \cdot N_A, \quad \frac{N_{\text{н}} + N_{\Gamma}}{V_{\text{смеси}}} = \frac{N_{\text{н}}}{V_{\text{н}}} + \frac{N_{\Gamma}}{V_{\Gamma}},$$

$$V_{\text{смеси}} = \frac{(\nu_{\text{н}} + \nu_{\Gamma}) \cdot \nu_{\text{н}} \cdot \nu_{\Gamma}}{\nu_{\Gamma} \cdot V_{\text{н}} + \nu_{\text{н}} \cdot V_{\Gamma}}.$$

Поскольку

$$\rho_{\text{смеси}} = \frac{m_{\text{смеси}}}{V_{\text{смеси}}} = \frac{m_{\text{н}} + m_{\Gamma}}{V_{\text{смеси}}} = \frac{(\rho_{\text{н}} \cdot V_{\text{н}} + \rho_{\Gamma} \cdot V_{\Gamma}) \cdot (\nu_{\text{н}} \cdot V_{\Gamma} + \nu_{\Gamma} \cdot V_{\text{н}})}{(\nu_{\text{н}} + \nu_{\Gamma}) \cdot V_{\text{н}} \cdot V_{\Gamma}},$$

$$P_{\Gamma} \geq g \cdot \left(\frac{(\rho_{\text{н}} \cdot V_{\text{н}} + \rho_{\Gamma} \cdot V_{\Gamma}) \cdot (\nu_{\text{н}} \cdot V_{\Gamma} + \nu_{\Gamma} \cdot V_{\text{н}})}{(\nu_{\text{н}} + \nu_{\Gamma}) \cdot V_{\text{н}} \cdot V_{\Gamma}} \cdot H - \rho_{\text{н}} \cdot h \right).$$

Допустим, что каждую секунду в скважину будет непрерывно подаваться сжатый газ объёмом $V_{i\Gamma}$, тогда столько же жидкости должно вытесняться. Но, так как в процессе подъёма смеси газ будет испытывать изменения в своём объёме, может также наблюдаться образование эмульсии, что непосредственно

уменьшит объём вытесняемого флюида. Для учета этих изменений вводится поправочный коэффициент α_{Π} . Тогда

$$V_{\text{смеси}} = \alpha_{\Pi} \cdot \sum V_{\Gamma i}.$$

При: $V_{\Gamma i} = \text{const}$ и $P_{\Gamma} = \text{const}$ получаем объём добытой смеси в сутки:

$$V_{\text{смеси}} = \alpha_{\Pi} \cdot V_{\Gamma}.$$

Используя уравнение Ван-дер-Ваальса, получим:

$$\left(P_{\Gamma} + v_{\Gamma}^2 \cdot \frac{a \cdot \alpha_{\Pi}^2}{Q^2} \right) \cdot \left(\frac{Q}{\alpha_{\Pi}} - v_{\Gamma} \cdot b \right) = v_{\Gamma} \cdot R \cdot T, \quad (1)$$

где Q – дебит добываемой смеси.

Преобразуем уравнение (1) следующим образом:

$$Q^3 - \alpha_{\Pi} \cdot v_{\Gamma} \cdot \left(b + \frac{R \cdot T}{P_{\Gamma}} \right) \cdot Q^2 + \frac{v_{\Gamma}^2 \cdot a \cdot \alpha_{\Pi}^2}{P_{\Gamma}} \cdot Q - \frac{v_{\Gamma}^3 \cdot a \cdot b \cdot \alpha_{\Pi}^3}{P_{\Gamma}} = 0.$$

Пусть:

$$A = \alpha_{\Pi} \cdot v_{\Gamma} \cdot \left(b + \frac{R \cdot T}{P_{\Gamma}} \right), \quad B = \frac{v_{\Gamma}^2 \cdot a \cdot \alpha_{\Pi}^2}{P_{\Gamma}}, \quad C = \frac{v_{\Gamma}^3 \cdot a \cdot b \cdot \alpha_{\Pi}^3}{P_{\Gamma}},$$

$$Q^3 - A \cdot Q^2 + B \cdot Q - C = 0.$$

Из «правила знаков Декарта» следует, что число положительных корней данного уравнения будет равно либо одному, либо трем. Пусть

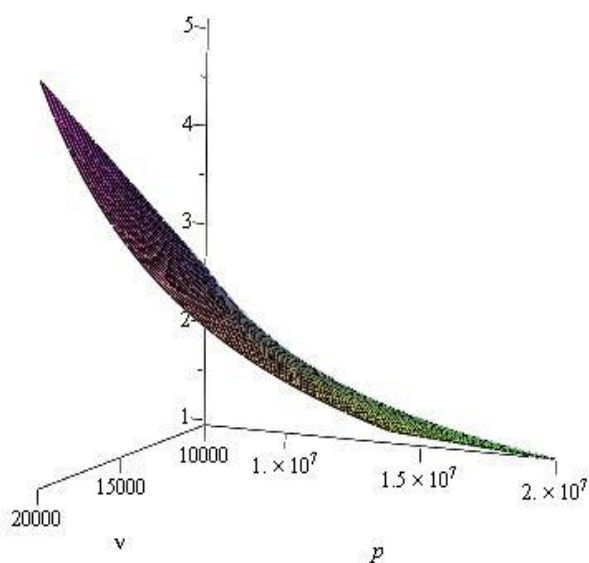
$$p = \frac{3 \cdot B - A^2}{3}; \quad q = -\frac{2 \cdot A^3}{27} + \frac{A \cdot B}{3} - C; \quad D(p, q) = \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}.$$

Так как $D(p, q) > 0$, то данное уравнение имеет только один действительный корень и он равен

$$Q = \frac{A}{3} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D(p, q)}} - \frac{p}{3 \cdot \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D(p, q)}}}.$$

Итак, получена функциональная зависимость дебита скважины от давления и количества вещества. Анализ показывает, что при увеличении давления и количества вещества газа, закачиваемого в скважину, наблюдается снижение дебита. Это вызвано тем, что при перенасыщении пластового флюида рабочим агентом, наблюдается отделение газа от нефти, т.е. появляется двухфазная среда, что способствует самостоятельному движению газа по

подъёмным трубам, который, в свою очередь, отчасти увлекает за собой жидкую среду.



Таким образом, используя полученную математическую зависимость, можно контролировать дебит скважины, а также рационально использовать ресурсы, необходимые для осуществления процесса добычи нефти газлифтным способом.

Рис. 1. Зависимость дебита скважины от давления и количества вещества.

Список литературы

1. Молчанов А.Г., Чичеров В.Л. Нефтепромысловые машины и механизмы. Учебник для техникумов. - М.: Недра, 1983. -308 с.
2. Никишенко С.Л. Нефтегазопромысловое оборудование. Волгоград.: Ин-Фолио, 2008, - 416 с.
3. Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянц Д.К. Интенсификация добычи нефти. М.: Наука, 2000. — 414 с.

Горбаченко Владислав Сергеевич, студент 4 курса машиностроительного факультета Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого, г. Гомель, Беларусь

Научный руководитель - Корсун Лидия Дмитриевна, старший преподаватель кафедры «Высшая математика» Гомельского государственного технического университета имени П.О.Сухого, г. Гомель, Беларусь

УДК 517.968

МОДЕЛИРОВАНИЕ САУ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ МЕТАНОЛА В АГРЕГАТАХ ТИПА НДА-П

Горбашенко В.В., Червинская Н.В.

DOI: 10.12737/14864

Аннотация. Разработана система автоматического управления для установки очистки метанола типа НДА-П. Проведены анализ и моделирование процесса расходов воздух-метанол с учетом возмущающих воздействий.

Ключевые слова: система очистки метанола, САУ, математическое моделирование.

Система представлен тремя взаимосвязанными объектами. В испарителе происходит испарение метанола. Метанол, содержащий 10-12% воды, непрерывно поступает в испаритель, туда же подается воздух, который барботирует через слой водного метанола и насыщается его парами. Затем паровоздушная смесь идет в реактор. Паровоздушная смесь попадает в реактор, температура в котором 500-600°C. Реакционные газы сразу же попадают в холодильник, где происходит охлаждение смеси и предотвращается распад продукта.

Разрабатываемая система компенсирует отклонения соотношения расходов и обеспечивает заданную точность регулирования.

В качестве объекта регулирования взят агрегат типа «НДА-П» RU №86590. Для рассматриваемого объекта принят общий вид передаточной функции, описывающий процесс охлаждения и нагрева воздуха:

$$W_D(s) = \frac{k_\partial}{T_\partial s + 1}, \quad (1)$$

k_{∂} – чувствительность датчика;

T_{∂} – постоянная времени, с.

Данная функция относится к секции расхода метанола, воздуха, положения вала исполнительного механизма и уровня паровоздушной смеси в испарителе. Разница лишь в коэффициенте усиления и времени протекания процесса. С учетом (1) подставим экспериментальные значения в полученные передаточные функции.

Передаточные функции по каналу управления:

Для следующих функций входом является количество подаваемой воды в испаритель, а выходом температура в реакторе. Эти функции описывают основные каналы управления в системе.

1) для исполнительного механизма:

$$W_{ИМ}(s) = \frac{k_{\partial в}}{s(T_{\partial в}s + 1)} \quad (2)$$

2) для блока управления двигателем:

$$W_{БУ}(s) = k_{\partial в} \quad (3)$$

Передаточная функция регулирующего органа:

Передаточная функция, регулирующего органа представим пропорциональным коэффициентом:

$$W_{РО1}(s) = k_{po1}, \quad (4)$$

$$W_{РО2}(s) = k_{po2}. \quad (5)$$

Моделирование системы автоматического управления процессом очистки метанола проведено с учетом возмущений. К возмущению относится любая инерционность и время запаздывания объекта регулирования. В качестве регулятора используется ПИ-регулятор. Для компенсации контролируемого возмущения – в контур системы внесен компенсатор. Для моделирования используются схемы, построенные в пакете Simulink программного обеспечения Matlab (рис. 1).

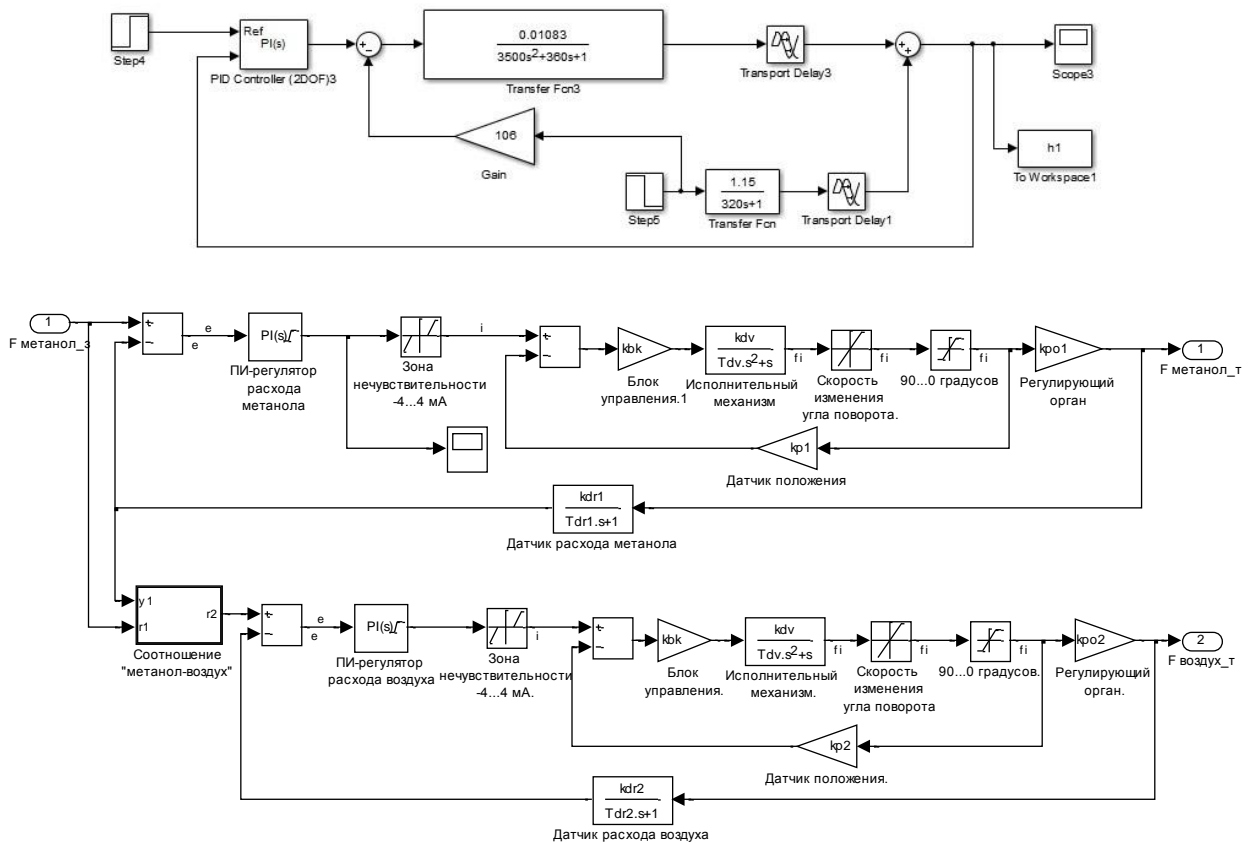


Рисунок 1.1 – Модель САУ системы автоматического управления установкой очистки метанола типа НДА-П.

Результаты моделирования приведены на рис. 2.

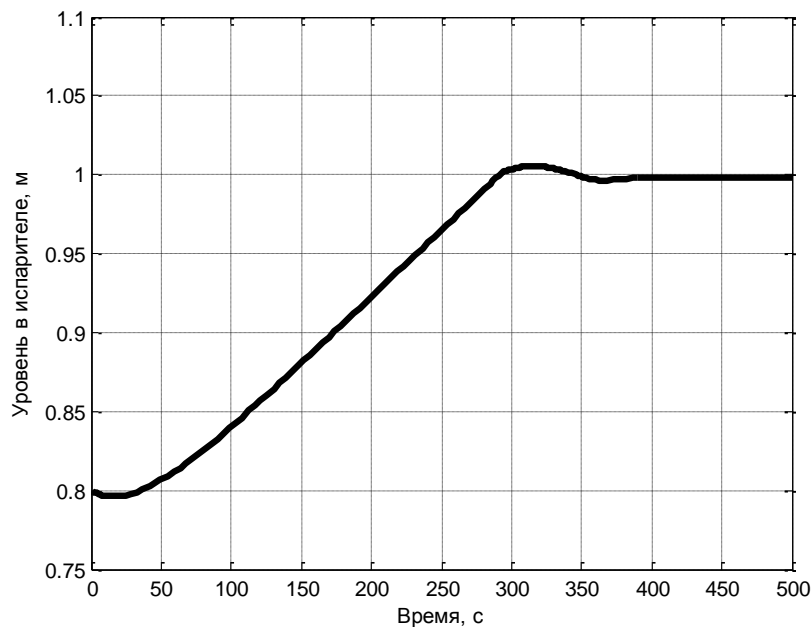


Рисунок 2 - График переходного процесса уровня паровоздушной смеси в испарителе

Модель САУ для секции расхода выглядит аналогично (рис. 1.1). Результаты моделирования приведены на рис. 4.

По графикам переходных процессов рис. 3 и 4, можно сделать вывод об удовлетворительном качестве работы САУ как по каналу управления, так и по каналу возмущения. Перерегулирование составляет не более 1%, быстродействие – менее 4 мин, что удовлетворяет требованиям к системе.

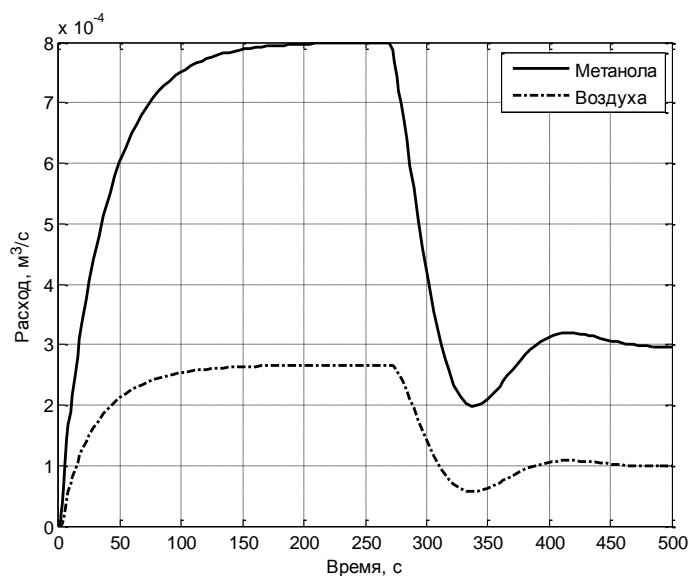


Рисунок 1.4 - Графики переходного процесса расхода метанола и воздуха поступающих в испаритель.

Список литературы

1. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М., 1985.
2. Ключев А.С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. 1980. – 512 с.

Горбащенко Вадим Витальевич, студент 5 курса, факультета компьютерных информационных технологий и автоматики Донецкого национального технического университета, г. Донецк, ДНР

Червинская Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики и телекоммуникаций Донецкого национального технического университета, г. Донецк, ДНР

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАТОРА ДЛЯ
ВИБРОГАШЕНИЯ РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Горелова А. А., Попов А. И.

DOI: 10.12737/14865

Аннотация. Обработка глубоких отверстий сопровождается возникновением вибраций системы СПИЗ различного рода. Среди них выделяют резонансные вибрации, возникающие при кратности частоты вынужденных колебаний, зависящей от режимов обработки, частоте собственных колебаний инструмента. Они приводят к появлению погрешностей формы и размера отверстия. Для уменьшения амплитуды резонансных вибраций предложен метод виброгашения, заключающийся в использовании инструмента, оснащенного гироскопическим стабилизатором. Представлена математическая модель виброгашения вынужденных колебаний предложенного инструмента. Установлено, что для достижения наименьшего значения амплитуды вибраций, необходимо поддерживать систему СПИЗ в состоянии, близком к резонансному.

Ключевые слова: обработка глубоких отверстий, гироскопическая стабилизация инструмента.

Особенность обработки гильз гидроцилиндров телескопирования, как изделий с глубокими отверстиями (ГО) состоит в том, что обрабатывающий инструмент (резцовая головка) закреплен на борштанге, длина которой превышает длину обрабатываемого отверстия и во время растачивания инструмент совершает поступательное движение подачи, продвигаясь вглубь вращающейся заготовки [1]. Таким образом, длина борштанги, находящаяся вне опор, увеличивается, что приводит к изменению её жесткости, а, следовательно, и частоты собственных колебаний системы СПИЗ (станок-приспособление-инструмент-заготовка). При этом СПИЗ подвержена и вынужденным колебаниям, частота которых определяется в том числе режимами обработки и незначительно изменяется во время процесса резания. Таким образом, за время обработки частоты вынужденных и собственных колебаний могут становиться кратными и равными друг другу, что приводит к

резонансу и неравномерному съему металла внутри отверстия, снижая качество обработки ГО.

Известно использование динамических гасителей, основанных на свойствах двухстепенного гироскопа для успокоения бортовой качки. Этот подход применим и для уменьшения амплитуды вибраций расточного инструмента. В предложенной расчетной схеме (рис.1.) ось вращения ротора гироскопа расположена в раме и направлена вдоль действия вибраций [2]. Рама совершает колебания около положения равновесия, не достигая его, за счет наличия дестабилизирующего груза. Отклонение оси инструмента на угол φ сопровождается возникновением момента $C\omega\dot{\varphi}$, действующего на ось вращения ротора гироскопа. При этом возникает противодействующий момент $C\omega\dot{\vartheta}$, который отклоняет раму гироскопа на угол ϑ и препятствует повороту ротора гироскопа (рис.1).

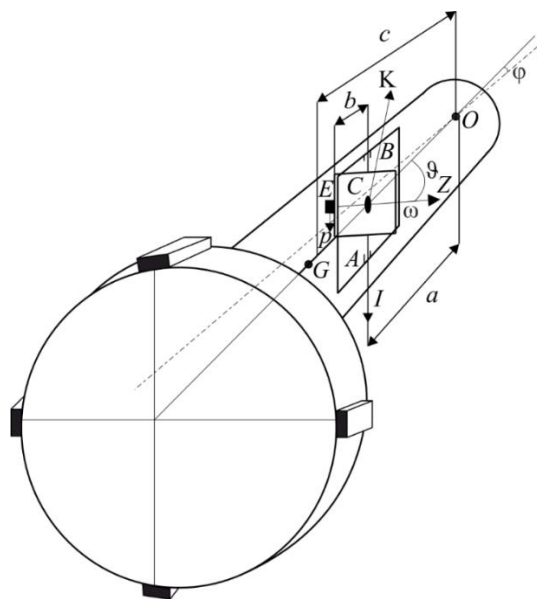


Рисунок 1– Расчетная схема гироскопического стабилизатора

C, B –внутренняя внешняя рама гироскопа; E - грузик массой p ; b -половина ширины рамы C ; O -центр колебаний; G - центр масс инструмента; c -расстояние от центра колебаний до центра масс; a -расстояние от ротора гироскопа до центра O ; φ –угол отклонения оси инструмента; ϑ –угол отклонения оси ротора гироскопа.

В динамической системе «инструмент-стабилизатор» действуют сопротивления, которые необходимо учесть. Примем два момента

сопротивления: действующих на ось рамы. $L_1 = -k_1 \dot{\vartheta}$ и $L_2 = -k_2 \dot{\varphi}$, где k_1 и k_2 - постоянные величины ($k_1 = \beta l^2$ сопротивление воздушного демпфера, согласно [3]), а $k_2 = Kl$ - сопротивление пружин, где K - приведенная жесткость пружины, l - расстояние от оси вращения ротора до пружин.

С учетом принятых значений сопротивлений система уравнений, описывающих движение инструмента [4] имеет вид:

$$\begin{cases} J_0 \ddot{\varphi} - C \omega \dot{\vartheta} + P c e \varphi = H \sin \mu t, \\ A_0 \ddot{\vartheta} + C \omega \dot{\varphi} = -p b \vartheta - k_1 \dot{\vartheta} - k_2 \vartheta \end{cases} \quad (2)$$

Решая последовательно оба уравнения, считая $\dot{\vartheta} = const$ для первого и $\dot{\varphi} = const$ для второго уравнения системы (2) получим решения в виде:

$$\varphi(t) = C_2 \sin\left(\sqrt{\frac{Pce}{J_0}} t\right) + C_1 \cos\left(\sqrt{\frac{Pce}{J_0}} t\right) - \frac{HPce \cdot \sin(\mu t) + C\omega \dot{\vartheta}(-Pce + \mu^2 J_0)}{Pce(-Pce + \mu^2 J_0)}$$

$$\vartheta(t) = C_2 e^{\frac{(-k_1 + \sqrt{k_1^2 - 4A_0 p b - 4A_0 k_2})t}{2A_0}} + C_1 e^{\frac{(-k_1 - \sqrt{k_1^2 - 4A_0 p b - 4A_0 k_2})t}{2A_0}} - \frac{C\omega \dot{\varphi}}{pb + k_2}$$

Для оценки эффективности виброгашения введем коэффициент $\alpha = A_1 / A_0$, где A_1 - амплитуда колебаний с вращающимся ротором гироскопа (с гироскопической стабилизацией); A_0 - амплитуда вынужденных колебаний без гироскопической стабилизации.

При этом, $A_1 = \frac{F}{(Pe + M + M_1) \cdot (\omega_0^2 - \mu^2)}$ найдем из известного

выражения для определения амплитуды вынужденных колебаний.

Для численного решения системы (2) зададим следующие исходные значения: $a=0,1$; $c=0,5$; $J=0,0643$; $A=0,000006$; $P=35$; $C=A=0,00004$; $H=0,01$; $F=10$; $p=0,0058$; $b=0,02$. Определим значение коэффициента α для различных соотношения частот μ вынужденных и ω_0 собственных колебаний.

Для значений $\frac{\mu}{\omega_0}$, принадлежащих диапазону 0,5..1 получены значения

$\alpha=0,01..0,9$. При этом значение α тем меньше, чем ближе μ к ω_0 . Следовательно, для достижения наиболее эффективного виброгашения

необходимо поддерживать систему СПИЗ в состоянии близком к резонансу на одной из гармоник. В этом случае возможно избежать существенного возрастания амплитуды вынужденных колебаний инструмента, и повысить точность обработки ГО.

Список литературы

1. Минков М.А. Технология изготовления глубоких точных отверстий. М., Л.: Машиностроение, 1968. 183 с.
2. Патент 152126 РФ МПК В23В29/00. Резцедержатель, демпфирующий вибрации / А.Ю. Горелова, А.А. Плешаков, М.Г. Кристаль. Опубл. 10.05.2015. Бюл. № 13.
3. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики: В 2-х томах. Т II. Динамика. – 6-е изд., перераб. И доп. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 640 с.
4. Николаи Е.Л. Теоретическая механика. Ч. 3. Изд. 2-е. Ленинград-Москва: ГОНТИ НКТП СССР ред. технико-теор. лит., 1939. 311 с.\

Горелова Ася Юрьевна, инженер-исследователь, аспирант кафедры автоматизации производственных процессов Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, РФ

Попов Артем Игоревич, магистрант 1 курса факультета автоматизированных систем транспорта и вооружений Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, РФ

Научный руководитель-Кристаль Марк Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации производственных процессов Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, РФ

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОЛОЧЕК ПРИ
ОСЕСИММЕТРИЧНОМ НАГРУЖЕНИИ С УЧЕТОМ ПОРИСТЫХ
СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА И СЛОЖНОЙ РЕОЛОГИИ СЖАТОГО
СКЕЛЕТА**

Гоцев Д.В., Перунов Н. С.

DOI: 10.12737/14866

Аннотация. Построены математические модели, описывающая напряженно-деформированные состояния осесимметричных оболочек, материал которых обладает пористой структурой, а сжатый скелет упрочняющимися упругопластическими свойствами. Деформирование пористой среды под действием заданных равномерно распределенных сжимающих нагрузок разделяется на два взаимосвязанных этапа: упругое деформирование пористой среды и неупругое деформирование сжатой матрицы. Определены нагрузки, при которых начальная пористость материала достигает во всей области нулевого значения. На втором этапе выведены аналитические выражения для нахождения напряженно-деформированных состояний в упругой и пластической зонах деформирования сжатого скелета, а так же получены уравнения для определения упругопластической границы. При этом в качестве условий совместности выбирались условия непрерывности компонент напряжений и перемещений на упругопластической границе(далее УПГ), а также равенство нулю пластических деформаций на ней.

Ключевые слова: пористые материалы при неупругой работе сжатого скелета, цилиндрические и сферические тела при сжатии, напряженно-деформированное состояние.

Деформирование пористого материала с начальным раствором пор - ε_0 можно разделить на два взаимосвязанных этапа [1]. Первый – упругое деформирование сжимаемой пористой среды, второй – неупругое деформирование сжатого скелета с упрочняющимися упругопластическими свойствами. Связь между напряжениями и деформациями на первом этапе деформирования берется в виде закона Гука для сжимаемого тела, на втором этапе упругие деформации сжатого скелета подчиняются закону [3]

$$S_j^\beta = \begin{cases} 2(\mu_0 + \mu_1) \varepsilon_j^\beta - 2\mu_0 \left(\varepsilon_j^\beta \right)_0 + \frac{2}{3} \mu_1 \varepsilon_0 g_j^\beta, \\ -\varepsilon_\alpha^\alpha = \varepsilon_0, \end{cases} \quad (2)$$

где g_j^β , σ_j^β , ε_j^β смешанные компоненты метрического тензора, тензора напряжений и тензора упругих деформаций соответственно, λ_1 , μ_1 - параметры Ламе сжимаемого тела, S_j^β - компоненты тензора девиатора напряжений; $\left(\varepsilon_j^\beta \right)_0$ - компоненты тензора упругих деформаций, вычисленные на момент полного сжатия пор, то есть при выполнении условия $\varepsilon_\alpha^\alpha = -\varepsilon_0$; $\mu_0 + \mu_1$ - модуль сдвига несжимаемого тела.

В зоне пластического деформирования сжатого скелета будем использовать модель несжимаемого упрочняющегося упругопластического тела [2]. Ниже рассмотрим задачи определения напряженно-деформированного состояния (далее НДС) цилиндрической и сферической оболочек. Обозначим через b и a соответственно внешний и внутренний радиусы. Интенсивность равномерно распределенной по внешней поверхности сжимающей нагрузки обозначим q_b по внутренней q_a .

Моделируя НДС соотношениями геометрически линейной теории, присоединяя к ним граничные условия, и реологические соотношения описанные выше получим, что объемная деформация при упругом сжатии пор является константой, а следовательно, достижение величины начального раствора пор нулевого значения (иначе - достижение объемной деформацией величины $-\varepsilon_0$) при упругом деформировании материала происходит одновременно во всем теле. Условия пористости примут вид, для цилиндра и сферы соответственно.

$$\frac{q_b b^2 - q_a a^2}{(\lambda_1 + \mu_1)(b^2 - a^2)} < \varepsilon_0; \quad \frac{3(q_a a^3 - q_b b^3)}{(3\lambda_1 + 2\mu_1)(a^3 - b^3)} < \varepsilon_0 \quad (3)$$

$$\text{где } f(\varepsilon_0) = \begin{cases} 1, & \text{если } \varepsilon_0 \neq 0 \\ 0, & \text{если } \varepsilon_0 = 0 \end{cases}$$

Далее рассмотрим случай внешних нагрузок достаточных для схлопывания пор. Тогда, присоединяя реологические соотношения (2) из условий совместности получим следующие уравнения для поиска УПГ, для случая сферы и цилиндра соответственно.

$$q_b - q_a + \chi \sqrt{k^2 - \frac{1}{3} \varepsilon_0^2} \left(\frac{\gamma^2}{a^2} - \gamma^2 + \frac{2\mu}{c + 2\mu} \left(1 - \frac{\gamma^2}{a^2} + 2 \ln \frac{\gamma}{a} \right) \right) = 0 \quad (4)$$

$$q_b - q_a - \frac{\varepsilon_0}{3} (3\lambda_1 + 2) \cdot (1 - a^3) - \frac{2\sqrt{3}\chi k}{3} \left(\frac{\gamma^3}{a^3} - \frac{4}{3} \gamma^3 + \frac{1}{3} - \frac{2\mu}{2\mu + c} \left(3 \ln \frac{a}{\gamma} + \frac{\gamma^3}{a^3} - 1 \right) \right) + \frac{(3q_a \cdot f(\varepsilon_0) - \varepsilon_0 (3\lambda_1 + 2)) \cdot \mu_0 a^3}{9} \left(\frac{1}{\gamma^3} - 1 \right) = 0. \quad (5)$$

Здесь и далее все соотношения записаны в безразмерном виде, при этом все величины имеющие размерность напряжений отнесены к величине μ_1 , а имеющие размерность длины к радиусу b .

НДС для случая цилиндрической оболочки определяется в виде

- в упругой области ($\gamma < r < 1$)

$$\sigma_r = \chi \gamma^2 \sqrt{k^2 - \frac{1}{3} \varepsilon_0^2} \left(1 - \frac{1}{r^2} \right) - q_b, \quad \sigma_\theta = \chi \gamma^2 \sqrt{k^2 - \frac{1}{3} \varepsilon_0^2} \left(1 + \frac{1}{r^2} \right) - q_b; \quad (6)$$

- в пластической области ($a < r < \gamma$)

$$\varepsilon_r^p = -\varepsilon_\theta^p = \frac{\chi \sqrt{k^2 - \varepsilon_0^2/3}}{c + 2\mu} \left(1 - \frac{\gamma^2}{r^2} \right),$$

$$\sigma_r = -q_a + \chi \sqrt{k^2 - \frac{1}{3} \varepsilon_0^2} \left(\frac{\gamma^2}{a^2} - \frac{\gamma^2}{r^2} + \frac{2\mu}{c + 2\mu} \left(1 - \frac{r^2}{a^2} + 2 \ln \frac{r}{a} \right) \right),$$

$$\sigma_\theta = -q_a + \chi \sqrt{k^2 - \frac{1}{3} \varepsilon_0^2} \left(\frac{\gamma^2}{a^2} + \frac{\gamma^2}{r^2} + \frac{4\mu}{c + 2\mu} \left(\frac{1}{2} \left(3 - \frac{r^2}{a^2} \right) - \frac{\gamma^2}{r^2} + \ln \frac{r}{a} \right) \right). \quad (7)$$

Перемещения и полные деформации в упругой и пластической областях определяются соотношениями

$$u = \frac{D}{r} - \frac{\varepsilon_0}{2} r, \quad \varepsilon_r = -\frac{D}{r^2} - \frac{\varepsilon_0}{2}, \quad \varepsilon_\theta = \frac{D}{r^2} - \frac{\varepsilon_0}{2}, \quad (8)$$

Здесь в (6) – (8)

$$\chi = (q_a - q_b), \quad D = \frac{\chi \gamma^2 \sqrt{k^2 - \varepsilon_0^2/3} + \mu_0 (q_a \cdot f(\varepsilon_0) - \varepsilon_0 (\lambda_1 + 1)) a^2}{2\mu}.$$

НДС для случая сферической оболочки определяется в виде

- в упругой области ($\gamma < r < 1$)

$$\sigma_r = \frac{1}{9} \left(\frac{1}{r^3} - 1 \right) \left(8\sqrt{3}\chi k \gamma^3 - (3q_a \cdot f(\varepsilon_0) - \varepsilon_0(3\lambda_1 + 2)) \cdot \mu_0 a^3 \right) - q_b,$$

$$\sigma_\theta = -\frac{1}{9} \left(\frac{1}{r^3} + 2 \right) \left(4\sqrt{3}\chi k \gamma^3 - \frac{(3q_a \cdot f(\varepsilon_0) - \varepsilon_0(3\lambda_1 + 2)) \cdot \mu_0 a^3}{2} \right) - q_b; \quad (9)$$

- в пластической области ($a < r < \gamma$)

$$\varepsilon_r^p = -2\varepsilon_\theta^p = -2\varepsilon_\varphi^p = \frac{2\sqrt{3}\chi k}{3(2\mu + c)} \cdot \left(\frac{\gamma^3}{r^3} - 1 \right),$$

$$\sigma_r = -q_a + \frac{2\sqrt{3}\chi k}{3} \left(\frac{2\mu}{2\mu + c} \left(3\ln \frac{a}{r} + \frac{r^3}{a^3} - 1 \right) + \frac{\gamma^3}{r^3} - \frac{\gamma^3}{a^3} \right);$$

$$\sigma_\theta = -q_a + \frac{2\sqrt{3}\chi k}{3} \left(\frac{3\mu}{2\mu + c} \cdot \left(2\ln \frac{a}{r} + \frac{2r^3}{3a^3} + \frac{\gamma^3}{r^3} - \frac{5}{3} \right) - \frac{\gamma^3}{a^3} - \frac{\gamma^3}{2r^3} \right). \quad (10)$$

Перемещения и полные деформации в упругой и пластической областях в этом случае определяются соотношениями

$$u = \frac{D}{r^2} - \frac{\varepsilon_0}{3} r, \quad \varepsilon_r = -\frac{2D}{r^3} - \frac{\varepsilon_0}{3}, \quad \varepsilon_\theta = \varepsilon_\varphi = \frac{2D}{r^3} - \frac{\varepsilon_0}{3}, \quad (11)$$

$$\text{В (9) - (11) } \chi = \text{sign}(q_a - q_b), \quad D = \frac{-2\sqrt{3}\chi k \mu_1 \gamma^3 + (3q_a \cdot f(\varepsilon_0) - \varepsilon_0(3\lambda_1 + 2\mu_1)) \cdot \mu_0 a^3}{12\mu_1(\mu_0 + \mu_1)}.$$

Результаты численного эксперимента представлены на рисунках 1.

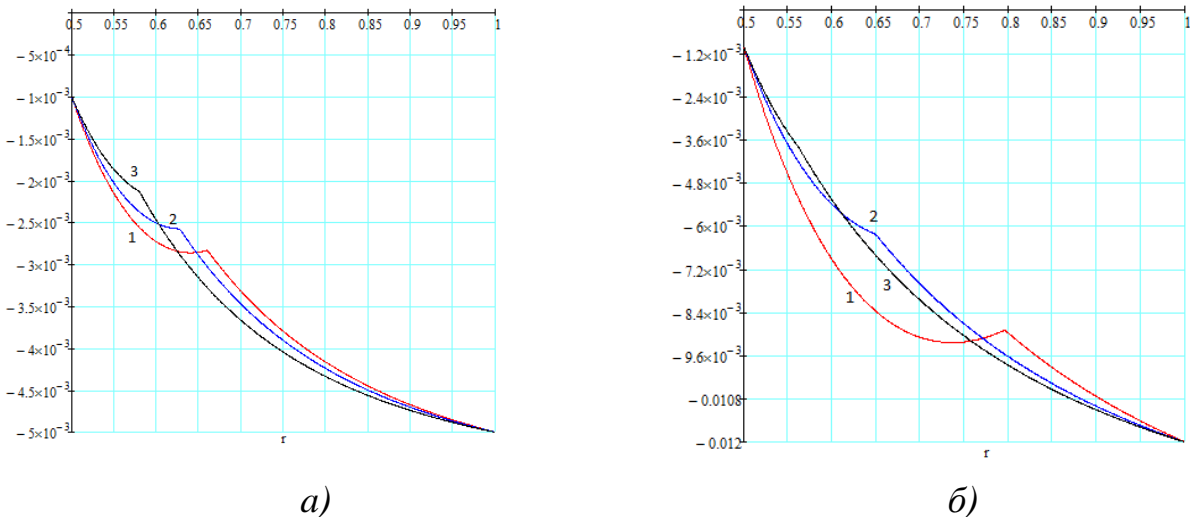


Рис. 1 - Зависимость радиальной компоненты напряжений от радиуса при различных значениях параметра k .

а) цилиндрическая оболочка; б) сферическая оболочка.

Безразмерные значения физико-механических и геометрических параметров брались следующими: для цилиндрической задачи $a=0.5$, $b=1$, $q_a=0.001$, $q_b=0.012$, $c=0.005$, $\lambda_1=3$, $\varepsilon_0=0.0005$, $\mu=2$; кривая 1- $k=0.0085$ кривая-2 $k=0.01$ кривая-3 $k=0.012$; для сферической задачи $a=0.5$, $b=1$, $q_a=0.001$, $q_b=0.005$, $c=0.005$, $\lambda_1=3$, $\varepsilon_0=0.001$, $\mu=2$; кривая 1- $k=0.0019$ кривая-2 $k=0.002$ кривая-3 $k=0.0022$.

Список литературы

1. Садовская, О.В. Математическое моделирование в задачах механики сыпучих сред / О. Садовская, В. Садовский — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 368 с.

2. Ивлев, Д.Д. Механика пластических сред: в 2 т. Т2 / Дюис Ивлев — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 448 с.

Гоцев Дмитрий Викторович, докт. физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры математики 206 Военного учебно-научного центра ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ

Перунов Николай Сергеевич, магистрант 1-го курса обучения факультета прикладной математики и механики Воронежского государственного университета, г. Воронеж, РФ

УДК 004. 92

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБЛИЦОВКИ ФАСАДА И УСТАНОВКИ КРОВЛИ ЗДАНИЯ

Грачева О.С.

DOI: 10.12737/14867

Аннотация. В статье проводится сравнение технологий облицовки фасада и установки кровли здания. Описывается процесс создания видео-модели утепленного дома с кровельным покрытием из профнастила в программе CINEMA 4D.

Ключевые слова: ограждающая конструкция, моделирование, CINEMA 4D.

Строительство жилья – это самая актуальная тема для человека на протяжении всего существования цивилизации. У каждого есть потребность в надежном и комфортном жилище. Наружные стены выпускают из дома от 20 до 30 % тепла даже при соблюдении всех строительных нормативов и без экономии на качестве материалов. Экономическая целесообразность утепления способствует все большему возрастанию спроса на данную услугу, и делает ее более чем востребованной.

На сегодняшний день рынок строительной продукции предлагает большой выбор различных материалов для обшивки стен здания и крыши. При выборе утеплителя и материала для обшивки здания следует учитывать климатические особенности региона. Этот фактор напрямую влияет не только на тип, но и на количество приобретаемых материалов. Для сравнения в эксперименте были взяты профнастил, деревянная вагонка, штукатурка и облицовочный кирпич. В качестве утеплителя использовались базальтовые плиты. Все ограждающие конструкции в первую очередь проверялись на соответствие требованиям СНиП (Строительные нормы и правила) [1]. По каждой конструкции производились расчеты на определение норм тепловой защиты. Проверялась правильность выбора толщины утеплителя, вычислялся температурный перепад, а также температура внутренней поверхности ограждения. Все данные сравнивались с определенными расчетными значениями [2]. Установлено, что каждая конструкция соответствует проверяемым нормам и может использоваться для обшивки жилого помещения.

Далее сравнение велось по таким критериям, как экологичность выбранной конструкции, трудоемкость монтажа конструкции, а также оценка стоимости рассматриваемых вариантов. На основе всех данных, полученных в ходе сравнительного анализа, можно сделать вывод, что самым оптимальным материалом для обшивки стен здания является сайдинг – металлический или виниловый.

Аналогичным образом проведено сравнение материалов кровли крыши. Надежная крыша - еще одна составляющая безопасного и долговечного дома.

Выбор материала для кровли не менее важен, чем выбор материалов для обшивки стен. Для сравнения были взяты шифер, металлочерепица, профнастил и керамопласт. Сравнительный анализ по техническим, экономическим и экологическим аспектам показал, что из всех вышеперечисленных материалов профнастил можно считать лучшим кровельным покрытием.

Чтобы наглядно продемонстрировать вариант обшивки дома с использованием выбранных материалов, создан короткий видеоролик. В нем детально показываются все этапы утепления и обшивки стен дома, а также установка кровли на крышу.

Проект реализован при помощи трехмерной графики в программе Cinema 4D. Это универсальная комплексная 3D программа, которая позволяет создавать и редактировать трёхмерные объекты и эффекты. Этот фактор выделяет ее среди подобных, так как работа в Cinema 4D позволяет обойтись без подключения дополнительных сторонних программ. Создание видеоролика в данной программе можно разделить на три этапа: моделирование, создание анимации и рендеринг [3].

Моделирование. В Cinema 4D используются два основных принципа построения модели: полигональный и NURBS. Моделирование объектов и конструкций будущего здания велось с помощью двух основных компоновок интерфейса программы – Стандартной и Modeling.

Для моделирования трехмерной модели дома и его отделки были использованы элементарные фигуры - объекты примитивы (куб, конус, цилиндр, сфера и так далее). Для создания сложной конструкции примитивы, с помощью специальных возможностей программы, деформировались, видоизменялись, а также объединялись между собой. Например, для создания проемов для окон использовался метод выдавливания с помощью инструмента *Bool*. Чтобы придать элементам реалистичность применялись специальные инструменты – материалы. Материалы назначаются с целью придания им дополнительных свойств, таких как цвет, отражение, прозрачность, текстура. Так, например, при создании ступенек крыльца, объектам, с помощью свойства материала (канала) *Bump*, придавалась шероховатость.

Анимация. Следующим этапом, после построения трехмерной модели здания, является создание анимации. Для анимирования объектов, Cinema 4D предлагает специальную компоновку интерфейса Animation. В состав данной компоновки входит полоса времени (Таймлайн), благодаря которой управление анимацией и дорожками анимации значительно упрощается. Используя ключевые кадры было спроектировано пошаговое движение всех составляющих конструкции обшивки стен и крыши здания. Каждое новое положение элемента конструкции фиксировалось отдельно на полосе времени, образуя последовательную цепочку кадров, и отображалось на экране в виде кривой с фиксированными точками.

Основным элементом анимации можно считать камеры. Сцена всегда рассматривается исходя из актуального вида созданной камеры. В данном проекте с помощью камер реализовано приближение и отдаление кадра во время движения объектов обшивки стен и кровли крыши, а также показ общего вида конечного варианта полученного здания.

Рендеринг. Рендеринг является последним шагом, на котором все составные части сцены будут собраны в единую составляющую и предоставлены наглядно. Процесс рендера состоит в основном из чисел, которые производят просчёт точек в пространстве, они в свою очередь определяют просчитываемую поверхность объекта. Дополнительные последующие числа производят просчёт движения и деформации моделированных, текстурированных и освещённых объектов. В итоге весь этот список приводит к созданию заключительного и просчитанного изображения.

После завершения процесса рендера изображения можно сжимать и сохранять различными способами. Некоторые форматы содержат всю информацию программы CINEMA 4D и соответствуют максимальному качеству. Они называются "non-lossy" (форматы без потерь). Для сохранения видеоролика требуется выбрать один из форматов сохранения - QuickTime-клип или системы клипов AVI. Максимальные результаты получаются при использовании кодека CODEC (Compressor, Decompressor) в режиме "Лучший". В нашем случае был выбран второй формат с использованием программы сжатия Xvid MPEG-4 Codek. В результате был получен видеоролик

стандартного формата, который может воспроизводиться на любом устройстве, имеющем функцию воспроизведения видео.

Список литературы

1. Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003 – Москва, 2004.– 66 с.
2. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания: Справочное пособие / Е.Г. Малявина – Москва: Авок-пресс, 2011.– 144 с.
3. Зеньковский, В. А. Сinema 4D: Практическое руководство / В.А. Зеньковский – Москва: Солон-Пресс, 2008. –376с.

Грачева Ольга Сергеевна, студентка 5 курса физико-математического факультета Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак, РФ

Научный руководитель - Кожевникова Лариса Михайловна, доктор физ.-мат. наук, профессор Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак, РФ

УДК 681.515.01.03

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ САУ СУШКИ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИОННОЙ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛКИ

Гриценко А.А., Жукова Н.В.

DOI: 10.12737/14868

Аннотация. Результаты моделирования показали, что САУ сушки с настроенными ПИ и ПД - регуляторами обеспечивает хорошее качество регулирования во всем диапазоне изменения производительности сушки. Время регулирования 12 мин. перерегулирование 0%, компенсация возмущения 12 мин. Автоколебания в режимах слежения и стабилизации отсутствуют.

Ключевые слова: сушилка вибрационная конвективная, гранулированные смеси, математическое моделирование, динамика, показатели качества регулирования.

Общая постановка проблемы. Технологический процесс (ТП) сушки гранулированных смесей осуществляется в сушилке вибрационной конвективной (СВК), предназначенной для сушки (охлаждения) сыпучих, зернистых и порошкообразных материалов, не склонных к налипанию, с размером частиц от 0,05 до 25 мм в виброкипящем слое. В условиях ОАО «Теплосмесь» г. Донецка не решена задача автоматизации вышеназванного процесса. Технологическая схема сушки настроена на незначительные изменения по расходу, начальной влажности и дисперсионному составу частиц гранулированных смесей. Остаточная влажность гранулированных смесей регулируется вручную за счет изменения расхода газа в соотношении с расходом воздуха. В наличии есть технические средства, позволяющие измерить следующие технологические параметры: давление теплоносителя перфорированным листом, кПа; температура теплоносителя, °С; температура на материале в СВК, °С; температура отходящих газов, °С; скорость движения ленты, м/с; расход теплоносителя, м³/час; расход отходящих газов, м³/час.

Таким образом, решение задачи автоматизации ТП сушки гранулированных смесей в условиях данного предприятия является актуальной. Особенность управления процессом сушки состоит в том, что влажность получаемого продукта определяется не непосредственно, а косвенно, по температуре отходящих из сушилки газов. Схема процесса сушки, как объекта управления, с точки зрения основных материальных потоков и их информационных переменных, представлена на рис 1.

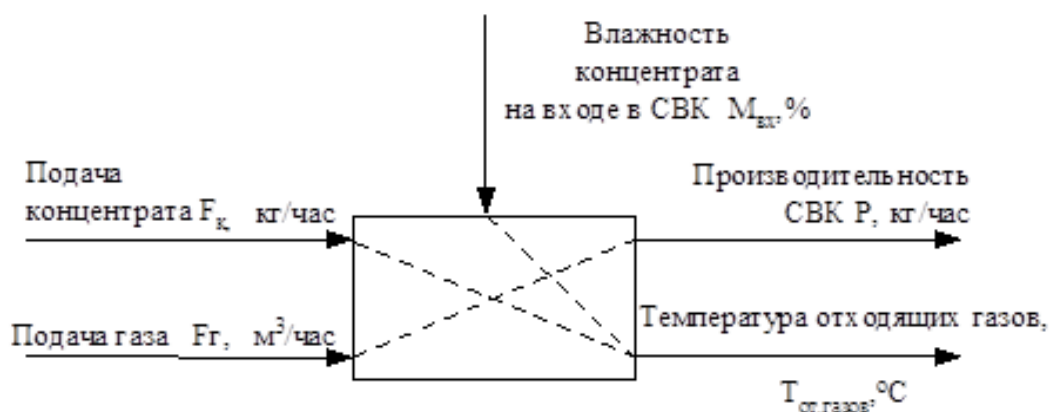


Рисунок 1 – Схема анализа процесса сушки гранулированных смесей, как объекта управления

Из множества, влияющих на температуру отходящих газов факторов, можно выделить подачу газа в сушилку и скорость загрузки сушилки. Скорость

загрузки концентрата в сушилку является возмущением, а подача газа - управляющим воздействием. Изменение влажности подаваемого в печь концентрата является неконтролируемым возмущающим фактором. Уточненной целью данной публикации является анализ динамики системы автоматического слежения и стабилизации температуры газов, отходящих из сушилки с учетом ограничений на ее производительность и конструктивные особенности исполнительного механизма электрического оборотного (МЭО).

Методика решения задачи. Поскольку исследуемая система определяет качество гранулированных смесей, следует выбрать двухконтурную структуру системы с принципом подчиненного регулирования, широко применяющуюся в промышленности [1]. Внешний контур – регулятор температуры отходящих газов, а внутренний – регулятор соотношения газ-воздух. Температура отходящих газов для рассматриваемого технологического процесса сушки гранулированных смесей определена на основе проведенных исследований и опыте эксплуатации и составляет 70°C . Схема моделирования двухконтурной системы приведена на рис.2.

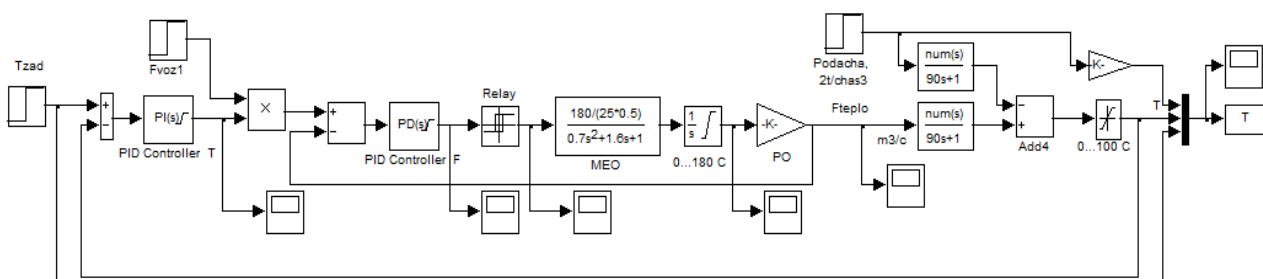


Рисунок 2 – Схема моделирования САУ сушки гранулированных смесей

Введение традиционных ПИ и ПД – регуляторов привело к положительным результатам, во внутреннем контуре выбран ПД - закон регулирования для компенсации вредного влияния интегратора, описывающего модель угла поворота заслонки. Поскольку САУ температуры отходящих газов предназначена для решения задачи стабилизации, ее оптимизация была проведена для номинальной производительности, составляющей 60% от максимальной ее величины, которая равна 3 т/час. Интерес вызывает поведение САУ при других значениях скорости подачи в сушилку смеси. Переходные характеристики САУ при увеличении загрузки печи на 300 кг/час приведены на верхнем рисунке 3.

Однако при минимальной загрузке сушилки 0.5т/час САУ теряет устойчивость, но продолжает осуществлять слежение и стабилизацию температуры отходящих газов. Переходные характеристики работы трехпозиционного переключателя МЭО и угла поворота заслонки при производительности 0,5 т/час с семнадцатой по тридцатую минуты показаны на нижнем рисунке 3. В момент времени 30 мин. производительность сушилки возрастает до номинальной. Такое поведение САУ объясняется тем, что при малых нагрузках сушилки дифференциальный коэффициент усиления повышается, что и приводит к потере устойчивости. Уменьшение вдвое коэффициента усиления ПД-регулятора позволяет устранить автоколебания в САУ во всем диапазоне изменения производительности печи. Однако это приводит одновременно к некоторому увеличению ошибок регулирования.

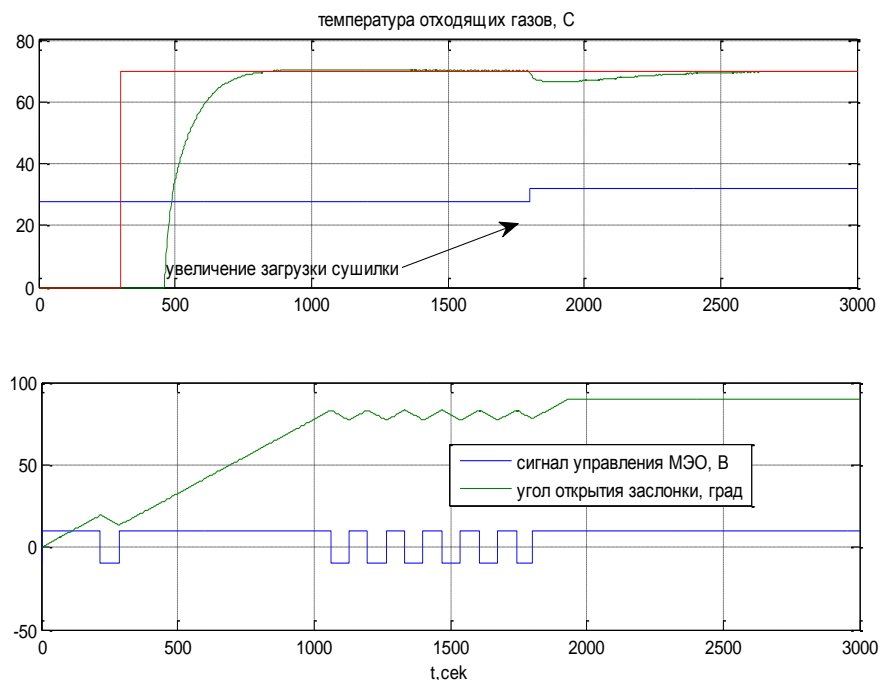


Рисунок 3 – Переходные характеристики САУ

Список литературы

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. Пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.

Гриценко Алексей Артемович, студент 5 курса, факультета компьютерных информационных технологий и автоматики Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

Научный руководитель – Жукова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики и телекоммуникаций Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

УДК 681.5:661.2

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДЫ В
ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНЕ С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ**

Гришаев Н.А.

DOI: 10.12737/14869

Аннотация. Рассматривается математическая модель процесса охлаждения воды в вентиляторной градирне, с использованием метод наименьших квадратов решается задача параметрической идентификации коэффициента теплопередачи.

Ключевые слова: идентификация, МНК, коэффициент теплопередачи, уравнение, градирня.

Градирня представляет собой теплообменный аппарат, в котором теплоноситель – вода передает тепло охлаждающему агенту – воздуху путем непосредственного контакта [1].

Представим математическую модель процесса охлаждения воды в вентиляторной градирне в виде уравнения в дифференциальной форме [2]:

$$V_{gp} c_{ж} \frac{dt_2}{dt} = G_{ж}(t) c_{ж} (t_1(t) - t_2(t)) + G_{в}(t) (c_{в} t_{в}(t) - q_{кон}) - k_m F_1 (t_2(t) - t_{в}(t)), \quad (1)$$

где $c_{ж}$, $c_{в}$ – теплоемкость воды и воздуха, кДж/(м³ °С); V_{gp} – объем градирни, м³; t_1 , t_2 – температура воды на входе в градирню и выходе из нее, °С; $t_{в}$ – температура воздуха, °С; $G_{ж}$, $G_{в}$ – расход воды и воздуха, м³/ч; $q_{кон}$ – теплота конвекции, кДж/м³; F_1 – площадь поверхности теплообмена, м²; k_m – коэффициент теплопередачи, кДж/(м²*с*°С).

В разработанную математическую модель процесса входят параметры, которые можно условно разделить на две группы. В первую группу входят теплофизические параметры воздуха, воды, пара в пространстве градирни, которые можно определить, пользуясь справочной литературой. Во вторую группу входят параметры, характеризующие теплообмен на границах различных сред, теоретический расчет которых является приближенным или затруднительным [3].

Решим задачу параметрической идентификации коэффициента теплопередачи. Параметрическая идентификация позволяет сразу находить значения коэффициентов модели объекта по измеряемым значениям управляемого и управляющего сигналов объекта. Это преимущество определило широкое использование методов параметрической идентификации в задачах управления и автоматизации [4].

Воспользуемся МНК для идентификации значения коэффициента теплопередачи математической модели рассматриваемого процесса, для этого представим уравнение (1) в следующем виде:

$$\frac{dt_2}{dt} = a_1 G_{жс}(t)(t_1(t) - t_2(t)) + G_в(t)(a_2 t_в(t) - a_3) - k_m a_4 (t_2(t) - t_в(t)), \quad (2)$$

где $a_1 = \frac{1}{V_{зр}}$, $a_2 = \frac{c_в}{V_{зр} c_{жс}}$, $a_3 = \frac{q_{кон}}{V_{зр} c_{жс}}$, $a_4 = \frac{F_1}{V_{зр} c_{жс}}$.

В уравнении (2) заменим производную конечной разностью

$$\frac{dt_2}{dt} = \frac{t_2(k+1) - t_2(k)}{\Delta h}. \quad (3)$$

Подставим выражение (3) в уравнение (2) и приведя подобные, получим ошибку уравнений:

$$e(k) = t_2(k+1) - t_2(k) - a_1^* G_{жс}(k)(t_1(k) - t_2(k)) - G_в(k)(a_2^* t_в(k) - a_3^*) + k_m a_4^* (t_2(k) - t_в(k)), \quad (4)$$

где

$$a_1^* = \Delta h a_1, \quad a_2^* = \Delta h a_2, \quad a_3^* = \Delta h a_3 \quad \text{и} \quad a_4^* = \Delta h a_4.$$

Критерий оценки точности математической модели определяется как квадрат ошибки, что в компонентном представлении дает

$$J = \sum_{k=1}^N [e(k)]^2, \text{ где } i = 1, 2, 3 \dots N, \quad (5)$$

где N – количество измерений используемых для настройки.

Минимум (4) находится из условия

$$\frac{\partial J}{\partial k_m} = 0.$$

Запишем уравнение для нахождения k_m , для этого найдем частную производную:

$$\frac{\partial J}{\partial k_m} = 2 \sum_{k=1}^N e(k)[t_2(k) - t_\theta(k)]a_4^* = 0.$$

Формула для расчета коэффициента теплопередачи равна:

$$k_m = - \frac{\sum_{k=1}^N [t_2(k+1) - t_2(k) - a_1^* G_{жс}(k)(t_1(k) - t_2(k)) - G_\theta(k)(a_2^* t_\theta(k) - a_3^*)]}{\sum_{k=1}^N [t_2(k) - t_\theta(k)]a_4^*}. \quad (6)$$

На рис. 1 приведен график подстройки коэффициента теплопередачи в процессе идентификации.

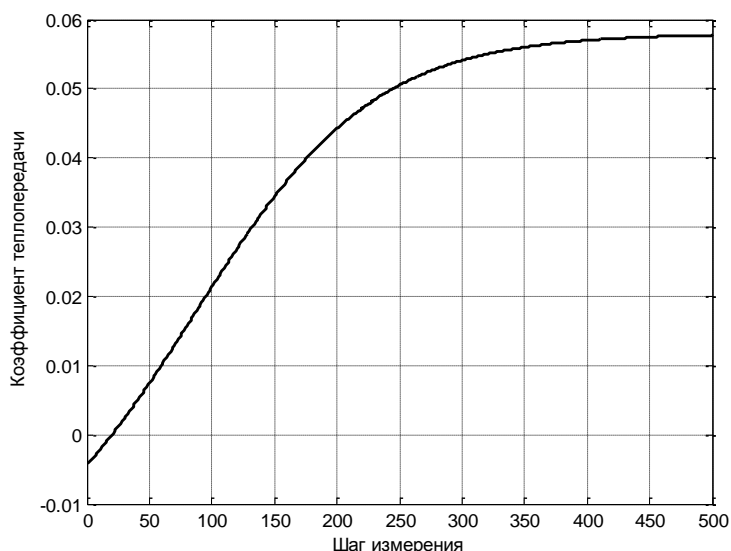


Рисунок 1 – График изменения оценки коэффициента теплопередачи

График асимптотически стремится к 0,058 кДж/(с*м²*°С), т.е. это значение является оценкой коэффициента теплопроводности стенок градирни.

Полученные результаты при использовании МНК теоретически обладают важными с точки зрения практического применения свойствами, а именно: несмещенности получаемых оценок параметров, минимальной дисперсией ошибки, сходимости к истинному значению параметров при стремлении ошибки к нулю [4].

Список литературы

1. Пономаренко В.С. Градирни промышленных и энергетических предприятий /В.С. Пономаренко, Ю. И. Арефев. – М.: Энергоатомиздат, 1998. - 376 с.

2. Гришаев Н.А. Математическая модель САУ вентиляторной градирни / Н.А. Гришаев, Н.Н. Чернышев // Международный журнал «Автоматизация технологических и бизнес-процессов». – 2014. - №3(19). – С. 68-70.

3. Чернышев Н.Н. Алгоритмы идентификации параметров математической модели печи–котла для сжигания сероводородного газа / В.Н. Ткаченко, Н.Н. Чернышев // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – Вип. № 2 (144). – С. 163-169.

4. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния /П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 681 с.

Гришаев Никита Альбертович, студент 2 курса магистратуры факультета компьютерных информационных технологий и автоматики Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

Научный руководитель – Чернышев Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматики и телекоммуникаций Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

УДК 343.148.63

РАСЧЕТ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ И НЕЗАВИСИМОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Гулян Г.Г., Лебединская Т.Ю.

DOI: 10.12737/14870

Аннотация. Анализируется влияние объема выборки на достоверность результатов оценки и независимой экспертизы машин и оборудования.

Ключевые слова: объем выборки, оценка, независимая экспертиза, машины, оборудование, доверительная вероятность, относительная предельная ошибка расчета.

Оценка машин и оборудования сравнительным подходом методом прямого сравнения предполагает подбор аналогов того же функционального назначения, с теми же конструктивными и параметрическими характеристиками. От количества аналогов в выборке зависит степень точности результата оценки.

При проведении независимой экспертизы транспортных средств, с целью установления стоимости восстановительного ремонта, проводится статистическое наблюдение выборочным методом стоимости работ, материалов и запасных частей.

При проведении статистического наблюдения выборочным методом, когда статистическому обследованию подвергается только часть единиц изучаемой генеральной совокупности продавцов, отобранных бесповторным случайным образом, необходимо указывать ошибку (погрешность) и надежность значения стоимости, рассчитанного по результатам выборочного наблюдения.

Методы теории вероятности и математической статистики, рассмотренные авторами Гмурманом В.Е. [1], Зарубиным В.С. [2,3], Крищенко А.П. [2,3], положены в основу расчета объема выборки Андриановым Ю.В. [4]

Ориентировочное значение объема выборки может быть определено перед началом выборочного наблюдения исходя из задаваемого уровня точности и надежности результатов расчета стоимости по согласованию с заказчиком. Объем выборки может быть рассчитан по формуле:

$$n = \left[\frac{100^2 \cdot t_{\alpha}^2 \cdot v^2}{\Delta C_{\text{от}}^2} \right] + 1, \quad (1)$$

где n – объем выборки, ед.;

t_{α} – коэффициент доверия, соответствующий определенному уровню доверительной вероятности;

v – коэффициент вариации;

$\Delta C_{от}$ – относительная предельная ошибка расчета стоимости в отношении транспортного средства, %;

$[X]$ – означает взятие целой части от числа X в квадратных скобках;

$[]$ – квадратные скобки означают взятие целой части от числа, находящегося в квадратных скобках.

Относительная предельная ошибка расчета стоимости определяется по формуле:

$$C_{от} = \frac{\Delta C_{аб}}{C_p^{сз}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $C_{от}$ – относительная предельная ошибка расчета стоимости, р.;

$\Delta C_{аб}$ – абсолютная предельная ошибка выборки, определяющая границы доверительного интервала, р.;

$C_p^{сз}$ – средневзвешенное значение рыночной стоимости, р.

При расчете различных видов стоимости в отношении транспортных средств рекомендуется принимать величину относительной предельной ошибки не более 10 процентов от средневзвешенного значения рыночной стоимости.

Коэффициент доверия t_δ определяется в зависимости от выбранного уровня доверительной вероятности попадания результатов расчета стоимости в доверительный интервал. Надежность расчета стоимости определяется доверительной вероятностью (P_δ) того, что значение стоимости, рассчитанное по генеральной совокупности единиц статистического наблюдения, находится в доверительном интервале (доверительная вероятность).

При выборе уровня доверительной вероятности, характеризующего надежность расчета стоимости, следует руководствоваться тем, что расчеты уровня надежности разделяются на следующие классы:

- 1) практически достоверные – $P_\delta \geq 0,99$;
- 2) с высоким уровнем надежности – $0,95 \leq P_\delta < 0,99$;
- 3) со средним уровнем надежности – $0,80 \leq P_\delta < 0,95$;
- 4) с низким уровнем надежности – $0,60 \leq P_\delta < 0,80$;
- 5) ненадежные – $P_\delta < 0,60$.

При расчете объема выборки с высоким уровнем надежности результатов при относительной предельной ошибке не более 10 процентов от

средневзвешенного значения рыночной стоимости значение выборки получается 16.

Это означает, что при проведении оценки или независимой экспертизы машин и оборудования оценщик или эксперт должен проанализировать 16 единиц изучаемой генеральной совокупности продавцов товаров (исполнителей услуг).

От величины проанализированного объема выборки будет зависеть достоверность результатов оценки и экспертного заключения.

Увеличение объема выборки и, соответственно, достоверности результатов оценки или независимой экспертизы повлечет за собой увеличение трудозатрат по составлению отчета об оценке или экспертного заключения о стоимости машин и оборудования и удорожает выполнение работ по определению среднерыночной стоимости машин и оборудования.

Для заказчика независимой экспертизы или оценки машин и оборудования важна стоимость выполнения работ и знание зависимости между величиной объема выборки и уровнем доверительной вероятности, характеризующей надежность расчета стоимости.

При выполнении расчетов со средним уровнем надежности объем выборки получается 7.

Это число можно считать обоснованным для выбора аналогов при определении стоимости машин и оборудования сравнительным подходом методом прямого сравнения и проведении статистического наблюдения выборочным методом стоимости работ, материалов и запасных частей при независимой экспертизе.

Список литературы

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика – М., Высш.шк., 2003. – 479 с.

2. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 3-е изд., испр. / А.В. Печинкин, О.И. Тескин, Г.М. Цветкова и др.; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 456 с.

3. Математическая статистика: Учеб. для вузов / В.Б. Горяинов, И.В. Павлов, Г.М. Цветкова и др.; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 424 с.

4. Экспертиза транспортных средств при ОСАГО / Ю.В. Андрианов. М.: Международная академия оценки и консалтинга, 2008. - 399 с.

5. Рутгайзер В.М. Оценка рыночной стоимости машин и оборудования. Учебно-практическое пособие. – М.: Дело, 1998.

Гулян Геворг Гарикович, студент 4 курса факультета машиностроения и автосервиса Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, РФ

Лебединская Татьяна Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, факультет дополнительного образования Южного института менеджмента, г. Краснодар, РФ

УДК 532.5+533.6

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРОДИНАМИКИ ОДНО-И ДВУХФАЗНЫХ СРЕД С ВНЕШНИМ ТЕПЛОМАССОБМЕНОМ

Гусейнова Д.С.

DOI: 10.12737/14871

Аннотация. В работе излагается вывод общих уравнений гидродинамики двухфазных систем состоящих из уравнений сплошности, динамики и энергии. Для этого двухфазная система представлена в виде совокупности большого числа различных групп частиц находящихся в непрерывном и хаотическом движении.

Ключевые слова: поток, фаза, баланс, плотность, энергия.

Последние годы развивается перспективное научное направление - разработка теоретических основ гидродинамики одно - и двухфазных систем с учетом внешнего тепломассообмена. Круг проблем этой темы весьма обширен и особенно интенсивно развивается в последнее время. Это вызвано важными практическими задачами при: трубопроводном транспорте нефти, газа и других

сред, бурении нефтяных и газовых скважин (с целью снижения гидродинамических сопротивлений), интенсификации тепломассопереноса в технологических устройствах и аппаратах, прогнозировании динамики паводковых потоков, тепломассозащите элементов конструкций машин и оборудования (энергетических, турбомашин, летательных аппаратов, камер сгорания двигателей, МГД - генераторов и т.п.) от воздействия потоков высокой температуры и др.

В настоящее время известные математические модели гидродинамики двухфазных систем учитывают лишь внутренний межфазный переход в средах. Гидродинамика потоков среды с внешним источником (или стоком) массы, отличается исключительным своеобразием и особой спецификой, которое нельзя игнорировать, так как непрерывное присоединение (или отсоединение) внешнего потока массы и энергии (через пронцаемый контур) оказывают определяющее влияние на структуры среды и процессы переноса одно - и двухфазных систем. Для математического описания таких систем использован осредненное описание движения, с введением многоскоростного континуума и взаимопроникающего движения ее составляющих. Для каждого из этих составляющих континуумов, входящих в состав смеси в каждой точке объема можно определить среднюю плотность, скорость, температуру и другие кинематические и динамические параметры, относящиеся к своему континууму и своей составляющей смеси, определяемых как функции четырехмерного пространства $f_i(x, y, z, t)$. Исходя из этого и общих физических представлений можно определить основные параметры, характеризующие двухфазных систем, т.е. плотность, скорость, объемные концентрации, напряжения внешних сил.

Таким образом, при построении основных уравнений гидродинамики, двухфазная (гетерогенная или неоднородная) система рассматривается как континуум (макросистема), состоящий из нескольких (по крайней мере, из двух), т.е. из несущей (жидкости, газа или пара) и несомой (твердых частиц, пузырей или капель) фаз, массы которых и среды в целом со временем непрерывно изменяются вследствие притока или оттока частиц (т.е. вводимого или отводимого дополнительно количества вещества. Это означает, что в каждой точке среды с координатами x, y, z к частице вещества в данный момент

времени t , имеющий вектор скорости \bar{u}_i присоединяется (или отсоединяется) элементарная масса со скоростью \bar{u}_{*i} . Причем, считается, что вектор скорости u_{*i} может на некоторую величину отличаться от вектора скорости основной массы частицы \bar{u}_i (т.е. $\bar{u}_i \neq \bar{u}_{*i}$). Поскольку дополнительная элементарная масса может присоединяться к фиксированной частице с различных направлений, то, следует ввести в рассмотрения: q_{*i} -поток массы, $\bar{u}_{*i}q_{*i}$ -поток импульса и $(e_{*i} + u_{*i}^2/2)q_{*i}$ -поток энергии присоединяемых к частице (или отсоединяемых от него) за единицу времени на единицу объема. В этих условиях законы сохранения записываются в виде уравнений баланса. Тогда для i -й фазы двухфазной среды (в произвольном объеме V , ограниченный поверхностью S) запишем следующие балансовые уравнения в интегральной форме:

1) уравнение баланса массы

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} (\rho_i \varphi_i) = - \int_S (\rho_i \varphi_i u_m) dS + \int_V (q_{*i} + (-1)^i \chi) dV, \quad i=1,2. \quad (1)$$

2) уравнение баланса количества движения

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} (\rho_i \varphi_i \bar{u}_i) dV = - \int_S [(\rho_i \varphi_i \bar{u}_i) u_m - \varphi_i \sigma_m] dS + \int_V [(\rho_i \varphi_i \bar{F}_i + \bar{u}_{*i} q_{*i}) + (-1)^i (\bar{R}_i + \bar{u}_\chi \chi)] dV \quad (2)$$

3) уравнение баланса кинетического момента

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} (\bar{r}_i \times \bar{u}_i \rho_i \varphi_i) dV = - \int_S [(\bar{r}_i \times \bar{u}_i \rho_i \varphi_i) u_m - \bar{r}_i \times \varphi_i \bar{\sigma}_m] dS + \int_V [(\bar{r}_i \times \bar{F}_i \rho_i \varphi_i) + (\bar{r}_i \times \bar{u}_{*i} q_{*i}) + (-1)^i (\bar{r}_i \times \bar{R}_i + \bar{r}_i \times \bar{u}_\chi \chi)] dV \quad (3)$$

4) уравнение баланса кинетической энергии

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} (\rho_i \varphi_i u_i^2 / 2) dV = - \int_S [(\rho_i \varphi_i u_i^2 / 2) u_m - \varphi_i \bar{u}_i \sigma_m] dS + \int_V [(\rho_i \varphi_i \bar{F}_i \bar{u}_i + N_{*i} + q_{*i} u_{*i}^2 / 2) + (-1)^i (\bar{R}_i \bar{u}_i + \chi u_\chi^2 / 2)] dV \quad (4)$$

5) уравнение баланса полной энергии

$$\int_V \frac{\partial E_i}{\partial t} \rho_i \varphi_i dV = - \int_S [\rho_i \varphi_i E_i u_m - \varphi_i \bar{u}_i \sigma_{in} + \varphi_i \bar{q}_m^*] dS + \int_V [\rho_i \varphi_i \bar{F}_i \bar{u}_i + E_{*i} q_{*i} + (-1)^i (\bar{R}_i \bar{u}_i + Q_i^* + E_\chi \chi)] dV \quad (5)$$

где $E_i = e_i + u_i^2 / 2$, $E_{*i} = e_{*i} + u_{*i}^2 / 2$, $E_\chi = e_\chi + u_\chi^2 / 2$.

В этих уравнениях: ρ_i, φ_i, u_i -истинная плотность, объемная концентрация и скорость i -ой фазы (компонентов); \bar{u}_{*i} -скорость присоединяемой (или

отсоединяемой) массы; q_{*i} - удельная присоединяемая (или отсоединяемая, при этом $q_{*i} < 0$) масса; χ - удельная масса фазового перехода; $\vec{F}_i, \vec{\sigma}_i$ - удельный вектор массовых и тензор напряжения поверхностных сил; \vec{u}_χ - скорость массы межфазного перехода; \vec{R}_i - удельный вектор межфазных сил; \vec{r}_i - радиус вектор; n - внешняя нормаль; e_i - удельная внутренняя энергия i -й фазы; e_{*i}, e_χ - соответственно удельная внутренняя энергия присоединяемой (или отсоединяемой) массы и фазовых превращений; Q_i^* - интенсивность межфазного теплообмена; N_{*i} - удельная мощность внутренних сил; \vec{q}_i^* - вектор удельного теплового потока к i -й фазе смеси.

В области непрерывных движений, интегральные уравнения баланса масс, импульсов и энергии, записанные для i -ой фазы (1)÷(5), эквивалентны дифференциальным уравнениям. Для этого в правой части (1)÷(5) с помощью формулы Гаусса - Остроградского преобразуем интегралы по поверхности $s(t)$ в интегралы по объему $v(t)$, и произведя соответствующие преобразования, получим для i -ой фазы следующие дифференциальные уравнения переноса массы, импульса и энергии.

1. Уравнение переноса массы (уравнение неразрывности)

$$\frac{d}{dt}(\rho_i \varphi_i) + \text{div}(\rho_i \varphi_i \vec{u}_i) = q_{*i} + (-1)^i \chi, \quad i=1,2, \quad (6)$$

2. Уравнение переноса импульса

$$\rho_i \varphi_i \left[\frac{\partial \vec{u}_i}{\partial t} + (\vec{u}_i \cdot \nabla) \vec{u}_i \right] = \rho_i \varphi_i \vec{F}_i + \text{div}(\varphi_i \vec{\sigma}_i) + (\vec{u}_{*i} - \vec{u}_i) q_{*i} + (-1)^i [\vec{R}_i + (\vec{u}_\chi - \vec{u}_i) \chi] \quad (7)$$

3. Уравнение симметричности тензора напряжений

$$(\sigma_i)_{jk} = (\sigma_i)_{kj}, \quad k, j = 1, 2, 3 \quad (8)$$

4. Уравнение переноса кинетической энергии

$$\rho_i \varphi_i \left[\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{u_i^2}{2} \right) + (\vec{u}_i \cdot \nabla) \frac{u_i^2}{2} \right] = \rho_i \varphi_i \vec{F}_i \vec{u}_i + \text{div}(\varphi_i \vec{\sigma}_i \vec{u}_i) + N_{*i} + 0,5(u_{*i}^2 - u_i^2) q_{*i} + (-1)^i [\vec{R}_i \vec{u}_i + 0,5(u_\chi^2 - u_i^2) \chi] \quad (9)$$

5. Уравнение переноса полной энергии

$$\rho_i \varphi_i \left[\frac{\partial E_i}{\partial t} + (\vec{u}_i \cdot \nabla) E_i \right] = \rho_i \varphi_i \vec{F}_i \vec{u}_i + \text{div}[\varphi_i (\vec{\sigma}_i \vec{u}_i - \vec{q}_i^*)] + (E_{*i} - E_i) q_{*i} + (-1)^i [\vec{R}_i \vec{u}_i + Q_i^* + (E_\chi - E_i) \chi] \quad (10)$$

При медленных процессах (т.е. при скоростях течения, значительно меньших скорости звука), можно использовать уравнение внутренней

(тепловой) энергии. Ее можно получить, сопоставляя уравнение полной энергии (10) с уравнением кинетической энергии (9). Поцеленное вычитание (9) из (10) дает

$$\rho_i \varphi_i \left[\frac{\partial e_i}{\partial t} + (\vec{u}_i \cdot \nabla) e_i \right] = -\text{div}(\varphi_i \vec{q}_i^*) - N_{*i} + (e_{*i} - e_i) q_{*i} + (-1) [Q_i^* + (e_\chi - e_i) \chi] \quad (11)$$

дифференциальное уравнение внутренней (тепловой) энергии для i -й фазы смеси. В этом уравнении плотность распределения мощности внутренних сил N_{*i} , находим из сравнения (8) и (9). Для этого, если обе части (8) умножить на \vec{u}_i и полученный результат вычесть из (9), то получим

$$N_{*i} = -\varphi_i \vec{\sigma}_i \text{div} \vec{u}_i - 0,5 [(\vec{u}_i - \vec{u}_{*i})^2 q_{*i} + (-1)^i (\vec{u}_i - \vec{u}_\chi)^2 \chi] \quad (12)$$

Таким образом, уравнения переноса массы (6), импульса (7) и энергии (10) или (11) образуют систему основных уравнений движения i -ой фазы двухфазных сред с внутренним и внешним тепломассообменом.

Теперь установим дифференциальные уравнения движения для среды в целом. Их можно получить суммированием либо интегральных уравнений фаз (1)-(5), либо их дифференциальные формы уравнения (6), (7), (10) или (11). В результате суммирования получим:

$$1) \text{ уравнение неразрывности} \quad \frac{d\rho}{dt} + \rho \text{div} \vec{u} = q_*; \quad (13)$$

$$2) \text{ уравнения динамики} \quad \rho \frac{d\vec{u}}{dt} = \rho \vec{F} + \text{div} \vec{\sigma} + (\vec{u}_* - \vec{u}) q_*; \quad (14)$$

$$3) \text{ уравнение внутренней энергии} \quad \rho \frac{de}{dt} = -\text{div} \vec{q}^* - N_{*i} - (e - e_*) q_*, \quad (15)$$

где $N_* = -\vec{\sigma} \text{div} \vec{u} - 0,5(\vec{u} - \vec{u}_*)^2 q_*$, ρ - плотность двухфазной среды, $\rho = \sum \rho_i \varphi_i$; $\vec{F}, \vec{\sigma}$ - вектор напряжения внешних массовых и поверхностных сил, действующих на двухфазную среду, $\vec{F} = (\sum \rho_i \varphi_i \vec{F}_i) / \rho$ и $\vec{\sigma} = \sum \varphi_i \vec{\sigma}_i$; \vec{u} - вектор скорости двухфазной среды, $\vec{u} = (\sum \rho_i \varphi_i \vec{u}_i) / \rho$; e - удельная внутренняя энергия двухфазной среды, $e = (\sum \rho_i \varphi_i e_i) / \rho$; e_* - удельная внутренняя энергия присоединяемой (или отсоединяемой) массы среды; q_* - интенсивность изменения массы; \vec{u}_* - вектор скорости присоединяемой (или отсоединяемой) массы; \vec{q}^* - вектор удельного теплового потока. Совокупность уравнений движения (13)-(15) представляют основную (необходимую) систему уравнений гидродинамики двухфазных сред

с внешним тепломассообменом и справедливы при любом термодинамическом и реологическом состоянии вещества.

Список литературы

1. П.Ф.Гахраманов. Решения уравнений конвективного тепло-массопереноса методом конечных разностей. Естественные и технические науки, №6(44), Москва 2009. Стр. 555-560
2. П.Ф.Гахраманов , Р.Ш.Исмаилов. Математические основы теории движения одно – и двухфазных сред с внешним тепломассообменом. Избранные труды Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки. Том 2. Москва, 2013.с.3-27.
3. П.Ф.Гахраманов, Р.Ш.Исмаилов, Ш.Г.Исмаилова, Г.Ф.Гаджиева. К гидромеханике одно-и двухфазных сплошных сред с тепломассообменом. Избранные труды Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки. Том 1. Москва, 2014.с. 38-60.

Дурдана Салман кызы Гусейнова, студентка 2 курса математического факультета Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

Научный руководитель - Полад Фаррух оглы Гахраманов, доктор математических наук, профессор, зав.кафедрой «Математический анализ и теория функции» Сумгаитского государственного университета, г. Сумгаит, Азербайджан

УДК 51-74

РЕГУЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Даник Ю.Э.

DOI: 10.12737/14872

Аннотация. В статье описан алгоритм построения стабилизирующего нелинейного субоптимального управления для нелинейной дискретной

системы управления с коэффициентами, зависящими от состояния. Приводятся результаты конкретных численных экспериментов.

Ключевые слова: дискретное алгебраическое уравнение Риккати, нелинейная дискретная система управления с коэффициентами, зависящими от состояния, стабилизирующий нелинейный регулятор, построение асимптотического разложения.

В настоящей статье предлагается новый алгоритм конструирования нелинейных стабилизирующих регуляторов для нелинейных дискретных систем управления.

Рассматриваются системы, коэффициенты которых зависят от состояния

$$x(t+1) = A(x(t), \mu)x(t) + B(x(t), \mu)u(t) = (A_0 + \mu A_1(x(t)))x(t) + (B_0 + \mu B_1(x(t)))u(t), \quad (1)$$

$$x(0) = x_0, \quad x(t) \in X \in R^n, \quad u \in R^r, \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad 0 < \mu \leq \mu_0,$$

где μ_0 – некоторое заданное число, не обязательно малое, A_0, B_0 – некоторые постоянные матрицы, $A_0, A_1(x) \in R^{n \times n}$, $B_0, B_1(x) \in R^{n \times r}$, $X \subset R^n$ – некоторое заданное ограниченное множество пространства состояний. В основе техники лежит дискретное алгебраическое уравнение Риккати, выделение в модели формального малого параметра и последующее применение асимптотического разложения по этому параметру.

В частности, дискретную модель перевернутого маятника [1] можно представить в виде

$$x(t+1) = \begin{bmatrix} 1 & T_s \\ \frac{T_s g \sin(x_1)}{Lx_1} & 1 - \frac{T_s \gamma}{ML} \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

и тогда в качестве μ можно использовать параметр T_s , а в качестве матриц

$$A_0, A_1, B_0, B_1 \text{ взять } A_0 = \begin{bmatrix} 1 & T_s \\ \frac{T_s g}{L} & 1 - \frac{T_s \gamma}{ML} \end{bmatrix}.$$

Отметим, что такое представление нелинейных аффинных систем управления, вообще говоря, не единственно.

Требуется найти такое стабилизирующее нелинейное управление $u(x, \mu)$ в форме нелинейной обратной связи по состоянию в (1) для некоторой области изменения $0 < \mu \leq \mu_0$, чтобы положение равновесия в замкнутой системе было равномерно асимптотически устойчиво по Ляпунову. Матрицу коэффициентов усиления будем искать в виде суммы постоянной части K_0 и переменной $\mu K_1(x)$, т.е. обратная связь определяется как

$$u(x, \mu) = K(x, \mu)x = (K_0 + \mu K_1(x))x, \quad (2)$$

где $K_0, K_1(x)$ - квадратные матрицы.

По аналогии со стандартной линейно квадратичной задачей предлагается строить нелинейный стабилизирующий регулятор для (1) на основе формального решения дискретного матричного алгебраического уравнения Риккати, но в настоящем случае с матрицами, зависящими от состояния

$$A^T(x, \mu)PA(x, \mu) - P - A^T(x, \mu)PB(x, \mu)(R_0 + B^T(x, \mu)PB(x, \mu))^{-1}B^T(x, \mu)PA(x, \mu) + Q(x, \mu) = 0 \quad (3)$$

и специальным нелинейным критерием качества

$$I(u) = \frac{1}{2} \sum_{t=0}^{\infty} (x^T(Q_0 + \mu Q_1(x))x + u^T R_0 u) \rightarrow \min \quad (4)$$

где Q_0, R_0 - постоянные матрицы, и при этом $Q_0 \geq 0, R_0 > 0$, а $Q_1(x) \geq 0$ строится особым образом, чтобы существовали матрицы, входящие в (2). Если решение уравнения Риккати (3) искать в виде линейной функции параметра μ ,

$$P(x, \mu) = P_0 + \mu P_1(x), \quad (5)$$

то искомый регулятор для задачи (1) будет иметь вид

$$u(x, \mu) = - \left[R_0 + (B_0 + \mu B_1(x))^T (P_0 + \mu P_1(x)) (B_0 + \mu B_1(x)) \right]^{-1} \times \\ \times (B_0 + \mu B_1(x))^T (P_0 + \mu P_1(x)) (A_0 + \mu A_1(x)) x \quad (6)$$

Подставляя представление для P из (5) в (3) и формально считая параметр μ малым, раскладываем левую часть (3) в ряд для каждого x , а затем приравнивая в полученном разложении члены при одинаковых степенях μ (достаточно рассмотреть члены при μ^0, μ^1), получаем систему матричных

уравнений для определения членов представления **Error! Reference source not found.**, а именно

$$A_0^T P_0 A_0 - P_0 - A_0^T P_0 B_0 (R_0 + B_0^T P_0 B_0)^{-1} B_0^T P_0 A_0 + Q_0 = 0$$

$$A_{cl,0}^T P_1(x) A_{cl,0} - P_1(x) = -C(x)$$

где $\tilde{R}_0 = R_0 + B_0^T P_0 B_0$, $A_{cl,0} = A_0 - B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0$, $C(x) = A_0^T P_0 A_1(x) + A_1^T(x) P_0 A_0 - A_0^T P_0 B_1(x) \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0 - A_0^T P_0 B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_1^T(x) P_0 A_0 - A_1^T(x) P_0 B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0 - A_0^T P_0 B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_1(x) + A_0^T P_0 B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 B_1(x) \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0 + A_0^T P_0 B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_1^T(x) P_0 B_0 \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0 + Q_1(x)$

Ограничиваясь для упрощения только первыми двумя членами разложения (6) по μ (предполагая формально параметр μ малым) получаем итоговый нелинейный регулятор (6) в виде (2), где

$$K_0 = -\tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0,$$

$$K_1(x) = \tilde{R}_0^{-1} \{ [B_0^T P_1(x) B_0 - B_0^T P_0 B_1(x) - B_1^T(x) P_0 B_0] \tilde{R}_0^{-1} B_0^T P_0 A_0 - [B_0^T P_0 A_1(x) + B_1^T(x) P_0 A_0 + B_0^T P_1(x) A_0] \}$$

Утверждение о локальной устойчивости системы (1) с регулятором (6) на основе формализма функций Ляпунова выводится при наложении ряда условий на матрицы системы. Можно выделить класс задач, для которого регуляторы такого рода являются стабилизирующими. Численные эксперименты в средах Matlab и Mathcad на модели перевернутого маятника из [1], демонстрируют работоспособность данного алгоритма и ряд превосходств построенного регулятора над линейным регулятором $u_0(x) = K_0 x$, в частности по нелинейному и линейному критериям качества регулирования. Нелинейный регулятор оказывается более предпочтительным при значительных начальных возмущениях. Похожая схема регулирования, но для непрерывного случая, была применена в работе [2].

В ряде численных экспериментов, проведенных при наличии параметрической неопределенности в модели дискретного перевернутого маятника, было также получено свидетельство робастной устойчивости замкнутой системы. Представляется возможным формальное доказательство робастности замкнутой системы к параметрическим возмущениям при помощи построения политопической области неопределенности и использования линейных матричных неравенств.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00692)

Список литературы

1. Dutka, A. S. Optimized discrete-time state dependent Riccati equation regulator/ A. S. Dutka, A. W. Ordys, M. J. Grimble //Proceedings of the American Control Conference (ACC 2005). IEEE, 2005. P. 2293-2298.

2. Дмитриев, М. Г. Гладкий нелинейный регулятор в нелинейной системе управления с коэффициентами, зависящими от состояния/ М. Г. Дмитриев, Д. А. Макаров // Труды ИСА РАН. 2014. Т. 64. №4. С. 53-58.

Даник Юлия Эдуардовна, аспирантка второго года обучения ФИЦ «Информатика и управление» РАН по специальности 05.13.01, г. Москва, РФ

Научный руководитель – Дмитриев Михаил Геннадьевич, доктор физико-математических наук, гл.н.с. ФИЦ «Информатика и управление» РАН, г. Москва, РФ

УДК 519.876.5

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Данильчик Е.А., Кирик Ю.А., Печко В.А.

DOI: 10.12737/14873

Аннотация. Разработана имитационная модель, позволяющая оценить эффективность инвестиционных проектов. Данная модель позволила определить наиболее прибыльный и безопасный инвестиционный проект.

Ключевые слова: моделирование, имитационное моделирование, метод Монте-Карло, инвестиционный проект.

Одной из важнейших сфер деятельности любого предприятия является его инвестиционная деятельность, которая представляет собой вложение средств в объекты инвестирования с целью получения прибыли.

Однако при осуществлении инвестиционной деятельности существует риск возникновения непредвиденных финансовых потерь, возникающий под

влиянием неопределенности. Поэтому важно проводить предварительный анализ инвестиционных проектов на стадии их разработки, чтобы предвидеть все неблагоприятные события, дать потенциальным инвесторам необходимые данные для принятия решения о целесообразности участия в проекте и предусмотреть различные меры по защите от возможных финансовых потерь.

Одним из методов оценки рисков инвестиционного проекта является имитационное моделирование. В случае, когда точные оценки параметров задать нельзя, а можно определить только интервалы возможного колебания показателя, используют метод имитационного моделирования Монте-Карло. Результат анализа риска выражается не единственным значением какого-либо результирующего показателя, а в виде вероятностного распределения всех возможных значений этого показателя.

Microsoft Excel относится к числу наиболее распространенных аналитических инструментов для электронных таблиц, а программа @RISK представляет собой основной плагин Palisade для Excel, позволяющий выполнять моделирование по методу Монте-Карло [1].

В данной работе для расчетов NPV инвестиционных проектов Гродненской области и оценки их эффективности на основе применения метода Монте-Карло выполнено имитационное моделирование следующих проектов: строительство убойного цеха на филиале «Сморгонская птицефабрика»; строительство сахарного комбината мощностью 12 тысяч тонн переработки сахарной свеклы в сутки; строительство Немновской ГЭС на р. Неман (20 МВт).

Таблица 1 – Сведения о проектах [2]:

Входные данные	Птицефабрика	Сахарный комбинат	ГЭС
Срок окупаемости, год	9,1	10	28
Стоимость инвестиций, \$	500 000	1 800 000	900 000
Доход за 1 год, \$	1 000 000	4 000 000	1 200 000
Годовые постоянные затраты, \$	350 000	1 200 000	700 000
Годовой темп роста дохода, %	5	11	9
Годовой процент переменных затрат, %	50	50	50
Дисконтная ставка, %	8	8	8

Определим интервалы возможного изменения исходных переменных, внутри которых эти переменные являются СВ (табл.2).

Таблица 2 – Показатели возможного изменения переменных

Входные данные	Птицефабрика	Сахарный комбинат	ГЭС
Стоимость инвестиций, \$	[450 000;800 000]	[1 450 000;2 800 000]	[800 000;1 000 000]
Доход за 1 год, \$	[800 000;1 100 000]	[3 500 000;6 000 000]	[1 150 000;1 400 000]
Годовые постоянные затраты	[320 000;580 000]	[820 000;1 580 000]	[600 000;800 000]
Годовой темп роста дохода, %	[5;8]	[11;14]	[9;11]
Годовой процент перем. затрат, %	[50;2]	[50;2]	[50;2]

Определим виды распределения вероятностей внутри заданных интервалов. Для моделирования стоимости инвестиций, дохода за год и годовых постоянных затрат используем треугольное распределение. Годовой темп роста дохода и годовой процент переменных затрат моделируются как случайные переменные с нормальным распределением.

Установим зависимости между переменными. Величина дохода зависит от годового темпа роста дохода. Переменные затраты – от годового процента переменных затрат и дохода. Денежный поток зависит от дохода, постоянных и переменных затрат.

Многokrатно рассчитываем результирующий показатель NPV (разность между дисконтированными денежными потоками, генерируемыми проектом в будущем, и необходимыми текущими инвестициями для реализации этого проекта). Если приведенная чистая стоимость положительна – проект считается прибыльным и реализуется, в противном случае – проект отвергается. Для вычисления NPV в Excel использовалась функция ЧПС («Чистая приведенная стоимость»).

Полученный показатель NPV рассматриваем как СВ, которому соответствует математическое ожидание, дисперсия, функция распределения, плотность вероятностей.

Определим вероятность попадания результирующих показателей в тот или иной интервал, вероятность превышения минимальных и максимального

допустимых значений. Определим зависимость результата показателя от исходных переменных с помощью графика зависимости.

Анализируя значения результирующего показателя при сформированных сценариях оценим возможный интервал его изменения при различных условиях реализации проекта. Примем инвестиционное решение и проранжируем проекты.

Всего в ходе анализа по методу Монте-Карло было сделано 1000 повторов. При каждом повторе программа генерировала новое значение для случайных переменных и вычисляла значение NPV. Результаты анализа обобщены в табл. 3.

Таблица 3 – Итоговые результаты

Величина	Птицефабрика	Сахарный комбинат	ГЭС
Минимальный NPV	-\$858 996,60	\$1 208 393,94	-\$420 565,88
Средний NPV	\$686 056,45	\$7 796 585,99	\$1 037 358,37
Максимальный NPV	\$2 237 824,35	\$30 142 178,90	\$3 796 728,18
Вероятность отрицательного NPV	8,9%	0%	2,8%

Таким образом, построенная имитационная модель позволила определить наиболее выгодный проект для вложения денежных средств. Таким является проект «Строительство сахарного комбината мощностью 12 тысяч тонн переработки сахарной свеклы в сутки». Проект является самым прибыльным (средний NPV – \$7 796 585,99) и безопасным, так как вероятность отрицательного NPV равняется 0%.

Список литературы

1. Моделирование по методу Монте-Карло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.palisade.com/risk/ru/monte_carlo_simulation.asp. – Дата доступа: 10.12.2014.

2. Государственное учреждение «Национальное агентство инвестиций и приватизации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://investinbelarus.by/ru/invest/base/>. – Дата доступа: 09.11.2014.

Данильчик Евгений Александрович, студент 4 курса факультета математики и информатики Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

Кирик Юлия Александровна, студент 4 курса факультета математики и информатики Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

Печко Валерия Александровна, студент 4 курса факультета математики и информатики Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

Научный руководитель – Цехан Ольга Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

УДК 621.3.049.77

**СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ**

Дегалевич Д.А., Врабий Э.М., Пискун Г.А., Алексеев В.Ф.

DOI: 10.12737/14874

Аннотация. Изучаются требования к методам неразрушающего контроля полупроводниковых изделий (ППИ) и критерии для прогнозирования надежности по внезапным и параметрическим отказам на примере интегральных схем (ИС).

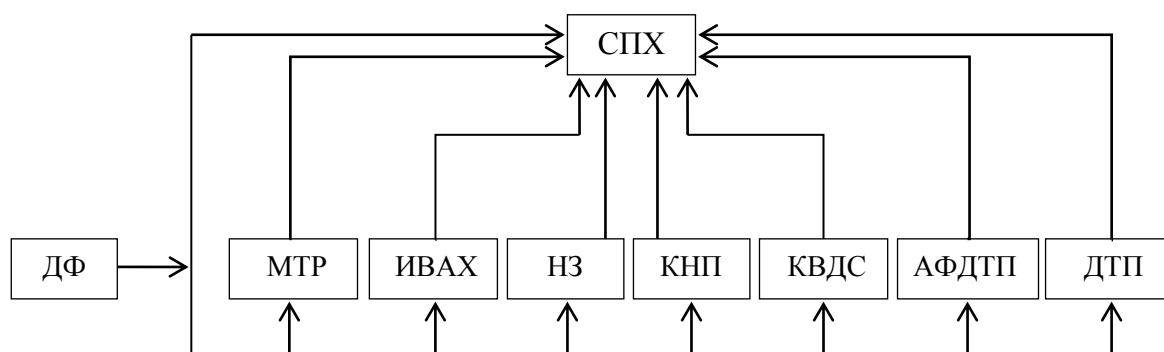
Ключевые слова: электростатический разряд (ЭСР), полупроводниковые изделия, технологические отбраковочные испытания, отжиг.

Надежность изделия, заложенная при конструировании, обеспечивается технологическим процессом его изготовления. Технологические отбраковочные испытания ППИ (диодов, транзисторов, интегральных схем и т.д.), объем которых устанавливается изготовителем в зависимости от вида приемки изделий, их конструктивно-технологических особенностей, технических и экономических

возможностей изготовителя, служат для повышения надежности партий изделий путем отделения потенциально ненадежных [1].

Известно, что качество и надежность в значительной степени определяются плотностью и характером распределения структурных дефектов в исходных пластинах полупроводниковых материалов. Вариации плотности дефектов по площади пластин непосредственно влияют на изменение электрофизических свойств и во многом определяют деградационные свойства параметров готовых изделий и их надежность [2].

Сущность неразрушающего контроля диагностических параметров (НКДП) заключается в том, чтобы электрофизические параметры, характеризующие качество и надежность, носящие неразрушающий характер и не снижающие надежность изделия, обладали высокой чувствительностью к наличию скрытых дефектов. Существующие методы НКДП показаны на рисунке 1 [1, 2].



СПХ – стандартные параметры и характеристики; ДФ – дестабилизирующие факторы; МТР – микротоковые режимы; ИВАХ – интегральная вольтамперная характеристика; НЗ – наведенный заряд; КНП – критическое напряжение питания; КВДС – критическая величина дополнительного сопротивления в цепи питания; АФДТП – анализ формы динамического тока потребления; ДТП – диагностика по тепловым параметрам

Рисунок 1 – Методы неразрушающего диагностического контроля полупроводниковых изделий [1, 2]

Существуют следующие общие положения методов НКДП [1, 2]:

- методы являются дополнительными к методам контроля качества и надежности, оговоренные в техническом условии на изделия, и могут быть использованы как при выходном контроле, так и в процессе их изготовления;
- применение НКДП позволяет проводить статическое регулирование технологического процесса, оценивать новые технологические решения,

отбраковывать ППИ со скрытыми дефектами в процессе изготовления, анализировать причины отказов, заменять отдельные виды дорогостоящих технологических отбраковочных испытаний и т.д.;

– применение НКДП существенно повышает качество и надежность выпускаемой аппаратуры при уменьшении затрат на организацию входного контроля по стандартным параметрам и характеристикам;

– выбор методов НКДП на контролируемые параметры рекомендуется проводить с учетом основных механизмов и причин отказов конкретных изделий и с учетом их конструктивно-технологических и функциональных особенностей, а также специфики их применения в аппаратуре;

– нормы на контролируемые диагностические параметры должны периодически перепроверяться и в обоснованных случаях корректироваться, например, в случае изменения конструкции, топологии или технологии;

– реализация методов НКДП должна обеспечивать производительность, необходимую для использования их в технологическом процессе, которая достигается использованием метода в едином цикле и на программно-управляемом или специализированном оборудовании.

В настоящее время особое внимание уделяется методам разделения партий интегральных схем (ИС) по стойкости к ЭСР. Это обусловлено тем, что в партии ИС всегда есть некоторое количество схем, имеющих пониженную чувствительность к электростатическим разрядам. В этом случае может оказаться целесообразным ввести предварительное (на стадии изготовления) разделение таких ИС на две партии с различной величиной стойкости к ЭСР.

Для этой цели предложена методика испытаний с использованием разрядов малого потенциала, разовое воздействие которого не приводит к отказу ИС, но может вызвать изменение информативного параметра, по которому партия схем разделяется на две с различной стойкостью к ЭСР. Снижения надежности при этом не происходит, так как влияние единичного ЭСР на электрические параметры схемы компенсируется отжигом при повышенной температуре [1].

Критерий разделения должен быть таким, чтобы можно было эффективно разделять ИС на две партии с различной величиной стойкости к разряду.

Изначально, напряжение ЭСР подбирается таким, чтобы наблюдалось малое изменение информативного параметра в пределах норм технического условия. После, происходит разделение партии посредством воздействия на ИС единичного ЭСР с напряжением, определенным ранее. Затем измененное значение информативного параметра каждой ИС сравнивается с критерием разделения, и производится разделение ИС на две партии, то есть отбираются схемы, имеющие более высокую стойкость к ЭСР.

В работах [3, 4] показано, что при отбраковке таких ИС памяти, как микроконтроллеры, наибольшее внимание необходимо уделять не только электрическим (статическим и динамическим) параметрам, но и возможным повреждениям записанного программного кода.

Список литературы

1. Горлов, М.И. Технологические отбраковочные и диагностические испытания полупроводниковых изделий / М.И. Горлов, В.А. Емельянов, Д.Л. Ануфриев. Минск: Бел. наука, 2006. – 367 с.

2. Горлов, М.И. Физические основы надежности интегральных микросхем / М.И. Горлов, С.Ю. Королев. – М.: Воронеж ВГУ, 1995. – 200 с.

3. Методика испытания микроконтроллеров на чувствительность к электростатическим разрядам / В.Ф. Алексеев, Н.И. Силков, Г.А. Пискун, А.Н. Пикулик // Доклады БГУИР. 2011. № 5 (59). С. 5–12.

4. Пискун, Г.А. Контроль функционирования микроконтроллеров при воздействии электростатического разряда / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев // Доклады БГУИР. 2012. № 6 (68). С. 12–18.

Дегалевич Дмитрий Александрович, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Врабий Эдуард Михайлович, магистрант факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители:

Пискун Геннадий Адамович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

УДК 621.01

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ УДАРНОЙ МАШИНЫ С
КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННЫМ МЕХАНИЗМОМ С
РАЗДЕЛЯЮЩИМСЯ ПОЛЗУНОМ**

Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Баялиев А.Ж.

DOI: 10.12737/14875

Аннотация. В данной работе объектом исследования является воздушная подушка, применяемая с целью снижения динамических нагрузок, воздействующих на звенья ударной машины. Описывается взаимодействие поводка с бойком с учетом процесса сжатия воздушной подушки в полости бойка.

Ключевые слова: Кривошипно-ползунный механизм с разделяющимся ползуном, воздушная подушка.

В Институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики ведутся работы по созданию ударных машин на основе кривошипно-ползунного механизма с разделяющимся ползуном. Кинематическая схема ударной машины с кривошипно-ползунным механизмом с разделяющимся ползуном с гидроприводом показана на рисунке 1. Она состоит из гидродвигателя 1, шестерни 2, из колеса-кривошипа 3, шатуна 4, поводка 5 и бойка 6. В полости бойка 6 при запирании ее поводком 4 образуется воздушная подушка.

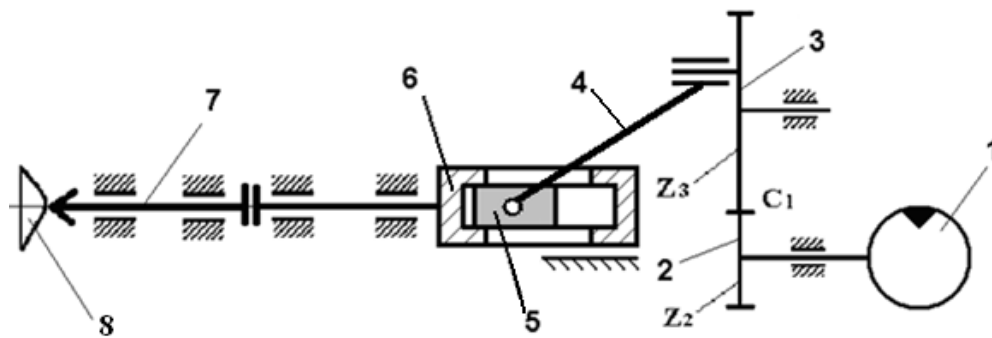


Рисунок 1. Кинематическая схема молота с кривошипно-ползунным механизмом с разделяющимся ползуном с гидроприводом.

1 – гидродвигатель; 2 – шестерня; 3 – колесо-кривошип; 4 – поводок; 5 – боек; 6 – волновод; 7 – обрабатываемая среда.

При моделировании ударной машины в качестве двигателя будем использовать гидромотор. При моделировании гидромеханических ударных машин можно воспользоваться модульным принципом [2]. Согласно этому принципу составляются динамические модели отдельных элементов конструкции машины и затем они соединяются согласно кинематической схеме.

Рассмотрим в первом приближении движение звеньев механизма при следующих условиях: звенья механизма абсолютно жесткие; силы трения и сопротивления воздуха отсутствуют; процесс носит изотермический характер.

При наличии воздушной подушки боек находится под действием двух противоположно направленных сил: силы, образуемой воздушной подушкой,

$$F_{\hat{A}\hat{i}} = p_1 \cdot S , \quad (1)$$

где: p_1 – давление в воздушной подушке, Па;

S – площадь торцевой поверхности воздушной полости бойка, m^2 .

и силы, образуемой внешним окружающим воздухом,

$$F_{\hat{a}\hat{o}\hat{i}} = p_{\hat{a}\hat{o}\hat{i}} \cdot S . \quad (2)$$

Поэтому, уравнение движения бойка с учетом направления действующих сил и выбранной системы координат будет выглядеть следующим образом:

$$\ddot{x}_{\hat{a}} = \frac{F_{\hat{a}\hat{o}\hat{i}} - F_{\hat{A}\hat{i}}}{m_{\hat{a}}} \quad (3)$$

где: $m_{\hat{a}}$ – масса бойка, кг.

Методика определения давления p_1 приведена в работе [1]. Теоретический движущий момент на валу гидродвигателя в первом приближении для установившегося режима определим следующим образом:

$$M_{\delta} = a - b\omega, \quad (4)$$

где: a, b – параметры,

ω – угловая скорость вращения вала гидродвигателя.

Тогда, уравнение движения имеет следующий вид:

$$J\ddot{\varphi} = \dot{a} - b\omega - \dot{I}_{\bar{n}}, \quad (5)$$

где: J - приведенный к ротору двигателя момент инерции;

$\dot{I}_{\bar{n}}$ - момент сопротивления.

Момент сопротивления $\dot{I}_{\bar{n}}$ определяется следующей зависимостью:

$$\dot{I}_{\bar{n}} = (p_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} - p_1)S\sqrt{1 - l_1^2 \sin^2 \varphi / l_2^2} \sin\left(\varphi - \arcsin\left(\frac{l_1 \sin \varphi}{l_2}\right)\right) \quad (6)$$

Положение поводка в зависимости от угла поворота кривошипа определяется следующим образом:

$$\tilde{\sigma}_i = \sqrt{l_2^2 - l_1^2 \sin^2 \varphi} - l_1 \cos \varphi, \quad (7)$$

где: φ - угол поворота кривошипа, рад;

l_1 – длина кривошипа, м;

l_2 – длина шатуна, м;

Скорость поводка определяется следующим выражением:

$$v_i = \left(l_1 \sin \varphi - \frac{l_1^2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{l_2^2 - l_1^2 \sin^2 \varphi}} \right) \omega_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}, \quad (8)$$

где: $\omega_{кр}$ - угловая скорость кривошипа, 1/с.

Так как определение p_1 связано с решением уравнений с нелинейными функциями, то для нахождения кинематических параметров движения бойка воспользуемся численным методом Рунге-Кутты IV порядка.

Моделирование движения звеньев ударной машины будем производить с использованием языка программирования Delphi. В ходе выполнения программа-приложение реагирует программно заданным образом на определенные события (например, нажатие каких-либо кнопок на форме), поэтому совершаемые программой действия зависят от этих событий, и показать единую блок-схему, отражающую работу всей программы целиком

представляется затруднительным и в данном случае, на наш взгляд, – не целесообразным. Покажем работу программы при выборе режима показа механизма «С остановками» (см. рис.2). Программа позволяет также показать работу механизма без остановок.

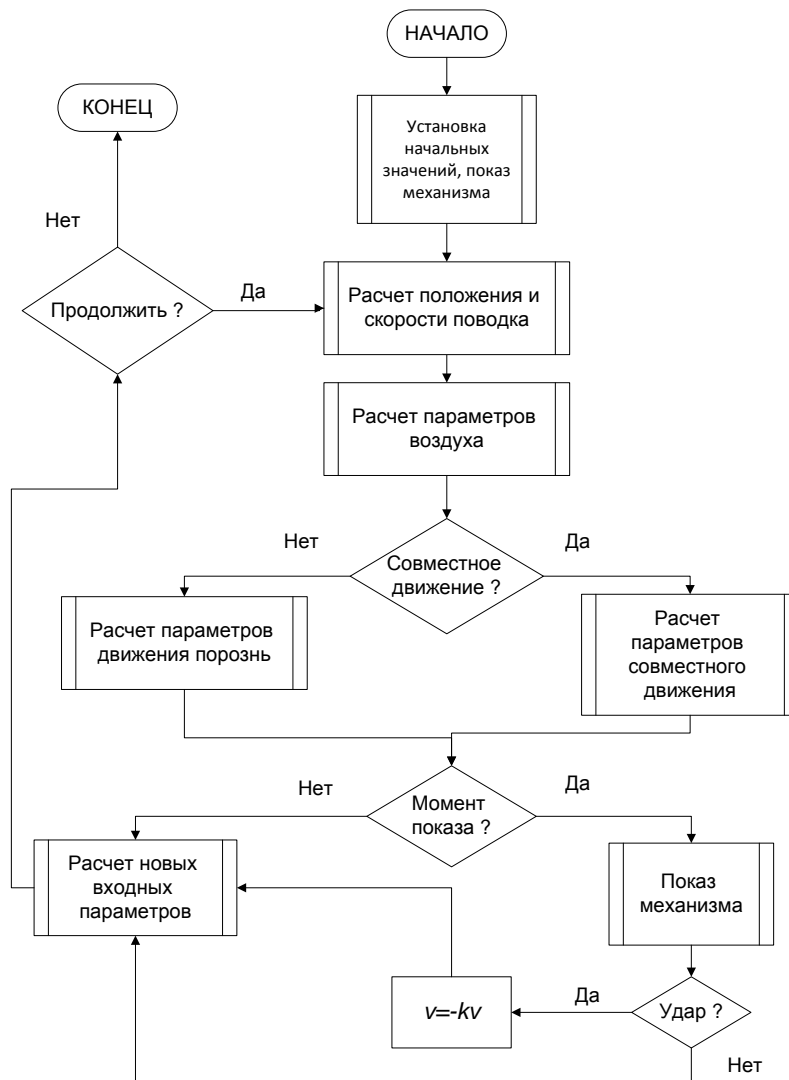


Рисунок 2. Блок-схема работы программы в режиме «С остановками».

Список литературы

1. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Моделирование движения звеньев с учетом зазора между сопрягаемыми поверхностями поводка и бойка / М.С. Джуматаев, Т.Т. Каримбаев, З.А. Уркунов, А.Ж. Баялиев// Сб. научных трудов Института машиноведения, вып.7, – Бишкек, Илим, 2010. – С. 83-91.
2. Манжосов В.К., Абдраимов С., Невенчанная Т.О. Крутильные колебания в трансмиссиях буровых машин / В.К. Манжосов, С. Абдраимов, Т.О. Невенчанная// - Фрунзе, Илим, 1982, 166 с.

Джуматаев Мурат Садырбекович, докт. техн. наук, профессор, директор Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Каримбаев Турсун Турашевич, с.н.с., канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Баялиев Алтынбек Жакыпбекович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

УДК 677.11.017.2/.7

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ПРЯДИЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА

Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г.

DOI: 10.12737/14876

Аннотация. В рамках проведенного исследования была изучена взаимосвязь цветовых характеристик длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2014 годов и его прядильной способности (номера). По результатам исследования льноволокна получена регрессионная модель, позволяющая прогнозировать прядильную способность длинного трепаного на основе его цветовых характеристик.

Ключевые слова: Длинное трепаное льноволокно, контроль качества, прядильная способность, методика определения прядильной способности, экспресс-оценка прядильной способности.

Качество льноволокна, оценка его прядильной способности, определяется стандартизированным показателем качества называемым «номер». В соответствии с действующими отраслевыми стандартами [1] инструментальная оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна проводится на основе исследования следующих физико-механических свойств: разрывной нагрузки, гибкости, горстевой длины,

группы цвета, закостренности, недоработки и влажности. Номер длинного трепанного льноволокна представляет собой целое число, находящееся в диапазоне от 9 до 24.

Применение инструментальной оценки качества предполагает значительные временные затраты на проведение лабораторных испытаний образцов длинного трепаного льноволокна. Существуют также органолептические, субъективные, методы оценки качества длинного трепаного льноволокна, базирующиеся на анализе ощущений эксперта, основанном на имеющемся у него опыте оценки. При этом, анализируются такие органолептические свойства как: тонина, маслянистость, тяжесть, прочность на растяжение, мягкость, цвет. Такая оценка требует минимальных временных затрат но носит субъективный характер и во многом зависит от опыта эксперта. Органолептическая оценка качества может применяться в случаях работы с зарекомендовавшими себя поставщиками при отсутствии разногласий между экспертами поставщика и переработчика.

При органолептической оценке тонина, маслянистость и цвет оцениваются визуально, а тяжесть, прочность на растяжение и мягкость оцениваются тактильно. При инструментальной оценке качества, визуально оценивается цвет волокна путем сравнения 30 проб, которые сравниваются с цветовыми эталонами относящимися к 6 различным группам цвета. Результаты сравнения усредняются и округляются до целого числа. Каждая группа цвета соответствует определенному процентному содержанию лигнина.

Тот факт, что и при инструментальной и при органолептической оценке качества длинного трепаного льноволокна его цветовые характеристики оцениваются визуально, делает актуальной задачу исследования возможности прогнозирования прядильной способности длинного трепаного льноволокна на основе его цветовых характеристик.

В настоящем исследовании использованы данные лабораторного исследования физико-механических свойств белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2014 годов накопленные в информационной системе контроля качества РУПТП «Оршанский льнокомбинат» [2, 3, 4], крупнейшего в

Республике Беларусь и Восточной Европе предприятия по переработке льноволокна.

На рисунке 1 приведено совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна и групп цвета отдельных проб волокна. Для нивелирования влияния разного количества протоколов лабораторного исследования различных номеров трепаного льноволокна, случайным образом было отобрано одинаковое количество протоколов номеров с 9 по 13.

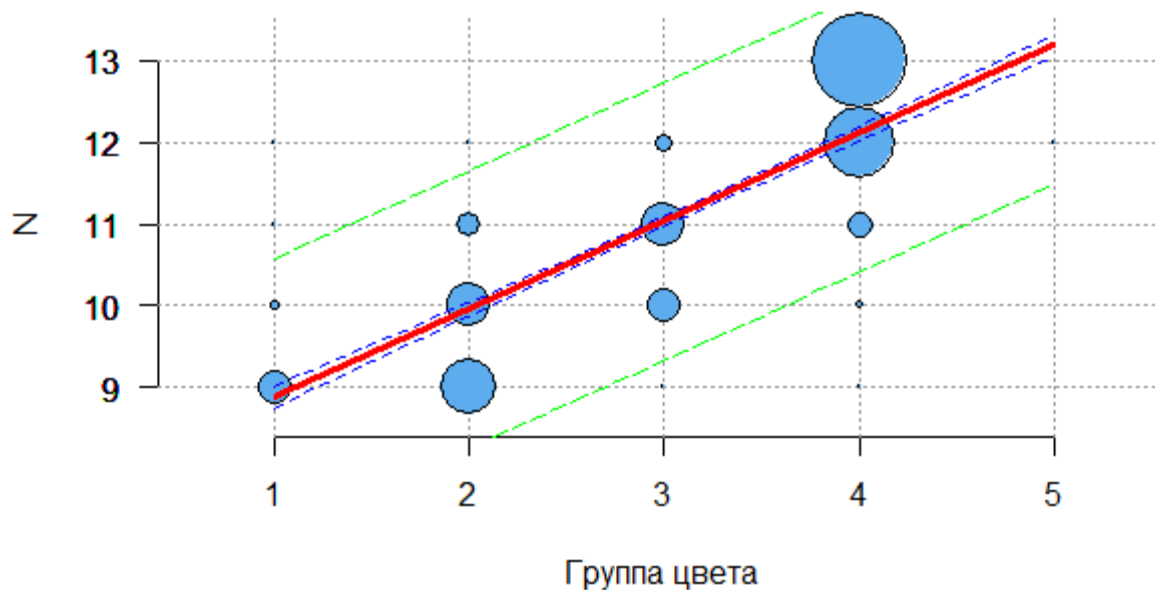


Рисунок 1 – Распределение групп цвета в исследованных образцах длинного трепаного льноволокна

По данным, приведенным на рисунке 1, был проведен регрессионный анализ, на рисунке приведена линия регрессии и 95% доверительные области для линии регрессии и для отдельных значений. Диаметры окружностей на рисунке 1 в пропорциональны количеству экспериментальных значений попадающих в ее центр. Регрессионная модель зависимости номера длинного трепаного льноволокна от значения группы цвета:

$$N_{\text{ТЛ}} = 7.759 + 1.099 \cdot C_{\text{ТЛ}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{ТЛ}}$ – номер длинного трепаного льноволокна; $C_{\text{ТЛ}}$ – группа цвета длинного трепаного льноволокна.

Коэффициент детерминации регрессионной модели (1) составляет $R^2 = 0.625$ ($p\text{-value} < 2 \cdot 10^{-16}$), что говорит о том что отдельные значения группы цвета оказывают статистически значимое влияние на значение номера длинного

трепаного льноволокна. При этом, в среднем, 62.5% изменений номера волокна объясняется изменением значений группы цвета отдельных проб. При увеличении значения группы цвета на 1 среднее значение номера длинного трёпаного льноволокна увеличивается на 1.099.

В таблице 1 приведены численные значения для прогноза среднего значения номера длинного трепаного льноволокна и 95% доверительные интервалы для отдельных значений. Так, согласно таблице 2, если отдельные пробы длинного трепаного льноволокна отнесены к 3 группе цвета, то с вероятностью 95% номер волокна будет находиться в интервале от 9.35 до 12.76.

Таблица 1 – Прогноз номера трепаного льноволокна согласно модели (1)

Группа цвета	Прогнозное значение номера	95% Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
1	8.86	7.15	10.57
2	9.96	8.25	11.66
3	11.06	9.35	12.76
4	12.16	10.45	13.86
5	13.26	11.55	14.96

В рамках проведенного исследования была изучена взаимосвязь цветовых характеристик длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2014 годов и его прядильной способности (номера). По результатам исследования льноволокна получена регрессионная модель, позволяющая прогнозировать прядильную способность длинного трепаного на основе его цветовых характеристик.

Список литературы

1. СТБ 1195-2008 Волокно льняное трепаное длинное. Введ. 2008-04-30. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь 2008. – 30 с.
2. Дягилев, А. С. Производственный контроль качества длинного трепаного льноволокна / А. С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2015. – № 2. – С. 59.
3. Дягилев, А.С. Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года / А.С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 27. – С. 31.

4. Дягилев, А. С. Оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна/ А. С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета . — 2015. — № 28. — С. 61.

Дягилев Андрей Степанович, кандидат технических наук, докторант Витебского государственного технологического университета, доцент кафедры математики и информационных технологий, учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

Бизюк Андрей Николаевич, магистр физико-математических наук, старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов и производств, учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

Коган Александр Григорьевич, профессор кафедры технологии текстильных материалов, доктор технических наук, учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

УДК 678.675.744.5

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ
ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ
КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАПРОАМИДА И
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

Евдокимов Д.С., Зейдан А.У., Миронович Л.М.

DOI: 10.12737/14877

Аннотация. Методом факторного анализа на основе обобщающей функции желательности по экспериментальным данным композиций на основе ПА-6 и ПЭТФ определен оптимальный состав полимерной композиции.

Ключевые слова: полимерная композиция, поликапроамид, полиэтилентерефталат, факторный анализ.

Утилизация отходов полимерных материалов, в том числе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), поликапроамида (ПА), является актуальной

задачей исследователей, в связи с большим объемом отходов в быту. Ранее нами из отходов зонтичной ткани, содержащей ~20% ПЭТФ и ~80% ПА, получена однородная коричневая полимерная композиция, пригодная к дальнейшему формованию [1]. Проведен поиск полимерной композиции на основе отходов ПЭТФ и ПА.

Целью исследования явился поиск оптимального состава полимерной композиции на основе ПЭТФ и ПА на основе обобщенной функции желательности методом факторного эксперимента.

Экспериментальным путем приготовлены полимерные композиции, содержащие от 18 до 30 % ПЭТФ в своем составе и соответственно 70-82 % поликапроамида. Для каждой полимерной композиции экспериментально определены разрушающее напряжение, модуль упругости при растяжении, предел текучести при растяжении, ударная вязкость без надреза (проведено по 3 эксперимента, взяты средние значения). Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства полимерных композиций

Композиция	% содержание ПЭТФ в композиции	Разрушающее напряжение σ_6 , МПа	Предел текучести при растяжении σ_T , МПа	Модуль упругости при растяжении E , МПа	Ударная вязкость без надреза α , КДж/м ²	Обобщенная функция желательности D
1	18	134,0	105	2828	19,5	0,73
2	20	134,4	124,2	2820	20,47	0,79
3	22	133	102	2800	20,10	0,72
4	30	84	98,0	1350	12,7	0,35

Для расчетов использовали теорию полного факторного эксперимента.

Обобщенную функцию желательности рассчитывали по формуле [2]:

$$D = \sqrt[4]{d_1 d_2 d_3 d_4}, \quad (1)$$

где d_1 -частичная функция желательности по разрушающему напряжению(Y_1); d_2 - частичная функция желательности по модулю упругости (Y_2); d_3 - частичная

функция желательности по пределу текучести при растяжении (Y_3); d_4 -частичная функция желательности по ударной вязкости без надреза (Y_4).

Для построения частичных функций желательности преобразовывают величины измеренных индивидуальных показателей физико-механических свойств $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4$ в значения безразмерной шкалы желательности. Ограничения при этом носят характер $\chi_i \geq \chi_{min}$ и $\chi_i \leq \chi_{max}$. В нашем случае приняты соответствующие показатели физико-механических свойств (таблица 1).

Для преобразования полученных численных значений ФМС в соответствующие отметки на шкале желательности используется метод количественных оценок с интервалом от 0 до 1 (Таблица 2). Значение $d=0$ соответствует абсолютно неприемлемому значению данного свойства, а $d=1$ – наилучшему значению. Таким образом, безразмерная шкала желательности имеет вид: 0,80 – 1,00 – очень хорошо; 0,63 – 0,80 – хорошо; 0,37 – 0,63 – удовлетворительно; 0,20 – 0,37 – плохо; 0,00 – 0,20 – очень плохо. Наиболее целесообразной является оценка параметров в интервале 0,2-0,8, то есть интервал хорошо – плохо [2].

Таблица 2 – Характеристики полимерной композиции

Свойства	Y_1		Y_2		Y_3		Y_4	
Значение свойства	84	134,4	1350	2828	98	124,2	12,7	20,47
Значение по шкале	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8

Для преобразования измеренных свойств в частичные функции желательности используется экспоненциальная зависимость:

$$d = \exp\left[-\exp\left(-y'\right)\right], \quad (2)$$

из которой определяется y' :

$$-y' = \ln\left(\ln \frac{1}{d}\right). \quad (3)$$

Так как $y' = b_0 + b_1 y$, то подставив найденные значения y' для двух крайних точек интервала d и решив соответствующую систему линейных уравнений, получим значения b_0, b_1 . Представим y' в виде

$$y' = b_0 + b_1 y \quad (4)$$

и получим при минимальной оценке желательности 0,2 численное значение 0,476, а при максимальной оценке желательности 0,8 численное значение -1,49. Решая систему уравнений (4) находим по каждому показателю частичные функции желательности (d_1, d_2, d_3, d_4). Обобщенную функцию желательности находим по уравнению 1. Данные приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 увеличение или уменьшение концентрации ПЭТФ по сравнению с композицией, полученной из отходов зонтичной ткани, имеющей в своем составе ~20% ПЭТФ приводит к ухудшению физико-механических показателей. Применение в составе композиции 30% ПЭТФ приводит к уменьшению обобщенной функции желательности до 0,35. Действительно композиция 4 имеет низкий предел текучести при растяжении (98 МПа), а также худшие показатели по разрушающему напряжению (84 МПа) и модулю упругости (1350 МПа) по сравнению с композицией 2 (табл.1). Наиболее высокую обобщенную функцию желательности имеет композиция 2, содержащая в своем составе 20% ПЭТФ и 80% ПА-6 (0,79), что подтверждается хорошими физико-механическими свойствами.

Список литературы

1. Миронович Л.М. Композиционный материал на основе отходов зонтичной ткани / Л.М.Миронович, А.А.Павленко // Известия ВУЗ. Сер. Химия и хим. технология. 2007. Т.50, № 12. С.102-105.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П.Адлер, Е.В.Маркова, О.В.Грановский / М.: Наука. 1978. 280 с.

Евдокимов Дмитрий Сергеевич, студент 3 курса естественно-научного факультета Юго-Западного государственного университета, г. Курск, РФ

Зейдан Айман Усама, студент 3 курса естественно-научного факультета Юго-Западного государственного университета, г. Курск, РФ

Научный руководитель – Миронович Людмила Максимовна, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной химии и

химической технологии Юго-Западного государственного университета, г. Курск, РФ

УДК 366.1:519.81

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В СФЕРЕ ПОКУПКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Егоров К.С.

DOI: 10.12737/14878

Аннотация. Рассматривается проблема поведения потребителя при выборе автомобиля. С использованием методов математического моделирования (ранжирование) построены модели «чёрного ящика» сознания потребителя и модель оптимального поведения потребителя. На основе анализа построенных моделей сделаны выводы о предпочтениях потребителей в сфере покупки автомобилей.

Ключевые слова: поведение потребителей, рынок автомобилей, покупка автомобилей, моделирование, модель «чёрный ящик», модель оптимального поведения потребителя.

В настоящее время в странах Североамериканского континента и Европы на 1000 человек (включая детей и пенсионеров) приходится 600 и более автомобилей [2].

Объектом исследования является рынок продажи автомобилей, целью исследования – получение информации о предпочтениях потребителей на данном рынке с возможностью последующего использования автопроизводителями для привлечения покупателей.

Выявим прибыль и убыток в продажах автомобилей. Для этого возьмём статистику продаж автомобилей за первые кварталы 2013 и 2014гг. и проанализируем (последний столбец).

Исходя из приведённых данных о приросте и статистике продаж (Источник: [1, 2]), выберем 7 самых продаваемых автомобилей за последние 2 года (продажи которых максимальны, а также те, у которых был существенный рост):

1. Toyota Corolla
2. Ford Focus
3. Volkswagen Golf
4. Ford Fiesta
5. Volkswagen Lavidia
6. Buick Excele

Модель оптимального поведения потребителя на рынке продаж автомобилей

Пусть n – конечное число рассматриваемых товаров, где $n=6$; $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор-столбец объемов товаров, приобретенных за определенный срок (январь – март 2014 год) при заданных ценах и доходе, где $x=(276766; 256284; 223249; 184949; 150801; 148312)$.

В нашем случае, товаром являются 6 автомобилей (x_1 – Toyota Corolla; x_2 – Ford Focus; x_3 – Volkswagen Golf; x_4 – Ford Fiesta; x_5 – Volkswagen Lavidia; x_6 – Buick Excele).

$$C = \{x: x \geq 0\}. \quad (1)$$

В теории потребительского выбора предполагается, что каждый потребитель имеет свои предпочтения на некотором подмножестве пространства товаров $X \subset \{x: x \geq 0\}$. Это означает, что для каждой

пары $x \in X, y \in X$ имеет место одно из трех соотношений:

$x > y$ – набор x предпочтительнее y ;

$x < y$ – набор x менее предпочтителен, чем y ;

$x \sim y$ – для потребителя оба набора обладают одинаковой степенью предпочтения.

Используя данные Таблицы 2, составим отношения предпочтения товаров (методом ранжирования):

Таблица 3 – Ранжирование характеристик автомобилей

Набор Фактор	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Стоимость	2	1	5	3	6	4
Тип кузова	2	5	5	5	2	2
Мощность	3	4,5	4,5	6	1	2

Расход топлива	3	4	2	1	5	6
Объём багажника	2	5	4	6	1	3
Сумма	12	19,5	20,5	21	15	17
Обобщенный ранг $u(x)$	1	4	5	6	2	3

По итогам ранжирования был выявлен оптимальный, с точки зрения выделенного покупателя, автомобиль – Toyota Corolla.

Бюджетным множеством называется множество тех наборов товаров, которые может приобрести потребитель, имея доход M $E=\{x: px \leq M\}$, где $p=(p_1 \dots p_n)$ – вектор-строка цен

$$p = (13340; 13200; 21800; 17400; 22140; 18900), M=15000$$

Отсюда следует, что бюджетным множеством является вектор

$$p = (13340; 13200; X2; X3; X4; X5), M=15000.$$

В теории потребления предполагается, что потребитель всегда стремится максимизировать полезность и его сдерживает только доход

$$\max_{x \in B \cap X} u(x) = \max_{px=M} u(x) \quad (2)$$

$x^* \in X$ точка максимума.

Левая часть равенства – это полезность наборов ($u(x)$),

Таблица 4 – Полезность наборов (обобщенный ранг)

Набор	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Фактор						
Обобщенный ранг $u(x)$	1	4	5	6	2	3

Получили, что набор X1 дает наибольшую полезность.

Правая часть равенства – бюджетное множество.

$$p = (13340; 13200; X2; X3; X4; X5), M=15000$$

Отсюда видно, что потребитель может позволить себе наборы X1, X2.

Приравнивая значения левой и правой частей и выявляем, что набор X1 является оптимальным [5].

Таким образом, построенная модель поведения потребителя в сфере покупки автомобилей позволила выявить предпочтения конкретно взятого потребителя, исходя из различных факторов, влияющих на него и его оптимального поведения, основанного на бюджете и предположениях о его предпочтениях в характеристиках автомобилей.

Список литературы

1. Теория авторынка [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www.car-industry.ru/теория_авторынка.html – Дата доступа: 01.11.2014
2. Статистика агентств Reuters и Forbes – дата доступа: 20.11.2014.
3. Багриновский, К.А., Матюшок, В.М. Экономико-математические методы и модели (микроэкономика) / К. А. Багриновский // Изд-во РУДН. 1999.С. 207-215.
4. Карелина, И.Г. Математические модели микроэкономики / И. Г. Карелина // Изд-во ВГУ. 2001. С. 89-105.
5. Модель оптимального поведения потребителя [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/matematiceskaaekonomika/> – Дата доступа: 11.11.2014

Егорев Кирилл Серафимович, студент 4 курса факультета математики и информатики Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно., Беларусь

Научный руководитель – Цехан Ольга Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем Гродненского государственного университета имени Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

УДК 519.87

ОБ ОТКРЫТОЙ СЕТИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С МНОГОРЕЖИМНЫМИ СТРАТЕГИЯМИ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ ЗАЯВКАМИ

Ерёмина А.Р.

DOI: 10.12737/14879

Аннотация. Установлена инвариантность стационарного распределения вероятностей состояний открытой сети массового обслуживания с многорежимными стратегиями, положительными и отрицательными заявками нескольких типов по отношению к функциональной форме распределений величин работ, требующихся на переключение режимов приборов в узлах.

Ключевые слова: сеть массового обслуживания, инвариантность, многорежимное обслуживание, отрицательные заявки, LCFS PR.

Сети массового обслуживания используются при построении адекватных моделей производственных и транспортно-логистических сетей, сетей связи и передачи данных, информационных и компьютерных сетей.

Рассматривается открытая сеть массового обслуживания, в которую поступают два независимых простейших потока положительных и отрицательных заявок с интенсивностями λ^+ и λ^- соответственно. Каждая заявка входного потока положительных заявок направляется в l -й узел и становится заявкой типа u , $u = \overline{1, M}$, с вероятностью $p_{0(l,u)}^+$ $\left(\sum_{l=1}^N \sum_{u=1}^M p_{0(l,u)}^+ = 1 \right)$.

Каждая заявка входного потока отрицательных заявок направляется в l -й узел и становится заявкой типа u с вероятностью $p_{0(l,u)}^-$ $\left(\sum_{l=1}^N \sum_{u=1}^M p_{0(l,u)}^- = 1 \right)$. При этом такая заявка обслуживания не требует. Она уменьшает число заявок типа u в этом узле на единицу, если в очереди данного узла есть заявки типа u , и не оказывает никакого влияния на состояние узла в противном случае.

После обслуживания в l -м узле положительная заявка типа u мгновенно и независимо от других заявок с вероятностью $p_{(l,u)(k,v)}^+$ направляется в k -й узел как положительная заявка типа v , с вероятностью $p_{(l,u)(k,v)}^-$ направляется в k -й узел как отрицательная заявка типа v , а с вероятностью $p_{(l,u)0}$ покидает сеть

$$\left(\sum_{k=1}^N \sum_{v=1}^M (p_{(l,u)(k,v)}^+ + p_{(l,u)(k,v)}^-) + p_{(l,u)0} = 1; l, k = \overline{1, N}; u, v = \overline{1, M} \right).$$

Состояние сети в момент времени t характеризуется вектором $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t))$, где состояние l -го узла в момент времени t есть вектор $x_l(t) = (\bar{x}_l(t), j_l(t)) = (x_{l1}(t), x_{l2}(t), \dots, x_{l,n(l)}(t), j_l(t))$, $x_{l1}(t)$ – тип заявки,

стоящей последней в очереди на обслуживание в l -м узле, $x_{l,n(l)}(t)$ – тип заявки, находящейся на обслуживании в l -м узле, $j_l(t)$ – режим, в котором работает l -ый узел в момент времени t , $l = \overline{1, N}$.

Однолинейные узлы могут работать в нескольких режимах, отвечающих различной степени работоспособности. Дисциплина обслуживания заявок – LCFS PR. Время обслуживания заявки типа u , находящейся в l -м узле, имеет показательное распределение с параметром μ_{lu} . Основным режимом работы обслуживающего прибора полагается режим 0. Переключение происходит только на соседние режимы, при этом число заявок в узле не изменяется. Интенсивность перехода l -го узла из режима j_l в режим $j_l + 1$ ($j_l = \overline{0, r_l - 1}$) обозначается $v_l(x_l)$, а из режима j_l в режим $j_l - 1$ ($j_l = \overline{1, r_l}$) – $\varphi_l(x_l)$.

Для состояния x_l , у которого $0 \leq j_l \leq r_l$, количество работы, необходимое для изменения режима j_l является случайной величиной с произвольной функцией распределения $\Phi_l(j_l, \tilde{u})$ и математическим ожиданием $\eta_l(j_l)$. Указанная работа выполняется со скоростью $v_l(\bar{x}_l, j_l)I_{(j_l \neq r_l)} + \varphi_l(\bar{x}_l, j_l)I_{(j_l \neq 0)}$.

Рассматривается кусочно-линейный марковский процесс $\zeta(t) = (x(t), \psi(t))$, полученный добавлением к $x(t)$ непрерывной компоненты $\psi(t) = (\psi_{1,j_1(t)}(t), \dots, \psi_{N,j_N(t)}(t))$, где $\psi_{l,j_l(t)}(t)$ – количество работы, которое осталось выполнить с момента t для переключения режима обслуживания на соседний режим в l -м узле, если обслуживающий прибор работает в режиме j_l .

$P = \{P(x)\}$ – стационарное распределение вероятностей состояний $x(t)$, $F(x, z)$ – стационарные функции распределения вероятностей состояний $\zeta(t)$.

Теорема. Если выполнены условия

$$v_l(\bar{x}_l, j_l - 1)\varphi_l(T^-(\bar{x}_l), j_l) = v_l(T^-(\bar{x}_l), j_l - 1)\varphi_l(\bar{x}_l, j_l), \quad (1)$$

$$\sum_{x \in X} q_x \prod_{l=1}^N \left[\prod_{s=1}^{n(l)} \left(\frac{\alpha_{(l,x_s)}^+}{\mu_{(l,x_s)} + \alpha_{(l,x_s)}^-} \right) \prod_{k=1}^{j_l} \frac{v_l(\bar{x}_l, k - 1)}{\varphi_l(\bar{x}_l, k)} \right] < +\infty, \quad (2)$$

$$q_x = \lambda^+ + \lambda^- + \sum_{l=1}^N \sum_{u=1}^M \mu_{(l,u)} + \sum_{l=1}^n [v_l(\bar{x}_l, j_l) + \varphi_l(\bar{x}_l, j_l)],$$

$$T^-(\bar{x}_l) = T^-(x_{l1}, \dots, x_{l,n(l)}) = (x_{l1}, \dots, x_{l,n(l)-1}),$$

то процесс $\zeta(t)$ эргодичен, а функции $F(x, z)$ определяются по формулам:

$$F(x, z) = \prod_{l=1}^N p_l(x_l) \eta_l^{-1}(j_l) \int_0^{z_l, j_l} (1 - \Phi_l(j_l, \tilde{u})) d\tilde{u}, \quad x \in X,$$

$$p_l(\bar{x}_l, j_l) = \prod_{s=1}^{n(l)} \left(\frac{\alpha_{(l,x_{ls})}^+}{\mu_{(l,x_{ls})} + \alpha_{(l,x_{ls})}^-} \right) \frac{\eta(j_l)}{\eta(0)} \prod_{k=1}^{j_l} \frac{v_l(0, k-1)}{\varphi_l(0, k)} p_l(0,0), \quad (3)$$

$$p_l(0,0) = \eta(0) \left(1 - \prod_{s=1}^{n(l)} \frac{\alpha_{(l,x_{ls})}^+}{\mu_{(l,x_{ls})} + \alpha_{(l,x_{ls})}^-} \right) \left(\sum_{j_l=0}^{\eta} \prod_{k=1}^{j_l} \frac{v_l(0, k-1)}{\varphi_l(0, k)} \right)^{-1}, \quad (4)$$

где $(\alpha_{(l,u)}^+, \alpha_{(l,u)}^-)$, $l = \overline{1, N}$ – положительное решение уравнений трафика.

Следствие. Если выполняются соотношения (1)-(2), то процесс $x(t)$ эргодичен, а его стационарное распределение $\{P(x), x \in X\}$ не зависит от функционального вида распределения $\Phi_l(j_l, \tilde{u})$ и имеет вид $P(x) = p_1(x_1) p_2(x_2) \times \dots \times p_N(x_N)$, где $p_l(x_l)$ определяются по формулам (3)-(4).

Ерёмина Александра Рафаэловна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры системного программирования и компьютерной безопасности Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь

УДК 004.94

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ПРИГОТОВЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ В SIMULATOR
FOR ARDUINO**

Ефименко А.В., Плугина Т.В.

DOI: 10.12737/14880

Аннотация. Проведено моделирование системы управления процессом приготовления многокомпонентной смеси в программной среде Simulator for Arduino. Разработана структурная схема системы автоматизации и имитационная модель работы системы управления в симуляторе ARDUINO.

Ключевые слова: моделирование, система управления, рецепт, смесь, дозатор, датчик, контроллер, автоматизация, модель.

При анализе существующих систем автоматического дозирования [1], выполненных по структуре "датчик массы - усилитель - исполнительный механизм", выяснено, что даже при правильном выборе параметров звеньев системы управления и высокой точности отдельного звена такие системы управления в динамическом режиме взвешивания имеют низкую точность и не соответствуют требованиям дозирования компонентов смеси. Возможность перехода к экономически целесообразным методам автоматизированного управления связана с комплектованием его новейшими средствами микропроцессорной техники и моделирования режимов работы [2]. Сегодня для моделирования технологических процессов на рынке представлена широкая линейка элементной базы различных производителей. Общим требованиям открытой спецификации и схем оборудования, кроссплатформенности, простоты среды программирования, открытости исходного кода, низкой стоимости отвечают электронные платы Arduino, ядром которых является микроконтроллер ATmega168 (Atmel) [3].

Рассмотрим систему управления процессом приготовления смеси, состоящей из трех компонентов (рисунок 1).

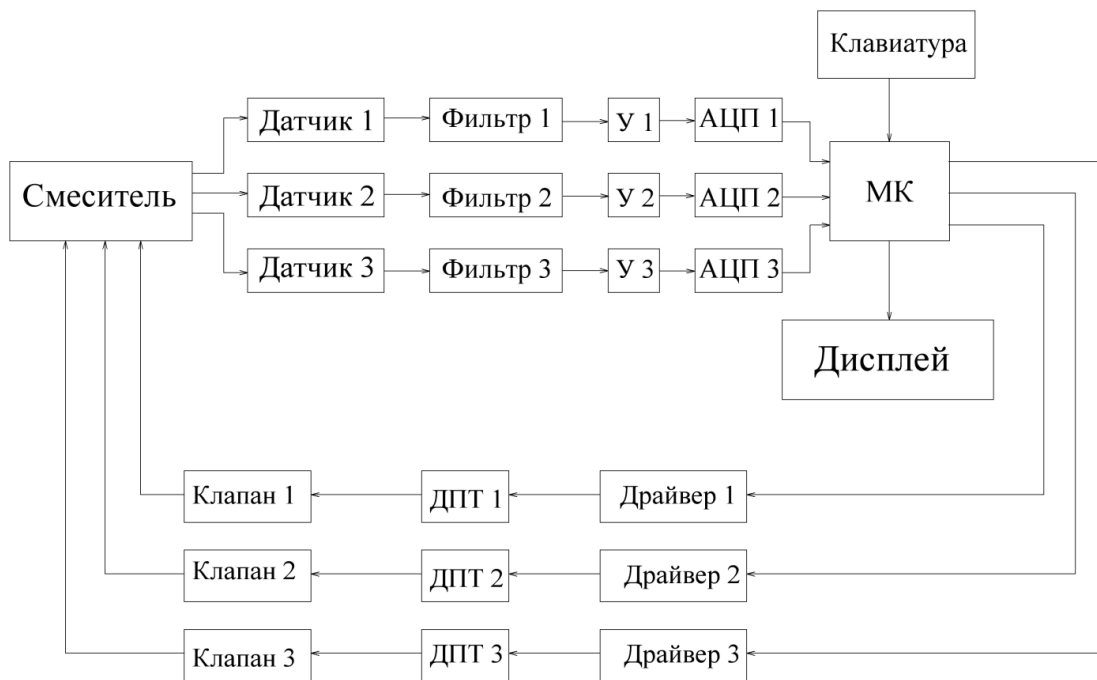


Рисунок 1 - Структурная схема системы автоматизации

Для управления электроприводами дозаторов системы управления изготовлением многокомпонентной смеси используются силовые модули - драйверы, обеспечивающие требуемые значения токов и напряжений для вращения электродвигателей с заданной скоростью и в необходимом направлении. Логические сигналы управления этими драйверами формируются блоком управления. Пример построения микроконтроллерного блока управления дозаторами представлено на рисунке 2.

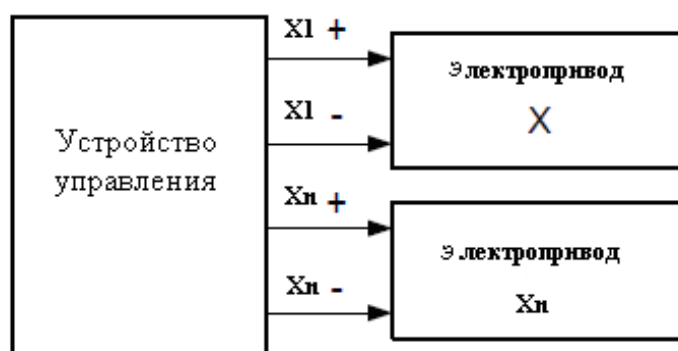


Рисунок 2 - Микроконтроллерный блок

Количество дозаторов определяет количество координат управления.

Теперь можно формализовать описание работы устройства управления перемещением заслонок бункеров по узлам прямой с учетом векторов перемещений (Dir) на каждом шагу. Для каждого шага в таблицу 1 заносим

комбинации управляющих сигналов X +, X- и продолжительность шага T, с. Продолжительность T определяет время работы соответствующего дозатора. Например, для трех дозаторов в зависимости от рецептуры формируется таблица векторов работы электродвигателей дозаторов. Примем производительность дозаторов 5 кг в минуту. Необходимо изготовить смесь по следующему рецепту: компонент K1 – 20 кг; компонент K2 – 50 кг; компонент K3 – 10 кг. Для разработки программы принимаем: 1 минута работы дозатора равна 1 секунде программного времени.

Таблица 1 - Сигналы управления переключением дозаторов

Dir	X1+	X1-	X2+	X2-	X3+	X3-	T, с
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
2	1	0	1	0	1	0	1
3	0	1	1	0	0	1	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	0	0	1	0	0	0	1
6	0	0	1	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	0	1
8	0	0	1	0	0	0	1
9	0	0	1	0	0	0	1
10	0	0	1	0	0	0	1
11	0	0	0	1	0	0	1
12	0	0	0	1	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	1

Для моделирования работы предлагаемой системы управления выбран симулятор Arduino - инструмент для проектирования электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами.

Результаты моделирования представлены на рисунке 3 (визуализация рабочего процесса, а также программа управления).

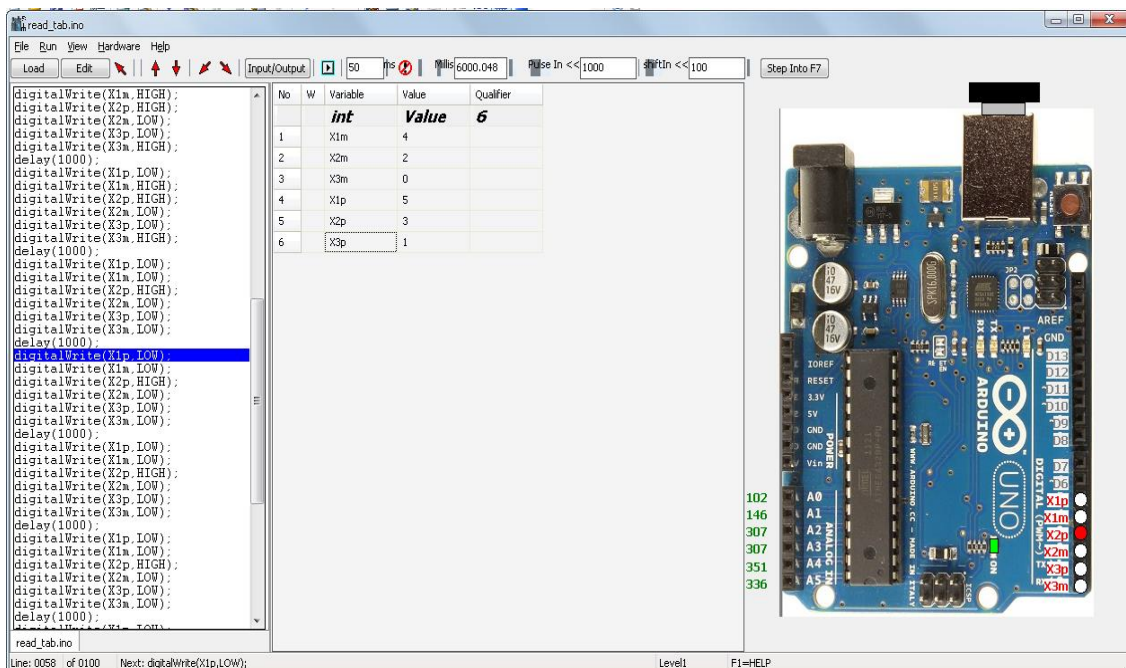


Рисунок 3 - Результаты моделирования

Выходы контролера подключены к светодиодам, зажигание соответствующих светодиодов имитирует подключение реальных исполнительных механизмов и устройств. Последовательность и время подключения можно контролировать программно.

Использование готовой платы микроконтроллерного устройства с программой, разработанной в среде Arduino позволяет реализовать необходимый алгоритм управления в соответствии с исходными данными.

Список литературы

1. Курбатов, И.И. Системы дозирования сыпучих материалов: справочное пособие / И.И. Курбатов, В.Д. Шагин. - М.: Высшая школа, 2001.- 250 с.
2. Плугина, Т.В. Проектирование интеллектуальных операторских станций распределенных систем управления / Т.В. Плугина, Д.А. Маркозов // Вестник ХНАДУ. - 2013. - Вып.63. - С. 93 - 97.
3. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino / У. Соммер. - СПб.: БХВ - Петербург, 2012.- 256с.

Ефименко Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных и дорожных машин Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, г. Харьков, Украина

Плугина Татьяна Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, г. Харьков, Украина

АНАЛИЗ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ МАШИН В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Жирнов А.Б., Романова Н.А.

DOI: 10.12737/14881

Аннотация. Анализируется лесной комплекс Амурской области. Приводится производительность систем машин на валке древесины, используемых в Амурской области и строится экономическая модель расчета системы лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: система машин, производительность, модель, экономическая модель.

Лесной комплекс нашего региона состоит из ряда организаций различных форм собственности осуществляющих свою деятельность в сфере лесного хозяйства и лесной промышленности состоит из 169 предприятий различных форм собственности, осуществляющих лесозаготовительную, деревообрабатывающую и лесохимическую деятельность, из них около 130 осуществляют хозяйственную деятельность. По итогам работы за 2014 год отраслевыми хозяйствующими субъектами заготовлено 990,3 тыс.м³ древесины[3].

Ведущие предприятия используют несколько систем машин для лесозаготовок. При заготовке древесины хлыстами используют бензопилу «Урал», «Дружба» или «Husqvarna» и трактор ТЛТ – 100 А; или валочно-трелевочную машину ЛП – 49, ЛЗ-235. При заготовке сортиментами распространена такая система как харвестер и форвардер Timberjack, John Deere, Valmet, Volvo.

Основными параметрами выбора системы машин являются: породный состав деревьев, средний объём хлыста в насаждении, распределение деревьев по объёму, средняя высота и распределение высот деревьев, плотность древесины, количество деревьев на га, запас леса на га, уклон лесосеки, несущая способность грунта, наличие на лесосеке подроста и т.д. Помимо этого, сюда относятся температурные условия, осадки, направление и сила ветра [2].

Для оптимального выбора системы машин по лесозаготовительным районам Амурской области, необходимо учитывать экономические показатели

каждой машины, и обосновать экономико-математическую модель для её расчета.

Производительность систем машин на валке древесины, используемых в Амурской области имеют вид:

$$\Pi_1 = \Pi_{б.п.} + \Pi_{тр}, \quad (1)$$

где Π_1 - производительность первой системы машин включающая: $\Pi_{б.п.}$ – производительность бензопилы (Husqvarna–576XP), $\Pi_{тр}$ - производительность трелёвочного трактора (ТЛТ – 100 А).

$$\Pi_2 = \Pi_x + \Pi_\phi, \quad (2)$$

где Π_2 - производительность второй системы машин включающая: Π_x - производительность харвестера (Timberjack 1270), Π_ϕ - производительность форвардера (Timberjack 1110).

$$\Pi_3 = \Pi_{в\text{тм}}, \quad (3)$$

где Π_3 - производительность третьей системы машин включающая: $\Pi_{в\text{тм}}$ - производительность валочно–трелевочной машины (ЛЗ-235) [2].

Все работы, связанные с производительностью лесозаготовительных систем машин, оцениваются эффективностью. Эффективность — это способность наилучшим образом преобразовывать ресурсы в результат. Показателями оценки эффективности являются: результативность (производительность), ресурсоёмкость (эксплуатационные затраты, энергозатраты), оперативность (затраты времени). Величина этих показателей зависит от неуправляемых и управляемых факторов.

Процесс функционирования систем машин на лесосеке можно представить следующим набором векторов:

$$u_x = \{u_1 = K_u, u_2 = q_x, u_3 = a_p, u_4 = Q, u_5 = v, u_6 = t_{n-3}\}, \quad (4)$$

$$x_n = \{x_1 = N_1, x_2 = a_n, x_3 = a_w\}, \quad (5)$$

$$y_n = \{y_1 = \Pi_{см}\}, \quad (6)$$

где: $u_1, u_2, u_3, \dots, u_x$ - неуправляемые факторы, $z_1, z_2, z_3, \dots, z_t$ - возмущающие факторы, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ управляемые факторы, N_1 – потребляемая мощность, кВт; q_x - средний объём хлыста, м³; v – скорость резания, м/с; a_n –коэффициент, учитывающий плотность породы древесины; a_w –коэффициент, учитывающий влажность древесины; a_p –коэффициент, учитывающий затупление режущего

инструмента, $t_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, с; K_u – коэффициент использования номинального объема пачки, Q – расчетная рейсовая нагрузка трелёвочного фактора, m^3 ; $П_{см}$ – сменная производительность системы машин, $m^3/см$ [1].

Исходя из вышеизложенного, получим модель сменной производительности системы машин:

$$П_{см} = \sum_{n=i}^n П_{см}, \quad (7)$$

$$П_{см} = \frac{(T_{см} - t_{п-з}) q_{хл} K_u Q}{t_{ц}} = \frac{(T_{см} - t_{п-з}) q_{хл} N K_u Q}{a_n \cdot a_w \cdot a_p \cdot v}, \quad (8)$$

$$П_{см} \Rightarrow \max = \begin{cases} T_{см}, q_{хл}, N, K_u, Q \Rightarrow \max \\ a_n, a_w, a_p, v, t_{п-з} \Rightarrow \min \end{cases}, \quad (9)$$

Целесообразно определять производительность системы машин, опираясь на управляемые факторы, которыми явились значения затрачиваемой мощности лесозаготовительных машин, плотность и влажность древесины. При оптимизации системы машин в условиях лесозаготовительного производства в лесных районах Амурской области критерием является минимум производственных затрат на лесозаготовку. Критерий минимума производственных затрат является сложной задачей. При его решении в нынешней экономической ситуации, когда резко возрастает инфляция и производственная сфера испытывает экономические трудности, возникает потребность в других, более объективных критериях. Нашим критерием являются производственные затраты или совокупные затраты на производство лесозаготовительной продукции в области при условии сравнения их для северных и южных райс

$$\sum_{j=1}^k m_{ср} \geq \sum_{i=1}^n m_{юр}, \quad (10)$$

где $\sum_{j=1}^k m_{ср}$ на 1 m^3 лесозаготовительной продукции в северных районах Амурской области;

$\sum_{i=1}^n m_{юр}$ – затраты на 1 m^3 лесозаготовительной продукции в южных районах Амурской области.

Экономическая модель расчета системы лесозаготовительных машин формируется следующим образом: минимизировать функцию

$$F = \sum_{n=1}^k Z_n^k \cdot X_k + \sum_{T=1}^T Z_{kjim} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где

$$Z_n^k = C_k(E + \alpha_k) + C_{max}, \quad (12)$$

$$Z_{kjim} = (T_{kjim} + C_{kjim}^r \cdot B_{kjim} + \sigma_k \cdot M_k \cdot \tau \cdot H_{kjim} + \delta_i \cdot H_k \cdot \tau \cdot \beta_{kjim}) \times \\ \times D_m \cdot \Phi_{kjim} + \frac{[(i+C_j)_m \cdot \rho]}{3} + \frac{\alpha_{ji} (C_j + C_i) \cdot \rho}{3}, \quad (13)$$

при $\sum_{j=1}^k m_{cp} \rightarrow \max$. Для описания задачи в математическом виде введены обозначения:

$\sum_{j=1}^k m_{cp}$ - затраты на 1 м³ лесозаготовительной продукции в северных районах Амурской области;

m_{cp} - максимум лесозаготовительной продукции, м³;

k – индекс марки оборудования ($k=1,2,\dots$);

T – индекс номера периода ($m = 1,2,\dots$);

i – индекс лесозаготовительной машины ($i = 1,2,\dots$);

j – индекс пильной цепи срезающего устройства ($j = 1,2,\dots$);

M_k – объем работы, м³;

X_k - количество машин марки k ;

α_k – количество машин марки k , имеющих в лесозаготовительном предприятии;

C_j - балансовая стоимость j -ой марки машины, тыс. руб.;

C_i - балансовая стоимость i -й марки пильной цепи, тыс. руб.;

C_k – балансовая стоимость k -ой марки машины, тыс. руб.;

C_{max} - сумма средств на приобретение лесозаготовительной техники, тыс. руб.;

C_{kjim}^r - стоимость горючего, тыс. руб./ кг.;

B_{kjim} – сменная производительность ЛЗМ, м³/см;

Φ_{kjim} – коэффициент сменности на работе;

D_m – количество дней в работе, дн.;

H_{kjim} – норма расхода горючего на единицу объема работы, кг/м³;

Z_{kjim} – коэффициент использования рабочего времени;

T_{kjim} – тарифная ставка, тыс.руб.;

H_k – число вальщиков, чел.;

β_{kjim} – коэффициент запас леса на м³/га;

Z_n^k – производственные затраты на k-ую машину, тыс.руб.;

E – коэффициент эффективности капитальных вложений, %;

α – норма отчислений на амортизацию, %;

ρ – плотность заготавливаемых пород древесины;

δ_k – лесозаготовительная продукция, полученная при заготовке k -ой ЛЗМ, м³;

δ_i – лесозаготовительная продукция, полученная при заготовке i-ой ЛЗМ, м³;

S – часть площади, при отводе деляны при рекомендуемой технологии рубки леса, га;

P_m – заданный объем работ, м³;

X_{kjim} – общее расчетное количество ЛЗМ.

Исходя из принятых обозначений можем сформулировать ограничения:

$$1) \quad \sum C_k \cdot X_k \leq C_{max}, \quad (14)$$

при $\sum_{i=1}^n X_k \leq H_k$

- сумма средств на привлечение техники не должна превышать затраты на приобретение оптимального состава лесозаготовительных машин.

$$2) \quad \sum_{k=1}^n \beta_{kjim} \cdot B_{kjim} \cdot X_{kjim} = P_m, \quad (15)$$

- количество скорректированных ЛЗМ по лесорастительным условиям должны выполнять заданный объем работ.

$$3) \quad \sum_{k=1}^n X_{kjim} \leq X_k - \alpha_k, \quad (16)$$

- общее расчетное количество ЛЗМ не должно превышать количество машин, имеющихся в лесозаготовительном предприятии.

4) ограничения по соотношению пород древесины и их плотности

$$\beta_{kjim} \leq \sum \rho_{cp} \cdot \beta_{kjim} \geq \sum \rho_{юр} \cdot \beta_{kjim}. \quad (17)$$

Таким образом, общая цель функционирования системы направлена на максимальный выход продукции при минимуме производственных затрат.

Экономико - математическая модель расчета системы лесозаготовительных машин зависит от производственных затрат на лесозаготовительную продукцию и технику при условии сравнения их для северных и южных районов в Амурской области, с условиями ограничения: сумма средств на технику не должна превышать затраты на приобретение оптимального состава лесозаготовительных машин; количество скорректированных ЛЗМ по лесорастительным условиям должны выполнять заданный объем работ; ограничения по соотношению пород древесины и их плотности.

Список литературы

1. Костенко, Н.А. Влияние плотности древесины на производительность лесозаготовительных систем машин, используемых в Амурской области. - «Вестник КрасГАУ» - Красноярск: Изд. КрасГАУ, 2012г. - №2. - С187-191.

2. Костенко, Н.А. Математическая модель производительности системы лесозаготовительных машин/ Н.А. Костенко // Взаимодействие научно-образовательных учреждений, бизнеса и власти: региональная научно-техническая конференция. – Благовещенск: ДальГАУ, 2011. – С.198-201

3. Романова, Н.А., Жирнов, А.Б. Развитие лесоперерабатывающей промышленности в Амурской области. // «Наука и образование в современной конкурентной среде». Материалы международной научно-практической конференции – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2014. – С 139-142.

Жирнов Александр Борисович, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Механизация и лесозаготовка» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», г. Благовещенск, РФ

Романова Наталья Александровна, аспирант кафедры «Механизация и лесозаготовка» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», г. Благовещенск, РФ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ СЛОИСТОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПРОНИКАНИИ
ГИДРОАБРАЗИВНОЙ СТРУИ**

Журавлева Т.А., Михеев А.В.

DOI: 10.12737/14882

Аннотация. Авторами проведено моделирование напряженно-деформированного состояния слоистого материала, что позволило выявить закономерности его расслоения под действием гидроабразивной струи от режимов воздействия по уровню созданных критических значений напряжений.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, слоистые материалы, гидроабразивная струя, гидроабразивная резка, модель, проникание

В настоящее время наиболее широко распространенным методом обработки заготовок из слоистых материалов, например, стеклотекстолитов является механическая обработка. Однако применение этого метода обработки для слоистых композитных материалов связано с быстрым затуплением режущего инструмента, высоким уровнем шума и запыленностью на рабочем месте.

К числу перспективных процессов разделения материалов следует отнести гидроабразивное резание, основанное на процессах разрушения под действием сверхзвукового потока жидкости и абразива.

Однако, попытки использования данного метода при резке заготовок из стеклотекстолитов различных толщин выявил проблему образования в материале расслоений различной величины от 2...5 мм до 70...80 мм в местах прошивки («пирсинга») материала [1, 2].

Авторами предлагается физическая модель расслоения стеклотекстолита под действием гидроабразивной струи. Выделены следующие стадии разрушения поверхности стеклотекстолита от действия гидроабразивной струи:

1. Начальная стадия взаимодействия – изгиб верхних слоев стеклопластика, сжатие в направлении движения струи. Слои материала внутри угла изгиба сжимаются, а снаружи растягиваются и удлиняются в продольном направлении. Между удлиненными и укороченными слоями образуется нейтральный слой. Слои стеклопластика при проникании гидроабразивной

струи стремятся не только оторваться друг от друга, но и сдвинуться одна относительно другой.

2. Стадия проникания струи в поверхность стеклотекстолита – по границе пятна контакта происходит образование трещин, а затем унос материала.

3. Стадия поперечного растекания струи – жидкость растекается в зоне разрушения, на уровне поперечного смещения слоев происходит расслоение.

Для прогнозирования зарождения трещин в стеклотекстолите под действием гидроабразивной струи проведено моделирование напряженно-деформированного состояния обрабатываемого материала. В качестве решения использовали общее решение теории упругости в форме П.Ф. Папковича:

$$U = B - \frac{m}{4(m-1)} \text{grad}(R \cdot B + B_0), \quad (1)$$

где U - вектор перемещения; m - число Пуассона; R - радиус-вектор, задающий положение любой точки упругой среды; B - потенциальный вектор; B_0 - потенциальный скаляр.

Решение уравнения (1) для случая действия сосредоточенной силы в неограниченной упругой среде получено А.И. Лурье [3], сводящееся к определению перемещений и напряжений на поверхности сферы радиусом R в окрестности точки O .

Расчет напряженно-деформированного состояния слоистого материала основывался на методе суперпозиции решений для трех случаев нагружения полубесконечной среды: сила действует перпендикулярно плоскости Oxy в точке O ; сила действует в плоскости Oxy в точке O вдоль оси x ; сила действует в плоскости Oxy в точке O вдоль оси y .

Для первого случая решение сводилось к уравнению расширения линии центров, которое может быть записано в виде:

$$U = A \text{grad} \ln(R - R \cdot e) \quad (2)$$

где A - постоянный скаляр; e – единичный вектор действия силы (в данном случае орт оси z); R – модуль вектора R .

Для второго и третьего случая решение находилось в виде линейной комбинации (в алгебраическом и интегро-дифференциальном смысле) некоторых гармонических функций $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1$ и ψ_2 удовлетворяющих (1):

$$U = L(\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2), \quad (3)$$

где $L(\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2)$ – линейный оператор.

После аналитических преобразований получено система уравнений для расчета напряжений в слоистом материале следующем виде:

$$\begin{aligned} \sigma_{xx} = & \frac{2G}{m-2} \operatorname{div} U + \frac{1}{2\pi} \left(S_x \left(\frac{x}{R^3} - \frac{3x^3}{R^5} + \frac{m-2}{m} \left(-\frac{3x}{R(R+z)^2} - \frac{x^3(3R+z)}{R^3(R+z)^3} \right) \right) + \right. \\ & + S_y \left(-\frac{y}{R^3} - \frac{3x^2y}{R^5} - \frac{m-2}{m} \left(\frac{y}{R(R+z)^2} - \frac{x^2y(3R+z)}{R^2(R+z)^4} \right) \right) + \\ & \left. + S_z \left(\frac{z}{R^3} - \frac{3x^2z}{R^5} - \frac{m-2}{m} \left(\frac{1}{R(R+z)} - \frac{x^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right) \right) \right), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{yy} = & \frac{2G}{m-2} \operatorname{div} U + \frac{1}{2\pi} \left(S_x \left(\frac{x}{R^3} - \frac{3y^2x}{R^5} - \frac{m-2}{m} \left(\frac{x}{R^2(R+z)} - \frac{xy^2(3R+z)}{R^2(R+z)^4} \right) \right) + \right. \\ & + S_y \left(\frac{y}{R^3} - \frac{3y^3}{R^5} + \frac{m-2}{m} \left(-\frac{3y}{R(R+z)^2} + \frac{y^3(3R+z)}{R^3(R+z)^3} \right) \right) + \\ & \left. + S_z \left(\frac{z}{R^3} - \frac{3zy^2}{R^5} - \frac{m-2}{m} \left(\frac{1}{R(R+z)} + \frac{y^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right) \right) \right), \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{zz} = & \frac{2G}{m-2} \operatorname{div} U + \frac{1}{2\pi} \left(S_x \left(\frac{x}{R^3} - \frac{3z^2x}{R^5} - \frac{m-2}{m} \frac{x}{R^3} \right) + \right. \\ & \left. + S_y \left(\frac{y}{R^3} - \frac{3z^2y}{R^5} - \frac{m-2}{m} \frac{y}{R^3} \right) + S_z \left(-\frac{2(m-1)}{m} \frac{z}{R^3} + \frac{2z}{R^3} - \frac{3z^3}{R^5} \right) \right), \end{aligned} \quad (6)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{4\pi} \left(S_x \left(-\frac{6x^2y}{R^5} - \frac{m-2}{m} \frac{2y}{R(R+z)^2} \right) + S_y \left(\frac{x}{R^3} + \frac{1}{R^3} - \frac{6xy^2}{R^5} \right) + 2S_z \left(-\frac{3xyz}{R^5} + \frac{m-2}{m} \frac{xy(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right) \right), \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{yz} = & \frac{1}{2\pi} \left(S_x \left(-\frac{3y^2x}{R^5} - \frac{3xyz}{R^5} \right) + S_y \left(\frac{m-2}{m} \left(\frac{2}{R(R+z)} + \frac{yz(2R+z)}{R^3(R+z)^2} - \frac{x^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right) \right) + \right. \\ & \left. + S_z \left(-\frac{6z^2y}{R^5} + \left(1 + \frac{3(m-2)}{m} \right) \frac{y}{R^3} \right) \right), \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{zx} = & \frac{1}{4\pi} \left(S_x \left(-\frac{3zx^2}{R^5} - \frac{3z^2x}{R^5} - \frac{m-2}{m} \left(\frac{x^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} + \frac{x^3(2R+z)}{R^3(R+z)^3} \right) \right) + \right. \\ & \left. - S_y \frac{6xyz}{R^5} + S_z \left(\left(1 + \frac{m-2}{m} \right) \frac{x}{R^3} - \frac{6xz^2}{R^5} \right) \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, авторами на основе разработанной физической модели расслоения стеклотекстолита под действием гидроабразивной струи проведено моделирование напряженно-деформированного его состояния по формулам (4-8), что позволит выявить закономерности расслоения стеклотекстолита от режимов обработки по уровню созданных критических напряжений.

Список литературы

1. Барсуков, Г.В. Исследование влияния технологических режимов гидроабразивного резания на расслоение поверхности деталей из стеклотекстолита [Текст] / Г.В. Барсуков, Т.А. Журавлева // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 4. С. 47 – 56.

2. Степанов, Ю.С. Моделирование разрушения многослойной преграды с газовым зазором под действием сверхзвукового струйного потока свободных абразивных частиц [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, А.В. Михеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - № 4-2. – 2010. – С. 65 – 70.

3. Лурье, А.И. Пространственные задачи теории упругости [Текст] / А.И. Лурье. – М.: Издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 493 с.

Журавлева Татьяна Александровна, аспирант кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Михеев Александр Васильевич, докторант, кандидат технических наук, кафедра «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Научный руководитель – Барсуков Геннадий Валерьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

УДК 519.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ К ОДНОЙ

НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Жусупбаев А., Асанкулова М., Султанкул кызы Айнура

DOI: 10.12737/14883

Аннотация. В работе доказывается достаточное условие применимости метода последовательных расчетов для нелинейной задачи размещения добычи сырья с нелинейными разрывными в нуле функциями затрат.

Ключевые слова: выпуклые функции, предприятия, метод последовательных расчетов, многоэкстремальная задача, минимум.

Постановка задачи. Пусть компания в регионе имеет m возможных пунктов $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ добычи сырья, с верхними ограничениями на объем добычи $0 \leq x_i \leq a_i, i = 1, 2, \dots, m$. Добытое сырье в свою очередь доставляется на n предприятия $B_j, j = 1, 2, \dots, n$ этой же компании для переработки. Предполагается, что объем перерабатываемого сырья y_j на каждом предприятий $B_j, j = 1, 2, \dots, n$ ограничены сверху величиной q_j , т.е. $0 \leq y_j \leq q_j, j = 1, 2, \dots, n$. Известен необходимый объем Q добываемого и перерабатываемого сырья в регионе и выпуклые функции $\varphi_{ij}(x_{ij}), i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$, определяющие транспортные расходы на перевозку сырья от пункта добычи $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ до предприятия по переработке сырья $B_j, j = 1, 2, \dots, n$. Кроме этого известны для каждого $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ и $B_j, j = 1, 2, \dots, n$ функции $\bar{\varphi}_i(x_i), i = 1, 2, \dots, m, \psi_j(y_j), j = 1, 2, \dots, n$, определяющие затраты на добычу сырья и ее переработку, где $\bar{\varphi}_i(x_i) = \varphi_i(x_i) + T_i\theta(x_i)$, а $\varphi_i(x_i), i = 1, 2, \dots, m$ и $\psi_j(y_j), j = 1, 2, \dots, n$ - выпуклые возрастающие функции по $x_i \in [0, a_i]$ и $y_j \in [0, q_j]$ соответственно, $T_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$ - фиксированная доплата, $\theta(x_i) = 1$, при $x_i > 0$, и $\theta(x_i) = 0$, при $x_i = 0, i = 1, 2, \dots, m$.

Требуется определить оптимальное размещение пунктов добычи сырья и их объемы добычи $x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$, перевозки $x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$, и перерабатываемого сырья $y_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$ для каждого предприятия компании, при которых суммарные затраты были бы минимальными.

Изложенная проблема может быть записана в виде следующей экстремальной задачи.

Требуется найти наименьшее значение функции

$$L(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i=1}^m \bar{\varphi}_i(x_i) + \sum_{j=1}^n \psi_j(y_j) \quad (1)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = y_j \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_i \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = Q, \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad y_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

где $x = |x_{ij}|_{m,n}$.

Предполагается, что

$$0 \leq Q \leq \sum_{i=1}^m a_i, \quad 0 \leq Q \leq \sum_{j=1}^n b_j. \quad (7)$$

Из постановки задачи заметим, что функции $\bar{\varphi}_i(x_i)$, $i = 1, 2, \dots, m$ имеют разрыв в нуле, т.е. $x_i \in [0, a_i]$ следовательно, задача - многоэкстремальная. Для ее решения в общем случае нельзя применить те методы поиска минимума, которые разработаны для задач линейного и выпуклого программирования.

В этой связи воспользуемся методом последовательных расчетов [1], [2], для решения сформулированной задачи (1) – (6).

Для этой цели преобразуем её к виду. Найти минимум

$$L(\bar{x}) = \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i=1}^{m+1} \bar{\varphi}_i(x_i) + \sum_{j=1}^n \psi_j(b_j - x_{m+1 j}) \quad (8)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^{m+1} x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_i \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{m+1 j} = a_{m+1}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (11)$$

$$x \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad m+1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

где $\bar{x} = |x_{ij}|_{m+1}$, $a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - Q$, $\varphi_{m+1 j}(x_{m+1 j}) = 0$,

$j = 1, 2, \dots, n$, $\bar{\varphi}_{m+1}(x_{m+1}) = 0$, т.е. $\varphi_{m+1}(x_{m+1}) = 0$, $T_{m+1} = 0$.

Обозначим через I множество индексов добычи сырья, т.е.

$I = \{1, 2, \dots, m, m+1\}$, а через ω любое произвольное подмножество множества I .

В дальнейшем будем считать, что индекс $\{m + 1\}$ является элементом любого подмножества $\omega \subset I$. Тогда на каждом подмножестве $\omega \subset I$ может быть определена функция

$$L(\bar{x}, \omega) = \sum_{i \in \omega} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i \in \omega} (\varphi_i(x_i) + T_i \theta(x_i)) + \sum_{j=1}^n \psi_j(b_j - x_{m+1 j}) \quad (13)$$

при условиях

$$\sum_{i \in \omega} x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_i \leq a_i, \quad i \in \omega \setminus \{m + 1\}, \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{m+1 j} = a_{m+1}, \quad (16)$$

$$x_i \geq 0, \quad x_{ij} \geq 0, \quad i \in \omega, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (17)$$

Обозначим через $P(\omega)$ минимальное значение $L(\bar{x}, \omega)$ при условиях (14) – (17). Тогда, исходная задача может быть сформулирована следующим образом.

Требуется определить такое подмножество $\omega^* \subset I$, на котором $P(\omega)$ достигала своего наименьшего значения $P(\omega^*)$, т.е.

$$P(\omega^*) = \min_{\omega \subset I} \{P(\omega)\}. \quad (18)$$

Докажем достаточное условие применимости метода последовательных расчетов к задаче, т.е. для любых подмножеств $\omega_1, \omega_2 \subset I$ выполняются

$$s(\omega_1, \omega_2) = p(\omega_1) + p(\omega_2) + p(\alpha) - p(\beta) \leq 0, \quad (19)$$

где $\alpha = \omega_1 \cup \omega_2$, $\beta = \omega_1 \cap \omega_2$, а $p(\omega_1)$, $p(\omega_2)$, $p(\alpha)$, $p(\beta)$ - минимальные значения функции $L(\bar{x}, \omega)$ при условиях (14) – (17) и замене множества ω соответственно множеством ω_1 , ω_2 , α , β .

Тогда условие (19) для рассматриваемой задачи запишется в виде

$$\begin{aligned} s(\omega_1, \omega_2) = & \min_{|x_{ij}|} \left\{ \sum_{i \in \omega_1} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i \in \omega_1} (\varphi_i(x_i) + T_i \theta(x_i)) + \right. \\ & \left. \sum_{j=1}^n \psi_j(b_j - x_{m+1 j}) \right\} + \min_{|x_{ij}|} \left\{ \sum_{i \in \omega_2} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i \in \omega_2} (\varphi_i(x_i) + T_i \theta(x_i)) + \right. \\ & \left. \sum_{j=1}^n \psi_j(b_j - x_{m+1 j}) \right\} - \min_{|x_{ij}|} \left\{ \sum_{i \in \alpha} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i \in \alpha} (\varphi_i(x_i) + T_i \theta(x_i)) + \right. \\ & \left. \sum_{j=1}^n \psi_j(b_j - x_{m+1 j}) \right\} - \min_{|x_{ij}|} \left\{ \sum_{i \in \beta} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + \sum_{i \in \beta} (\varphi_i(x_i) + T_i \theta(x_i)) + \right. \\ & \left. \sum_{j=1}^n \psi_j(b_j - x_{m+1 j}) \right\} \leq 0. \end{aligned} \quad (20)$$

Доказательство условия (20), доказывается аналогично доказательству, приведенному в [3].

Список литературы

1. Ланге, Э.Г. О методах решения задачи размещения [текст]/ Э.Г.Ланге, А. Жусупбаев // Техническая Кибернетика. - изд. АН СССР , 1982 - №6.
2. Черенин, В.П. Решение методом последовательных расчетов одного класса задач о размещения производства [текст]/ В.П. Черенин, В.Р.Хачатуров // Экономико-математические методы.-М.: Наука , 1965. –вып.2.
3. Ланге, Э.Г., Комбинированный метод решения задачи размещения [текст]/ Э.Г.Ланге , А. Жусупбаев //Фрунзе:Илим ,1990-153 с.

Жусупбаев Амангельди, доктор физико-математических наук, зав.лабораторией экономико–математических методов Института теоретической и прикладной математики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Асанкулова Майрам, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории экономико–математических методов Института теоретической и прикладной математики НАН КР,г. Бишкек, Кыргызская Республика

Султанкул кызы Айнура, старший преподаватель Кыргызского Национального Университета им. Ж. Баласагына, г. Бишкек, Кыргызская Республика

УДК 51-74

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОКАРБИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Задорожный В.И., Кузурман В.А.

DOI: 10.12737/14884

Аннотация. Изучается математическое планирование для оптимизации параметров технологического процесса изготовления пенокарбидов.

Ключевые слова: математическое планирование, оптимизация, поиск экстремума, полином второго порядка, пенокарбиды

Большое количество экспериментальных задач в химии и химической технологии формулируется как задачи экстремальные: определение

оптимальных условий процесса, оптимального состава композиции и т.д. Планирование эксперимента позволяет варьировать одновременно несколько факторов и получать количественные оценки эффектов взаимодействия. Применение методов планирования значительно повышает эффективность эксперимента. Поэтому в данной работе для определения оптимальных параметров технологического процесса изготовления пенокарбидных материалов с использованием этилсиликата-40 применяли метод планирования эксперимента по композиционному плану Бокса-Вильсона [1 – 4].

Процесс изготовления пенокарбидных материалов представляет собой последовательное приготовление исходной шихты из пористого наполнителя, карбидообразующих добавок и связующего, тщательное перемешивание, запрессовка в форму и отверждение изделий, последующей термообработкой.

Наибольшее практическое применение нашли симметричные центральные композиционные планы, для которых $a_1 = a_2 = a_3$ (рис. 2).

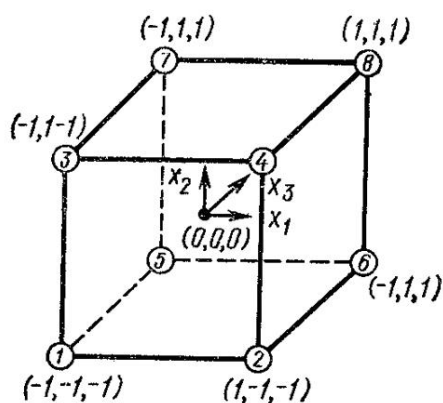


Рис. 1. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента 3^3 центральный план

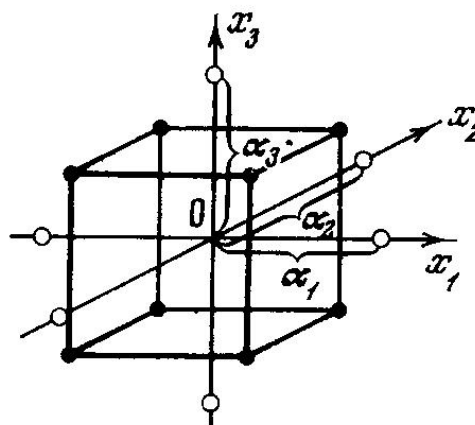


Рис. 2. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента 3^3 нецентральный план

Свойства симметричных центральных композиционных планов в значительной степени зависят от числа центральных точек и выбора величины плеча звездных точек a . Выбрав соответствующим образом величину $a=1,414$, можно получить оценки коэффициентов регрессии независимыми друг от друга (ортогональное планирование) или придать плану свойства ротатабельности, или минимизировать смещение, создаваемое при неквадратичной форме истинной поверхности отклика [4].

Область поиска экстремума ограничена следующими технологическими параметрами: температура отвержения изделий 110 – 150°C (X_1), время отверждения изделий при заданной температуре 60 – 120 минут (X_2), количество кремнийорганики в процентах от массы композиции 0 – 20% (X_3).

Для описания поверхности отклика полиномами второго порядка независимые факторы в плане должны принимать не менее трех разных значений. В табл. 1 приведена матрица планирования полного факторного эксперимента 3^3 .

Таблица 1

Ортогональный план второго порядка $k=3, n_0=4$

N	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1'	X_2'	X_3'	Y, МПа
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1/3	1/3	1/3	0,1875
2	1	1	-1	1	-1	1	-1	1/3	1/3	1/3	0,2000
3	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	0,2250
4	1	-1	1	1	-1	-1	1	1/3	1/3	1/3	0,2050
5	1	-1	-1	-1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	0,1425
6	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1/3	1/3	1/3	0,1800
7	1	1	1	-1	1	-1	-1	1/3	1/3	1/3	0,2225
8	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1/3	1/3	1/3	0,1725
9	1	0	0	-1,414	0	0	0	-2/3	-2/3	1,3333	0,1775
10	1	0	0	1,414	0	0	0	-2/3	-2/3	1,3333	0,2125
11	1	0	-1,414	0	0	0	0	-2/3	1,3333	-2/3	0,1925
12	1	0	1,414	0	0	0	0	-2/3	1,3333	-2/3	0,2350
13	1	-1,414	0	0	0	0	0	1,3333	-2/3	-2/3	0,1975
14	1	1,414	0	0	0	0	0	1,3333	-2/3	-2/3	0,2400
15	1	0	0	0	0	0	0	-2/3	-2/3	-2/3	0,2463
16	1	0	0	0	0	0	0	-2/3	-2/3	-2/3	0,2450
17	1	0	0	0	0	0	0	-2/3	-2/3	-2/3	0,2460
18	1	0	0	0	0	0	0	-2/3	-2/3	-2/3	0,2455

где, k – число факторов, n_0 – число опытов в центре плана.

В результате расчетов по матрице с преобразованными столбцами для квадратичных эффектов получили уравнение вида

$$Y = b(1) + b(2) \cdot x_1 + b(3) \cdot x_2 + b(4) \cdot x_3 + b(5) \cdot x_1 \cdot x_2 + b(6) \cdot x_1 \cdot x_3 + b(7) \cdot x_2 \cdot x_3 + b(8) \cdot (x_1^2 - 2/3) + b(9) \cdot (x_2^2 - 2/3) + b(10) \cdot (x_3^2 - 2/3),$$

где $b(1) - b(10)$ – коэффициенты уравнения регрессии.

При условии соответствующем $Y_{\max} = 100\%$, решением данного уравнения являются оптимальные параметры проведения технологического процесса – температура и время отверждения, количество кремнийорганической составляющей. Поверхность отклика, изображенная на рис. 3, показывает

зависимость прочности при сжатии композиционного пеноматериала от температуры и времени отверждения при заданном количестве вводимой добавки кремнийорганики в исходную композицию. Наибольшее значение прочности при сжатии достигается при температуре 135°C, времени отверждения 97 минут и количестве кремнийорганики 10% масс.

Проекция линий равных значений прочности при сжатии полученных материалов (рис. 4) позволяют более точно определить оптимальную температуру и время отверждения, при заданном количестве этилсиликата-40 (% масс.). В полученных оптимальных условиях были поставлены контрольные опыты, которые подтвердили адекватность предложенной математической модели.

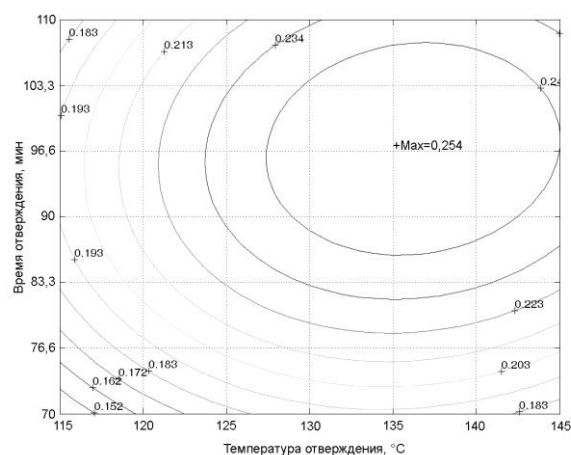
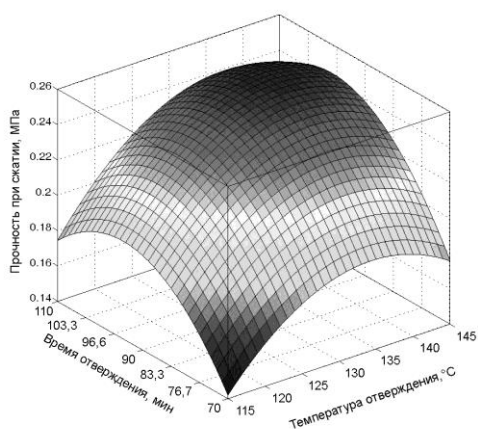


Рис. 3. Поверхность отклика прочности при сжатии в зависимости от температуры и времени отверждения изделий при введении в композицию 10% масс. этилсиликата-40.

Рис. 4. Проекция линий равных значения прочности при сжатии в зависимости от температуры и времени отверждения изделий при введении в композицию 10% масс. этилсиликата-40.

Использование этилсиликата-40 в качестве модифицирующей добавки при производстве пенокарбидов приводит к улучшению физико-механических свойств. Это позволит обеспечить рациональное использование сырьевых материалов, снизить затраты топливно-энергетических ресурсов.

Список литературы

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2001. - 343с.
2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978. - 319 с.

3. Джонсон Н., Лион Ф., Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. – М.: Мир, 1981, 520 с.

4. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. - М.: Наука, 1976. - 390 с.

Задорожный Василий Игоревич, студент 3 курса факультета математики Grand Valley State University - Allendale, MI, USA, (г. Аллендэйл, Мичиган, США)

Научный руководитель - Кузурман Валентина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры химии Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, РФ

УДК 519-7

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПЛОТНОСТИ УПАКОВКИ СФЕР К СОСТАВУ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Закревская Л.В., Гавриленко А.А. Дворников Р.М.

DOI: 10.12737/14885

Аннотация. В данной статье описывается применение математического моделирования наиболее плотной упаковки сфер в области строительных материалов на примере легкого бетона. При использовании представленного метода предполагается уменьшение расхода вяжущего и улучшение свойств бетона.

Ключевые слова: Плотность упаковки, коэффициент выхода, бетон, заполнитель.

Согласно теории легких бетонов Попова Н. А., разработанной в 30-х годах, наиболее выгодное сочетание требуемых показателей, таких как прочность, плотность, теплопроводность и расход цемента для лёгких бетонов, достигается при наибольшем насыщении бетона пористым заполнителем.

Плотность упаковки представляет собой отношение объема занятого зёрнами заполнителя к объему будущей конструкции. Показателем плотности упаковки зёрен в бетонной смеси служит коэффициент выхода, определяемый

как отношение объёма бетонной смеси к сумме объёмов (в рыхло-насыпном состоянии) цемента и заполнителя. Коэффициент выхода не может превысить единицу и в практике составляет 0,6...0,8.

На практике в легких бетонах на шарообразных заполнителях порядка 40% объема занимает цемент и 60% заполнитель. При такой ситуации расход цемента слишком велик. Причем, заполняя пространство мелким заполнителем мы еще больше увеличиваем расход бетона из-за того, что сумма площадей поверхностей мелких частиц больше суммы площадей поверхностей аналогичных крупных частиц с тем же суммарным объемом.

Применяя заполнитель крупных размеров в бетоне мы получаем относительно большие объемы, куда ему попасть невозможно, но мы можем занять эти места заполнителем более мелкого размера.

Итак, плотная упаковка заполнителя (на примере легких бетонов) помогает: уменьшить плотность бетона, улучшить теплоизоляционные и шумоизоляционные показатели, уменьшить расход цемента, повлиять на прочность.

Чтобы заполнить свободное пространство между одинаковыми шарами меньшими по размеру шарами нужно рассчитать их размеры.

Далее представлен математический расчёт для шаров меньшего размера, касающихся в пространстве 3-х шаров большого размера, который основан на допущении, что зерна заполнителя сферической формы. Расчёт направлен на то, чтобы узнать соотношение размеров фракций крупного и мелкого заполнителя.

Итак, примем форму заполнителя за идеальные сферы и проведём математический расчёт:

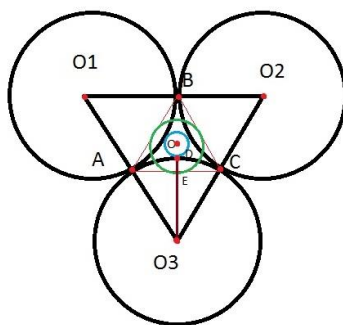


Рисунок 1 – вспомогательный рисунок к задаче

Обозначим радиусы больших окружностей R , тогда $O_1A=O_2B=O_2C=O_3C=O_3A=R$

Следовательно треугольник $O_1O_2O_3$ равносторонний со стороной $2R$ $AB=BC=AC=R$ (как средние линии треугольника $O_1O_2O_3$)

Найдем OE – радиус окружности, вписанной в треугольник ABC и вычтем из него DE . Таким образом, мы найдём OD – радиус искомой окружности (сферы). $OD=R$, OE – высота (биссектриса и медиана) равностороннего треугольника O_3AC

$AE=1/2AC=1/2R$, $O_3A=R$. По теореме Пифагора:

$$OE=\sqrt{(O_3A^2-AE^2)}=\sqrt{(R^2-(1/2R)^2)}=\sqrt{3}/2R$$

$$\text{Следовательно, } ED=O_3D-OE=R-\sqrt{3}/2R=R(1-\sqrt{3}/2)=R(2-\sqrt{3})$$

Радиус вписанной окружности в правильный треугольник ABC со стороной равен $OE=R/(2\sqrt{3})$

$$\text{Тогда } OD-OE-ED=R/(2\sqrt{3})-R*(2-\sqrt{3})/2 = (R-R*\sqrt{3}*(2-\sqrt{3}))/2\sqrt{3} = (R-2R\sqrt{3}+3R)/2\sqrt{3} = (4R-2R\sqrt{3})/2\sqrt{3}=R*((2-\sqrt{3})/\sqrt{3})\approx 0,1547*R$$

Этот расчёт показывает, что при идеальных условиях наибольшая плотность упаковки в 2-мерном пространстве будет обеспечена при использовании заполнителя сферической формы одинакового радиуса(R) и такого же количества (в штуках) заполнителя меньшего радиуса($r=0,1547*R$).

Аналогичным образом было получено значение для объемного случая (3-мерное пространство) $r = 0,225R$.

Необходимо сделать поправку на то, что на практике условия далеки от идеальных: частицы заполнителя не встают плотно друг к другу и они хаотично перемешиваются в массе бетона. Таким образом, логичнее использовать заполнитель мелкого размера радиусом $r=0,18R$

Опираясь на полученные нами результаты мы попытались синтезировать оптимальный состав лёгкого бетона с использованием заполнителя на основе диатомитовых пород.

Ниже приведены соотношения компонентов в составе легкого бетона (в % по массе):

Портландцемент	20-21
Песок	56-58
Диатомит гранулированный фракции 2см	6

Диатомит гранулированный фракции 0,36см 1
Вода остальное

Список литературы

1. Козлов Григорий Александрович// Технология и свойства пористого заполнителя на основе кремнистых пород для производства эффективной стеновой керамики. Ростов-на-Дону – 2014.
2. Дистанов У.Г. Минеральное сырьё. Опал-кристобалитовые породы // Справочник. - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. - 27с.
3. Попов М.Ю. Легкие бетоны на основе пеностекла, модифицированные наноструктурами / Попов М.Ю., Петрунин С.Ю., Ваганов В.Е., Закревская Л.В. // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство».2012. №6. С. 41-56. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru);
4. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – Москва.: Изд-во АСВ, 2002 – 500 с.
5. Husem M. The effects of bond strengths between lightweight and ordinary aggregate-mortar, aggregate-cement paste on the mechanical properties of concrete / Husem M. // Construction and Building Materials, Elsevier Science Publishing, Volume 363, Issues 1-2, December 2003, Pages 152–158;

Гавриленко Андрей Алексеевич, студент 3 курса архитектурно-строительного факультета Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, РФ

Дворников Руслан Михайлович, студент 3 курса архитектурно-строительного факультета Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, РФ

Научный руководитель – Закревская Любовь Владимировна, к.т.н., доцент кафедры строительное производство Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, РФ

УДК 004.942

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН

Затылкин А.В.

DOI: 10.12737/14886

Аннотация. Проведен анализ существующих моделей развития усталостных трещин. Показано, что в диапазоне средних скоростей развития

трещины экспериментальные данные удовлетворительно описываются формулой Пэриса. Однако скорость распространения трещин существенно зависит и от величины сжимающих циклических усилий. Сделан вывод о необходимости уточнения данной формулы.

Ключевые слова: модель, усталость материала, трещины, формула Пэриса, диаграмма разрушений.

Для анализа развития трещин усталости широко применяются кинетические диаграммы разрушения материала, на которых экспериментальные результаты представляются в виде зависимости скорости роста трещины от амплитуды изменения коэффициента интенсивности напряжений (K). На диаграмме имеется три характерных участка, соответствующих различным механизмам роста трещины (рис. 1).

Для первого участка, началу которого соответствует пороговое значение K , характерна низкая скорость роста трещины. В диапазоне средних скоростей развития трещины (второй участок) экспериментальные данные удовлетворительно описываются формулой Пэриса

$$\frac{\partial l}{\partial N} = C(\Delta K_I)^m, \quad (1)$$

где l - длина растущей трещины; N - число циклов нагружения; ΔK_I - амплитуда изменения K ; C, m - постоянные коэффициенты.

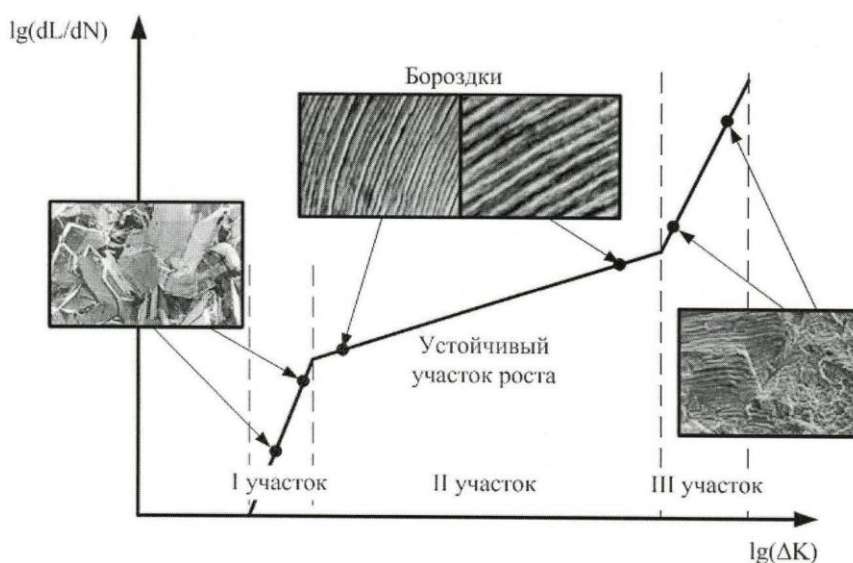


Рисунок 1- Кинетическая диаграмма разрушения материала

Третий участок соответствует высоким скоростям и неустойчивому росту трещины при приближении максимального значения КИН к его критическому значению.

Для описания диаграммы разрушения предложено большое количество теоретических и эмпирических выражений. Однако общий подход, с помощью которого можно удовлетворительно описать механизм усталостного разрушения металлов, отсутствует.

Существующие теоретические модели могут быть разделены на две группы [1]:

— модели, в которых используется величина раскрытия берегов трещины или другие деформационные критерии;

— модели, основанные на интегральных критериях: суммарной пластической деформации, суммарной энергии пластической деформации или суммарном усталостном повреждении материала.

Соотношение (1), входящее в первую группу, получено в предположении, что скорость роста трещины зависит от амплитуды пластических деформаций $\Delta\varepsilon_p$ за один цикл нагружения. Эта зависимость коррелирует с законом Коффина - Мэнсона [2]:

$$N_f = C_1 (\Delta\varepsilon_p)^{C_2}, \quad (2)$$

где N_f - число циклов нагружения, которое выдерживает гладкий образец до разрушения; C_1, C_2 - постоянные для исследуемого материала коэффициенты.

Формула Пэриса используется при описании развития трещин как при циклическом растяжении, так и при знакопеременном цикле нагружения. В последнем случае полагается, что фаза сжатия не влияет на продвижение трещины, поэтому независимо от величины сжимающих усилий рассматривается подобие пульсирующего цикла нагружения.

Однако из анализа экспериментальных данных [3] следует, что скорость распространения трещин существенно зависит от величины сжимающих циклических усилий. Отмечено также зарождение и развитие усталостных дефектов непосредственно в поле напряжений [4], возникающих при циклическом сжатии.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Разработка методов и средств создания высоконадежных компонентов и систем бортовой радиоэлектронной аппаратуры ракетно-космической и транспортной техники нового поколения» (Соглашение № 15-19-10037 от 20 мая 2015г.) при финансовой поддержке Российского научного фонда.

Список литературы

1. Glinka G. A notch stress-strain analysis approach fatigue crack growth // Engng Fracture Mech. 1985. V. 21, N 2. P. 245–261.
2. Нотт Дж. Ф. Основы механики разрушения. М.: Металлургия, 1978.
3. Крысанов Л.Г., Тырин В.П., Шабанов А.П. Влияние сжимающих напряжений на развитие усталостных трещин в рельсах // Повышение надежности верхнего строения пути в современных условиях эксплуатации: Сб. науч. тр. М.: Интекст, 2000. С. 55–59.
4. Тихомиров В. М., Суровин П.Г. Развитие усталостных трещин смешанного типа в образцах из стали // ПМТФ . 2004. Т. 45, No 1. С. 135–142.

Затылкин Александр Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры» Пензенского государственного университета, г. Пенза, РФ

УДК 303.732.4

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Звягинцева А.В.

DOI: 10.12737/14887

Аннотация. Предложен метод комплексной оценки и многопараметрического ранжирования различных систем на основе использования статистических данных экологической, социально-экономической или технологической специфики. Предложенный метод является объективным и не использует экспертные подходы при комплексной оценке. Метод апробирован на некоторых проблемно-ориентированных базах данных, которые характеризуют процессы развития в странах мира, городах и т.д.

Ключевые слова: комплексная оценка, сложные системы, показатели, многопараметрическое ранжирование, статистические данные.

Рассмотрим задачу комплексной оценки систем, характеризующихся совокупностью самых разных показателей. Считаем, что имеется массив статистических данных для некоторой экологической, социально-экономической или технологической системы, в который входят данные для m объектов и n показателей и которые достаточно полно характеризуют эти объекты. Имеется также множество таблиц t упорядоченных по времени, которые отражают процессы изменения состояний этих объектов во времени.

На основе переменных p_1, p_2, \dots, p_n сформируем многомерное пространство координат $H\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, в котором возможные состояния объектов образуют некоторую область H_n , охватывающую все наблюдения. В этом случае состояние каждого объекта может быть представлено многомерной точкой $M(p_1, p_2, \dots, p_n)$, а процессы изменения состояния объектов за определенный период – многомерными линиями. Предположим непрерывность многомерной области H_n , т.е. в пространстве состояний H_n существует бесконечное множество состояний для некоторой генеральной совокупности однотипных объектов и точки состояний $M(p_1, p_2, \dots, p_n)$ этих объектов непрерывно заполняют это пространство. Считаем, что опытные точки из базы данных являются ограниченной выборкой наблюдений из данной генеральной совокупности.

Рассмотрим сложное совместное событие одновременного наблюдения нескольких показателей. Определим, что состояние каждого объекта может характеризоваться данным наблюдаемым событием. Найдем статистическую вероятность этого события на основе опытных данных, которые имеются в базе данных, с использованием алгоритмов сортировки, группировки и подсчета частот благоприятных событий. Считаем данную статистическую вероятность вероятностью состояния изучаемой системы. Статистическая вероятность состояния, как правило, определяется алгоритмическим путем на основе опытных данных.

Для построения комплексных моделей принимаем гипотезу о непрерывности распределения вероятности состояния системы в области H_n ,

т.е. предполагаем существование скалярного поля статистической вероятности w в пространстве H_n вида $w = w(M)$, которое можно оценить по статистическим данным. Пусть в области H_n можно задать комплексный индекс в виде аналитической функции $T(p_1, p_2, \dots, p_n)$, на основе которой будет формироваться математическая модель вероятностного пространства. При известном виде функции $T(p_1, p_2, \dots, p_n)$ и значениях переменных p_1, p_2, \dots, p_n в области H_n формируем еще одно скалярное поле – среду моделирования.

Предположим, что поля величин w и T однозначно связаны между собой. Данная связь представляется в виде феноменологических соотношений $dw = c_l \cdot dT$. При справедливости принятых гипотез феноменологические описания статистических данных, представленных таблично-временными массивами информации, тесно связаны с уравнениями Пфаффа.

Будем считать, что вблизи точки M осуществляется элементарный процесс, тогда изменение величины w можно представить в виде:

$$dw = \left(\frac{\partial w}{\partial T} \right)_{p_2 \dots p_n} \left(\frac{\partial T}{\partial p_1} \right) dp_1 + \left(\frac{\partial w}{\partial T} \right)_{p_1, p_3 \dots p_n} \left(\frac{\partial T}{\partial p_2} \right) dp_2 + \dots + \left(\frac{\partial w}{\partial T} \right)_{p_1 \dots p_{n-1}} \left(\frac{\partial T}{\partial p_n} \right) dp_n; \quad (1)$$

$$dw = c_1 \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p_1} \right) dp_1 + c_2 \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p_2} \right) dp_2 + \dots + c_n \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p_n} \right) dp_n, \quad (2)$$

где c_k – феноменологические величины, характеризующие процессы изменения состояний объектов при изменении показателей p_k .

Так как изучается распределение статистической вероятности, то можно представить комплексный индекс в виде геометрической вероятности пространства H_n или в виде меры относительных изменений:

$$T = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n}{p_{1,\max} \cdot p_{2,\max} \cdot \dots \cdot p_{n,\max}}; \quad T = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n}{p_{10} \cdot p_{20} \cdot \dots \cdot p_{n0}}, \quad (3)$$

где $p_{k,\max}$, p_{k0} – соответственно максимальные значения или некоторые опорные (пороговые, допустимые и т.д.) значения исходных показателей.

Будем считать, что комплексный индекс $T(p_1, p_2, \dots, p_n)$ может быть представлен в виде произведений функций, зависящих от показателей p_1, p_2, \dots, p_n , а именно $T = \varphi_1(p_1) \cdot \varphi_2(p_2) \cdot \dots \cdot \varphi_n(p_n)$. Можно показать, что в этом

случае для уравнения Пфаффа (2) существует интегрирующий делитель, который обращает данное уравнение в полный дифференциал. Интегрирующим делителем (2) будет функция $T = \varphi_1(p_1) \cdot \varphi_2(p_2) \cdot \dots \cdot \varphi_n(p_n)$. Подставляя ее в соотношение (2) и деля это уравнение на величину T , получим:

$$ds = \frac{dw}{T} = c_1 \cdot \frac{\varphi_1'(p_1)}{\varphi_1(p_1)} dp_1 + c_2 \cdot \frac{\varphi_2'(p_2)}{\varphi_2(p_2)} dp_2 + \dots + c_n \cdot \frac{\varphi_n'(p_n)}{\varphi_n(p_n)} dp_n. \quad (4)$$

Интегрируя уравнение (4), представим общий интеграл в виде:

$$s - s_0 = c_1 \cdot \ln\left(\frac{\varphi_1(p_1)}{\varphi_1(p_{10})}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{\varphi_2(p_2)}{\varphi_2(p_{20})}\right) + \dots + c_n \cdot \ln\left(\frac{\varphi_n(p_n)}{\varphi_n(p_{n0})}\right), \quad (5)$$

где $s_0, p_{10}, \dots, p_{n0}$ – параметры опорного состояния.

Данную функцию состояния обычно называют энтропией.

Таким образом, нелинейное преобразование координат при справедливости гипотез связи вероятности состояния системы с комплексным индексом вида $dw = c_l \cdot dT$ и возможности представления комплексного индекса мультипликативной функцией $T = \varphi_1(p_1) \cdot \varphi_2(p_2) \cdot \dots \cdot \varphi_n(p_n)$ позволяет с помощью преобразования $ds = \frac{dw}{T}$ представить нелинейное скалярное поле вероятности в виде аддитивной линейной функции энтропии.

Можно показать, что поверхности, ортогональные линиям энтропии, описываются следующим многомерным уравнением Пфаффа:

$$\frac{\varphi_1(p_1)}{c_1 \cdot \varphi_1'(p_1)} dp_1 + \frac{\varphi_2(p_2)}{c_2 \cdot \varphi_2'(p_2)} dp_2 + \dots + \frac{\varphi_n(p_n)}{c_n \cdot \varphi_n'(p_n)} dp_n = 0. \quad (3.19)$$

Если данное уравнение приводится к полному дифференциалу, то существует потенциал $P(p_1, p_2, \dots, p_n) = C$ пространства состояний H_n .

Энтропия s и потенциал P могут быть приняты в качестве обобщенных критериев для комплексной оценки состояний объектов в многомерном пространстве H_n . Их наиболее важной особенностью является то, что данные величины являются функциями состояния системы при справедливости условия существования скалярного поля статистической вероятности w , а также то, что энтропия и потенциал отличаются свойством аддитивности. Изменение данных функций зависит только от начального и конечного

состояния объекта и не зависит от пути его перехода между этими состояниями. Это позволяет объективно провести многопараметрическое ранжирование объектов в иерархическом множестве других объектов, используя для анализа данные функции состояния и опытные данные о состояниях систем.

Звягинцева Анна Викторовна – старший научный сотрудник Института инженерных технологий и естественных наук Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, РФ

УДК 519.233.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТЯНИЯ ЛЬДОВ АРКТИКИ

Зеленина Л.И.

DOI: 10.12737/14888

Аннотация. В данной работе рассматривается использование различных методов построения моделей временного ряда в исследовании динамики льдов Арктики. Выполняется проверка построенных моделей на адекватность и точность. Для долгосрочного прогнозирования применяются искусственные нейронные сети.

Ключевые слова: моделирование временных рядов, адекватность модели, нейронные сети, весовые коэффициенты, толщина льдов Арктики.

Арктика является экономически привлекательной территорией для многих стран. Мониторингу ледовых условий арктических морей придается большое значение.

Проведем анализ данных по ледовитости за самый холодный месяц в Арктике - февраль (Average Monthly Arctic Sea Ice Extent February) и за самый тёплый месяц – июль (Average Monthly Arctic Sea Ice Extent July) с 1985 по 2014 года. Указанные значения получены с сайта организации NSIDC (National Snow & Ice Data Center) - <http://nsidc.org/>. [1]

По каждому месяцу были построены 8 адаптивных моделей, рассчитаны их точность и адекватность. В итоге выбрана одна лучшая модель, по которой и были построены интервальный и точечный прогнозы на 2015 и 2016 года. В обоих случаях лучшей моделью оказалась модель, построенная по методу гармонических весов. [27]



Рисунок 1 – Прогноз ледовитости на февраль 2015, 2016

Можно сделать вывод, что в ближайшее время площадь льдов в феврале продолжит сокращаться на 500 000 км² в год.

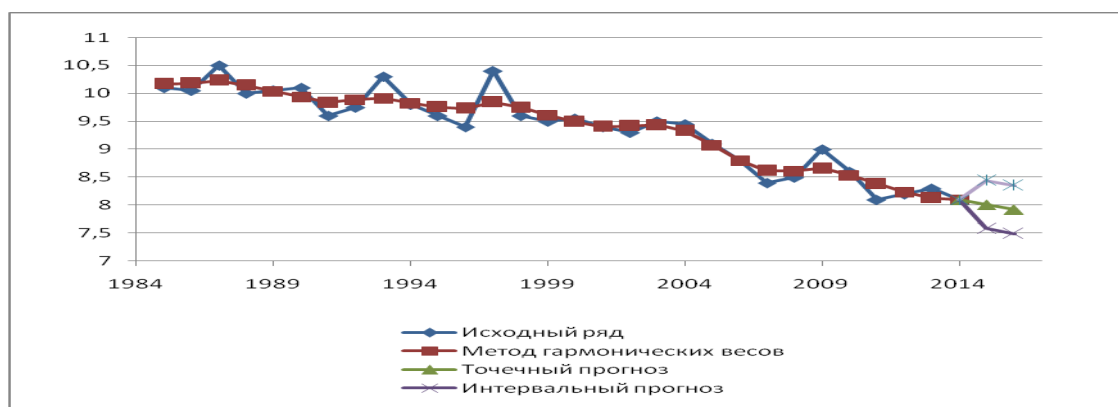


Рисунок 2 – Прогноз ледовитости на июль 2015, 2016

Для создания долгосрочного прогноза ледовитости была использована 30-дневная trial-версия интегрированной системы статистического анализа, визуализации данных и разработки пользовательских приложений Statistica 12, которая 12 включает в себя модуль Statistica Automated Neural Networks (SANN), являющийся одним из самых передовых и эффективных нейросетевых модулей на рынке.

Из множества построенных моделей были выбраны пять наилучших (с лучшей производительностью и наименьшей величиной ошибки):

Таблица 1 – Нейросетевые модели (июль)

Net Name	Training perf.	Validation n perf.	Training Error	Validation Error	Training Algorithm	Error function	Hidden activation	Output activation
MLP3-5-1	0,825379	0,864276	0,091373	0,070389	BFGS 12	SOS	Identity	Identity
MLP9-7-1	0,830325	0,764323	0,037637	0,147156	BFGS 23	SOS	Identity	Logistic
MLP9-2-1	0,808169	0,795071	0,045749	0,103293	BFGS 24	SOS	Identity	Identity
MLP15-8-1	0,830834	0,082592	0,0000001	0,191991	BFGS 10000	SOS	Exponential 1	Exponential
MLP 7-4-1	0,840420	0,850615	0,046705	0,093914	BFGS 20	SOS	Identity	Identity

Стоит отметить, что в прогнозе по каждой из построенных сетей происходит понижение значений временного ряда. Наилучшей моделью была признана MLP7-4-1.

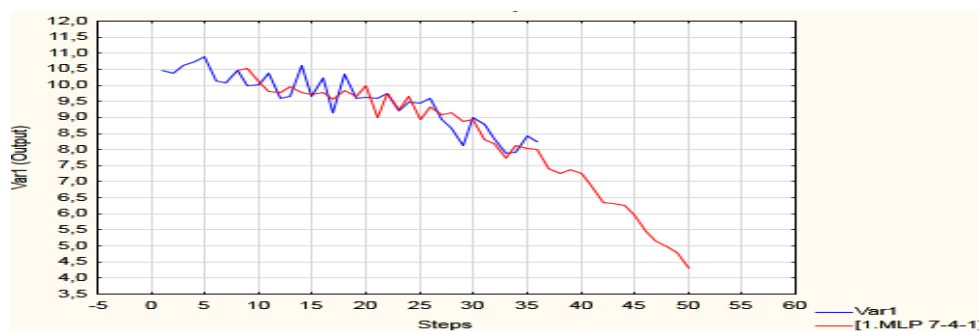


Рисунок 3 – График модели MLP 7-4-1

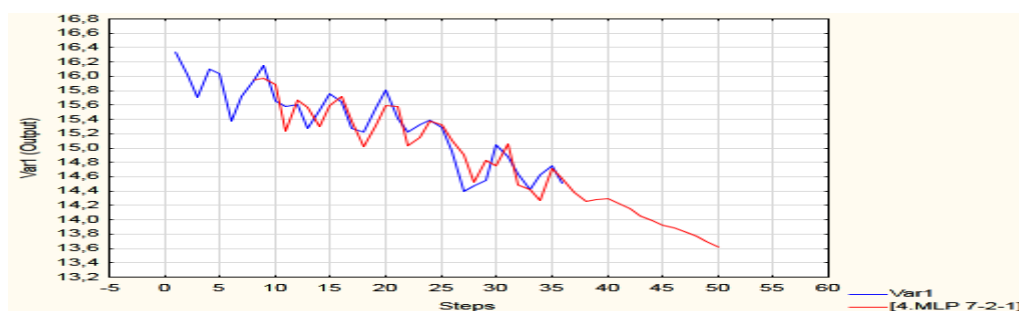


Рисунок 4 – График модели MLP 7-2-1

По прогнозу хорошо видно, что таяние льдов в Арктическом регионе продолжится. За 15 лет произойдет существенное понижение ледовитости летом с 8 миллионов квадратных километров до 4,5. Аналогично были построены пять нейросетевых моделей для самого холодного месяца в Арктике – февраля. Наилучшей моделью выбрана – MLP 7-2-1. В данных моделях, также как и в предыдущем случае, значения ряда понижаются.

Таблица 2– Прогнозные значения на 2014-2028 по выбранным моделям

	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028
07	,9957	,3977	,242	,3723	,269	,8787	,3638	,3118	,2567	,9662	,4623	,1622	,9681	,7779	,2981
02	4,568	4,378	4,261	4,283	4,294	4,237	4,154	4,058	3,985	3,929	3,883	3,837	3,772	3,695	3,619

Созданные прогнозные модели показали, что таяние льдов в Арктике продолжится как минимум до июля 2028 года.

По имеющимся данным отчёта NSIDC за февраль 2015г. значение ледовитости, составило 14,4. Указанные данные практически совпадают с рассчитанными прогнозными значениями (по адаптивным моделям – 14, 34, по нейронным сетям – 14,37).

Список литературы

1. Национальный банк данных по снегу и льду NSIDC (National Snow & Ice Data Center) [Электронный ресурс] // NSIDC: [сайт]. [2014]. URL: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/tag/ice-extent/> (дата обращения: 25.10.2014).

2. Зеленина Л.И., Федькушова С.И. Прогнозирование и последствия изменения климата Арктического региона // Арктика и Север. – 2012. – № 5. – С. 1–5.

3. Зеленина Л.И., Федькушова С.И. Арктические льды: прогноз и адаптация// Инноватика. Научный электронный журнал. Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77-5722 - 2014. - № 2. – с. 26- 31.

4. Маковеев Р.Е., Зеленина Л.И. Исследование состояния ледового покрытия Арктического региона// Исследования в области естественных наук. 2015. № 1 (37) [Электронный ресурс]. URL: <http://science.snauka.ru/2015/01/8929> (дата обращения: 26.01.2015).

Зеленина Лариса Ивановна, канд. техн. наук, доцент кафедры прикладной математики и высокопроизводительных вычислений Северного (Арктического) Федерального Университета им. М.В.Ломоносова, Институт математики, информационных и космических технологий, г. Архангельск, РФ

КОНЦЕПЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АЭРОДИНАМИКИ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР С ВЕРТИКАЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Земцовский А.Е.

DOI: 10.12737/14889

Аннотация. В статье, с позиций аэродинамики рассмотрена концепция построения математической модели циркуляционных каналов лесосушильных камер переменного поперечного сечения с вертикально-поперечной циркуляцией. Выявлены факторы, влияющие на равномерность распределения воздушного потока в штабеле пиломатериалов. Разработана аналитическая математическая модель движения агента сушки по боковому каналу переменного поперечного сечения.

Ключевые слова: сушка древесины, лесосушильная камера, нагнетательный канал.

Процесс производства изделий из древесины может быть представлен как многостадийный со сложной системой прямых и обратных связей. На этапе сушки формируется значительное количество потребительских свойств будущей готовой продукции. Высокое качество сушки пиломатериалов в лесосушильных камерах может быть обеспечено комплексом технологических и технических факторов. Следует отметить, что равномерность конечной влажности пиломатериалов по объему штабеля во многом определяется равномерностью скоростей циркуляции агента сушки, которая в свою очередь зависит от геометрических параметров боковых циркуляционных каналов. В программу аналитических исследований включена конструкция камер с вертикально-поперечной циркуляцией агента сушки, имеющих верхний циркуляционный канал, в котором расположены вентиляторы и боковые нагнетательные каналы переменного (клиновидного) сечения.

При разработке аналитической модели использованы следующие ограничения и допущения:

- система циркуляции замкнута, т.е. вентилятор отсасывает воздух из одной части сети, перекачивая его в другую;

- коэффициент расхода по всей высоте штабеля пиломатериалов и во всех межрядных промежутках постоянный;
- поля скоростей в поперечных сечениях канала приняты равномерными (коэффициенты Кориолиса и Буссинекса равны единице);
- коэффициент сопротивления трения по всей длине канала постоянный;
- боковой канал переменного поперечного сечения сушильной камеры можно рассматривать как клиновидный воздухораспределитель с отверстиями одинаковой площади.

В качестве первичного математического описания принято уравнение сохранения энергии Бернулли применительно к i -му и $(i-1)$ -му сечениям перед отверстиями, имеющее следующий вид:

$$\Delta p_i + \frac{\rho}{2} \omega_i^2 = \Delta p_{i-1} + \frac{\rho}{2} \omega_{i-1}^2 + \int_0^{l_0} \frac{\lambda}{d_{i-1,x}} \frac{\rho \omega_{i-1,x}^2}{2} dx + \eta \frac{\rho}{2} (\omega_i - \omega_{i-1})^2, \quad (1)$$

где Δp - давление воздуха, Па;

l_0 - расстояние между двумя смежными сечениями, м;

η - коэффициент смягчения удара (потери на проход воздуха мимо отверстия приняты как смягченные потери при внезапном расширении канала), $\eta = 0,4$;

ρ - плотность воздуха, кг/м³;

$d_{i-1,x}$ - эквивалентный диаметр воздухораспределителя в сечении, удаленном на расстояние x от $(i-1)$ -го сечения, м;

ω - скорость воздуха в i -том сечении, м/с;

$\omega_{i-1,x}$ - скорость агента сушки внутри воздухораспределителя в сечении с эквивалентным диаметром $d_{i-1,x}$, м/с;

λ - коэффициент сопротивления трения.

Решая преобразованное уравнение (1) относительно расхода воздуха в i -м сечении (ω_i , м³/с) будем иметь:

$$\varpi_i = \frac{\left(1 - \frac{\mu^2 \bar{f}^2 \eta}{n^2 \bar{F}_i \bar{F}_{i-1}}\right) \varpi_i + \sqrt{\left(1 - \frac{\mu^2 \bar{f}^2 \eta}{n^2 \bar{F}_i \bar{F}_{i-1}}\right)^2 \varpi_{i-1}^2 + \left[1 + \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{n^2 \bar{F}_i} (1 - \eta)\right]}}{\quad} \quad (4)$$

$$\frac{\left\{ \left[\frac{\mu^2 \bar{f}^2}{n^2 \bar{F}_{i-1}} \left\{ 1 + \frac{\lambda \bar{l}}{2(1 - a_0)} \left[\frac{1}{\bar{b}} \left(\frac{1}{\bar{F}_{i-1}} - \frac{1}{\bar{F}_i} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\bar{F}_{i-1}^2} - \frac{1}{\bar{F}_i^2} \right) \right] + \eta \right\} \varpi_{i-1}^2 - 2\varpi_{i-1} \varpi_{i-2} + \varpi_{i-2}^2 \right] \right\}}{1 + \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{n^2 \bar{F}_i} (1 - \eta)}$$

где $f = f/F_n = n\sigma/F_n$; $F_i = F_i/F_n$; $l = l/d_{эн}$; $a_0 = a_0/a_n$;

f - площадь всех межрядных промежутков, м²;

σ - площадь каждого промежутка (отверстия), м²;

F_n - площадь поперечного сечения в начале бокового канала, м²;

F_i - площадь поперечного сечения бокового канала в i -м сечении, м²;

a_n, a_0 - ширина бокового канала в начале и конце, м.

В качестве исходных данных для аналитических исследований принимались следующие:

- высота сушильного штабеля — H , м;
- длина сушильного штабеля — L , м;
- ширина сушильного штабеля — B , м;
- толщина пиломатериалов — S , мм;
- ширина пиломатериалов — b , мм;
- толщина межрядной прокладки — $S_{пр}$, мм;
- угол наклона двери — θ , град.;
- скорость агента сушки по штабелю — ω , м/с;
- аэродинамический коэффициент (эквивалентная шероховатость) — k , мм;
- температура агента сушки — t , °С;
- плотность агента сушки — ρ , кг/м³;

- коэффициент давления вентилятора — χ ;
- максимальное относительное отклонение фактической скорости циркуляции в межрядных промежутках от средней — Γ_{\max} .

Разработанная модель реализована на языке программирования Delphi, где в числовом и графическом виде представляются результаты функционирования математической модели.

Анализ результатов функционирования математической модели позволил сделать следующие выводы:

1. Минимальная ширина бокового нагнетательного канала зависит от толщины пиломатериалов, толщины межрядных прокладок, высоты сушильного штабеля, и относительной неравномерности распределения воздуха по высоте штабеля.

2. При увеличении толщины пиломатериалов минимальная ширина канала уменьшается. Эта же тенденция наблюдается при возрастании относительной неравномерности распределения агента сушки по высоте штабеля. При увеличении толщины прокладок минимальная ширина канала уменьшается, а при увеличении высоты штабеля — увеличивается.

3. Минимальная ширина бокового нагнетательного канала не зависит от температуры и плотности агента сушки, а, следовательно, и от режима сушки пиломатериалов. Она также не зависит от средней скорости циркуляции воздуха через штабель и длины штабеля.

Земцовский Алексей Екимович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, РФ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Зими́на Е.Л., Корниенко О.О.

DOI: 10.12737/14890

Аннотация. Проведены исследования клеевых композиций, используемых в производстве нетканых материалов, получены математические модели процесса

Ключевые слова: нетканые материалы, процесс производства, текстильные отходы

Основными путями развития технологий текстильных материалов являются: привлечение научно-производственного потенциала к разработкам фирм-производителей; использование опыта и знаний сторонних предприятий производителей текстильных материалов; расширение сырьевой базы, применение новых видов синтетических волокон, натуральных волокон, вторичных материальных ресурсов.

УО «ВГТУ» разработан новый вид нетканого материала, с использованием текстильных отходов. Способ включает в себя следующие операции: подготовку сырья - измельчение текстильных отходов, подготовку основы, заключающуюся в обработке ее клеевым составом, нанесение материала на основу, сушку. Нанесение может осуществляться на любую основу (ткань, флизелин, бумагу, металл и др.).

Проведены экспериментальные исследования с целью выбора наилучшей клеевой композиции при нанесении отходов химических нитей, длиной нарезки 2-3мм на ткань, свойства которой отвечали бы физико-механическим и эстетическим требованиям, предъявляемым к текстильным материалам.

Исследованы следующие клеевые композиции:

1) клеевая композиция, в состав которой входят следующие вещества: латекс, бензин, растворитель, парафин. При нанесении этой клеевой композиции наблюдалась низкая сцепляемость ниточной массы и клея. После высыхания образца покрытие осыпается, на ткани закрепляется только 10%

продукта, следовательно, этот клей не дает возможность получить высокостойкую к износу поверхность материала;

2) клеевая композиция на основе эпоксидной смолы. Для приготовления клея используется смола ЭД-6. Для отверждения смолы применяются полиэтиленполиамин в количестве 10-14% от массы смолы. При использовании такой композиции на поверхности закрепляется 60% продукта, но значительно увеличивается жесткость материала, что ухудшает физико-механические свойства готовых изделий;

3) клеевая композиция на основе акриловой эмульсии. Акриловые эмульсии на водной основе представляют наибольший интерес, так как обладают хорошей адгезией, достаточно дешевы и в своем составе не имеют органических растворителей, могут быть окрашены в различные цвета. Акриловые эмульсии имеют свойства, которые позволяют получить пластичные, устойчивые к истиранию пленки с высокой адгезией к основе и ниточной массе.

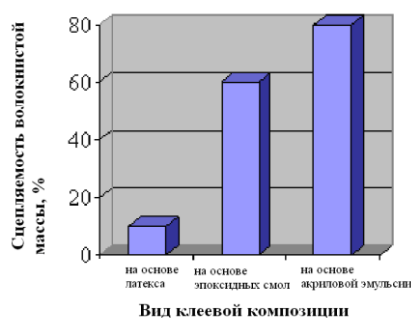


Рисунок 1 - Зависимость процента сцепляемости волокнистого материала от вида связующего

На графике (рисунок 1) видно, что наибольший процент закрепления ниточной массы на основе при применении клеевой композиции на основе акриловой эмульсии. Использование клея в цвет материала позволяет ликвидировать образование пустот. В связи с этим, для дальнейших исследований была выбрана клеевая композиция на основе акриловой эмульсии.

Для определения основных технологических параметров работы устройства был проведен эксперимент. В качестве входных параметров были

приняты: расстояние от распределяющих валиков до основы и время между нанесением связующего и покрытия; в качестве выходных -поверхностная плотность материала и стойкость покрытия к истиранию.

Для определения стойкости покрытия к истиранию применялся прибор типа ТИ-1М, состоящий из истирающего диска, укрепленного на оси, и трех головок, на которых при помощи обойм закрепляют элементарные пробы испытуемого материала. Испытания проводили до 300 циклов истирания, степень истирания определялась разницей масс.

Определение поверхностной плотности материала производилось путем взвешивания образцов и расчета поверхностной плотности нанесенного продукта.

По результатам эксперимента были получены математические модели процесса и определены значения коэффициентов регрессии.

Поверхностная плотность покрытия

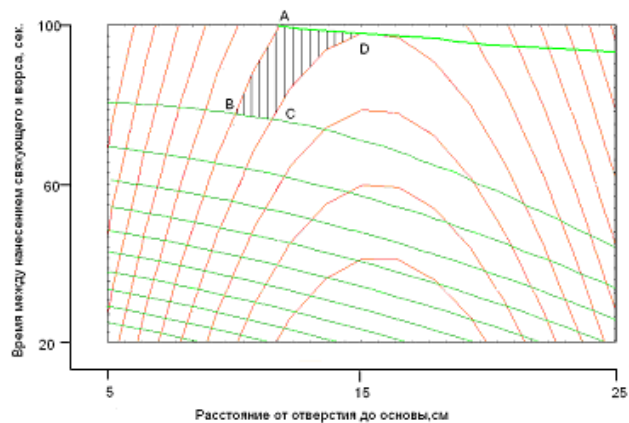
$$P = 22.86 - 3.16 * X_1 + 0.11 * X_2 + 0.10 * X_1 * X_1 \quad (1)$$

Анализируя модель можно сделать вывод, что значения поверхностной плотности покрытия зависит от времени между нанесением связующего и ворса и от расстояния от распределяющих валиков до основы. На поверхностную плотность ворса значительное влияние оказывает квадратичный коэффициент при факторе расстояния т.е. при увеличении расстояния поверхностная плотность снижается.

Стойкость к истиранию

$$H = 9.13 - 0.22 * X_1 - 0.16 * X_2 + 0.002 * X_1 * X_2 + 0.0007 * X_2 * X_2 \quad (2)$$

Значения стойкости к истиранию покрытия зависит от времени между нанесением связующего и волокнистого материала и от расстояния от распределяющих валиков до основы. На поверхностную плотность покрытия значительное влияние оказывает квадратичный коэффициент при факторе время т.е. при увеличении времени поверхностная плотность снижается.



---поверхностная плотность покрытия, г/м².

---стойкость к истиранию, циклов.

Рисунок 2 - Совмещенный график зависимости

На основе графика (рисунок 2) можно сделать вывод, что оптимальными параметрами нанесения являются: расстояние от распределяющих валиков до основы – 12 см.; время между нанесением связующего и волокнистого материала - 75 сек.

Корниенко Олег Олегович, магистрант конструкторско-технологического факультета УО «Витебского государственного технологического университета», г. Витебск, Республика Беларусь

Научный руководитель - Зимина Елена Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и технологии одежды УО «Витебского государственного технологического университета», г. Витебск, Республика Беларусь

УДК 621.313

СОВМЕСТИМОСТЬ ФИЛЬТРОРЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ С АВТОНОМНЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

Золотов И.И.

DOI: 10.12737/14891

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы, связанные с совместимостью автономных генераторов с фильтрорегулирующими устройствами, выявлена необходимость разработки специального алгоритма

работы фальтросрегулирующего устройства для обеспечения оптимальной совместной работы системы автономного электроснабжения с устройством защиты нагрузки от искажений питающего напряжения.

Ключевые слова: автономный генератор; совместимость; нелинейные искажения; обратный ток; фальтросрегулирующее устройство.

В условиях отсутствия возможности питания нагрузки от стационарных систем электроснабжения, повсеместно применяются системы автономного электроснабжения (САЭ). САЭ должны обеспечивать штатное функционирование нагрузки, путем соблюдения соответствующих требований к качеству электроэнергии, определяемых в ГОСТ Р 54149-2010 [1], поэтому повышение качества выходного напряжения автономных генераторов является актуальной задачей.

Для повышения качества электроэнергии стационарной питающей сети и защиты ответственной нагрузки от кратковременных нарушений и гармонических искажений питающего напряжения, могут применяться фальтросрегулирующие устройства (ФРУ).

Пример ФРУ в среде имитационного моделирования MATLAB Simulink представлен на рисунке 1.

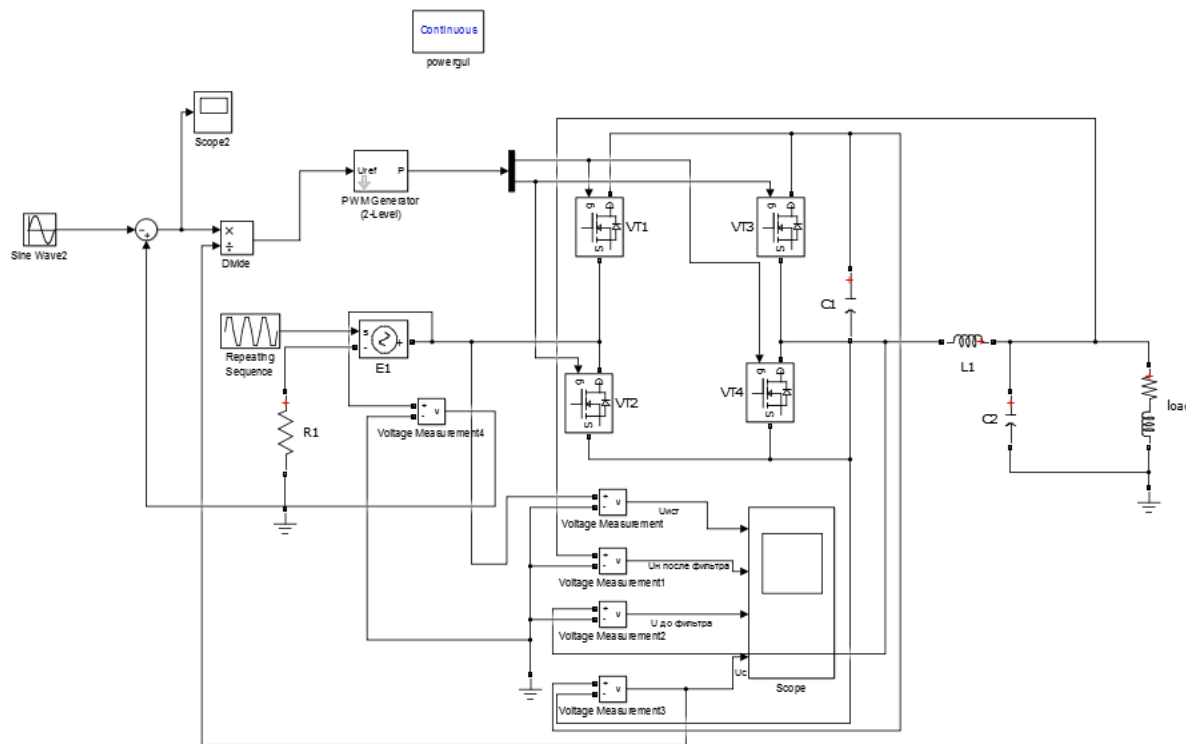


Рисунок 1 – Модель ФРУ в среде моделирования MATLAB Simulink.

Здесь: E_1, R_1 – идеальный источник напряжения и сопротивление, моделирующие сетевой источник электроэнергии, Load – нагрузка, L_1, C_2 –

пассивный фильтр для фильтрации выходных пульсаций ФРУ, PWM Generator – ШИМ генератор. Структура бестрансформаторного ФРУ: VT1–VT4 – ключевые элементы инвертора, C_1 – ёмкость вольтодобавочного конденсатора ФРУ. Конденсатор C_1 в ФРУ подключается последовательно с источником напряжения сети различной полярностью, которая определяется открытым состоянием определенных ключей инвертора, таким образом, чтобы суммарное напряжение последовательно включённых источника напряжения сети и конденсатора инвертора было бы максимально приближенным к требуемому диапазону напряжений на нагрузке.

Математически работа ФРУ описывается формулой (1) [2].

$$U_n = U_{вх} + U_{кор}, \quad (1)$$

где U_n – напряжение на нагрузке, $U_{вх}$ – напряжение источника питания, $U_{кор}$ – напряжение коррекции ФРУ.

Пусть форма входного сигнала источника питающего напряжения имеет трапецеидальную форму, диаграммы работы устройства имеют вид, представленный на рисунке 2.

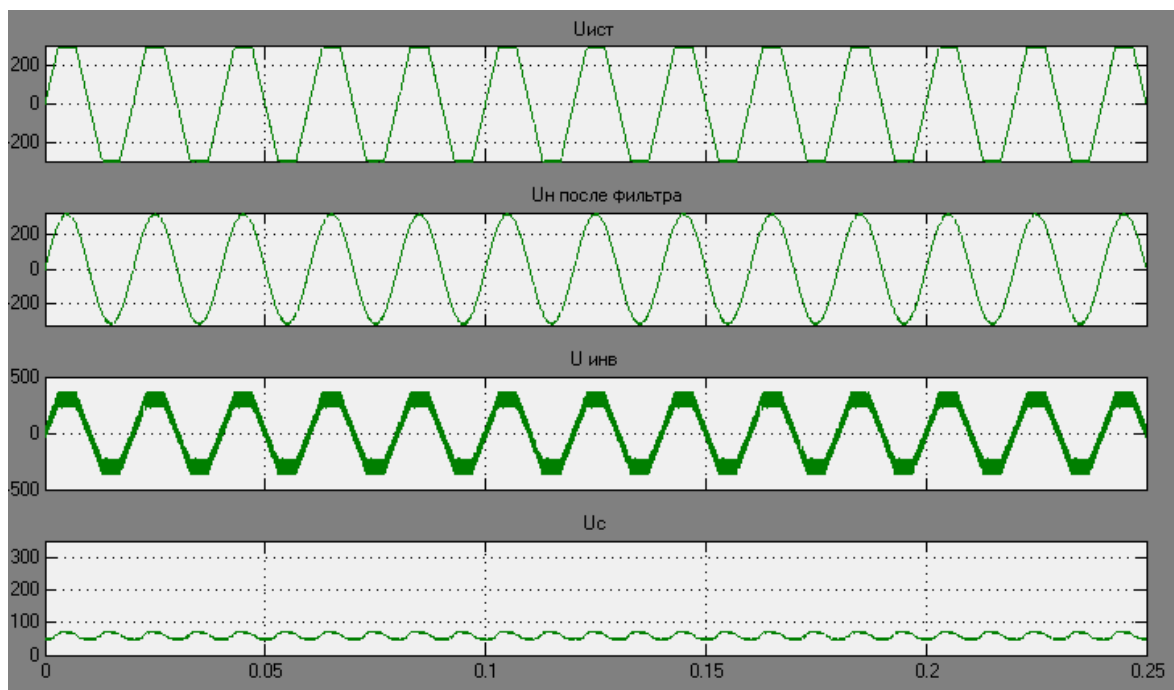


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжения: $U_{ист}$ – напряжение источника питания; U_n после фильтра – напряжение на нагрузке после фильтра; $U_{инв}$ – напряжение инвертора, до фильтра; U_c – напряжение конденсатора.

Однако применение ФРУ для повышения качества выходного напряжения автономных генераторов влечет за собой необходимость

разработки такого алгоритма управления силовыми ключами и алгоритма работы ФРУ в целом, чтобы при их совместной работе были учтены проблемы совместимости ФРУ с автономными генераторами, а именно: влияние нелинейных искажений вносимых нагрузкой на характеристики автономных генераторов и величина реактивного тока, генерируемого устройством защиты или нагрузкой.

При таком алгоритме работы совместного функционирования автономного генератора и ФРУ, влияние нелинейных искажений и обратного тока на автономный генератор были бы минимальными, а нагрузке был бы обеспечен штатный режим работы.

Список литературы

1. ГОСТ Р 54149-2010. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». – Введ., 2013.

2. В.А. Апарин, А.А. Шевцов «Моделирование последовательного бестрансформаторного активного фильтра», Вектор науки ТГУ. № 1 (23), 2013.

Золотов Игорь Игоревич, аспирант кафедры «Промышленная электроника», Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти, РФ

Научный руководитель – Шевцов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленная электроника», Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти, РФ

УДК 631.3:636(0758)

АНАЛИЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМ

Зубков И.В.

DOI: 10.12737/14892

Аннотация. В статье проведен анализ способов регулирования вентиляции в молочно-товарных фермах. И обоснование выбора автоматизированной конструкции на базе внедрения частотного преобразователя.

Ключевые слова: системы вентиляции, микроклимат, частотный преобразователь, животноводческое помещение, автоматическое регулирование.

Как известно, на экономическую эффективность любого сельскохозяйственного предприятия оказывает влияние продуктивность животных. Анализируя труды многих ученых [1,2], было выявлено, что продуктивность молочного животноводства на 50-60% зависит от кормления животных, т.е. правильного выбора рациона, на 20% этот показатель зависит от формы содержания и 30% получения высокой продуктивности зависит от заданного микроклимата помещения.

Из представленных данных, очевидно, что на продуктивность животных оказывает влияние поддержание необходимого микроклимата помещения, в котором, большую часть времени проводят животные. Существует несколько способов изменения параметров микроклимата животноводческого помещения [3], их можно условно разделить на три основных группы. В первую группу входят устройства, дросселирующие электрическую сеть. Данные устройства изменяют характеристику участка электрической сети, к которому подключена данная группа вентиляторов, но не изменяющие характеристику нагнетателя. К таким устройствам относятся клапаны, шиберы, задвижки, диафрагмы и т.п. При дросселировании параметры рабочей точки (подача, давление, мощность и КПД) определяют на характеристике нагнетателя при неизменной частоте вращения рабочего колеса. Ко второй группе относятся устройства, изменяющие частоту вращения рабочего колеса (характеристику нагнетателя). При данном способе характеристика сети не меняется. К устройствам, позволяющим изменять частоту вращения рабочего колеса относят: электродвигатели постоянного и переменного тока, фрикционные передачи, гидромуфты, индукторные муфты скольжения и др. К третьей группе относят устройства, которые способны одновременно изменять характеристику нагнетателя и сети. Примером такого устройства является входной направляющий аппарат, устанавливаемый в вентиляционном агрегате.

Анализируя данные способы регулирования по экономическим показателям, наиболее выгодным является способ одновременного изменения

частоты вращения всех используемых агрегатов. Но одним из самых важных недостатков такого способа является увеличение стоимости капитальных вложений. Поэтому, для большинства предприятий наиболее целесообразно использовать один регулируемый агрегат, который бы мог управлять всей группой используемых вентиляторов. Для того чтобы осуществить это, предлагаем регулировать переключение двигателей с помощью преобразователя частоты.

Рассмотрим данное предложение на примере коровника.

Регулирование производительности вентиляторов осуществляется в зависимости от разницы температур внутри и вне производственного помещения.

Система состоит из четырех групп вентиляторов, электродвигатели которых запитываются от преобразователя частоты. Частота на выходе преобразователя изменяется в зависимости от сигнала датчика температуры внутри помещения.

Основным элементом системы автоматического регулирования вентиляторами является преобразователь частоты. На рынке России представлено большое число преобразователей частоты, как отечественного производства, так и производства ряда зарубежных фирм, среди которых лидерами являются Siemens, ABB, Toshiba и Emotron [5].

Анализ литературных источников [3] показал, что наилучшими эксплуатационными качествами обладают преобразователи частоты фирмы Siemens MICROMASTER Eco и MIDIMASTER Eco.

Их характерными особенностями является: совместимость со всеми типами асинхронных и синхронных двигателей; простой ввод в эксплуатацию; соответствие нормам электромагнитной совместимости; оптимальные функции ввода/вывода; высокий пусковой момент; оптимальное потребление энергии; встроенный ПИД-регулятор; степень защиты IP20 или IP56[4].

Преобразователь частоты MICROMASTER Eco имеет встроенное электронное термореле перегрузки, что обеспечивает защиту электродвигателя от перегрузки. В функцию электронного термореле перегрузки входит измерение температуры электродвигателя, основанное на измерении выходного

тока преобразователя и времени его протекания. Значение номинального тока электродвигателя вводится уставкой соответствующей константы.

Таким образом, структурная схема системы автоматического регулирования будет иметь вид, представленный на рис. 1

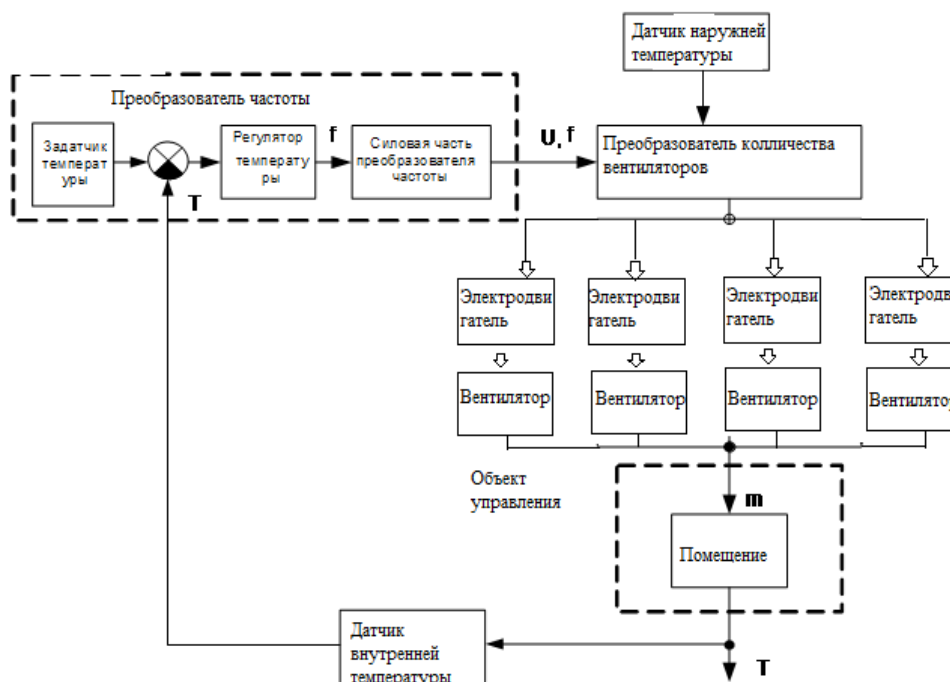


Рисунок 1. Структурная схема системы автоматического управления вентиляторами.

Для осуществления переключений групп вентиляторов выберем регулятор температуры E5CN фирмы «Omron». Предлагаемые регуляторы имеют достаточно низкую цену при высоких эксплуатационных и технических показателях.

Список литературы

1. Андрианов, Е. А. Организация вентиляции животноводческих помещений с использованием ресурсосберегающих технологий [Текст] / Е.А. Андрианов А.М. Андрианов, А.А. Андрианов//Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(44) - С. 91-98.

2. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. Использование ресурсосберегающих технологий при вентиляции животноводческих помещений: Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). С. 383-388.

3. Ачапкин М.М. Энергосберегающая система вентиляции для животноводческих помещений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. №5. С. 18-19.

4. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 110800 "Агроинженерия" / [Е.А. Андрианов [и др.] ; Воронеж. гос. аграр. ун-т .— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2013 .— 365 с.

5. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубовской, А.А. Ключев; под ред. А.С. Ключева. – Москва: Энергоиздат, 1990. – 464 с

Зубков Игорь Викторович, магистр 1 курса агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

Научный руководитель – Андрианов Евгений Александрович доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

УДК 621.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАМПЫ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА С ДЛИННОЙ ЛИНИЕЙ ПЕРЕДАЧИ

Иванков А.С.

DOI: 10.12737/14893

Аннотация. Задача данного исследования заключается в разработке и изготовлении резонансного источника питания гармонического напряжения с подачей импульсов пачками. В дальнейшем был проведен эксперимент по зажиганию эксилампы барьерного разряда с молекулой ХеСl при питании данным источником, и сравнение его эффективности преобразования электрической энергии в световую при питании эксилампы через коаксиальную линию с источником питания квазипрямоугольных импульсов.

Ключевые слова: резонансный источник питания гармонического напряжения, источник питания квазипрямоугольных импульсов, эксилампа барьерного разряда.

В настоящее время газоразрядные источники узкополосного спонтанного УФ и ВУФ излучения на основе излучения эксимерных или эксиплексных молекул достаточно хорошо изучены, разработаны образцы с различными параметрами оптического излучения, часть из которых производится серийно. Благодаря отсутствию паров металлов в рабочем газе таких источников излучения, лампы на основе излучения эксиплексных молекул имеют высокую стабильность мощности излучения со слабой зависимостью от температуры окружающей среды. Излучатель не требует прогрева, и может работать квазинепрерывно с большими паузами, что позволяет их применить в телекоммуникации. Однако в некоторых прикладных задачах необходимо реализовать лампу, где излучатель возбуждался бы от источника питания через коаксиальную линию длиной два и более метра.

Для эффективного возбуждения рабочей газовой смеси необходимо приложить к электродам эксилампы импульсное либо переменное напряжение.

В конструкции ламп барьерного разряда, где требуется питание излучателя через длинную коаксиальную линию, возбуждение субмикросекундными фронтами импульсов неприемлемо, т.к. в данном случае линия является существенной реактивной нагрузкой для импульсных источников, что значительно снижает КПД устройства «источник питания и излучатель» в целом. В связи с этим идея заключалась на использовании напряжения гармонической формы. Однако с использованием непрерывного гармонического напряжения плазма разряда перевозбуждается из-за влияния остаточной концентрации электронов, вследствие чего КПД устройства так же снижается.

Из выше сказанного следует, что напряжение на выходе источника питания эксилампы должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1.) форма напряжения должна быть гармоническая;

2.) пауза между импульсами должна быть много больше длительности импульсов;

3.) длительность импульсов не должна превышать 1-2 мкс

Таким образом необходимо было разработать и изготовить резонансный источник питания гармонического напряжения с подачей импульсов пачками и провести эксперимент по зажиганию эксилампы барьерного разряда с молекулой XeCl.

На рис.1 изображена функциональная схема резонансного источника питания гармонического напряжения.

Принцип работы устройства заключается в следующем.

При работе инвертора, питаемого от источника постоянного напряжения, в резонансном колебательном контуре возбуждаются гармонические колебания. Колебательный контур нагружен на повышающий трансформатор, вторичная обмотка которого подключена к электродам лампы барьерного разряда через коаксиальную линию. Таким образом, на электроды лампы подается высоковольтное напряжение гармонической формы. Коаксиальная линия представляет собой дополнительную емкость, которая также участвовала в резонансном колебательном процессе. После нескольких осцилляций в колебательном контуре прерыватель запрещает работу инвертора. Колебания в резонансном контуре прекращаются, равно как на электродах лампы. При этом соответственно возбуждение лампы также прекращалось, благодаря чему происходила релаксация плазмы в газоразрядном промежутке. После некоторой паузы инвертор запускается снова и весь процесс повторяется. В результате на электродах лампы появляются пачки гармонических колебаний с паузами между пачками.

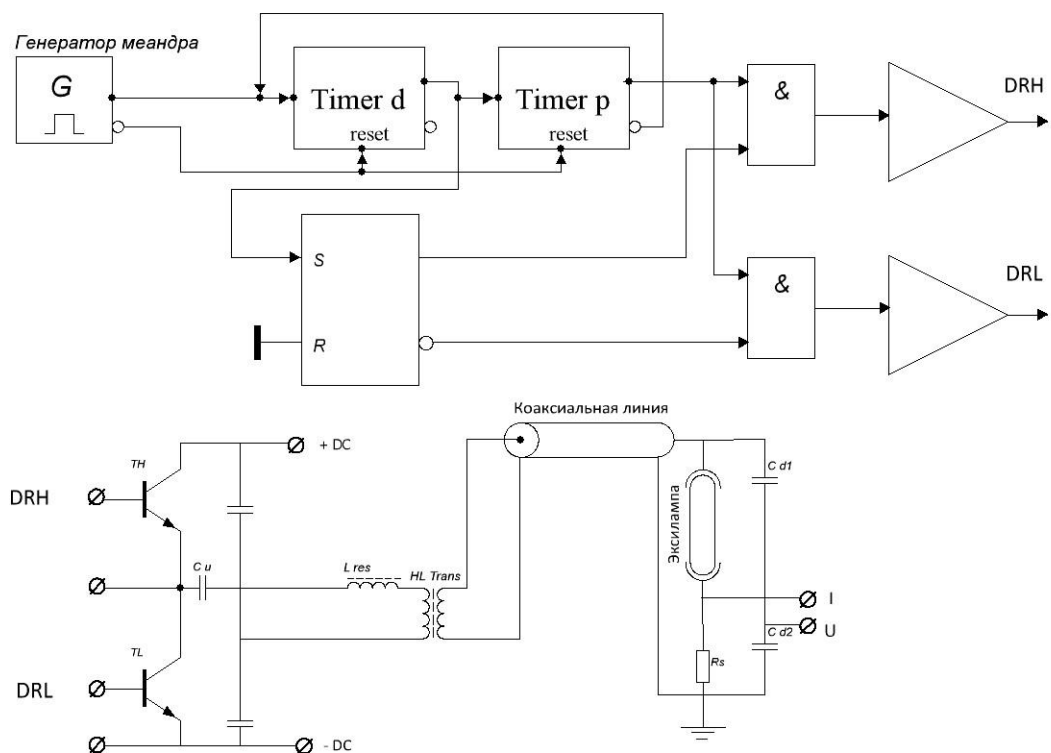


Рис.1. Функциональная схема резонансного источника питания гармонического напряжения

Для начала эксперимента были подготовлены два источника питания – резонансный источник питания гармонического напряжения и источник питания квазипрямоугольных импульсов. В дальнейшем они оба были исследованы на эффективность преобразования электрической энергии в световую.

Источниками питания формировались однополярные импульсы длительностью порядка 2 мкс. Их амплитуда составляла около 5 кВ. Исследования проводились в диапазоне частот генератора от 20 кГц до 80 кГц.

Для обоих источников питания была построена зависимость эффективности устройства (источник питания и лампа) для различных частот повторения квазипрямоугольных импульсов либо пачек импульсов гармонической формы. Сравнительные результаты представлены на рис.2.

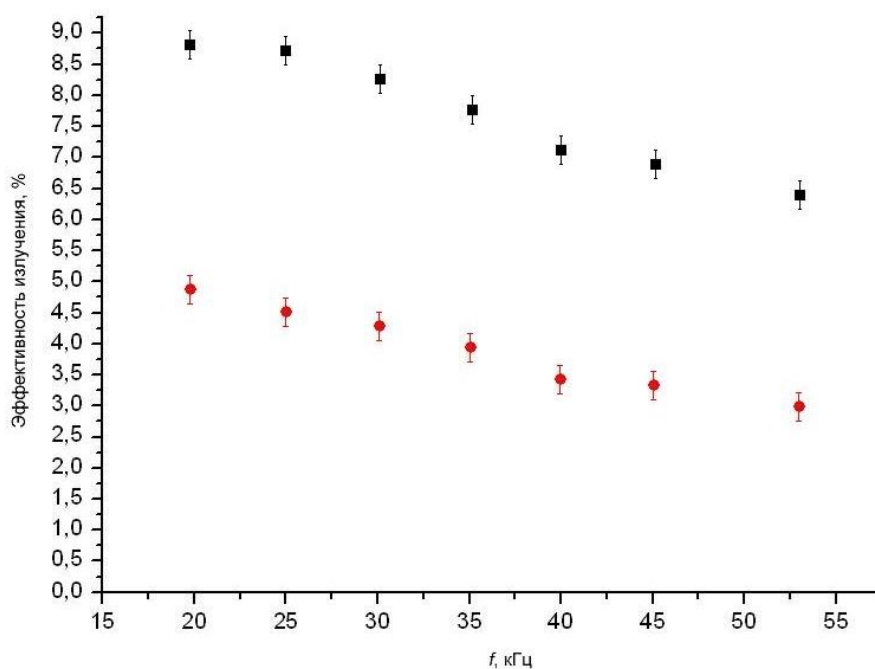


Рис.2. Эффективность преобразования электрической энергии в световую при питании эксилампы через коаксиальную линию от резонансного источника питания (■) и прямоугольными импульсами (●)

Из рис.2 видно, что эффективность преобразования электрической энергии в световую при питании эксилампы барьерного разряда от резонансного источника гармонического напряжения питания значительно выше, чем у источника питания с квазипрямоугольными импульсами. Эффективность отличается почти в два раза.

Иванков Антон Сергеевич, аспирант Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, лаборант НТП «Фабрика», лаборатория оптических излучений, г. Калининград, РФ

УДК 004.942

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

Иванов Е.Б., Колосков В.Л., Павлов И.Ю.

DOI: 10.12737/14894

Аннотация. В данной статье описана разработка системы для моделирования логики работы технических средств, с целью выявления ошибок проектирования и отказов технических устройств. Система позволяет производить моделирование путем составления схем из уже готовых моделей, которые хранятся в базе данных системы, что значительно облегчает работу пользователя.

Ключевые слова: Моделирование, Сети Петри, Отказоустойчивость, Логика работы.

Введение. На сегодняшний день системы моделирования плотно вошли во все сферы жизнедеятельности человека. Одной из самых важных таких сфер является моделирование технических устройств. Основной задачей моделирования технических устройств является выявление ошибок проектирования на стадии разработки, с целью предотвращения отказа устройства. С данной целью была разработана система моделирования на основе сетей Петри, которая бы позволяла пользователю использовать готовые модели узлов архитектуры моделируемого устройства. Данные модели заранее описаны в рамках теории сетей Петри и хранятся в базе данных системы, которая может пополняться в ходе эксплуатации.

Теория сетей Петри. Теория сетей Петри это знаменитый математический аппарат, разработанный Карлом Петри с целью моделирования различных процессов. Сеть Петри это двудольный ориентированный граф, у которого есть два вида вершин места и переходы. Два типа вершин соединены ориентированными дугами. В местах могут быть размещены маркеры, которые могут передвигаться по сети Петри. Передвижение данных маркеров осуществляется за счет переходов сети. Переход является активным, в случае если количество маркеров во входной позиции перехода больше или равно количеству дуг ведущих из данной позиции в переход. За счет передвижения маркеров по сети можно выявить достижимость той или иной ситуации в техническом устройстве и предотвратить отказ системы.

Описание функционирования программы. Интерфейс данной программы можно увидеть на рисунке 1. В левой части рисунка расположено рабочее пространство, в котором осуществляется коммутация отдельных узлов архитектуры устройства. Данные прямоугольники являются объектами

моделей, которые описаны сетями Петри. В правой части рисунка выведен список готовых моделей, которые хранятся в базе данных программы. Каждая модель описана с помощью трех матриц смежности: матрица входных дуг, матрица выходных дуг, матрица ингибиторных дуг.

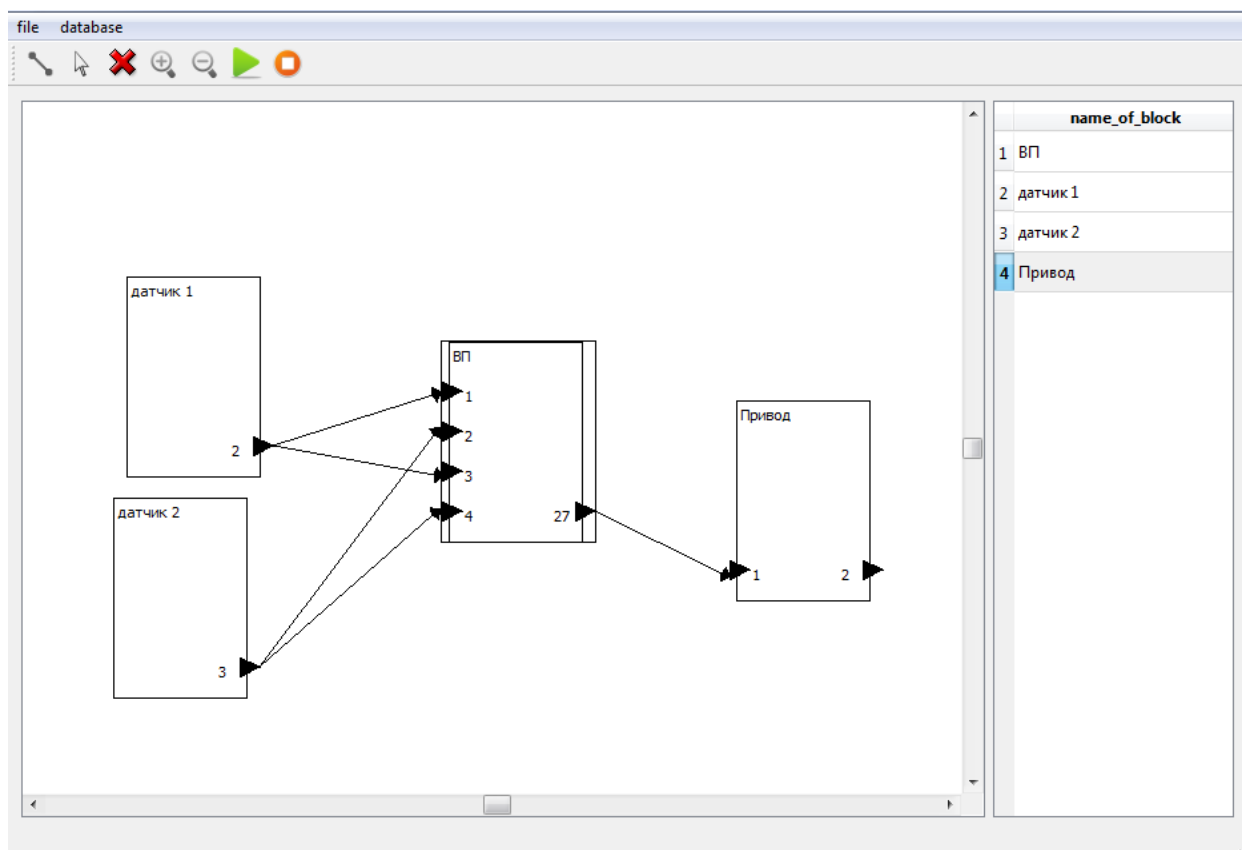


Рисунок 1 – Интерфейс системы моделирования.

Так же каждая модель имеет данные о частоте работы узла и интенсивности отказов каждого сечения устройства.

После нажатия кнопки старт, метки внутри модели приходят в движение и перемещаются из одного узла в другой. На выходе из программы выводится граф достижимости, который описывает все возможные позиции, в которые могут переместиться метки. Анализируя данный граф можно сделать выводы о корректности системы, а так же сравнить результат работы устройства с желаемым результатом. Пример работы данной системы изображен на рисунке 1. На данном рисунке изображено устройство, которое имеет два датчика, вычислительный блок и привод. После нажатия кнопки старт система начинает моделировать все возможные события, в которые может перейти устройство и выводит эти данные.

Вывод. Данная система может значительно облегчить разработку технического объекта и выявить логические ошибки. Так же она позволяет проверить устройство на достижение отказов в различных ситуациях. Модели описанные сетями Петри хранятся в базе данных, что значительно облегчает использование данной системы людьми не знакомыми с теорией сетей Петри.

Список литературы

1. В. Котов, Сети Петри, М.: Наука, 1984
2. Дж. Питерсон, Теория сетей Петри и моделирование систем, М. : Мир, 1984.
3. Шлее М. - Профессиональное программирование на C++. Qt 4.8. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 912 с

Иванов Евгений Борисович, студент 4 курса департамента электронной инженерии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва, РФ

Колосков Виктор Леонидович, студент 4 курса департамента электронной инженерии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва, РФ

Павлов Илья Юрьевич, студент 4 курса департамента электронной инженерии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва, РФ

УДК 539.3

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАСТИНЧАТЫХ СИСТЕМ

Иванова А.С., Иванов С.П.

DOI: 10.12737/14895

Аннотация. В работе излагается метод расчета пластинчатых систем вариационным методом В.З.Власова. Показывается возможность применения данного метода при расчете пластинчатых систем в общем случае действия сжимающей нагрузки.

Ключевые слова: устойчивость, пластинчатая система.

Цель настоящей работы заключается в разработке метода расчета пластинчатых систем на статическую устойчивость при общем случае действия сжимающих нагрузок.

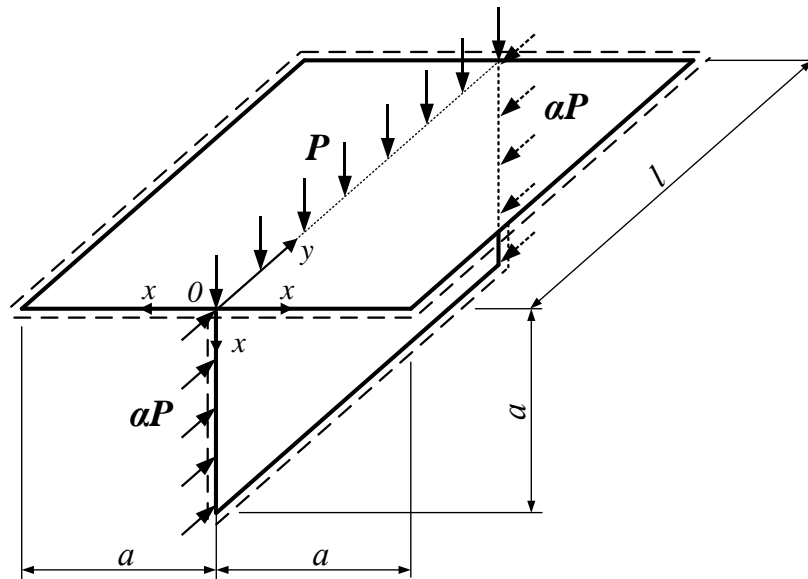


Рис. 1. Общая схема пластинчатой системы с действующими нагрузками

Рассмотрим пластинчатую систему (рис.1), на которую действуют сжимающая нагрузка P – в поперечном направлении, сжимающая нагрузка αP – в продольном направлении; $\alpha = 1, 2, \dots, n$.

Функцию прогибов $w(x,y)$ пластин пластинчатой системы представим в виде разложения по В.З. Власову [1]:

$$w(x, y) = \sum_i W_i(y) f_i(x); \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (1)$$

где $W_i(y)$ – обобщенная величина прогиба пластин, которая определяется из решения задачи; $f_i(x)$ – функции поперечного распределения прогибов (координатные функции), которые задаются из физического смысла задачи.

Запишем выражения для изгибающих M_x , M_y и крутящих M_{xy} моментов:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -D \sum_{i=1}^n [W_i(y) f_i''(x) + \nu W_i''(y) f_i(x)];$$

$$M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = -D \sum_{i=1}^n [W_i''(y) f_i(x) + \nu W_i(y) f_i''(x)]; \quad (2)$$

$$M_{xy} = -D(1 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial xy} = -D(1 - \nu) \sum_{i=1}^n W_i'(y) f_i'(x),$$

где $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость пластин системы, δ – толщина пластин, E, ν – соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона материала пластин.

Составим выражение полной энергии для пластинчатой системы:

$$\Pi = \iint \left\{ \frac{1}{2} (M_x w_{xx} + M_y w_{yy} + 2M_{xy} w_{xy}) - \frac{Pw_x^2}{2} - \frac{\alpha Pw_y^2}{2} \right\} dx dy, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} w_x &= \sum_{i=1}^n W_i(y) f_i'(x); & w_{xx} &= \sum_{i=1}^n W_i(y) f_i''(x); \\ w_y &= \sum_{i=1}^n W_i'(y) f_i(x); & w_{yy} &= \sum_{i=1}^n W_i''(y) f_i(x); \\ w_{xy} &= \sum_{i=1}^n W_i'(y) f_i'(x). \end{aligned} \quad (4)$$

С учетом (1), (2) и (4) полную энергию Π можно выразить через обобщенный прогиб W и его производные. Определим экстремальное значение полной энергии (3), используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$-\frac{d^2}{dy^2} \frac{\partial F}{\partial W_i''} + \frac{d}{dy} \frac{\partial F}{\partial W_i'} - \frac{\partial F}{\partial W_i} = 0, \quad (5)$$

где F – подынтегральная функция в выражении (3).

Раскрывая (5), получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений для расчета на устойчивость пластинчатых систем при сжатии в двух направлениях:

$$\sum_i \left[a_{ji} W_i^{IV} - \left(2b_{ji} - \frac{\alpha P a_{ji}}{a^* D} \right) W_i'' + \left(c_{ji} - \frac{P b_{ji}}{l^* D} \right) W_i \right] = 0, \quad (6)$$

где a^* – длина контура пластинчатой системы в поперечном направлении, на который действует сжимающая нагрузка αP ; l^* – суммарная длина ребер системы, на которые приходится действие сжимающей нагрузки P .

Коэффициенты уравнений (6) имеют вид:

$$\begin{aligned} a_{ji} &= \int_x f_i f_j dx; & b_{ji} &= \int_x f_i' f_j' dx - \frac{\nu}{2} [f_i f_j' + f_i' f_j]; & c_{ji} &= \int_x f_i'' f_j'' dx; \\ & & & & & (i, j = 1, 2, 3, \dots, n). \end{aligned} \quad (7)$$

Полученные уравнения (6) можно применять для расчета на устойчивость пластинчатых систем.

Выполним расчет на устойчивость Т-образной пластинчатой системы, сжатой в двух направлениях (рис.1). Опираем систему по всем краям принимаем шарнирное.

Минимальная величина критической нагрузки будет соответствовать потере устойчивости пластинчатой системы с поворотом узла, где сходятся три пластины.

При решении задачи в первом приближении ($i, j = 10$), согласно граничным условиям, координатная функция (рис. 2) будет иметь следующее выражение:

$$f_1(x) = \frac{x}{a} \left(-1 + \frac{3x}{2a} - \frac{1}{2} \frac{x^2}{a^2} \right). \quad (8)$$

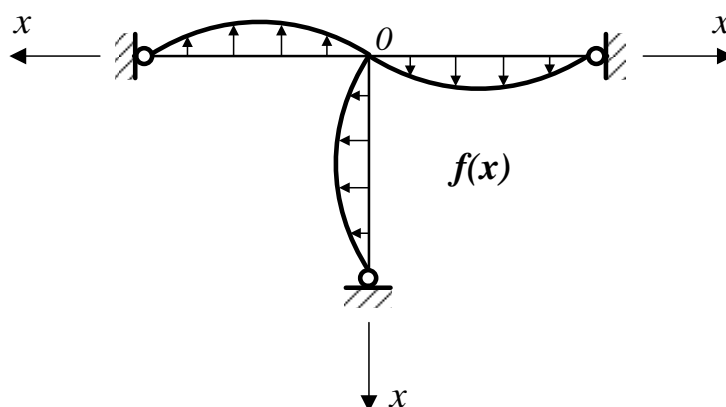


Рис. 2. Вид координатной функции

Дифференциальное уравнение устойчивости имеет вид (6). В продольном направлении y принимаем, что система теряет устойчивость в виде одной полуволны синусоиды:

$$W_1(y) = W_{11} \sin \frac{\pi y}{l}. \quad (9)$$

Для пластинчатой системы, составленной из квадратных пластин ($l=a$), при сжатии одинаковыми силами ($\alpha=1$) величина погонной критической нагрузки:

$$P_{кр.} = \frac{P_{кр.}}{a} = 23,5 \frac{D}{a^2}. \quad (10)$$

Данные результат (10) приближено совпадает с результатом, полученными по методу конечных элементов.

Список литературы

1. Власов, В.З. Тонкостенные пространственные системы / В.З. Власов/ М.: Госстройиздат, 1958. 502 с

Иванова Анастасия Сергеевна, аспирант кафедры сопротивления материалов и прикладной механики Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, РФ

Иванов Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и прикладной механики Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, РФ

УДК 622.831.322.001.5

УПРАВЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫМИ НАГРУЗКАМИ НА ОЧИСТНЫЕ ЗАБОИ

Иващенко Д.Б.

DOI: 10.12737/14896

Аннотация: Рассматривается проблема управления нормативными нагрузками на очистные забои производственного объединения «Донецкуголь».

Ключевые слова: Анализ, расчёты, нормативные нагрузки.

Расчёты нормативных нагрузок на очистные забои шахт производственного объединения «Донецкуголь» включают в себя: рассчитанная нормативная нагрузка, фактор её сдерживающий и фактические среднесуточные нагрузки, достигнутые на шахтах. В результате анализа расчётов нормативной нагрузки установлено, что 41,7% факторов, сдерживающих нагрузку – ограничение по скорости крепления, что вызвано применением индивидуальных крепей.

На втором месте, 29,1%, стоит фактор, связанный с ограничением мощности привода комбайна. Однако по этому фактору наблюдается значительное расхождение в нормативных и достигнутых нагрузках. Так,

например, на шахте им. Челюскинцев в 9-ой восточной лаве нормативная нагрузка составляет 550 т/сут, а достигнута – в 2 раза больше. 30% факторов, сдерживающих нагрузку на очистной забой, в равных частях составляют: скорость передвижения машиниста комбайна и производительность ленточного конвейера №1. В то же время по такому фактору, как ограничение по производительности ленточного конвейера, нагрузка, например, на 9-ой восточной лаве пласта шахты им. Засядько в 1,7 раза выше нормативной, а на 9-ой восточной лаве, этой же шахты, в 1,1 раза больше. Следовательно, в реальных условиях сдерживающим фактором производительность ленточного конвейера не является.

Ограничение нагрузки по фактору передвижения машиниста комбайна характерно только для лав шахты им. Абакумова. При этом достигается нагрузка в 1,3-1,6 раза ниже нормативной. Следовательно, и в этом случае в реальных условиях ограничивающим фактором является не скорость передвижения машиниста комбайна. Детальный анализ горно-геологических условий работы шахты им. Абакумова показывает, что нагрузки на очистной забой сдерживаются наличием в кровле пород, склонных к высыпаниям с образованием над крепостью пустот, что требует затрат времени на возведение клетей. Однако программой это не учитывается.

Для установления тесноты связи между расчётными нагрузками и достигнутыми на шахтах (фактическими), был проведён статистический анализ по методу остаточной дисперсии. Чем меньше остаточная дисперсия, тем ближе оценённые по уравнению регрессии значения переменных к непосредственным данным наблюдений, т.е. полученная остаточная дисперсия измеряет ту долю общей дисперсии, которая остаётся ещё не учтенной при замене фактических наблюдений на расчётные. Было проверено 31 уравнение.

Лучшим из уравнений является уравнение вида:

$$y = a_0 + \frac{a_1}{y_{\Phi}} + \frac{a_2}{y_{\Phi}^2} \quad (1)$$

где $a_0 = 0,1218_{10}+04$; $a_1 = -0,3093_{10}+06$; $a_2 = 0,2642_{10}+08$.

Выбранное уравнение регрессии (1) наилучшим образом характеризует зависимость нагрузки фактической от нормативной при коэффициенте множественной корреляции $R=0,832$ и уровне значимости $q=0,95$.

На шахте им. Калинина рассчитаны нормативные нагрузки по пяти лавам. Фактором, сдерживающим нагрузку является процесс крепления. В этих лавках используется смешанная крепь: клиновые металлические и деревянные стойки под деревянные верхняки (распилы). Технологическим мероприятием, позволяющим повысить добычу угля из этих лав, является замена металлических клиновых и деревянных стоек на гидравлические. Это позволит уменьшить затраты времени на крепление лав и повысить добычу угля на них. Кроме того, фактором, сдерживающим добычу угля из является недостаточная ширина захвата комбайна 1К101, составляющая 0,63 м. Технологическим мероприятием, позволяющим повысить нагрузку, является переход на ширину комбайна, равную 0,8 м.

На шахте им. Скочинского нормативные нагрузки рассчитаны по четырём работающим в настоящее время лавкам. Фактором, сдерживающим нагрузку, является процесс крепления. В этих лавках работает комбайн «Кировец» с шириной захвата до 1,0 м. Ввиду малой мощности пласта производится присечка пород кровли до 0,15 м. В этих лавках применяется смешанная крепь: клиновые металлические и деревянные стойки под деревянные верхняки. Технологическим мероприятием, позволяющим повысить нагрузку на эти лавы, является замена смешанной крепи на металлическую, состоящую из гидравлических стоек и металлических верхняков. Это позволит ускорить процесс крепления лавы и повысить нагрузку на очистные забои.

На шахте им. Е.Т. Абакумова нормативные нагрузки рассчитаны по трём лавкам. Лавы оборудованы механизированными комплексами. Фактором, сдерживающим нагрузку на эти лавы, является наличие ложной кровли, обрушающейся вслед за проходом комбайна. Технологическим мероприятием, позволяющим повысить нагрузку на эти лавы является применение химического анкерования ложной кровли. Это позволит предотвратить обрушение пород ложной кровли и увеличить время работы комбайнов.

На шахте им. Засядько нормативные нагрузки рассчитаны по пяти лавам. Фактическую нагрузку ниже нормативной имеет только одна лава – разгрузочная пласта m_3 . Лава оборудована комплексом КМ87. Фактором, сдерживающим нагрузку на разгрузочную лаву пласта m_3 , является зависание пород основной кровли, в результате чего, из-за сильного горного давления происходит обрушение пород непосредственной кровли. Это увеличивает затраты времени на уборку обрушенных пород и закладку образовавшихся пустот деревянными клетями. Технологическим мероприятием, повышающим нагрузку на эту лаву, является разупрочнение пород основной кровли путём торпедирования (взрывания зарядов взрывчатого вещества) или нагнетания специальных растворов.

На шахте им. М.И.Калинина в лаве пласта m_5 имеет место наличие ложной кровли, что требует дополнительных затрат на уборку породы и выкладку клетей в образовавшихся пустотах. В этой лаве достигнута нагрузка 100 т в сутки, тогда как нормативная нагрузка, рассчитанная по данной методике, в 5 раз больше.

Наличие в основной кровле пород, способных зависать с образованием породных мостов, приводит к возникновению повышенного горного давления, что, в свою очередь, вызывает снижение нагрузки на лаву. К таким лавам следует отнести разгрузочную лаву пласта m_3 шахты им. А.Ф. Засядько. Как показывает практика, обводнённость вмещающих горных пород и самого пласта является фактором, сдерживающим нагрузку на лаву.

Таким образом, установлено, что факторами, ограничивающими нормативные нагрузки на лавы, являются: скорость крепления, мощность привода комбайна, скорость передвижения машиниста комбайна и ограниченная производительность подземного транспорта, составляющие соответственно 47,9%, 29,2%, 15% и 15% случаев.

Фактическую нагрузку имеют 15 очистных забоев из 24 рассмотренных. В результате анализа установлено, что причинами неосвоения этими лавами нормативных нагрузок являются: наличие ложной кровли, большая трудоёмкость работ по креплению лав смешанной индивидуальной крепью, повышенное горное давление, вызванное зависанием пород основной кровли, недостаточная ширина захватов комбайнов.

Иващенко Даниил Богданович, студент 3 курса факультета компьютерных и информационных технологий Донецкого национального технического университета, г. Донецк, ДНР, Украина

Научный руководитель – Казакова Елена Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики им. В.В. Пака Донецкого национального технического университета, г. Донецк, ДНР, Украина

УДК 637.133

СТРУКТУРНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПРИГАРА ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ МОЛОКА

Ивлев К.Г., Иванейчик О.О., Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А.

DOI: 10.12737/14897

Аннотация: одной из важнейших проблем эксплуатации современных пастеризационных установок термической обработки молока является образование пригара. Твердые отложения внутри теплообменных аппаратов уменьшают эффективность теплопередачи, повышают износ и приводят к поломке пастеризационных установок. Одним из действенных методов является поддержание постоянной определенной разности температур между стенкой теплообменного аппарата и молоком, подвергающимся термической обработке.

Ключевые слова: пастеризация, молоко, пригар, разница температур, многоканальные системы.

В технологическом процессе высокотемпературной обработки молока одной из основных проблем является образование пригара на стенках теплообменных аппаратов. С целью снижения тепловых потерь, сохранения эффективности теплопередачи, сокращения времени простоя оборудования в период мойки оборудования, возможности организации локальной промежуточной мойки без разборки аппаратуры необходимо своевременно определять начало образования пригара на стенках пастеризационных

установок, что, в свою очередь, сможет предотвратить его дальнейшее образование.

На образование пригара влияет ряд факторов, контролируя которые, возможно своевременно вносить управляющие воздействия с тем, чтобы избежать негативных последствий, связанных с процессом его образования. К основным факторам можно отнести разность температур между стенкой пастеризационной установки, соприкасающейся с продуктом и молоком (температурный напор), а также температуру и кислотность молока на входе в пастеризационную установку [1]. Учитывая, что значения температуры и кислотности сырья, поступающего в теплообменный аппарат, известны заблаговременно – до начала процесса пастеризации, именно температурный напор является основным фактором, обуславливающим как начало образования пригара в технологическом процессе, так и возможность его предотвращения.

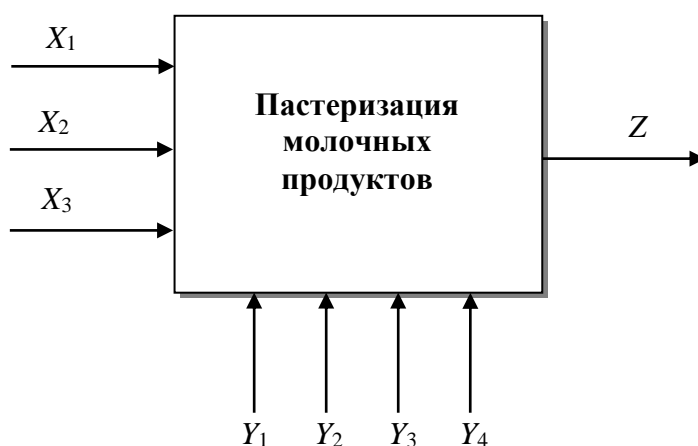


Рис. 1. Структурно-параметрическая схема технологической операции сигнализации начала образования пригара в процессе тепловой обработки молочных продуктов:

X_1 – бактериальная обсемененность молока на входе, КОЕ;

X_2 – температура молока на входе, °С;

X_3 – кислотность молока на входе, °Т;

Y_1 – температура тепловой обработки молока, °С;

Y_2 – расход пара, % ХРО;

Y_3 – разность температур между стенкой и молоком в теплообменном аппарате (температурный напор), °С;

Y_4 – подача молока, л/с;

Z – бактериальная обсемененность молока на выходе, КОЕ

На структурно-параметрической схеме (Рис. 1) показаны основные факторы процесса пастеризации молока. Как следует из анализа схемы необходимо постоянно контролировать температуру молока и температуру

стенки пастеризационной установки со стороны теплоносителя с тем, чтобы определять значение температурного напора и своевременно вносить управляющие воздействия (Y_3). Чем выше температура пастеризации – тем меньше должно быть его значение. Например, при термической обработке молока при температуре 92 °С температурный напор должен составлять не более 5°С [2]. Повлиять на температурный напор возможно, изменив температуру стенки теплообменного аппарата посредством регулировки расхода пара (Y_2).

Реализация такого решения предполагает установку двух первичных преобразователей температуры, подключенных к контроллеру: один на стороне продукта, другой – на стороне теплоносителя. При превышении разницы показаний термометров порогового значения срабатывает система оповещения и одновременно включается контур регулирования с целью приведения значения температурного напора к технологически допустимому пределу. Возникающая при этом опасность «недогрева» готового продукта может быть предотвращена путем внесения управляющих воздействий, например, по каналу подачи молока (Y_4).

Применение многопараметрической схемы автоматического контроля обеспечивает возможность сигнализации о начале образования пригара и дает возможность своевременного формирования необходимого сочетания управляющих воздействий для предотвращения образования пригара в теплообменных аппаратах [3].

Список литературы

1. Оборудование для высокотемпературной пастеризации, стерилизации и охлаждения пищевых жидкостей / А.М. Маслов [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1967. – 232 с.
2. Лисин П.А. Современное технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов / П.А. Лисин, К.К. Полянский, Н.А. Миллер. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 131 с.
3. Балюбаш В.А., Алёшичев С.Е., Добряков В.А. Совершенствование систем управления аппаратурно – технологическими комплексами пищевой

промышленности [электронный ресурс] // Процессы и аппараты пищевых производств, 2012. – № 1.

Ивлев Кирилл Геннадьевич, магистрант 2 курса факультета пищевых биотехнологий и инженерии Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Иванейчик Ольга Олеговна, магистрант 2 курса факультета пищевых биотехнологий и инженерии Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Научные руководители:

Алёшичев Сергей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации биотехнологических и теплофизических процессов Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

Балюбаш Виктор Александрович, профессор кафедры автоматизации биотехнологических и теплофизических процессов Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, РФ

УДК 691.32:666.943.4.

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ В БЕТОНАХ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ

Казанская Л.Ф., Рыбина У.П., Курицын Е.М., Кирсанова А.В.

DOI: 10.12737/14898

Аннотация. Рассмотрены физико-химические процессы при структурообразовании бетонов на основе шлаковых композиций. Дан анализ зависимости адгезионной прочности от содержания известесодержащего компонента.

Ключевые слова: бетон, структурообразование, контактная зона, сцепление.

Увеличение дисперсности вяжущего предопределяет изменение кинетики и величины пересыщения структурообразующих веществ вблизи поверхности плотного заполнителя, что способствует упрочнению контактной зоны. В наших исследованиях были установлены закономерности изменения микромеханических свойств контактной зоны в бетонах на основе многокомпонентных вяжущих, в частности, таких, как сульфатно-шлаковые (СШВ).

Для этого была проанализирована микротвёрдость фаз камня СШВ (в экспериментах были использованы СШВ с различным содержанием известесодержащего компонента (составы 1-4)) и контактной зоны на шлифах с акцентом на выделении различных фаз (матрицы «М» и «Ф»), а не пор.

Величину микротвёрдости можно определить по формуле:

$$H=A \cdot P/d^2, \quad (1)$$

где P - масса груза, d - размер отпечатка, A - числовой коэффициент.

Для матрицы (индекс «М») надёжно определяется одно значение микротвёрдости для каждого из четырёх образцов. Для фазы «Ф» довольно чётко выделяется 2 максимума для каждого образца, что свидетельствует о наличии двух разных фаз с различными значениями микротвёрдости (табл. 1).

Микротвёрдость фаз камня СШВ (составы 1-4), кг/мм²

Таблица 1

№ состава	1	2	3	4
Фаза «М» (низкоосновные гидросиликаты кальция C-S-H(II))	28	30	32	22
Фаза «Ф» (гидроалюминаты кальция C ₂ A-6H)	18	20	22	16
Фаза «Ф» (этtringит C ₃ A -3CS-31H)	50	50	56	44

При анализе значений микротвёрдости контактной зоны (см. рис. 1) можно отметить, что повышение дисперсности вяжущего способствует увеличению её микротвёрдости. При этом, как недостаток, так и избыток СаО_{св}, снижает значение микротвёрдости, а оптимальное содержание (1-1,2%) обуславливает формирование прочной контактной зоны. В последнем случае

достигается оптимальное соотношение кристаллической и гелевой составляющих в контактной зоне, что соответствует максимальному связыванию глинозёма шлака в новообразования (в частности, этtringит). Существенная роль принадлежит морфологии новообразований. Образующиеся в более поздние сроки твердения волокнистые и пластинчатые низкоосновные гидросиликаты кальция обеспечивают цементирующему веществу высокие физико-механические свойства.

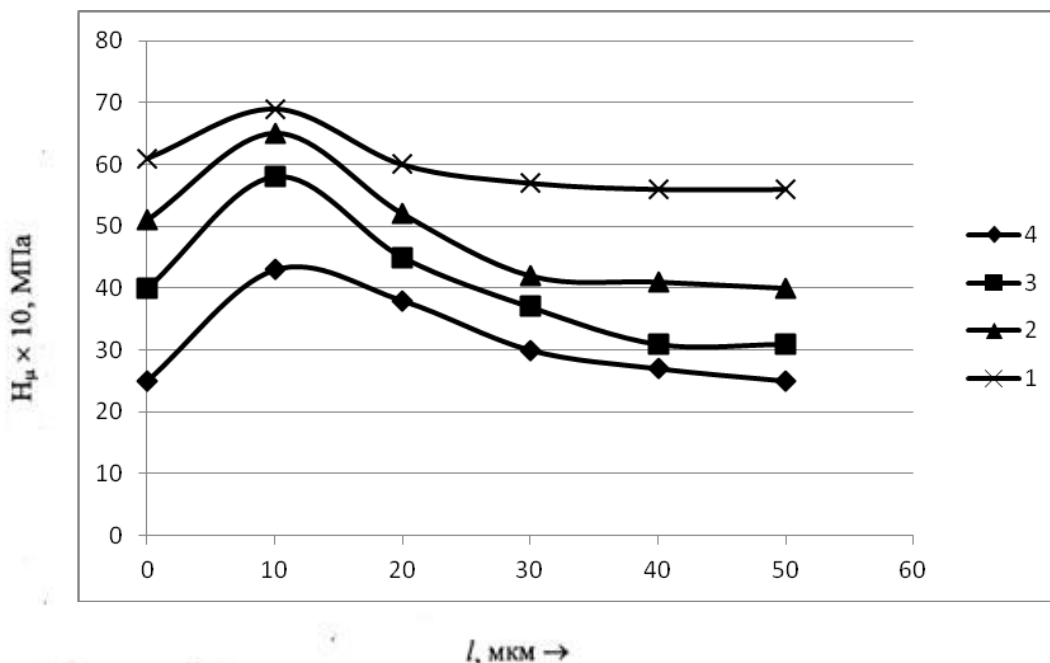


Рис. 1. Распределение микротвёрдости (H_{μ}) по глубине контактной зоны (1, мкм) на границе растворной части бетона на СШВ (состав) с гранитным заполнителем: 1 - при дисперсности вяжущего $3500 \text{ см}^2 / \text{г}$ и содержании $\text{CaO}_{\text{св}}=1-1,2\%$; 2,3,4 - при дисперсности $6000 \text{ см}^2 / \text{г}$ и содержании $\text{CaO}_{\text{св}}$ в СШВ соответственно $0,7\%$; $1,2\%$; $2,5\%$.

Таким образом, для формирования качественной структуры контактной зоны в композициях необходимо соблюдать следующие положения, определяющие её оптимальное структурообразование:

- устранение явлений, вызывающих увеличение объёма твердеющей системы СШВ и обуславливающих дефекты в зоне контакта заполнителя и растворной части бетона;
- достижение оптимального содержания ионов Ca^{2+} в жидкой фазе системы СШВ, при котором форсируются адсорбционно-химические процессы контактных взаимодействий;

- создание условий, способствующих формированию в контактной зоне цементирующей «клеевой связки» - низкоосновных гидросиликатов C-S- H(11), характеризующихся стабильностью;
- необходимость целенаправленного морфологического изменения содержания гелеобразной составляющей при оптимальном её соотношении с кристаллическими новообразованиями в контактной зоне. В связи с этим образование фазы C-S-H(11) в контактной зоне должно приниматься во внимание при разработке и управлении технологическими процессами.

Выявленные закономерности процессов формирования контактных взаимодействий в СШВ обеспечивают выбор рациональных составов и способов предварительной обработки вяжущих, т.е. разработку новых перспективных технологий изготовления бетонов на основе СШВ повышенной стойкости и долговечности.

Казанская Лилия Фаатовна, докт. техн. наук, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I, г. Санкт-Петербург, РФ

Рыбина Ульяна Петровна, аспирант кафедры «Строительные материалы и технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I, г. Санкт-Петербург, РФ

Курицын Евгений Михайлович, аспирант кафедры «Строительные материалы и технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I, г. Санкт-Петербург, РФ

Кирсанова Александра Вадимовна, студент 2 курса факультета «Транспортное строительство» Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I, г. Санкт-Петербург, РФ

УДК 537.622.4.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КРЕМНИЯ: ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ

Калиекперов М.Е., Козловский А.Л.

DOI: 10.12737/14899

Аннотация. В данной работе рассмотрено влияние термического отжига на степень шероховатости монокристаллического кремния. Было выявлено, что термический отжиг приводит к уменьшению шероховатости поверхности.

Ключевые слова: кремний, термическая обработка, шероховатость

В настоящее время наиболее востребованным материалом для полупроводниковой электроники является кремний. Он применяется при изготовлении полупроводниковых приборов, микросхем и процессов, используется в бытовой технике и компьютерах, в мобильных телефонах и солнечных энергетике, в цифровом телевидении, навигационных системах и т.д. Широкий диапазон применения кремния обусловлен достаточно большой шириной запрещенной зоны, уникальными особенностями травления, высокими механическими свойствами его оксида и практически неограниченными природными запасами последнего.

Одной из главных сфер применения полупроводникового кремния является солнечная энергетика. Так, около 85% фотопреобразователей для солнечных батарей изготавливаются на основе кремния, обладающего электронной или дырочной проводимостью, с удельным сопротивлением в среднем $1 \text{ ом} \cdot \text{см}$.

К настоящему времени существуют отработанные и хорошо известные методы получения кремния с необходимыми параметрами: величина пористости, морфология поверхности и структурные характеристики. Однако, использование кремния в создании электронных устройств требует всестороннего изучения электрических параметров этого чрезвычайно многообразного по свойствам материала.

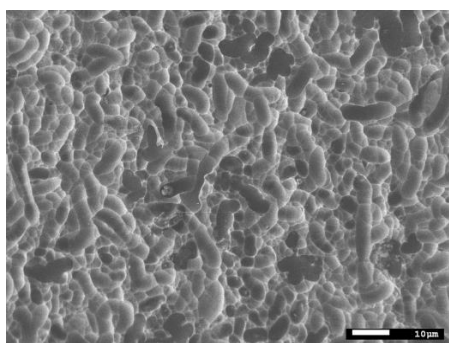
Было установлено, что, благодаря развитой структуре с огромной удельной площадью поверхности (до $1000 \text{ м}^2/\text{см}^3$), слои обладают высокой химической активностью, что значительно ускоряет протекание таких технологических процессов как диффузия, окисление, эпитаксия, геттерирование и т.д. На основе кремния можно изготавливать пассивные оптические элементы: интерференционные фильтры и дифракционные решетки. Кроме того кремний применяется в электрохимических сенсорах для реализации избирательной проницаемости мембран заданными веществами [1] и в качестве жертвенного слоя в технологии кремниевых микромашин [2].

Однако возможности экстенсивного развития технологии кремния в настоящее время исчерпаны. Поэтому исследования различных качественных методик, совершенствующих физические свойства монокристаллов кремния, сегодня очень интересны и актуальны.

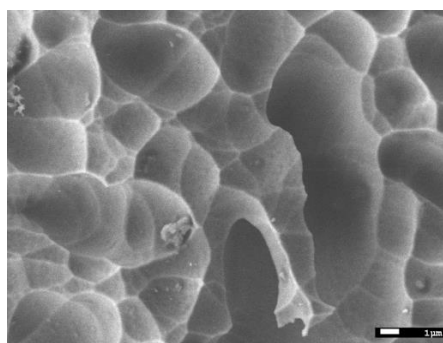
Наименее исследованными областями остаются вопросы влияния внешних воздействий (термическая обработка, облучение высокоэнергетическими частицами, деформации и т.д.) на электрические параметры кремниевых полупроводников и аспекты целенаправленной модификации электрических свойств материала. В литературе крайне редко встречается анализ влияния термического отжига и электронного облучения (практически отсутствует информация о воздействии высокоэнергетических электронов) на электрофизические параметры кремниевых полупроводников.

В качестве исследуемых образцов использовались пластины монокристаллического кремния. Термическая обработка исследуемых образцов проводилась при температуре 400°C в течение 10 мин и 60 мин в муфельной печи Nabertherm LE 4 /11/г6 в кислородной атмосфере. После отжига образцы охлаждались до комнатной температуры. Исследование структурных характеристик и элементного состава до и после термического отжига проводилось с использованием растрового электронного микроскопа Hitachi TM3030 с системой микроанализа Bruker XFlash MIN SVE при ускоряющем напряжении 15 кВ.

На рисунке 1 представлены снимки поверхности кремниевой пластины до термической обработки при разных увеличениях.



а)



б)

Рисунок 1 – РЭМ – изображение кремниевой пластины: а) x1000 увеличение; б) x5000 увеличение

Как видно из рисунка 1 поверхность кремниевой пластины представляет собой развитую поверхность с большим количеством дефектных структур с размерами порядка 10 – 15 мкм. На рисунке 2 представлен ЭДА спектр исследуемого образца. Согласно полученному спектру, исследуемая структура представляет собой монокристаллический кремний без примесей.

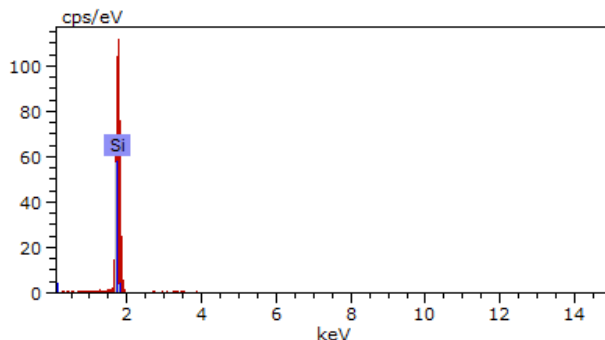
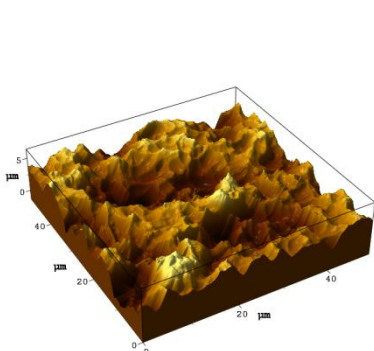
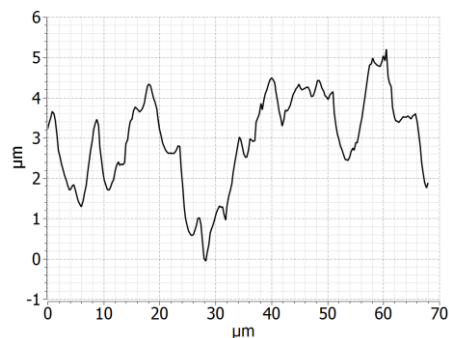


Рисунок 2 – ЭДА спектр кремниевой пластины

Исследование поверхности проводилось до и после термической обработки с использованием атомно-силового микроскопа. Результаты исследования образцов представлены на рисунках 3 и 4. Анализ полученных данных показал, что термический отжиг приводит к уменьшению шероховатости поверхности.

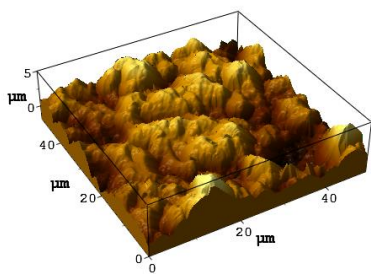


а)

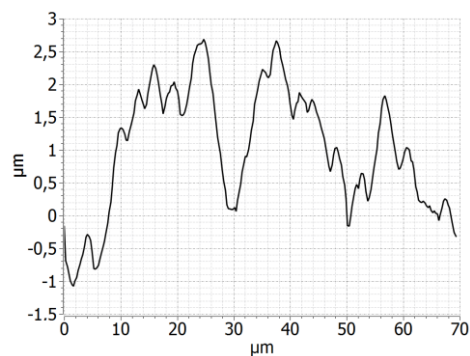


б)

Рисунок 3. Результаты съемки АСМ кремниевой до термического отжига: а) 3D-модель поверхности; б) профиль топографии поверхности



а)



б)

Рисунок 4. Результаты съемки АСМ кремневой после 10 минут термического отжига: а) 3D-модель поверхности; б) профиль топографии поверхности

Список литературы

1. Canham L.T. // Appl. Phys. Lett. 1991.Vol. 57.P. 1046-1048.
2. Taliercio T., Dilhan M., Massone E., Foucaran A., Guer A.M., Bretagnon T., Fraisse B., Montes L. // Sensors and Actuators A. 1995.Vol. 46-47.P. 43-46.

Калиекперов Малик Ерланович, студент 5го курса физико-технического факультета Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Козловский Артем Леонидович - PhD – докторант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Научный руководитель - Кадыржанов Кайрат Камалович - д.ф.м.н., профессор международной кафедры «Ядерной физики, новых материалов и технологий» Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

УДК 51-73:53.096

ОЦЕНКА МИКРОСТРУКТУРЫ КСИЛЕМЫ СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Камалова Н.С., Евсикова Н.Ю., Юрьев Н.Ю.

DOI: 10.12737/14900

Аннотация: В работе предлагается контролировать состояние древесных растений с помощью метода регистрации отклика на изменение температуры

окружающей среды. Показывается, что анализ результатов наблюдения удобно осуществлять с помощью вычислительного эксперимента, основанного на математическом моделировании зависимости состояния древесного растения от изменения внешних физических факторов.

Ключевые слова: изменение температуры окружающей среды, разность потенциалов, напряженность электрического поля.

Эффективность контроля состояния сложных систем, таких как древесные растения, можно повысить с помощью мониторинга их отклика на изменение внешних факторов [1]. Анализ результатов наблюдения удобно осуществлять с помощью вычислительного эксперимента, основанного на математическом моделировании зависимости состояния древесного растения от изменения внешних физических факторов. В качестве примера возможностей данного метода в докладе рассматривается задача о мониторинге отклика древесного растения на изменение температуры окружающей среды. Для решения поставленной задачи необходима адекватная описательная (физическая) модель древесного растения, которая позволит создать математическую модель взаимосвязи измеряемой с контролируемой точностью с помощью электроизмерительных приборов или цифровых датчиков характеристики состояния древесного растения с изменением фактора окружающей среды – температуры.

Согласно [2], ксилема растущего дерева на 90–95 % состоит из мертвых клеток, и лишь часть клеток (паренхимные) сохраняют живой протопласт, а длина большинства клеток ориентирована в направлении продольной оси дерева. В силу сложности своей структуры древесина обладает низкой теплопроводностью, поэтому суточные изменения температуры обязательно влекут за собой возникновение неоднородного температурного поля вдоль радиуса ствола дерева. Будем моделировать ствол дерева бесконечно длинным цилиндром радиуса r_0 (данное приближение справедливо, поскольку высота ствола в десятки раз превышает его радиус). Определим, какое распределение температуры $T(r,t)$ установится вдоль радиуса ствола со временем, если это распределение практически не зависит от высоты (z). Считая, что в рассматриваемой модели в поперечном срезе изменениями теплопроводности (λ_0), теплоемкости (c_0) и плотности (ρ_0) вещества древесины в течение времени

наблюдения t_0 можно пренебречь, получим классическое уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial T(r,t)}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T(r,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T(r,t)}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где $T(r,t)$ – значение температуры в стволе дерева в радиальном направлении в момент времени t на расстоянии r от центра ствола, $a = \frac{\lambda_0}{c_0 \rho_0}$ – коэффициент

температуропроводности древесины в радиальном направлении. Допустим, в рассматриваемом случае температура внутри ствола больше температуры окружающей среды $T(r,t) \geq T_0$. Тогда, ее целесообразно представить в виде:

$$T(r,t) = T_0 + \Theta(r,t). \quad (2)$$

После подстановки этого выражения в уравнение (2) получим:

$$\frac{\partial \Theta(r,t)}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 \Theta(r,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Theta(r,t)}{\partial r} \right). \quad (3)$$

Очевидно, искомая функция ограничена, поскольку не может превышать величины изменения температуры окружающей среды, т.е.

$$\Theta(r,0) = \Delta T. \quad (4)$$

Если считать контакт «ствол-воздух» идеальным, то при $r = 0$ справедливо полагать, что

$$\Theta(0,t) = 0. \quad (5)$$

Таким образом, необходимо найти решение уравнения теплопроводности (3) с начальным и граничным условиями (4) и (5) соответственно. Это классическая задача остывания круглого цилиндра, решение которой известно [3–5]:

$$\Theta(r,t) = \Delta T \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2J_0(\mu_m^{(0)} r / r_0)}{\mu_m^{(0)} J_1(\mu_m^{(0)})} \exp\left(-\frac{\mu_m^{(0)2} a t}{r_0^2}\right). \quad (6)$$

Ряд (6) быстро сходится, поэтому при больших t достаточно учесть только его первый член, после чего, подставив численные значения корней функции Бесселя, получим

$$\Theta(r,t) = 1.6 \Delta T J_0(2.40 \frac{r}{r_0}) e^{-5.7 \frac{a t}{r_0^2}}. \quad (7)$$

Так как $r/r_0 \leq 1.0$, то используя разложение функции Бесселя в ряд и ограничиваясь первыми двумя членами, найдем выражение для профиля температуры в древесном цилиндре в момент времени t на расстоянии $r \leq r_0$ от оси цилиндра:

$$T(r,t) = T_0 + 1,6\Delta T \left(1 - 0,72(r/r_0)^2\right) \exp(-5,7 at/r_0^2). \quad (8)$$

При этом длительность существования неоднородности температурного поля в цилиндре $t_{проф} \approx \frac{r_0^2 \rho_0 c_0}{\lambda_0}$ прямо пропорциональна плотности и удельной теплоемкости вещества древесины и обратно пропорциональна ее теплопроводности в радиальном направлении.

Основными компонентами клеточных стенок древесины являются высокомолекулярные вещества – частично кристаллическая волокнообразующая целлюлоза и аморфный лигнин. Это дает нам возможность моделировать ксилему ствола как полимерный композит, в котором армирующей компонентой служит целлюлоза, а наполнителем – лигнин. Поскольку коэффициент теплового расширения лигнина значительно превышает таковой для целлюлозы, то изменение температуры внешней среды приводит к расширению или сжатию лигнина, которое вызывает деформацию кристаллитов целлюлозы. Известно, что целлюлоза обладает пироэлектрическими и пьезоэлектрическими свойствами, поэтому деформация ее пьезокристаллов в поле спонтанной поляризации будет сопровождаться появлением электрического поля термического происхождения, индукцию dD_i которого можно представить в виде [6–7]:

$$dD_i = \varepsilon_0 \varepsilon_{ij} dE_j + \gamma_i dT - d_{ijk} c_{ijkl} \alpha_{kl} dT. \quad (9)$$

Здесь γ_i – пироэлектрический коэффициент целлюлозы, ε_{ij} – тензор диэлектрической проницаемости, d_{ijk} – тензор пьезоэлектрических модулей, $d\sigma_{jk} = c_{ijkl} \alpha_{kl} dT$ – механические напряжения, возникающие в древесине при малом изменении температуры dT . В (9) предполагается, что пьезомодули, компоненты тензора диэлектрической проницаемости и пироэлектрический коэффициент не зависят от координат.

Для расчета электрического поля, возникающего в древесном цилиндре вследствие наличия неоднородности температуры, приводящего к пьезоэлектрическому и пьезоэлектрическому эффектам в целлюлозе, воспользуемся уравнением Пуассона. Поскольку свободных зарядов в древесине нет, оно будет иметь вид:

$$\operatorname{div}D = 0. \quad (10)$$

Перепишем уравнение (10) с учетом (7), (8) и (9):

$$\varepsilon_0 \varepsilon_{ij} \frac{\partial E}{\partial r} + \gamma_i \frac{\partial \Theta}{\partial r} + d_{kl} c_{ijkl} \alpha_{kl} \frac{\partial \Theta}{\partial r} = 0,$$

откуда получим выражение для напряженности электрического поля в радиальном направлении:

$$E(r) = E_0 \left(1 - 0,72 \frac{r^2}{r_0^2} \right) \exp(-\kappa r). \quad (10)$$

Здесь E_0 – модуль максимального значения напряженности электрического поля, который определяется пьезоэлектрическими и пьезоэлектрическими свойствами древесины и оценивается как: $E_0 = -\frac{1,6\Delta T}{\varepsilon_0 \varepsilon_k} (\gamma_{ki} - d_{ijk} c_{ijkl} \alpha_{kl})$, а коэффициент $\kappa = 5,7a/r_0^2$ зависит от температуропроводности вещества древесины a и радиуса цилиндра ствола r_0 .

Электрическое поле можно наблюдать с помощью измерения разности потенциалов посредством электроизмерительных приборов с контролируемой точностью. Соответствующее (10) выражение для разности потенциалов вдоль радиуса ствола дерева можно получить путем интегрирования:

$$U = \int_{r_1}^{r_2} E(r) dr. \quad (11)$$

В выражении (10) от состояния клеточной стенки ксилемы будет зависеть величина $\zeta = \frac{\gamma_{ki} - d_{ijk} c_{ijkl} \alpha_{kl}}{\varepsilon_0 \varepsilon_k}$, определяющая диэлектрические свойства кристаллов целлюлозы и тепловые свойства лигнина. Поэтому относительное изменение микроструктуры вещества древесины будут фиксироваться изменением разности потенциалов вдоль радиуса ствола:

$$\frac{\Delta \zeta}{\zeta_0} = \frac{\Delta U}{U_0}, \quad (12)$$

где U_0 – разность потенциалов между центром ствола и точкой, находящейся на расстоянии $r=0,76r_0$ от центра (приблизительный радиус ствола без живого протопласта).

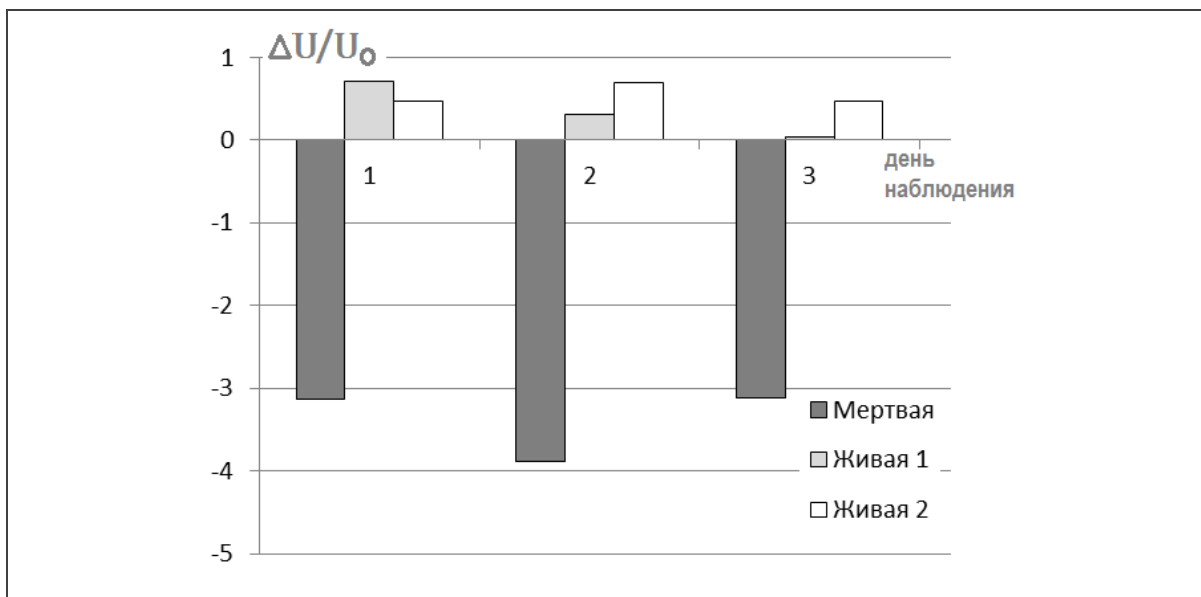


Рис. 1. Гистограмма сравнения относительных отклонений разности потенциалов между точками, находящимися на расстояниях $r_1=0,25r_0$ и $r_2=0,76r_0$ от центра ствола, измеренных вдоль радиусов стволов берез с различным жизненным состоянием в течение трех дней наблюдения.

На рис. 1 представлена сравнительная гистограмма относительных отклонений измеренных на высоте 1,3 м от поверхности земли в стволах растущих в относительно одинаковых условиях берез разного жизненного состояния между точками, расположенными вдоль радиуса на расстояниях $r_1=0,25r_0$ и $r_2=0,76r_0$ от центра, разностей потенциалов $\Delta U/U_0$. Результаты измерения показывают существенное отличие рассматриваемой величины у живых и мертвого деревьев. У берез, находящихся в нормальном по внешним биологическим признакам состоянии $\Delta U/U_0$ не превышает 1, тогда как у мертвого растения оно значительно больше. Интересно, что состояние древесины у двух живых берез тоже различается по выбранному показателю. Это можно объяснить индивидуальными особенностями формирования годичных слоев растений под действием немного отличающихся внешних

условий, что приводит к изменению показателя $\zeta = \frac{\gamma_{ki} - d_{ijk} c_{ijkl} \alpha_{kl}}{\varepsilon_0 \varepsilon_k}$ вдоль радиуса.

В заключении необходимо подчеркнуть, что предложенный метод регистрации отклика ксилемы стволов на изменение температуры окружающей среды проводится с контролируемой точностью (посредством электроизмерительных приборов). При этом анализ результатов мониторинга удобно проводить с помощью вычислительного эксперимента, основанного на описанной математической модели. Таким образом, приведенный пример отражает возможности вычислительного эксперимента при проведении экспертных оценок состояния таких сложных систем, как древесные растения.

Список литературы

1. Евсикова Н.Ю. Сканирование электрического поля в стволах древесных растений как метод выявления жизненного состояния / Н.Ю. Евсикова, Н.Н. Матвеев, О.М. Корчагин, Н.С. Камалова, В.Ю. Заплетин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2008. – № 6. – С. 43–49.
2. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учебник для лесотехнических вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп.: – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
3. Карташов, Э. М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел / Э. М. Карташов. - М.: Высш. шк., 2001. - 550 с.
4. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. - М.: Наука, 1966. - 724 с.0
5. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. - 600 с.
6. Матвеев, Н.Н. Поляризационные эффекты в кристаллизующихся полимерах: монография / Н.Н. Матвеев, В.В. Постников, В.В. Саушкин. – Воронеж, 2000. – 170 с.
7. Электрические поля термического происхождения в природной древесине / Н. Ю. Евсикова, В. В. Постников, Н. Н. Матвеев, В. И. Лисицын // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (INTERMATIC - 2006) : материалы Международной научно-технической

конференции, Москва, 24-28 октября 2006 г. / под ред. А. С. Сигова. - М. : Энергоатомиздат, 2006. - Ч. 3. - С. 87-89.

Камалова Нина Сергеевна, канд. физ.-мат.наук, доцент кафедры общей и прикладной физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Евсикова Наталья Юрьевна, канд. физ.-мат.наук, доцент кафедры общей и прикладной физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Юрьев Никита Юрьевич, студент автомобильного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

УДК 64.011.56

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОКРАСОЧНО-СУШИЛЬНОЙ КАМЕРОЙ

Капланец Я.О.

DOI: 10.12737/14901

Аннотация. Рассматривается математическая модель системы автоматического управления температурным режимом в окрасочно-сушильной камере. Реализация имитационной модели осуществлена в пакете прикладных программ для решения задач технических вычислений Matlab.

Ключевые слова: математическая модель, система автоматического управления, окрасочно-сушильная камера.

На рис. 1 представлена структурная схема САУ окрасочно-сушильной камере типа GL3.

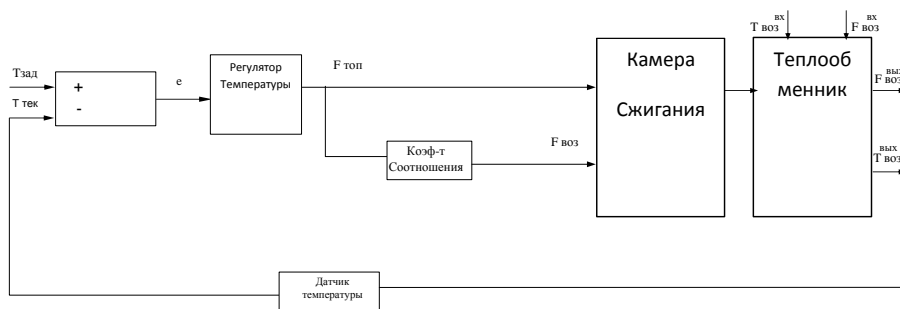


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ температурой воздуха в окрасочно-сушильной камере

Предполагаемая САУ контролирует температуру воздуха подаваемого в окрасочно-сушильную камеру типа GL3. Схема с обратной связью используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимой точности и качества переходного процесса.

Технологический процесс нагрева воздуха, подаваемого в окрасочно-сушильную камеру, проходит в двух последовательно соединенных аппаратах:

- камера сгорания, в которой протекает процесс горения топлива;
- теплообменник, в котором дымовые газы нагревают воздух.

Камера сгорания описывается математической моделью, вход которой – расход $F_{мон}(t)$ и температура топлива $T_{мон}(t)$, расход $F_{воз1}(t)$ и температура воздуха на горение $T_{воз1}(t)$, а выход - расход $F_{пр}(t)$ и температура $T_{пр}(t)$ продуктов горения.

Математическая модель камеры сгорания может быть записана в следующем виде:

$$V_m c_{n2} \frac{dT_{n2}}{dt} = F_{мон} c_{мон} T_{мон} + F_{мон} q_{мон} + F_{воз1} c_{воз1} T_{воз1} - (F_{мон} + F_{воз1}) c_{n2} T_{n2} - k_m F_1 (T_{n2} - T_{воз1}), \quad (1)$$

$$T_1 \frac{dF_{n2}}{dt} + F_{n2} = F_{мон} + F_{воз1}, \quad (2)$$

где c_{n2} , $c_{мон}$, $c_{воз1}$ - теплоемкость продуктов горения, топлива и воздуха, кДж/(м³°С);

V_m - объем топки, м³;

T_{n2} , $T_{мон}$, $T_{воз1}$ - температура продуктов горения, топлива и воздуха, °С;

$q_{мон}$ - теплота сгорания топлива, кДж / м³;

F_1 - площадь поверхности теплообмена топки, м²;

k_m - коэффициент теплопередачи кладки топки, кДж / (м²ч⁰С);

T_1 - постоянная времени, характеризующий среднее время прохождения газообразных продуктов через топку, с.

Теплообменник описывается математической моделью, вход которой - расход $F_{n2}(t)$ и температура продуктов горения (дымовых газов) $T_{n2}(t)$, расход $F_{6032}(t)$ и температура приточного воздуха $T_{6032}(t)$, а выход - температура нагретого воздуха $T_{6032}^K(t)$ и продуктов горения $T_{n2}^K(t)$ на выходе из теплообменника [1]:

$$V_m c_{n2} \frac{dT_{n2}^K}{dt} = F_{n2} c_{n2} (T_{n2}^H - T_{n2}^K) + \alpha_1 F_2 (T_{6032}^K - T_{n2}^K), \quad (3)$$

$$V_{6032} c_{603} \frac{dT_{6032}^K}{dt} = F_{6032} c_{603} (T_{6032}^H - T_{6032}^K) + \alpha_2 F_2 (T_{n2}^K - T_{6032}^K), \quad (4)$$

где $\alpha_{1,2}$ - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²°С);

F_2 - поверхность теплообмена, м²;

V_m - объем теплообменника, м³;

V_{6032} - объем приточного воздуха, м³.

На основании полученных математических моделей построим схему системы автоматического управления температурным режимом в окрасочно-сушильной камере типа GL3в Matlab&Simulink (рис. 2) [2].

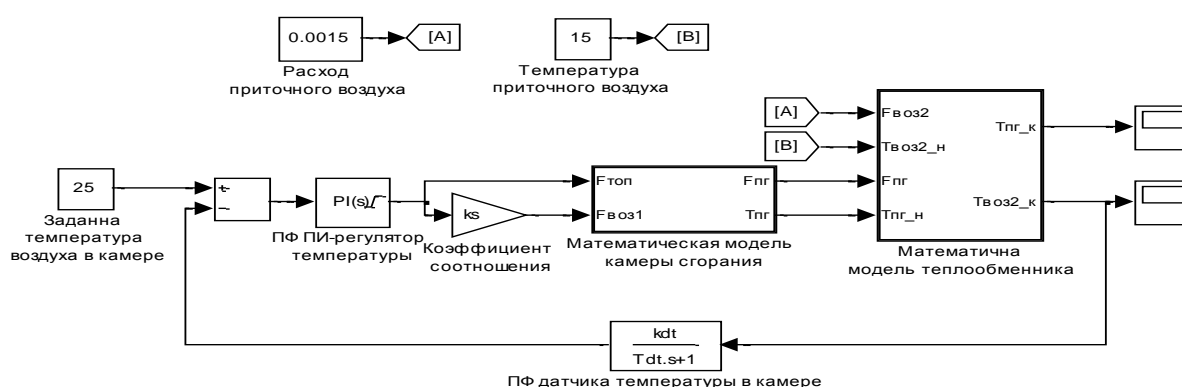


Рисунок 2 – Схема моделирования системы автоматического управления температурным режимом в Simulink

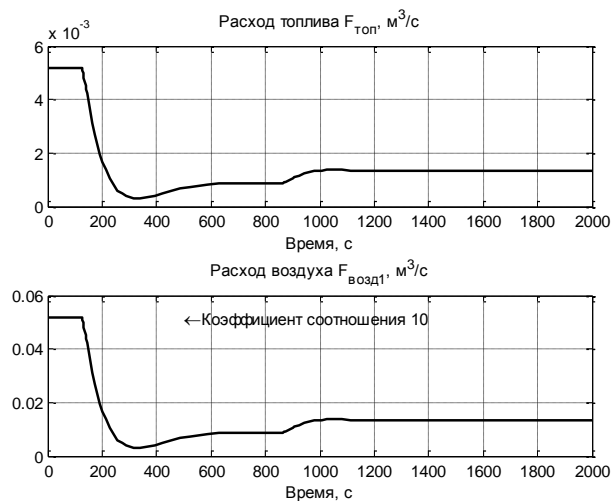


Рисунок 3 – График расхода топлива

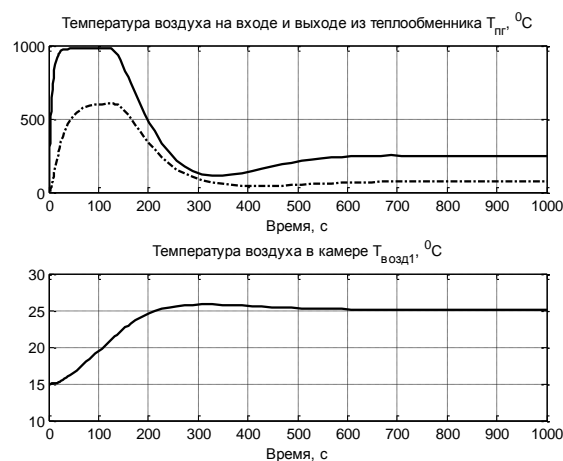


Рисунок 4 – График температуры воздуха

на входе и выходе из теплообменника, в сушильной камере

Таким образом можно сделать вывод, что разработанная модель системы автоматического управления позволяет исследовать показатели качества переходных процессов при различных режимах работы сушильной камеры.

Список литературы

1. Чернышев Н.Н. Математическое описание процесса теплообмена в противоточных теплообменных аппаратах / Н.Н. Чернышев, В.В. Турупалов, А.А. Прядко // Научные труды Донецкого национального технического университета. Вычислительная техника и автоматизация, 21 (183). – Донецк: ДонНТУ. – 2011, С. 55-60.
2. Мещеряков В.В. Задачи по математике с MATLAB&SIMULINK / В.В. Мещеряков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2007. – 528 с.

Капланец Ярослав Олегович, студент 1 курса магистратуры факультета компьютерных информационных технологий и автоматики Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

Научный руководитель – Чернышев Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматики и телекоммуникаций Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина

УДК 631.3:636(0758)

ОБЗОР СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ТЕЛЯТНИКОВ

Каплин И.И.

DOI: 10.12737/14902

Аннотация. В статье проведен анализ способов обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях для оптимальных условий для содержания. Приведены оптимальные решения по реконструкции устаревших животноводческих помещений.

Ключевые слова: микроклимат, вентиляционная система, теплоутилизаторные электроустановки, животноводческое помещение.

Одним из важнейших факторов, который напрямую влияет на высокую продуктивность животных, является микроклимат животноводческого помещения. При неправильной работе вентиляционной системы возникают многие негативные последствия, вплоть до падежа животных. Поэтому, данная проблема является наиболее острой в отрасли животноводства сельского хозяйства.

При правильном проектировании вентиляции и выборе оборудования обеспечиваются наиболее комфортные условия для содержания животных.

Основная задача, которая стоит перед вентиляционной системой животноводческих ферм это удаление избыточной влаги, пыли и неблагоприятных химических соединений. Ежегодно необходимо удалять 165

млрд. м³ водяных паров, 40 млрд. м³ углекислого газа, 1,8 млрд. м³ аммиака, 700 тыс. м³ сероводорода, около 82 тыс. т. пыли, патогенную микрофлору.

Для того чтобы обеспечить удаление вредных соединений из животноводческого помещения, требуется затратить в среднем 2 млрд. кВт/ч электроэнергии в год. На обеспечение животноводческого помещения необходимыми параметрами микроклимата расходуется в среднем 35% электроэнергии от общей потребляемой.

В табл. 1 представлена общая структура затрат электроэнергии при привязном и беспривязном способе содержания животных.

Таблица 1–Структура затрат электрической энергии при привязном и беспривязном способе содержания животных.

Вид затрат электрической энергии	Способы содержания животных			
	С привязным содержанием		С беспривязным содержанием	
	Затраты энергии, ГВт	Доля от общих затрат, %	Затраты энергии, ГВт	Доля от общих затрат, %
Поение животных	73	1,2	73	1,2
Подогрев воды	718	12	615	10
Обеспечение микроклимата	2226,1	37	2129,9	34,5

Анализ представленной структуры затрат показал, что наибольшее потребление электрической энергии приходится на обеспечение животноводческого помещения нормативными показателями микроклимата. Поэтому, целесообразно применять наиболее энергосберегающие технологии в поддержании заданного микроклимата.

Наиболее энергосберегающей установкой является применение световентиляционных козырьков, а также несколько видов штор на окна. Самые простые шторы изготавливаются из ПВХ с ручным управлением, для более бюджетного варианта или полностью автоматизированная система управления козырьком, шторами и панелями. Конечно, наиболее целесообразно применять автоматизированную систему. Для регионов с более суровым климатом разумнее применять вентиляционные панели из

поликарбоната. Данные панели более герметичны, а поликарбонат обладает меньшей теплопроводностью, чем шторы из ПВХ[2].

При высоких температурах окружающей среды необходимо поддерживать температуру в телятнике не выше $+22^{\circ}\text{C}$, иначе, животное может испытать тепловой стресс. В данном случае, наиболее рационально использовать вентиляторы.

Главная задача, которая стоит при использовании вентиляторов, это обеспечение движения воздушных масс со скоростью не менее 2 м/с.

Существует множество теплоутилизаторных электроустановок[1], одной из таких установок является УТФ-12, которая состоит из теплообменника, который состоит из двух основных частей:

- конденсационную – в потоке приточного воздуха (наружного);
- испарительную – в канале удаляемого воздуха (внутреннего).

Наружный воздух, нагнетаемый приточным вентилятором, проходит через верхнюю секцию теплообменника, который подогревается за счет тепла конденсации паров фреона и, в последующем, подается в помещение. Регулирование тепловой мощности теплообменника осуществляется с помощью изменения количества воздуха, проходящего через теплообменник. Изменение подачи воздуха в сторону уменьшения от номинальной осуществляется за счет изменения частоты вращения вентиляторов в диапазоне 1:1,5. Увеличение подачи воздуха (только по притоку) и одновременно уменьшение тепловой мощности достигается открытием обводного канала. В этом случае воздух проходит, минуя теплообменник.

Экономические расчеты показали, что годовой экономический эффект при использовании системы теплообеспечения в телятнике на 150 голов при использовании теплоутилизаторов по сравнению с электрокалориферной системой типа ЭКОЦ, составляет примерно 18 тыс. руб.

Основной составляющей экономического эффекта, при использовании теплоутилизаторов, является экономия электрической энергии на подогрев приточного воздуха за счет возврата теплоты утилизаторами.

При неправильном выборе вентиляционной системы, как показывают литературные источники, продуктивность животных снижается на 10-15%, а

также снижается и привес телят. При устаревших способах вентиляции животноводческих помещений суточный привес составляет лишь 250 г, а при использовании новых технологий и поддержании нормированных показателей микроклимата, данный показатель привеса живой массы, может увеличиться до 750 г в день[3].

Список литературы

1. Андрианов, Е. А. Организация вентиляции животноводческих помещений с использованием ресурсосберегающих технологий [Текст] / Е.А. Андрианов А.М. Андрианов, А.А. Андрианов//Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(44) - С. 91-98.

2. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. Использование ресурсосберегающих технологий при вентиляции животноводческих помещений: Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). С. 383-388

3. Ачапкин М.М. Энергосберегающая система вентиляции для животноводческих помещений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. №5. С. 18-19.

Каплин Иван Иванович, магистр 1 курса агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж, РФ

Научный руководитель – Андрианов Евгений Александрович доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», г. Воронеж., РФ

УДК 532.6:546.22

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОКЛАСТЕРОВ СВИНЦА

Картавых Е. А.

DOI: 10.12737/14903

Аннотация. В работе методом молекулярной динамики с использованием модифицированного потенциала сильной связи TB-SMA исследованы процессы термического воздействия на кластеры свинца диаметром до 5.5 нм. Сделан вывод, что для данных размеров наночастиц Pb процесс плавления носит строго гомогенный характер без образования поверхностного жидкоподобного слоя. Имеющаяся в частицах первичная ГЦК фаза при нагреве сохранялась в подавляющем большинстве модельных опытов.

Ключевые слова: молекулярная динамика, плавление, сильная связь, нанокластеры свинца.

Известно, что для металлических наночастиц имеется три возможных механизма плавления [1]. По первому сценарию плавление носит ярко выраженный гомогенный характер, то есть в этом случае не происходит предварительного плавления поверхности кластера. Согласно второму возможному механизму ниже температуры плавления образуется поверхностный жидкий слой, который остается неизменным вплоть до перехода всей частицы в жидкое состояние при температуре плавления. В третьем случае также образуется жидкий поверхностный слой, но который затем растет вглубь наночастицы с увеличением температуры.

Наличие внешнего жидкого слоя также наблюдалось в работах по компьютерному моделированию [2, 3]. Например, автором [3] было проведено МД исследование с использованием многочастичных потенциалов (glue potential) статического сосуществования твердой и жидкой фаз в кластерах свинца находящихся в состоянии предплавления. В данной работе рассматривался нагрев кластеров икосаэдрической структуры размером $N = 923, 1427$ и 2073 атомов. Показано, что статическое равновесие фаз возможно только для кластеров радиусом $R > 1.9$ нм, в то время как для кластеров меньшего радиуса ($N < 1000$ атомов) наблюдается скорее динамическое равновесие жидкой и твердой фазы.

Теоретические расчеты, проведенные в [4] показали, что для нанокластеров свинца критический радиус, при котором начинает реализовываться поверхностное плавление, составляет $R = 5.21$ нм, а при уменьшении размера наночастицы преобладает гомогенный механизм.

Целью представленной работы была попытка оценить вероятность реализации того или иного механизма плавления в наноклстерах Pb с использованием компьютерного моделирования.

Для имитации поведения нанокластеров использовался метод молекулярной динамики (МД). Моделирование проводилось с использованием хорошо зарекомендовавшего себя модифицированного потенциала сильной связи (TB-SMA) [5] с фиксированным радиусом обрезания соответствующим пятой координационной сфере включительно. В качестве начальных объектов были использованы свободные сферические ГЦК кластеры свинца. Нагрев кластеров проводился в рамках канонического ансамбля с использованием термостата Нозе. Шаг интегрирования по времени составлял $h = 1$ фс.

Для определения наиболее устойчивой структуры рассматривался ансамбль кластеров одинакового размера. Начало процесса нагрева сопровождалось релаксацией исходной фазы при начальной температуре. В ходе нагрева температура ступенчато изменялась с шагом в 10 К, а в области плавления с шагом 4 К и при каждом ее значении кластеры выдерживались порядка 0.5 нс.

С целью определения реализующегося механизма плавления изучались кластеры, находящиеся при температурах близких к температурам плавления. Рассмотрим типичный пример такого процесса на примере кластера радиусом $R = 4$ нм. На рисунке 1 он представлен при температуре $T = 450$ К ($T_m = 460$ К). В данном кластере толщина внешнего разупорядоченного поверхностного слоя составляет расстояние приблизительно равное параметру решетки, то есть в

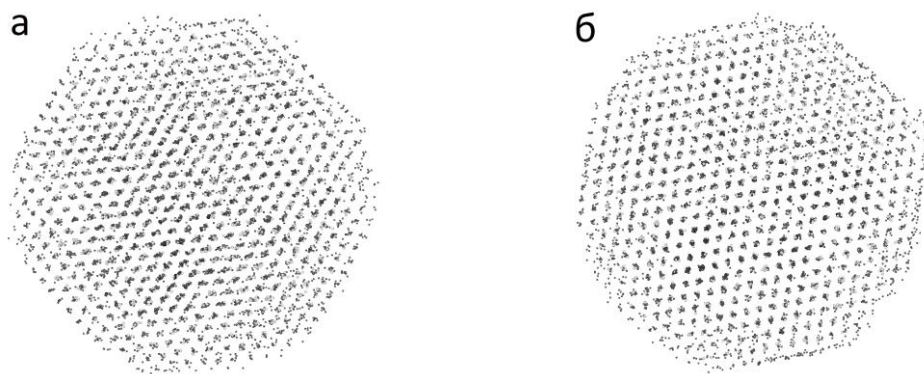


Рис. 1. Кластер свинца радиусом $R = 4$ нм находящийся при температуре $T = 450$ К, а) время отжига $t = 0.5$ нс, б) $t = 3$ нс. Для наглядности изображения радиус внешних поверхностных атомов уменьшен в два раза.

этом случае можно говорить о явном отсутствии жидкоподобного слоя, возникающего в процессе плавления. Для оценки устойчивости структуры кластера был произведен его длительный отжиг ($t = 3$ нс) при температуре 450 К, который показал термическую стабильность структуры (рисунок 1 б). При повышении температуры до $T = 460$ К начинался процесс плавления, при этом перестройка атомного строения наблюдалась в некотором интервале времени (рисунок 2). Из данного рисунка видно, что с течением времени внешний аморфный (расплавленный) слой увеличивался, и через 6 нс кластер полностью переходил в жидкое состояние. Аналогичное поведение наблюдалось для всех моделируемых нами кластеров радиусом от 1 до 5 нм включительно.

Для проверки оценки значения критического радиуса [4], при котором начинает реализовываться механизм поверхностного плавления ($R = 5.21$ нм), был рассмотрен процесс плавления кластера с $R = 5.5$ нм. Было отмечено, что данный кластер в процессе нагрева сохранял первоначальную ГЦК структуру вплоть до температуры плавления ($T_m = 490$ К). С целью возможного обнаружения поверхностного жидкоподобного слоя производился длительный отжиг ($t = 6$ нс) при температурах $T = 470$ и 480 К. Результаты моделирования показали, что внешний поверхностный слой ниже температуры плавления не образуется.

Таким образом, по результатам проведенного компьютерного анализа можно сделать вывод, что в сферических кластерах свинца радиусом от 1.0 до 5.5 нм при процессе термического воздействия исходная ГЦК фаза остается стабильной вплоть до температуры плавления, начиная с которой реализуется

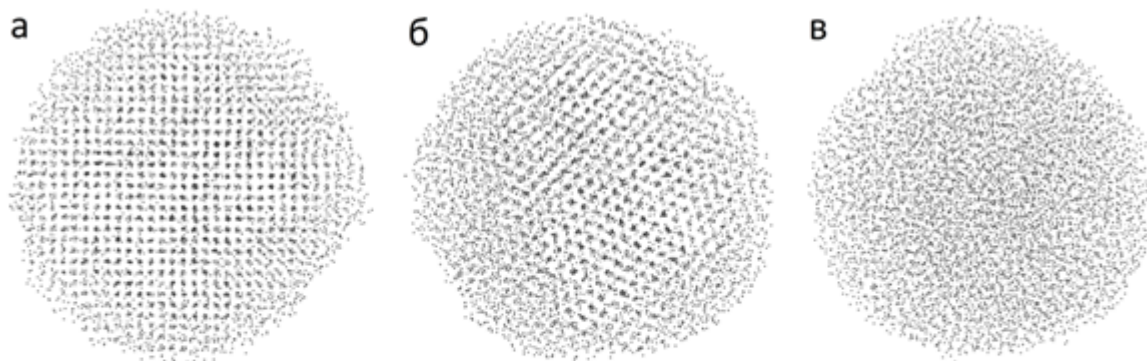


Рис. 2. Кластер свинца радиусом $R = 4$ нм находящийся при температуре $T = 460$ К, а) время отжига $t = 1$ нс, б) $t = 3$ нс, в) $t = 6$ нс. Для наглядности изображения радиус внешних поверхностных атомов уменьшен в два раза.

Список литературы

1. Nanda K.K. Size-dependent melting of nanoparticles: Hundred years of thermodynamic model. // Pramana–J.Phys. 2009. V. 72. №.4. P. 617
2. Wang N., Rokhlin S.I., Farson D.F. Nonhomogeneous surface premelting of Au nanoparticles. // Nanotechnology. 2008. V.19. P. 415701.
3. Hendy S.C Stability of phase coexistence in atomic clusters.// Phys. Rev. B. 2005. V. 71. P. 115404.
4. Chernyshev A.P. Effect of nanoparticle size on the onset temperature of surface melting // Materials Letters. 2009. V. 63. P. 1525.
5. Cleri F., Rosato V. Tight-binding potentials for transition metals and alloys. // Phys. Rev.B 1993. V. 48. P. 22.

Картавых Елена Александровна студент 3 курса Института естественных наук и математики Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, РФ

Научный руководитель - Байдышев Виктор Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, РФ

УДК 681.5.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ

Касимов С.А.

DOI: 10.12737/14904

Аннотация: в данной статье рассматривается вопрос надежности автоматизированной системы сборки данных интеллектуального мониторинга контроля точности изготовления распределительных валов. Представлена формула для расчёта надежности как всей системы так и отдельного элемента.

Ключевые слова: надежность, мониторинг, вероятность.

Год от года во многих сферах человеческой деятельности применяются все более новые и совершенные технологии. Не вызывает сомнения и тот факт, что передовые технологии на сегодняшний день позволяют предприятиям работать более продуктивно, выполнять коммерческие и в том числе технологические операции быстрее и поддерживать качественное обслуживание покупателей на высоком уровне. Но также важно заметить, что современные технологические системы должны работать продолжительное время, а не выходить из строя после первого запуска, так сказать быть более «надежными» чем свои предшественники.

В частности, для двигателестроения зачастую очень важны как состав каждого узла двигателя, так и надежность работы устройства в целом, так и отдельных деталей. Рассмотрим данный вопрос более подробно.

Современный двигатель внутреннего сгорания (автомобильный, тракторный) содержит несколько сотен деталей, до 60 – 70% которых составляют тела вращения. Поэтому особо важным является надежность работы деталей типа тел вращения[1].

Автоматизированная система сбора данных интеллектуального мониторинга контроля точности изготовления распределительных валов(рис.1.)[2] предназначена для контроля годности изделия на всех этапах жизненного цикла. Произведем оценку данной системы.

Она состоит из: системы сбора данных(ССД), состоящая из устройств связи с объектом(УСО); системы принятия решений(СПР), базы данных(БД), базы знаний(БЗ).

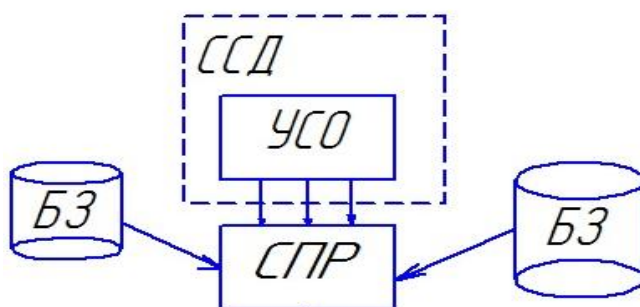


Рисунок 1 - Автоматизированная система сбора данных интеллектуального мониторинга контроля точности изготовления распределительных валов

Пусть система состоит из n элементов, тогда система откажет, когда выйдет из строя хотя бы один элемент. Тогда вероятность безотказной работы системы P_s равна сумме безотказностей работы всех элементов.

$$P_s = \sum_1^n P_s, \quad (1),$$

где P_s - вероятность безотказной работы отдельного элемента.

Вероятность безотказной работы отдельного элемента — это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени отказ элемента не возникает.

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = 1 - \frac{n(t)}{N_0} \quad (2),$$

где N_0 - число работоспособных элементов, $n(t)$ - число отказавших элементов от времени t .

Из выражения 2 следует, что

$$P_s = \sum_1^n 1 - \frac{n(t)}{N_0} \quad (3).$$

Таким образом для расчета системы в целом, необходимо рассчитать надежность всех элементов системы в отдельности. Особое внимание стоит учесть и условия в которых производится работа системы, поскольку в тех или иных условиях система может работать иначе.

Список литературы

1. Дащенко, А.И. Технология двигателестроения/А.И.Дащенко// Издательство: Высшая школа. 2006,-609 с.
2. Касимов, С.А. Система интеллектуального мониторинга/С.А. Касимов, Е.М. Самойлова// Искусственный интеллект в XXI веке. Сб.ст. XI меж.нау.конф/Пенза/2014
3. Половко, А.М. Основы теории надёжности. Практикум/ А.М. Половко, С.В. Гуров // СПб.:БХВ-Петербург, 2006. - 560с.

Касимов Сергей Александрович, аспирант 2 курса кафедры автоматизация, управление, мехатроника Института электронной техники и машиностроения Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А, г. Саратов, РФ

Научный руководитель – Самойлова Елена Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры Автоматизация, управление, мехатроника института электронной техники и машиностроения Саратовского

государственного технического университета имени Гагарина Ю.А, г. Саратов,
РФ

УДК 624.164.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ АРОМГРУНТОВЫХ УСТОЕВ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Кашапова К. Р.

DOI: 10.12737/14905

Аннотация. В статье показано моделирование работы армогрунтового устоя мостового перехода, а также показаны результаты расчета методом конечных элементов с использованием программного комплекса PLAXIS 2D.

Ключевые слова: мостовой переход, устой моста, метод конечных элементов, армогрунтовые сооружения.

Развитие мостостроения, как часть развития всего дорожно-транспортного комплекса, актуальная на сегодняшний день проблема. Ввиду большого роста городов, увеличения численности населения, повышения качества жизни основной задачей строительства является увеличение качества и надежности конструкций.

Одним из основных элементов мостового перехода являются устои. Устои моста представляют собой береговые опоры, предназначенные для удержания насыпей подходов от обрушения и сопряжений конструкций моста с подходами. В силу этого, устои воспринимают большую нагрузку – не только вертикальную от пролетного строения, но и горизонтальную – от давления грунта и временных транспортных нагрузок. В связи с этим, одной из основных задач, стоящих еще на этапе проектирования, является уменьшение этих горизонтальных нагрузок. Одним из основных способов снижения горизонтального давления, применяемых на практике, является использование армогрунта [1-2].

Применение армогрунтовых устоев мостов позволяет возводить долговечные, надежные и сравнительно недорогие конструкции [3]. Однако, перед непосредственным применением таких конструкций в реальных условиях

необходимо предварительно изучить их свойства и характеристики, смоделировав их работу.

В настоящее время, при решении расчетных задач в строительной отрасли, широко используются численные методы. Один из таких – метод конечных элементов, позволяющий наглядно интерпретировать основные идеи. Среди множества расчетных программ, в которых используется метод конечных элементов, широкую известность получил программный комплекс «PLAXIS 2D», применяющийся для геотехнических расчетов и показывающий высокую достоверность вычислений [4]. С помощью данного программного комплекса была смоделирована работа конструкции устоя мостового перехода, расчет горизонтальной нагрузки на устой, определение напряжения в арматуре, а также прогноз напряженно-деформированного состояния активной зоны. Расчетная и деформированная схемы устоя представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

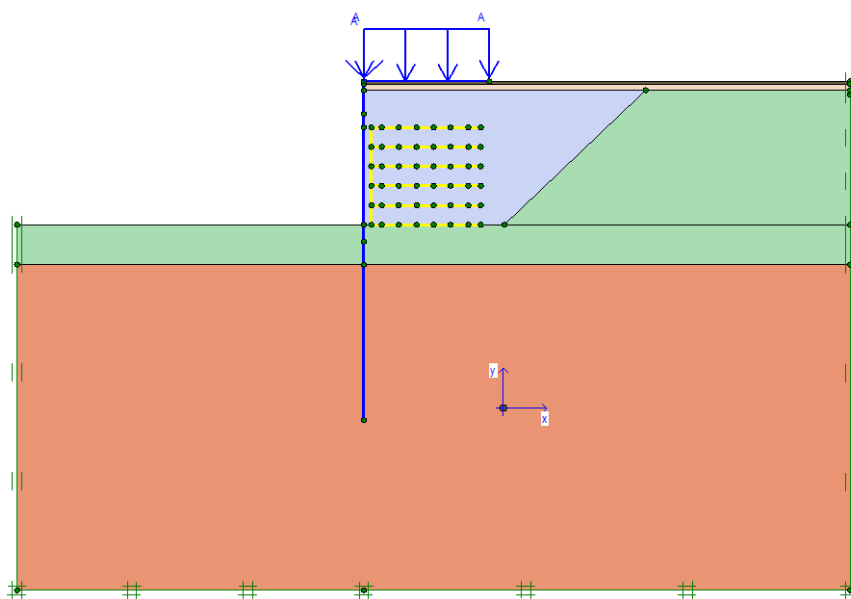


Рис. 1. Смоделированная расчетная схема конструкции устоя мостового перехода

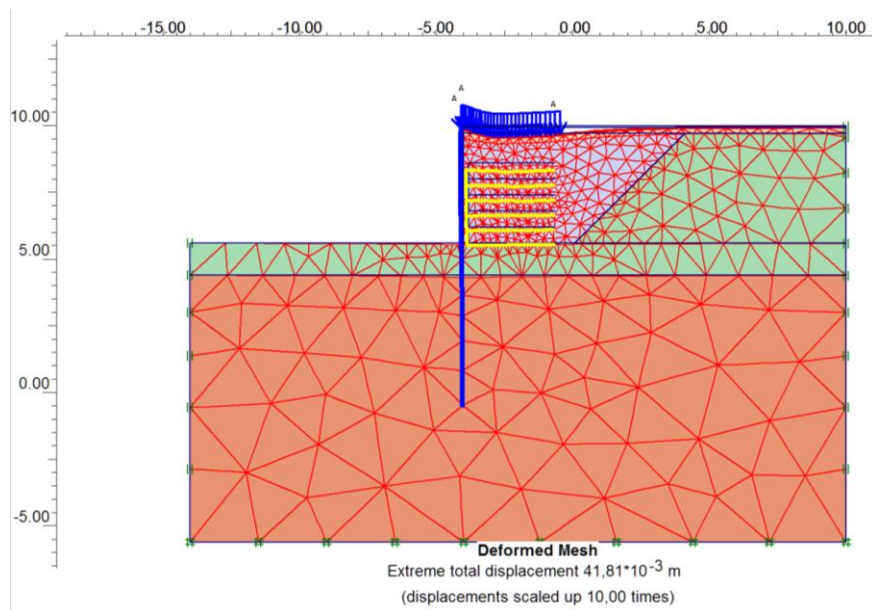


Рис. 2. Деформированная схема конструкции устоя мостового перехода

В результате расчета были получены значения выдергивающей силы в армирующих элементах, результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значение величин выдергивающей силы в армирующих элементах

№ слоя	F_i , кН/м
1	25,7
2	6,73
3	10,75
4	10,77
5	10,62
6	9,62

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод, что наибольшая выдергивающая сила возникает в первом слое армирующих прослоек, и программный комплекс «PLAXIS 2D» существенно упрощает работу по расчету геотехнических конструкций.

Список литературы

1. Клевеко В.И. Исследование работы армированных глинистых оснований//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4. – С. 101–110.

2. Клевеко В.И. Применение геосинтетических материалов в дорожном строительстве в условиях Пермского края//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. –2013. –№ 1. –С. 114-123.

3. Соколова В.Д., Клевеко В.И. Основные положения по расчету армогрунтового устоя моста //В сборнике: Будущее науки - 2014 Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научной конференции, в 3-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. Курск, – 2014. – С. 236-239.

4. Кашапова К. Р., Моисеева О. В., Клевеко В. И. Анализ напряженно-деформированного состояния несущих конструкций подземного пешеходного перехода в зависимости от глубины его заложения. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. –2014. –№ 4. –С. 27-39.

Кашапова Катарина Равилевна – магистрант кафедры «Строительное производство и геотехника», строительного факультета, Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, РФ

Научный руководитель – Клевеко Владимир Иванович – доцент кафедры «Строительное производство и геотехника», строительного факультета, Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, РФ

УДК 539.3:534.1

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ БАЛКИ НА СЦЕНАРИЙ ПЕРЕХОДА ЕЕ КОЛЕБАНИЙ В ХАОС

Кашубина А.А., Крылова Е.Ю., Крысько В.А., Папкина И.В.

DOI: 10.12737/14906

Аннотация. С помощью математического моделирования, численных методов и методов нелинейной динамики изучается влияние толщины геометрически нелинейной балки Бернулли-Эйлера на сценарий перехода ее колебаний в хаос.

Ключевые слова: нелинейные колебания, балка Бернулли-Эйлера, хаос.

В работе используется теория балок, основанная на гипотезах Я. Бернулли: прямолинейные отрезки, нормальные срединной линии до деформации, остаются прямолинейными и нормальными к деформированной

срединной линии, не изменяя своей длины. Что позволяет любые деформации выразить через перемещения только срединной плоскости, сводя задачу к одномерной [1]. Вследствие данного допущения рассматриваются лишь продольные деформации, вызываемые продольными напряжениями.

Разрешающие уравнения в перемещениях с учетом нелинейной зависимости между деформациями и перемещениями в форме Кармана [2] после введения безразмерных параметров по формулам: $\bar{w} = w/2\delta$, $\bar{u} = ua/2\delta$, $\bar{x} = x/a$,

$\lambda = a/2\delta$, $\bar{q} = qa^4/(2\delta)^4 E$, $\bar{t} = t/\tau$, $\tau = a/c$, $c = \sqrt{Eg/g}$, $\bar{\varepsilon} = \varepsilon a/c$ имеют вид [3]:

$$\begin{cases} u'' + L_3(w, w) - \ddot{u} = 0; \\ \frac{1}{\lambda^2} \left\{ L_2(w, w) + L_1(u, w) - \frac{1}{12} w^{IV} \right\} - \ddot{w} - \varepsilon \dot{w} + q = 0; \end{cases} \quad (1.1)$$

Черточки над безразмерными параметрами опущены, производные по времени обозначены точкой, по координате – штрихом; $L_1(u, w) = u''w' + u'w''$, $L_2(w) = (3/2)w''(w')^2$, $L_3(w) = w''w'$ – нелинейные операторы; ε – коэффициент диссипации; E – модуль Юнга; g – ускорение свободного падения, ϱ – удельный вес материала балки; δ – толщина балки; u и w – перемещение точек балки вдоль осей x и z соответственно; $q = q_0(x)\sin(\omega_p t)$ – поперечная нагрузка, ω_p – частота внешней нагрузки, $q_0(x)$ – ее амплитуда.

Система (1.1) дополняется начальными:

$$w(x, t)|_{t=0} = u(x, t)|_{t=0} = 0; \dot{w}(x, t)|_{t=0} = \dot{u}(x, t)|_{t=0} = 0 \quad (1.2)$$

и граничными условиями, соответствующими шарнирному закреплению концов балки:

$$w(0, t) = w(1, t) = u(0, t) = u(1, t) = w''_{xx}(0, t) = w''_{xx}(1, t) = 0 \quad (1.3)$$

Нелинейная дифференциальная задача в частных производных (1.1-1.3) приводится к задаче Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений методом конечных разностей с аппроксимацией $O(\delta^2)$ по пространственной координате. Задача Коши по времени решается методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности.

Были проведены численные эксперименты с целью выявления влияния толщины балки на сценарий перехода ее колебаний к хаосу. В экспериментах

использовались следующие параметры: $\varepsilon = 1$; $\omega_p = 5$, $\Delta t = 39,0625 \cdot 10^{-4}$ - шаг по времени в методе Рунге-Кутты, $n = 40$ - количество точек разбиения в методе конечных разностей. Схема приложения нагрузки дана на рисунке (рис.1).

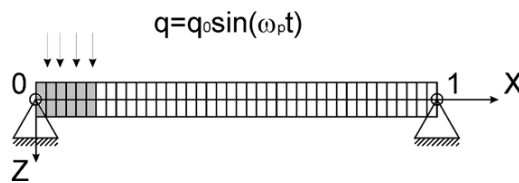


Рисунок 1. Локальная нагрузка, примененная к краю балки.

Серия численных экспериментов с $\lambda = 30$, $\lambda = 50$, $\lambda = 100$ показала, что переход к хаосу колебаний исследуемой балки осуществляется во всех случаях по сценарию Рюэля-Такенса. А именно посредством появления серии линейно зависимых частот. Так для $\lambda = 30$ сценарий приведен в таблице 1.

Таблица 1 Сценарий при $\lambda = 30$

q_0	Сигнал	Фазовый портрет	Спектр мощности
100			
1000			
3500			
5000			

На спектре мощности Фурье при $q_0 = 100$, по мимо частоты вынуждающей силы, представлены две независимых частоты $a_1 = 1.8623$ и $a_2 = 1.2763$. При движении по амплитуде нагрузки $q_0 = 1000$ появляется линейно зависимая частота $b_1 = 4.4179$ ($a_1 - a_2 = \omega_p - b_1 = 0.58$). С ростом управляющего параметра до $q_0 = 3500$ возникает серия зависимых частот $\omega_p - b_1 = b_1 - b_2 = b_3 - a_1 = a_1 - a_2 = a_2 - a_3 = a_3 - a_4$. Увеличение интенсивности нагрузки до $q_0 = 5000$ приводит систему в хаос.

В случае $\lambda = 50$, колебания системы были гармоническим до достижения амплитудой внешней силы значения $q_0 = 5000$. При $q_0 = 5000$ на спектре появились две независимые частоты по значению близкие соответствующим частотам из предыдущего эксперимента ($a_1 = 1.8592$ и $a_2 = 1.2763$). Увеличение нагрузки до $q_0 = 10000$ сопровождается возникновением линейно зависимой частоты $b_1 = 4.4087$ и небольшим смещением частоты $a_1 = 1.8715$ ($a_1 - a_2 = \omega_p - b_1$). Дальнейший рост управляющего параметра приводит к появлению серии зависимых частот, что при $q_0 = 22000$ переводит систему в хаос.

В численном эксперименте с $\lambda = 100$ система перешла в хаос по сценарию Рюэля-Такенса лишь при $q_0 = 150000$. Частоты $a_1 = 1.8623$ и $a_2 = 1.2763$ появляются на спектре мощности Фурье только при $q_0 = 10000$.

Численные эксперименты показали, что большему λ соответствует большее значение амплитуды внешней силы, переводящее колебания системы в хаос. Однако сценарий перехода колебаний в хаос во всех случаях одинаковый.

Список литературы

1. Доннелл Л. Г., Балки, пластины и оболочки /Л.Г. Доннелл// М.: Наука, 1982. 586 с.
2. Karman, Th. Festigkeitsprobleme in Maschinenbau/ Th. Karman // Encykle. D. Math. Wiss. 1910. Vol. 4, №4, P. 311 – 385
3. Крысько, В.А. Диссипативная динамика геометрически нелинейных балок Бернулли – Эйлера /В.А. Крысько, М.В. Жигалов, А.С. Десятова, О.А. Салтыкова // Изв. РАН. МТТ. 2008. №6. С. 128–136.

Кашибина Анастасия Андреевна, студентка 2 курса международного факультета прикладных технологий, Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, РФ

Крылова Екатерина Юрьевна, к. ф.-м. н., ассистент кафедры математического и компьютерного моделирования Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, РФ

Папкова Ирина Владиславовна, к. ф.-м. н., доцент кафедры Математика и моделирование Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, РФ

Крысько Вадим Анатольевич, д.т.н., профессор кафедры Математика и моделирование Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, РФ

УДК 628.977

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ

Киндеев Е.А., Иванова А.В., Канагина Ю.С., Фокина А.А.

DOI: 10.12737/14907

Аннотация. В статье обосновывается техническая возможность и экономическая эффективность применения светодиодных ламп в системах освещения производственных помещений.

Ключевые слова: светодиодные лампы, коэффициент пульсации освещенности.

С целью приведения показателей освещенности в соответствие с нормативами, а также в соответствии с рекомендациями нормативной документации¹ предлагается заменять люминесцентные светильники на светодиодные. Такое решение имеет несколько преимуществ: гарантированное снижение коэффициента пульсации, возможность применить светильники с предпочтительным спектральным составом излучаемого света, уменьшение потребления электроэнергии.

Для примера приведем расчет системы производственного освещения. Расчет производится методом коэффициента использования светового потока.

¹ В соответствии с п. п. 7.3-7.5 "СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*" (утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 N 783)

С целью снижения коэффициента пульсации и затрат на электроэнергию предлагается заменить люминесцентные лампы на светодиодные и установить светильники типа ВАТРА НСП09У-200-521 с косинусной кривой света ($\lambda_s = 1,6$). Коэффициент неравномерности освещения K_z для ламп равняется 1,5; коэффициент запаса K_s для всех рассматриваемых помещений равняется 1,1. Для наиболее эффективного использования ламп системы освещения принимаем высоту расположения светильников над полом равной 2,8 м.

В соответствии с общеизвестной методикой расчета общего освещения рассчитываем искусственное освещение некоего производственного помещения. Размеры помещения – 4×6,5 м; норма освещенности $E_n = 300$ лк.

В результате проведенного расчета получили следующее значение величины светового потока для каждого светильника: $F_c = 2681$ лм, всего в помещении необходимо установить шесть светильников.

Для достижения расчетного светового потока предлагается использовать в каждом светильнике по две люминесцентные лампы со световым потоком 1300 лм каждая:

$$F_{\text{факт}} = 2 \cdot 1300 = 2600 \text{ лм}; \Delta F < 15\%.$$

Общее количество ламп в помещении составит 12 штук.

Капитальные вложения в проект составляют:

$$K_n = K_m + K_o = 8000 + 800 \cdot 6 = 12\,800 \text{ руб.}, \quad (1)$$

где $K_m = 8000$ - затраты на монтаж системы освещения, руб.;

$K_o = 800$ - затраты на приобретение светильников, руб.

Для определения эксплуатационных затрат рассчитываем мощность, потребляемую одним светильником (2) и мощность системы освещения для данного помещения (3):

$$W_1 = w_l \cdot n, \quad (2)$$

где w_l – мощность одной лампы, Вт;

n – расчетное количество ламп в светильнике, шт.

$$W = W_1 \cdot N, \quad (3)$$

где N – расчетное количество светильников в помещении, шт.

Определяем затраты на оплату за израсходованную электроэнергию с учетом работы предприятия в одну смену, 250 рабочих дней в год при тарифе 5 рублей за 1 кВт в час:

$$Z_3 = \frac{W \cdot 1 \cdot t \cdot 250 \cdot 5}{1000}, \quad (4)$$

где t – продолжительность смены, ч ($t = 8$ ч).

Определяем затраты на покупку ламп для замены вышедших из строя:

$$Z_4 = \frac{1 \cdot t \cdot 250 \cdot n \cdot N \cdot c_1}{T_n}, \quad (5)$$

где c_1 – стоимость одной лампы, руб;

T_n – номинальный срок службы лампы, ч (номинальный срок службы для люминесцентных ламп $T_n = 8\,000$ ч, для светодиодных ламп $T_n = 30\,000$ ч).

По результатам проведенных расчетов определяем суммарные затраты на эксплуатацию рассчитанной системы освещения:

$$Z_{CO} = Z_3 + Z_4. \quad (6)$$

Производим расчеты в соответствии с формулами (2) ... (6).

Сначала рассчитываем затраты для системы освещения, оснащенной люминесцентными лампами:

- а) $W_1 = 58 \cdot 2 = 116$ Вт;
- б) $W = 116 \cdot 6 = 696$ Вт;
- в) $Z_3 = \frac{696 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 5}{1\,000} = 696$ руб.;
- г) $Z_4 = \frac{1 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 62100}{8\,000} = 600$ руб.;
- д) $Z_{CO} = 696 + 600 = 1\,296$ руб.

Итого затраты на монтаж и обслуживание систем освещения с люминесцентными лампами составляют:

$$Z_{лл} = 12\,800 + 1\,296 = 14\,096 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитываем затраты для проектируемой системы освещения со светодиодными лампами, имеющими такой же световой поток, как и выбранные люминесцентные лампы.

Капитальные вложения в проект составляют:

$$K_n = K_m + K_o = 8000 + 1\,916 \cdot 6 = 19\,496 \text{ руб.,}$$

где $K_m = 8\ 000$ – затраты на монтаж системы освещения, руб.;

$K_o = 1\ 916 \cdot 6$ – затраты на приобретение светильников, руб.

В помещении установлены 15-ваттные лампы стоимостью 658 рублей каждая.

а) $W_1 = 15 \cdot 2 = 30$ Вт;

б) $W = 30 \cdot 6 = 180$ Вт;

в) $Z_3 = \frac{180 \cdot 1,8 \cdot 250 \cdot 5}{1000} = 180$ руб.;

г) $Z_n = \frac{1,8 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 658}{50000} = 315,84$ руб.;

д) $Z_{CO} = 180 + 315,84 = 495,84$ руб.

Итого затраты на проектируемую систему освещения составляют:

$$Z_{cd} = 8000 + 1\ 916 \cdot 6 + 495,84 = 19\ 991,84 \text{ руб.}$$

Система освещения со светодиодными лампами дешевле в эксплуатации примерно на 800 руб. в год и дороже в приобретении примерно на 6700 руб. Таким образом, разница в стоимости покроеется за 8,375 лет.

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

а) проектируемая система освещения позволяет обеспечить в производственных помещениях нормативную освещенность;

б) технические характеристики ламп обеспечивают соблюдение требований к пульсации освещения;

в) применение светодиодных ламп вместо люминесцентных экономически целесообразно.

Киндеев Евгений Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автотранспортная и техносферная безопасность» ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, РФ

Иванова Анастасия Викторовна, студентка ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, РФ

Канагина Юлия Сергеевна, студентка ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, РФ

Фокина Анна Андреевна, студентка ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, РФ

УДК 687.122

АССОРТИМЕНТ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ НАРЯДНЫХ ПЛАТЬЕВ

Кирьякова Т.Г. Левдикова Е.В.

DOI: 10.12737/14908

Аннотация. Выбор ткани для платья и его отделки - должно сочетаться с образом человека, внутренним миром, внешними данными. При этом женщина не должна потеряться среди множества отделочных деталей. Нарядное платье должно подчеркивать индивидуальность, при необходимости корректировать фигуру, быть удобным и комфортным.

Ключевые слова: швейная промышленность, платье, требования к одежде, текстильные материалы, требования к нарядной одежде, технология изготовления изделия.

Одежда является одним из средств защиты тела человека. Она выполняет не только утилитарную, но и эстетическую, психологическую, социальную роль. Вечернее, нарядное платье сегодня - является произведением искусства. В настоящее время швейная промышленность представляет широкий выбор изделий этого ассортимента.

В моде на нарядные женские платья могут объединяться различные стили. В ней нет стандартных решений, фасон зависит от нашего вкуса и фантазии, открываются возможности для творчества. Тренд нарядного платья постоянно меняется. В 2014 модным является сведенное до минимума количество декора и деталей, в моде простой крой, юбки – длинные, до щиколотки или немного ниже колена, они могут быть из легкой летящей ткани или плиссированные. Однако следует отметить, что в нарядной одежде могут присутствовать платья с карманами, наряды с рукавами.

Элегантно смотрятся модели, имеющие простой, но изысканный крой, V-образные вырезы спереди, глубокие вырезы на спине – которые должны

подчеркивать богатые ткани. При создании моделей вечерних платьев следует учитывать сезон эксплуатации, климатические условия.

Коллекции одежды подразделяются на несколько категорий: некоторые коллекции состоят из моделей готовой продукции, пошиваемых большими партиями и стандартных размеров, называемых *Pret-a-porter*.

Для этого проводятся различные анкетирования и опросы потенциальных покупателей т. к. для создания модельного ряда следует учитывать мнение населения. Другая категория коллекций - *Haute couture*, является искусством высокого полета, которое создает эксклюзивные модели, выполняющиеся по заказу. Понятие «от-кутюр» предъявляет определенные требования к одежде, это потребительские, промышленные требования, особенно важным является человеческий фактор, который следует учитывать, создавая нарядную одежду для женщин различного телосложения, возраста, полных групп и социального статуса.

Особенно важно правильно подобрать силуэт изделия. Достаточно универсален трапециевидный силуэт платья «принцесса», который подойдет женщинам с любой фигурой и соответствует торжественным случаям. Он имеет четкие линии, юбка начинается от нижней линии топа и мягко спускается до низа изделия.

Женщины с неярко выраженной талией могут позволить себе платье силуэта «ампир», с приподнятой линией талии, находящейся под бюстом, это платье может быть с длинным, коротким рукавом или вообще без рукава. К этому силуэту хорошо подходит квадратный вырез.

Силуэт «русалка» подходит обладательницам красивой фигуры, платье плотно облегает тело от груди до колен, а ниже колена переходит в широкую юбку, оно может сочетаться с различными рукавами и вырезами.

При выборе платья, особое внимание стоит обратить на форму выреза. Каждый вырез будет по-особому смотреться на фигуре человека.

Овальный различной глубины от глубокого до высокого в зависимости от модели, он хорошо сочетается с длинным рукавом. Воротник – стойка красиво облегает шею и притягивает взгляд на лиф изделия. Квадратный вырез имеет форму линии и хорошо сочетается с любой формой и длиной рукава. Рекомендуется для высоких и миниатюрных женщин, этот вырез может скрыть большой бюст. Простой вырез без бретелек, образует дугу. Этот вырез

хорошо смотрится на женщинах с красивыми руками и плечами. Вырез «месяц», соединяется на краях плеч, образуя длинный вырез, от одного плеча до другого плеча по ключице, особенно подходит для женщин с высоким бюстом. Вырез «колье» состоит из двух бретелей, которые начинаются от лифчика и застегиваются на задней части шеи.

Нарядные платья могут быть разной длины. Длина Юбка может быть узкой или пышной. Под короткие платья обязательно нужно подбирать туфли на высоком каблуке. Для получения интересной модели, кроме конструктивных линий, изделие можно украсить отделочными деталями, которые могут быть выполнены из ткани другого цвета и фактуры, они могут быть украшены современной фурнитурой, вышивками, декоративными строчками, тесьмой, кантами, аппликацией, отделкой молниями, цветами.

При изготовлении изделия подвергается влажно – тепловой обработке, а затем, в процессе носки, возможно, стирке. При этих условиях должно быть учтено свойство материала давать усадку. Изделие должно иметь красивый внешний вид на протяжении всего промежутка времени его использования, поэтому при выборе материала необходимо учитывать несминаемость ткани.

При производстве швейных изделий используют материалы, обладающие различными свойствами. Конструкция изделий, технология их изготовления зависят от свойств материалов.

Для обоснования выбора свойств материалов в работе была проанализирована структура ткани, оценены её свойства. Это было необходимо для установления режимов обработки, влияющих на затраты времени изготовления изделий. Выбор материалов производят в соответствии с назначением изделия и направлением моды. При выборе нужно учитывать эстетические и гигиенические свойства, фактуру материала т.к. разные ткани по-разному драпируются, держат форму. В зависимости от свойств материала была разработана конструкция модели, предусмотрены припуски на швы, предложена технология обработки.

Красивый внешний вид отчасти зависит от качества обработки изделия. В этом случае следует учесть такое свойство как осыпаемость материала. Этот показатель должен учитываться при выборе методов обработки, так как значительное осыпание срезов приводит к быстрому разрушению швов в процессе эксплуатации одежды.

При пошиве нарядного платья особое внимание уделяется созданию формы корсета изделия, при создании которого немаловажную роль играют укрепляющие части (косточки), которые служат для удержания формы и предохраняют лиф от провисания.

Укрепляющие части могут быть из металла, пластика. В настоящее время для этих целей рекомендуется использовать регилин, который настрачивается на швы рельефов или в виде вставляется в кулиски верхнего слоя лифа. Перед началом работы регилин следует проутюжить с паром, чтобы в дальнейшем избежать его изгибания. Для более прочного укрепления лифа можно одновременно использовать металлические пластины, которые вставляют в швы рельефов, а регилин настрачивают на детали, чем придают дополнительную жёсткость изделию.

Левдикова Елена Викторовна, студентка 5 курса конструкторско-технологического факультета УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Кирьякова Татьяна Георгиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и технология одежды УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

УДК 519.711:004.85

МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

Киселев Е.С.

DOI: 10.12737/14909

Аннотация. В работе рассматриваются различные алгоритмы обучения многослойного перцептрона. В пакете STATISTICA Neural Networks произведено моделирование процесса обучения многослойного перцептрона.

Ключевые слова: нейронные сети, многослойный перцептрон, алгоритм обучения.

Искусственные нейронные сети широко используются для решения разнообразных задач: распознавание образов, классификация, управление и принятие решений, ассоциативная память и другие.

Существует большое число разнообразных архитектур нейронных сетей с различными принципами функционирования. В работе рассматривается многослойная полносвязная нейронная сеть прямого распространения – многослойный персептрон, которая широко используется для решения задач распознавания образов, прогнозирования временных рядов и аппроксимации функций.

Одной из ключевых особенностей нейронных сетей является их способность к обучению. Целью обучения является сопоставление некоторому множеству начальных значений (входов) множества выходных значений. Этот процесс осуществляется за счет определенного алгоритма изменения весовых коэффициентов связей между отдельными нейронами.

В пакете STATISTICA Neural Networks был спроектирован многослойный персептрон с одним скрытым слоем для решения задачи прогнозирования временного ряда. Входной слой состоял из 5 нейронов, выходной из 1 нейрона, число нейронов в скрытом слое – 10.

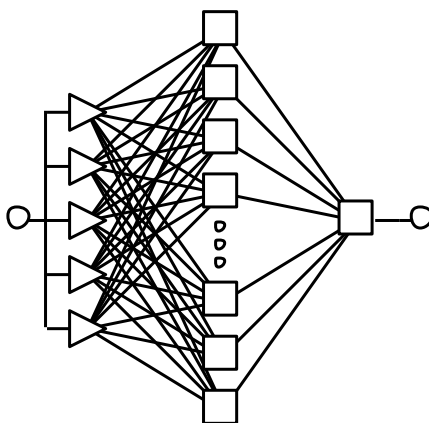


Рисунок 1 – Исследуемый многослойный персептрон

Обучение нейронной сети происходило следующими методами:

- алгоритм обратного распространения ошибки;
- метод градиентного спуска;
- метод Левенберга-Маркара;
- метод быстрого распространения (метод градиентного спуска с адаптивным обучением);

- метод дельта-дельта с чертой (метод градиентного спуска с учетом моментов и адаптивным обучением).

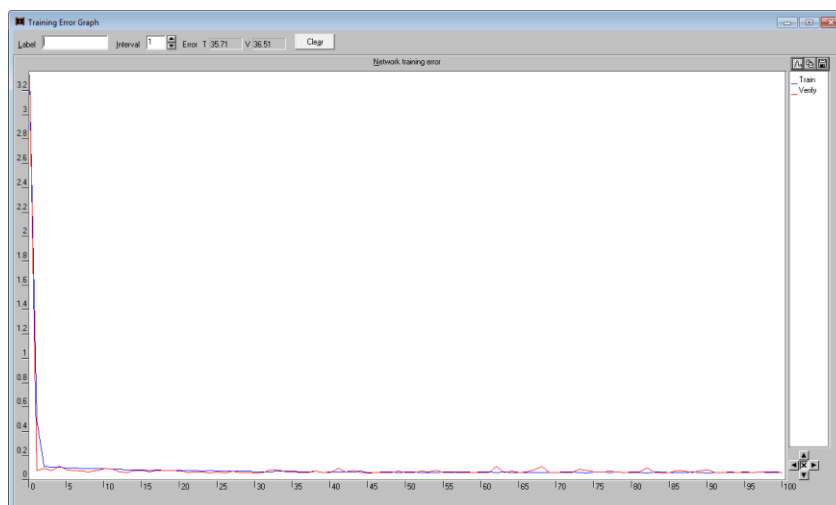


Рисунок 2 – График ошибки обучения для алгоритма обратного распространения

Анализ полученных результатов обучения после 100 эпох позволяет сделать следующие выводы:

1. Наилучшие результаты прогнозирования были получены при использовании метода Левенберга-Маркара. Величина S.D. Ratio на тестовом множестве оказалась равной 0,228, что означает прекрасное качество регрессии.
2. Метод обратного распространения ошибки оказался наименее устойчивым, что продемонстрировано на рисунке 2.
3. Метод дельта-дельта с чертой для решения поставленной задачи оказался полностью неэффективным, что связано с его особенностью в большей степени застревать в локальных минимумах.

Список литературы

1. Андреева Е.А. Оптимизация нейронных сетей: учеб. пособие. – Тверь, 2008.
2. Круглов В.В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002.
3. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / Под редакцией В.П. Боровикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008.
4. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. Пер. с англ. Ю.А. Зуева, В.А. Точенова. – М.: Мир, 1992.

Киселев Евгений Сергеевич, аспирант кафедры компьютерной безопасности и математических методов управления Тверского государственного университета, г. Тверь, РФ

УДК 637.132 (088.8)

РЕЗЕРВУАР-ОХЛАДИТЕЛЬ МОЛОКА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ХЛАДОНОСИТЕЛЕМ

Кишев М.А.

DOI: 10.12737/14910

Аннотация. Приводится краткий анализ конструкций существующих резервуаров для охлаждения молока и движения теплоносителей. Указаны их основные недостатки.

Ключевые слова: резервуар-охладитель, коэффициент теплоотдачи, теплоноситель.

Современная технология обработки и переработки жидких продуктов в различных отраслях перерабатывающей промышленности широко использует резервуары-охладители, вследствие их универсальности [1]. Основное их назначение это сбор, охлаждение, и хранение жидких продуктов при минимальных энергозатратах [2,3].

Их техническое совершенство [4] характеризуется скоростью обработки, энергозатратами на охлаждение, технологичностью изготовления и эксплуатационными параметрами.

В зависимости от типа производства, требований к обрабатываемому продукту существуют различные резервуары-охладители.

По способу охлаждения резервуары-охладители бывают с промежуточным хладоносителем, непосредственным охлаждением, встроенным и погружным испарителем [1,5, 6].

Резервуары-охладители промежуточного охлаждения имеют недостаточно высокий коэффициент теплопередачи, поскольку хладагент передает низкотемпературный потенциал промежуточному хладоносителю, движущемуся в специальных каналах водяной рубашки 4 (рис.1).

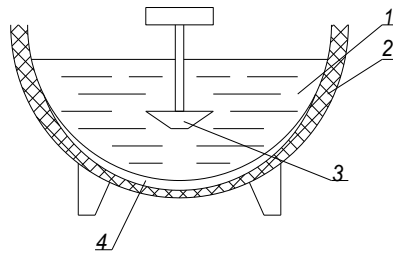


Рис. 1- Схема резервуара с промежуточным охлаждением: 1- ванна; 2- теплоизоляция; 3- мешалка; 4- водяная рубашка.

Движение воды в каналах, направленных вдоль оси резервуара, характеризуется относительно высокой скоростью, так как прокачивается насосом. Движение потока молока, перемешиваемого мешалкой, также направлено вдоль оси резервуара. Скорость потока молока вдоль стенки ванны по её высоте различно из-за формы поперечного сечения, высоты расположения мешалки и объем заполнения. Коэффициент теплоотдачи от стенки резервуара к продукту имеет скромное значение.

Для интенсификации теплообмена между молоком и хладоносителем необходимо создать их противоточное движение, увеличить скорость движения молока и ликвидировать застойные зоны.

Сущность предлагаемой модели [7] заключается в следующем.

Резервуар-охладитель молока включает в себя корпус 1 с амортизацией, в котором расположена молочная ванна 2, с расположенным по периметру молочной ванны на боковых и торцевых ее поверхностях распределителем для молока, имеющая распределитель 3 для молока. В верхней части резервуара-охладителя по периметру молочной ванны 2 расположен всасывающий коллектор 4 для отвода теплоносителя, имеющий расположенные по его длине отверстия 5. Внутри молочной ванны 2 расположена мешалка 6. Пластины 7 размещены с наружной стороны молочной ванны 2 по всему её периметру на боковых и торцевых сторонах внутри корпуса 1 с амортизацией и образуют потокоформирователь, повторяющий форму молочной ванны 2. По две пластины 7, расположенные на боковой и торцевой поверхностях молочной ванны 2, стянуты в нижней её части с образованием щели. Потокоформирователь расположен с зазором к стенке молочной ванны 2 и образуют охлаждающую рубашку. Благодаря выступам 8, выполненным на внутренней стороне пластины 7, образуется полость 9 для прохода хладоносителя. Пластины 7 прикреплены к отбортовке молочной ванны 2 и

загерметизированы прокладками 10 и 11, а в нижней части стянуты элементом 12. Резервуар-охладитель молока снабжен поддоном 13 для хладоносителя, соединенный с испарителем 14. Коллектор 15 размещен в поддоне 13.

Насос нагнетает нагретую в полости 9 воду в испаритель 14 холодильной машины, где она охлаждается и поступает в поддон 13, откуда засасывается через щель между пластинами 7 в полость 9, проходя через разветвленные каналы между стенкой молочной ванны 2 с боковых и торцевых сторон и выступами 8 во всасывающий коллектор 4 и далее вновь поступает в испаритель 14. Движение хладоносителя по боковым и торцевым сторонам молочной ванны 2 способствует увеличению площади теплообменной поверхности.

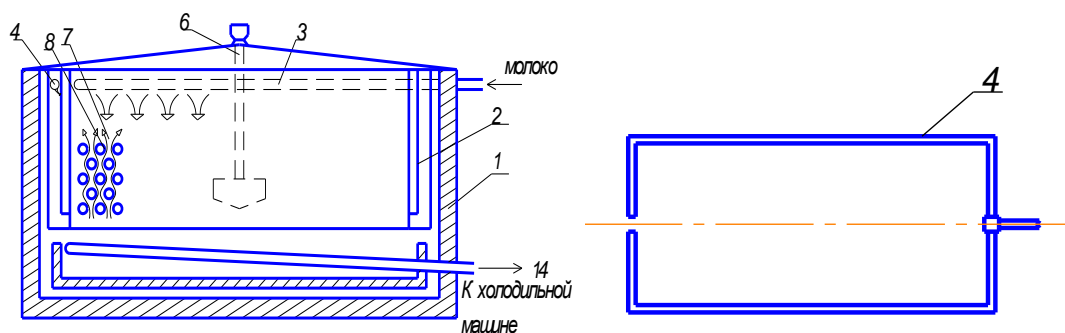


Рис. 2- Движение промежуточного хладоносителя и молока вдоль продольной стенки резервуара

Таким образом, интенсификация процесса охлаждения достигается созданием противоточной системы циркуляции благодаря просасыванию хладоносителя, поступающего из холодильной машины и имеющую самую низкую температуру, противотоком к стекающему по внутренней стороне молочной ванну молоку.

Анализ конструкций современных резервуаров-охладителей показывает существование возможности для их дальнейшей модернизации для увеличения их эффективности.

Список литературы

1. Краснокутский, Ю.В. Резервуар-охладители молока [Текст] / Ю.В. Краснокутский - М.: Россельхозиздат, 1983,- 62с., ил.
2. Кишев М.А., Улимбашев М.Б., Кишева М.А. Тепловые потоки фермских холодильных машин Вестник АПК Верхневолжья, № 2. Июнь 2013, с 93-95.

3. Кишев, М.А. Снижение энергетических затрат при охлаждении молока [Текст] / М.А. Кишев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, №2, 2011. - с. 58-60.

4. А.с. 1644838 СССР, МКИ А 01 J 9/04. Резервуар-охладитель молока [Текст]/ Ю.В. Краснокутский, Б.Н. Чапаев (СССР).- № 4606768/13; заявл. 17.11.88; опубл. 30.04.91, Бюл. №16.-3с.:ил.

5. А.с. 1644838 СССР, МКИ А01J 9/04 Резервуар-охладитель молока [Текст]/Кишев М.А., Краснокутский (СССР)-№ 4606766/30-13(159384); заявл. 17.1988; опубл. 20.11.89-3с.: ил.

6. Кишев, М.А. Современные резервуары-охладители молока [Текст] / М.А. Кишев, А.Х. Кумыков // Проблемы развития АПК Саяно-Алтая. Материалы Международной научно-практической конференции. Абакан.-2013.- с. 187-190.

7. Резервуар-охладитель молока Пат. 143773 Российская федерация, МПК А 01J 9/04. Резервуар-охладитель молока [Текст] / Кишев М.А.; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарский ГАУ.-№2013148696/13; заявл.31.10.2013; опубл.27.07.2014, Бил. №21.-2с.:ил.

Кишев Кантемир Мухамедович, студент 1 курса магистратуры факультета Механизации и энергообеспечения предприятий Кабардино-Балкарского аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик, РФ

Научный руководитель - Кишев Мухамед Азреталиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Энергообеспечение предприятий Кабардино-Балкарского аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик, РФ

УДК 534.2

ЦИФРОВОЙ ВИБРОМЕТР НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭФФЕКТА

Клевещ К.В., Мирошниченко А.А., Тарасов А.Д.

DOI: 10.12737/14925

Аннотация. Инженеры и техники занимаются вопросами, связанными с уменьшением механических колебаний и виброизоляции. В данной статье разработана и описана функциональная схема цифрового вибromетра.

Ключевые слова: механические колебания, вибродатчик, ускорение, скорость, смещение.

Необходимость точного измерения и анализа механических колебаний возникла с первых шагов разработки и конструирования машин, учитывающих вопросы амортизации механических колебаний и виброизоляции. Исследование механических колебаний машин медленного действия в прошлом основывалось на опыте инженеров-конструкторов и применении несложных оптических приборов, измеряющих смещение механических колебаний.

В последнее время произошло быстрое развитие техники измерения и анализа механических колебаний (виброметрии) с тем, чтобы удовлетворить всем требованиям исследования и испытания новых, легких и быстродействующих машин и оборудования. Применение пьезоэлектрических акселерометров, преобразующих механические колебания в электрические сигналы, раскрыло новые возможности точного измерения и анализа механических колебаний электронными измерительными приборами [1].

Таким образом, разработка цифрового виброметра для приборостроения является весьма актуальной на сегодняшний день.

Применение вибродатчика, чувствительного к ускорению, дает возможность измерения и анализа не только ускорения, а также скорости и смещения механических колебаний. Нужно преобразование ускорения в скорость и смещение обеспечивают электронные интеграторы, которыми снабжено большинство современных виброизмерительных приборов.

Разработанный цифровой виброметр является портативным прибором, измеряющий ускорение, скорость и смещение механических колебаний в частотном диапазоне от 0,3 Гц до 15 кГц. Этот прибор выполнен с высокой точностью и отличается надежностью и стабильностью при эксплуатации, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

На рисунке 1 представлена функциональная схема цифрового виброметра.

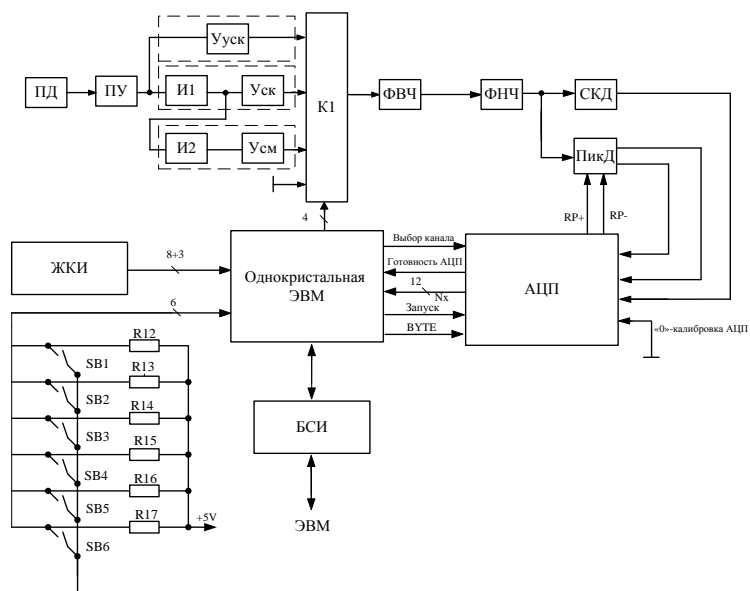


Рисунок 1 – Функциональная схема цифрового виброметра

Функциональная схема состоит из следующих блоков:

ПД – Пьезоэлектрический датчик.

ПУ– Предварительный усилитель.

$U_{уск}$ – Усилитель канала ускорения для нормирования выходного сигнала датчика к диапазону преобразования АЦП.

$U_{ск}$ – Усилитель канала скорости.

И1 – Интегратор преобразует сигнал ускорения в сигнал пропорциональный скорости.

$U_{см}$ – Усилитель канала смещения.

И2 – Интегратор, для преобразования напряжения канала скорости в сигнал пропорциональный смещению.

К – Коммутатор, для выбора измерительного сигнала.

ФВЧ – Фильтр высокой частоты.

ФНЧ – Фильтр низкой частоты.

СКД – Среднеквадратический детектор.

ПикД – Пиковый детектор, для регистрации максимального и минимального значения величины входного сигнала.

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь, который преобразует входное аналоговое напряжение в цифровой код.

МПК – Однокристалльный микропроцессор, предназначен для построения микроконтроллеров, микро - ЭВМ, управляющих микропроцессорных систем средней производительности.

БСИ – блок стандартного интерфейса служит для хранения и документации измеренных данных.

ЖКИ – Жидкокристаллический индикатор.

Прибор работает следующим образом.

На выходе пьезоэлектрического датчика (акселерометра) формируется напряжение, пропорциональное ускорению воздействующих на него механических колебаний. Выходной сигнал датчика поступает на входы каналов преобразования ускорения, скорости и перемещения.

При измерении скорости сигнал интегрируется интегратором И1, а при измерении виброперемещения двукратно интегрируется интеграторами И1 и И2. Каждый из этих сигналов, посредством коммутатора К выбирается для дальнейшей обработки: фильтрации, вычисления СКЗ и пиковых значений сигналов, которые подаются на входы коммутатора, встроенного в АЦП. С выхода коммутатора сигнал поступает на вход АЦП, выходной код которого считывается микропроцессором. В качестве АЦП предполагается использовать с диапазоном преобразования от 0 – 10В, следовательно, выходные сигналы каждого канала выходного блока не должны превышать 10 В. После обработки окончательный результат измерений выдается контроллером на индикаторное табло (ИТ), в качестве табло используем ЖКИ, для считывания его оператором. Для управления работой ЦИПВ служит блок ручного управления БРУ. Блок стандартного интерфейса служит для согласования работы с ЭВМ.

Прибор эффективен для оперативного измерения и контроля вибросостояния механического оборудования в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. В. Шарапов, М. Мусиенко, Е. Шарапова. Пьезоэлектрические датчики. – М.: Техносфера. 2006.–650с.

Клевец Кристина Владимировна, студент 1 курса магистратуры ФИТУ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Мирошниченко Антон Андреевич, студент 1 курса магистратуры ФИТУ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Тарасов Александр Дмитриевич, студент 1 курса магистратуры ФИТУ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

УДК 622.2

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИЙ

Клевец К.В., Мирошниченко А.А., Тарасов А.Д.

DOI: 10.12737/14926

Аннотация. В настоящее время инженеры разрабатывают методы контроля механических колебаний и ударов при применении виброизмерительных приборов. В этой статье разработана и описана структурная схема устройства

Ключевые слова: пьезоэлектрический датчик, предварительный усилитель, вибрации, источник питания, фильтры.

При измерении, анализе и регистрации механических колебаний в полевых условиях особенно эффективны и одновременно удобны портативные и работающие от батареи виброизмерительные приборы, снабженные внутренним предусилителем для акселерометра и цифровым индикатором [1].

Разработан измеритель параметров вибраций, являющийся портативным прибором, работающим от батареи возможность измерений ускорения, скорости и смещения механических колебаний и ударов в частотном диапазоне от 0,3 Гц до 15 кГц. Портативная конструкция, высокая точность, надежность и стабильность параметров прибора способствуют его эффективному применению, как в полевых, так и в лабораторных условиях.

Особенности прибора:

1. Внутренний батарейный источник питания.
2. Широкий диапазон измерений ускорения, скорости и смещения механических колебаний.
3. Пиковый детектор и детектор среднеквадратичного значения
4. Регулируемые фильтры нижних и верхних частот.
5. Жидкокристаллический индикатор.

Прибор можно использовать с целью обнаружения источников создающих шум и вибрации.

Структурная схема измерителя параметров вибраций представлена на рисунке 1.

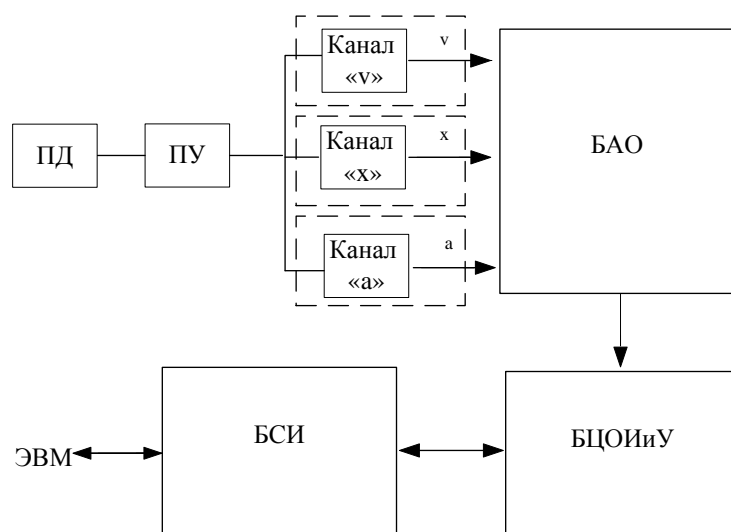


Рисунок 1 – Структурная схема измерителя параметров вибраций

ПД – пьезоэлектрический датчик преобразует ускорение механических колебаний в электрический сигнал;

ПУ – предварительный усилитель, согласует выходное напряжение пьезодатчика с последующими каскадами прибора;

Каналы «v» – Канал преобразования скорости; на выходе формируется сигнал, пропорциональный скорости.

Канал «a» – Канал преобразования ускорения; на выходе формируется сигнал, пропорциональный ускорению.

Каналы «x» – Канал преобразования смещения; на выходе формируется сигнал, пропорциональный смещению.

БАО – Блок аналоговой обработки; осуществляет фильтрацию сигнала, вычисление среднеквадратического значения сигнала и максимального и минимального значений выбранных сигналов.

БЦОИиУ – Блок цифровой обработки информации и управления; преобразует аналоговые значения сигналов в цифровые значения измеряемых величин.

БСИ – Блок стандартного интерфейса; предназначен для передачи полученных результатов в ЭВМ для дальнейшей обработки и документирования.

Измеритель параметров вибраций применяется при контроле создаваемых производственным оборудованием механических колебаний с тем, чтобы заблаговременно принимать нужные меры в случае превышения амплитудой этих колебаний допустимого уровня. Прибор также эффективен при производственном контроле качества продукции для обеспечения соответствия параметров изделий техническим условиям.

Список литературы

1. Пьезоэлектрические акселерометры и предусилители, – М.: Брюль и Кьер.,1978г.–116с.

Клевец Кристина Владимировна, студент 1 курса магистратуры ФИТУ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Мирошниченко Антон Андреевич, студент 1 курса магистратуры ФИТУ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

Тарасов Александр Дмитриевич, студент 1 курса магистратуры ФИТУ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

УДК 004.822

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПЛАНА С ПОМОЩЬЮ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Климович Ю.О.

DOI: 10.12737/14927

Аннотация. На основе учебного плана и рабочих программ специальности «Управление информационными ресурсами» разработана трехмерная семантическая сеть и выделены ее основные проблемные участки. Для анализа качества сети введены показатели, характеризующие связи между узлами сети. Составлены рекомендации для оптимизации учебного плана.

Ключевые слова: учебный план, оптимизация, семантическая сеть, мультиграф.

Проблемная область. Учебный план предназначен для организации учебного процесса. Он предусматривает такую последовательность изучения предметов, чтобы общеобразовательные знания являлись базой для изучения общетехнических и специальных предметов, они в свою очередь обеспечивали теоретическую основу для производственного обучения [3].

Однако на практике случается, что содержание учебных программ не вполне соответствует общему учебному плану, например, некоторые темы повторяются или некоторые предметы/темы требуют знаний, которые студенты получают позже. В таком случае возникает задача его оптимизации.

Объектами исследования являются учебный план и рабочие программы. Предмет исследования – оптимизация учебного плана. Цель – поиск узких мест в структуре учебных планов и путей их устранения.

Я предполагаю, что данную проблему можно решить, смоделировав семантическую сеть, которая наглядно выявит проблемы [1]. Опишем реализованные этапы моделирования.

Разделение дисциплин по блокам. За 2,5 года обучения на специальности «Управление информационными ресурсами» было изучено более двадцати дисциплин. Чтобы можно было более глубоко проработать существующую проблему, следуя принципу агрегирования [4], разделяем все дисциплины на 4 блока: менеджмент (кол-во дисциплин), математика (кол-во дисциплин), экономика (кол-во дисциплин) и иное (кол-во дисциплин).

Выявление связей внутри каждого блока и между ними. К каждому из блоков применяем принцип декомпозиции: разбиваем на более мелкие составные части – темы [5]. Изучаем рабочие программы по каждой дисциплине, отмечаем темы, которые дублируются в другом предмете этого же блока. Также отслеживаем темы, которые читаются на ранних курсах, для которых нужно знание материала, читаемого на курсах более поздних.

Составляем семантическую сеть, узлы которой – темы предметов, а дуги – отношения между ними. Такая сеть лежит в двухмерной системе координат. На этом этапе мы используем два вида связей: дублирование (отмечаем пунктиром) и следование (направленной сплошной стрелкой).

Выявление связей между блоками. Ищем взаимосвязи дублирования и следования между темами различных блоков. Например, тема «сетевое

планирование» дублируется в трех дисциплинах. Такая семантическая сеть будет лежать в трехмерной системе координат (рис.1).

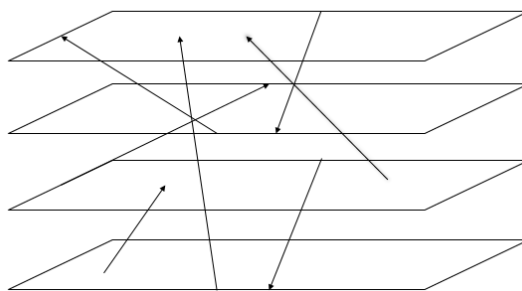


Рисунок 1

Моделирование общей семантической сети и анализ дуг. Когда все блоки проработаны в отдельности и между собой, можно моделировать общую семантическую сеть. Она даст нам наглядное представление о ситуации данного учебного плана, его проблемах и преимуществах.

Узлами такой сети будут являться дисциплины, а дугами – отношения дублирования и следования между ними. На получившейся сети некоторые предметы связаны между собой и стрелкой следования, и стрелкой дублирования, а это значит, что данная семантическая сеть является мультиграфом [2]. Графическое изображение нашей итоговой сети поместилось на листе формата А1: нанесено 29 дисциплин, 12 дуг следования и 23 дуги дублирования. 4 дисциплины выделены красным цветом, потому что они не имеют дуг взаимосвязи.

Показатели, характеризующие связи между дисциплинами. Для анализа качества сети введем показатели, характеризующие связи между дисциплинами, которые помогут нам дать количественную оценку каждой дуге.

Показатель дублирования (ПД).

$$\text{ПД} = \frac{a_1 + a_2}{b} * 100\%$$

где, a_1 – количество дублируемых тем в дисциплине (1), a_2 – количество дублирующихся тем в дисциплине (2), b – общее количество тем в обеих дисциплинах. Показатель имеет смысл доли (в процентном выражении) дублируемых тем в общем количестве тем.

С учетом полученных данных мы можем не уделять внимания дугам, имеющим малый процент дублирования, а всё внимание направить на устранение проблемных участков: связей, чей вес превышает 10% (экспертная

оценка).

Показатель силы связи между дисциплинами при последовательном изучении (ПСС).

$$\text{ПСС} = \frac{a}{b} * 100\%$$

где, а – количество тем в дисциплине (1), использующихся в дисциплине (2), b – общее количество тем в обеих дисциплинах. Этот показатель имеет смысл доли (в процентном выражении) следуемых тем в общем количестве тем. Приемлемым будем считать значение показателя, превышающего 15% (экспертная оценка).

Заключение. На семантической сети выявлены некоторые проблемы: множественное дублирование (повторяющиеся темы в дисциплинах); обратное следование; висячие дисциплины (некоторые дисциплины в блоке «иное» оказались никак не связаны с другими дисциплинами).

Для оптимизации учебного плана: необходимо минимизировать показатель дублирования дисциплин, например, из курса «Высшей математики» можно убрать темы «Задачи линейного программирования» и «Системы массового обслуживания», т.к. они более подробно изучаются в дисциплинах «Ситуационный анализ и моделирование управленческих решений» и «Теория систем и системный анализ», а увеличить количество часов по «Теории вероятности». Также, можно переместить курс лекций «Базы данных» из 5-го в 3-ий семестр, т.к. знания этого курса понадобятся в дисциплине «Алгоритмизация и программирование». Таким образом, мы решим проблему с обратным следованием.

Список литературы

1. Макарова, Н. В. Информатика: учебник для вузов/ Н.В. Макарова, В.Б. Волков. – СПб.: Питер, 2011. – с. 576.
2. Судоплатов, С. В. Элементы дискретной математики [Текст] / С. В. Судоплатов. – М.: Инфра-М, Новосибирск, Изд. НГТУ, 2002. – с. 280.
3. Слостенин, В. А. Педагогика: Учебное пособие для студентов педагогических учебных заведений [Текст] / В.А.Слостенин, И.Ф.Исаев, А.И.Мищенко, Е.Н.Шиянов. – М.: Школа-Пресс, 1997. – с. 512.
4. Академик. Режим доступа: <http://dic.academic.ru>. Дата доступа: 24.12.2014.

5. Скриган, Н. И. Принцип декомпозиции: особенности применения при анализе и прогнозировании финансовых рынков [Текст] / Н. И. Скриган, Н. Н. Скриган // Новости науки и технологий. – 2010. – №4 (17). – С. 30–31.

Климович Юлия Олеговна, студентка 4 курса факультета математики и информатики Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, г. Гродно, Республика Беларусь

Научный руководитель - Цехан Ольга Борисовна, канд. физ.- мат. наук, доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, г. Гродно, Республика Беларусь

УДК 519.6+624.13

О ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ УПЛОТНЯЕМОГО ГРУНТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Ковалева Н.В.

DOI: 10.12737/14929

Аннотация. Изучается применение численного моделирования (метод конечных разностей) как инструмента анализа технологической операции уплотнения грунта при строительстве лесной автомобильной дороги.

Ключевые слова: численное моделирование, уплотнение грунта.

По определению лесные дороги относятся к дорогам промышленного (лесопромышленного и лесохозяйственного) транспорта и подразделяются, соответственно, на лесовозные и лесохозяйственные дороги. В технологии строительства лесных дорог устройство насыпи и уплотнение насыпного грунта является основной технологической операцией. Доминирующая значимость этой операции определяется тем, что от качества дороги зависят как расходы на ее эксплуатацию, так и затраты на перевозку заготовленных лесоматериалов по данной дороге. Повышение качества лесовозной дороги сопряжено, как правило, с увеличением расходов на оплату материалов, машин, труда [1-5]. Однако рациональное использование природных ресурсов и

совершенствование технологии строительства предполагает исследование возможностей повышения качества лесных дорог без увеличения их стоимости. Необходимо учитывать ограничения на продолжительность эксплуатации дорог, что определяется объемами подлежащей вывозке древесины. Поэтому качество и стоимость лесной дороги не должны быть избыточно высокими. Сложность теоретического исследования уплотняемого грунта объясняется тем, «что в течение всего процесса приложения внешней нагрузки среда деформируется и при каждом циклическом приложении нагрузки «набирает» прочность, как следствие постоянно изменяет свои свойства» [5]. Некоторые технологические аспекты данной задачи рассмотрены в статье [6].

Чтобы учесть влияние уплотнения грунта на величину модуля деформации, нами предлагается использовать шаговый метод расчета, отличающийся тем, что на каждом шаге корректируется модуль деформации, а именно, с увеличением сжимающей нагрузки модуль возрастает до определенной величины, а при уменьшении нагрузки модуль деформации не изменяется. Появляющиеся при этом остаточные деформации определяют степень уплотнения грунта. Если достигается требуемая степень уплотнения, то изменения модуля деформации прекращаются. В математической модели уплотняемого грунта корректировка модуля деформации выполняется соответствующим изменением коэффициента жесткости упругого элемента, например, в модели Фойгта. Такой подход, как показал анализ известной нам литературы, ранее не использовался в методиках расчета уплотняемых насыпей лесных автомобильных дорог. Перемещение U , первая \dot{U} и вторая \ddot{U} производные по времени (т.е. скорость и ускорение) связаны с параметрами модели M , b , S и внешним воздействием F (рис. 1) уравнением вида $M\ddot{U} + b\dot{U} + SU = F$. Численное решение данного уравнения выполнено по аналогии с [7].

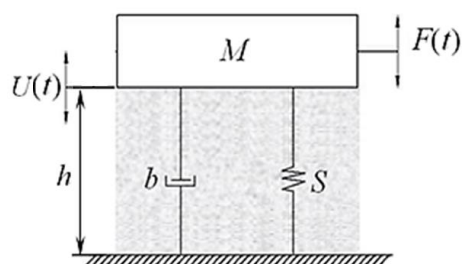


Рисунок 1 – Модель «уплотняемый слой – уплотняющее устройство».

Частично результаты решения приведенного выше уравнения с применением конечно-разностной схемы первого порядка точности и шагом по времени 0,01 секунды приведены на рис. 2. Модуль деформации грунта до и после уплотнения равен, соответственно, $E_0 = 0,55$ МПа и $E_k = 20$ МПа. Плотность $\rho_0 = 1700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\rho_k = 2150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Начальная толщина уплотняемого слоя грунта $h_0 = 0,5$ м. $F = -50000(1 + \cos(\Omega t))$, $\Omega = 1,257\text{с}^{-1}$ (моделируется уплотняющее воздействие, создаваемое экскаватором [6]).

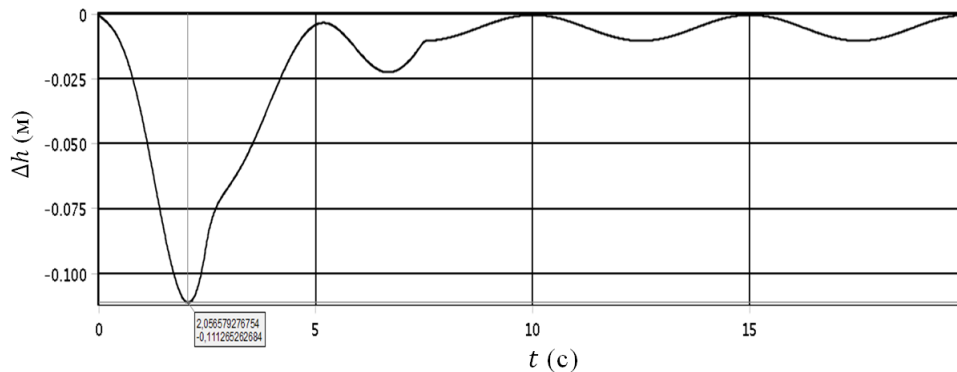


Рисунок 2 – Изменение Δh в зависимости от времени t .

Наибольшее изменение толщины уплотняемого слоя $\Delta h \sim (-0,111)$ м достигается примерно через две секунды после старта технологической операции уплотнения. Начиная с третьего цикла Δh незначительно (0,011 м). Более детальный анализ особенностей уплотнения грунта при строительстве лесных дорог по технологии [6] требует отдельного рассмотрения.

Работа выполнена в рамках реализации научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг.

Список литературы

1. Александров В.А. Моделирование технологических процессов лесохозяйственных машин / В.А. Александров, В.И. Варавя, Г.Ш. Гасымов // С.-Петербург. гос. лесотехн. акад. СПб., 2004. – 95 с.
2. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог лесопромышленного комплекса / В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев, О.Н. Бурмистрова, А.В. Скрыпников // Воронеж, 2002. 176 с.
3. Влияние форвардеров на лесные почво-грунты / В.К. Катаров, В.С. Сюнёв, Е.И. Ратькова, Ю.Ю. Герасимов // Resources and Technology. 2012. Т. 9. № 2. С. 73-81.
4. Сюнёв В.С. Методика прогнозирования воздействия лесозаготовительных машин на почвогрунты в межсезонные периоды / В.С. Сюнёв, Е.И.

Ратькова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2012. № 6. С. 70-74.

5. Савельев С.В. Исследования напряжённно-деформируемого состояния упруго-вязкой среды при вибрационном нагружении / С.В. Савельев, В.В. Михеев // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 25. С. 83-87.

6. Ковалева Н.В. Обоснование технологических решений строительства лесных дорог по критерию прочности дорожного полотна / Н.В. Ковалева // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 6 (151). С. 111-113.

7. Колесников Г.Н. Дискретные модели механических и биомеханических систем с односторонними связями / Г.Н. Колесников // Петрозаводск, 2004. 204 с.

Ковалева Наталья Владимировна, аспирантка 3 года обучения, Институт лесных, инженерных и строительных наук Петрозаводского государственного университета, кафедра транспортных и технологических машин и оборудования, г. Петрозаводск, РФ

Научный руководитель – Сюнёв Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, РФ

УДК 674.8-036.61.8

УРАВНЕНИЯ РАБОТЫ АДГЕЗИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОИЗВОДСТВУ

ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

Кожевников Д.А.

DOI: 10.12737/14930

Аннотация. Получены уравнения работы адгезии для клеевых составов на основе карбамидоформальдегидной смолы, модифицированной спиртами по отношению к костре льна как наполнителю древесно-стружечных плит.

Определен оптимальный расход и тип модификатора для обеспечения максимальной работы адгезии клеевых составов.

Ключевые слова: древесно-стружечная плита, костроплита, костра льна, карбамидоформальдегидная смола, спирт, модификации, работа адгезии.

Для производства плитных материалов конструкционного назначения в качестве основного сырья находят применение в основном древесные дискретные частицы различного фракционного состава. Кроме этого имеется возможность использования других целлюлозосодержащих природных материалов, способных склеиваться посредством традиционных синтетических клеев. Льняная костра является дешевым и эффективным наполнителем древесных плит, что обусловлено рядом ее положительных свойств – определенный фракционный состав, повышенное содержание целлюлозы, особая защищенность от действия влаги и воды за счет наличия кутикулярного слоя, малая стоимость [1,2].

Прочностные показатели композиционных материалов на основе костры, ниже, чем у материалов на основе древесных частиц [3], что обусловлено, главным образом, особенностями адгезионного взаимодействия костры с клеевым составом.

Улучшение качественных показателей конструкционных плит, произведенных с применением костры, возможно путем модификации связующих с целью снижения их поверхностного натяжения, улучшения растекаемости и смачивания, повышения равномерности осмоления. Так при применении карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных спиртами на стадии смешивания компонентов клея, прочностные свойства плит на основе костры значительно возрастают [4].

При анализе эффективности смачивания костры льна синтетическими клеями удобно пользоваться основными положениями теории адгезии и смачивания [5]. Важной характеристикой взаимодействия на границе раздела жидкость – твердое тело является работа адгезии W_a , затрачиваемая для отрыва жидкости от твердой поверхности, которая оценивается следующим соотношением:

$$W_a = \sigma_{жг} + \sigma_{тг} - \sigma_{тж} , \quad (1)$$

где $\sigma_{жг}$ – поверхностное натяжение жидкости на границе с воздухом, МДж/м²;

$\sigma_{тг}$ – поверхностное натяжение твердого тела на границе с воздухом, Дж/м²;

$\sigma_{тж}$ – поверхностное натяжение твердого тела на границе с жидкостью, МДж/м².

Равновесие капли жидкости на поверхности твердого тела (без учета шероховатости поверхности и действия силы тяжести) подчиняется уравнению Юнга, согласно которому в условиях равновесия капли справедливо равенство:

$$\sigma_{тг} = \sigma_{тж} + \sigma_{жг} \cos \Theta, \quad (2)$$

где Θ – краевой угол смачивания, град.

Сделав допущение, что поверхностное натяжение жидкости на разделе фаз жидкость – газ равно поверхностному натяжению жидкости $\sigma_{ж}$, с учетом уравнения (2) формула (1) принимает вид:

$$W_a = \sigma_{ж} (1 + \cos \Theta). \quad (3)$$

Для повышения точности расчета необходимо учесть коэффициент пропорциональности b , равный тангенсу угла наклона зависимости $\cos\theta=f(\sigma_{ж})$ к оси абсцисс. При этом зависимость косинуса краевого угла смачивания от поверхностного натяжения адгезива принимает вид:

$$\cos\theta = 1 - b \cdot (\sigma_{ж} - \sigma_{кр}), \quad (4)$$

где $\sigma_{кр}$ – критическое значение поверхностного натяжения адгезива, обеспечивающего полное смачивание, МДж/м², соответствует величине поверхностного натяжения осмоляемого субстрата.

Подставив зависимость (4) в уравнение (3), получаем формулу работы адгезии (5), представляющую уравнение параболы, вершину которой определяет зависимость (6):

$$W_a = \sigma_{ж} (2 + b \cdot \sigma_{кр}) - b \cdot \sigma_{ж}^2, \quad (5)$$

$$\sigma_{ж} = 1/b + 0,5 \cdot \sigma_{кр}. \quad (6)$$

При этом максимальную работу адгезии можно определить по формуле:

$$W_{amax} = 1/b + \sigma_{кр} + 0,25 \cdot b \cdot \sigma_{кр}^2. \quad (7)$$

С использованием вышеуказанных положений получены уравнения работы адгезии карбамидоформальдегидного олигомера, модифицированного спиртами, в расчетах использованы значения критического натяжения костры льна, определенного в работе [1]:

- спирт этиловый: $W_a = \sigma_{ж} (2 + 0,022 \cdot 45) - 0,022 \sigma_{ж}^2 = 2,99 \sigma_{ж} - 0,022 \cdot \sigma_{ж}^2$;

- спирт изопропиловый: $W_a = \sigma_{ж}(2+0,057 \cdot 45) - 0,057\sigma_{ж}^2 = 4,565\sigma_{ж} - 0,057\sigma_{ж}^2$;
- спирт бутиловый: $W_a = \sigma_{ж}(2 + 0,063 \cdot 45) - 0,063\sigma_{ж}^2 = 4,835\sigma_{ж} - 0,063\sigma_{ж}^2$;
- с пирт изоамиловый: $W_a = \sigma_{ж}(2 + 0,031 \cdot 45) - 0,031\sigma_{ж}^2 = 3,395\sigma_{ж} - 0,031\sigma_{ж}^2$;
- спирт гептиловый: $W_a = \sigma_{ж}(2 + 0,033 \cdot 45) - 0,033\sigma_{ж}^2 = 3,485\sigma_{ж} - 0,033\sigma_{ж}^2$.

Путем оптимизации полученных уравнений определена максимальная работа адгезии (табл. 1).

Проведенные расчеты свидетельствуют о повышении работы адгезии при использовании клеевых составов, модифицированных спиртами. Рациональное количество вводимых в клеевой состав данных спиртов для обеспечения полного смачивания и высокой работы адгезии составляет 1,5...2%.

Таблица 1 – Значения максимальной работы адгезии и требуемого поверхностного натяжения клеевого состава для ее обеспечения

Модификатор (спирт)	Максимальная работа адгезии W_{amax} , МДж/м ²	Поверхностное натяжение клеевого состава для достижения максимальной работы адгезии $\sigma_{ж}$, МДж/м ²
Этиловый	101,6	68,0
Изопропиловый	91,4	40,0
Бутиловый	92,8	38,4
Изоамиловый	93,0	54,8
Гептиловый	92,0	52,8

Список литературы

1. Угрюмов, С.А. Совершенствование технологии производства композиционных материалов на основе древесных наполнителей и костры льна [Текст] : дисс. ... докт. техн. наук: 05.21.05 / С.А. Угрюмов. – М.: МГУЛ. 2009. 341 с.
2. Угрюмов, С.А. Организационно-техническое обеспечение производства композиционных материалов на основе древесных наполнителей и костры льна: монография [Текст] / С. А. Угрюмов. – Кострома: КГТУ. 2008. 147 с.
3. Угрюмов, С.А. Использование костры льна в производстве композиционной фанеры [Текст] / С. А. Угрюмов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2005. № 6. С. 63-65.

4. Угрюмов, С.А. Модифицирование карбамидоформальдегидной смолы для производства костроплит [Текст] / С.А. Угрюмов, В.Е. Цветков // Дерево-обрабатывающая промышленность. 2008. № 3. С. 16-18.

5. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание [Текст] / А. Д. Зимон. – М. : Химия. 1974. 416 с.

Кожевников Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, инженер Костромского государственного технологического университета, г. Кострома, РФ

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ XXI ВЕКА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-
практической конференции

2015 г. № 7 часть 1 (18-1)

(Volume 3, issue 7, part 1)

Молодёжная научно-практическая конференция «Молодёжный форум:
технические и математические науки» проведена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(грант № 15-37-10426 мол_г) 9-12 ноября 2015 года.

Материалы сборника публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка Л.А. Уточкина

Подписано в печать 10.12.2015. Формат 60×90 /16.

Усл. печ. л. 31,13. Уч.-изд. л. 29,63. Тираж 29 экз. Заказ 502

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8

Отпечатано в УОП ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»

394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10