Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»

ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2019)

Сборник статей

**XIX Всероссийская
научно-практическая конференция
1–26 апреля 2019 г.**

**Киров
2019**

УДК 061.3:001.789(082)
ББК 60.52:60.561.8(082)
О-285

Печатается по рекомендации Научного совета Вятского государственного университета

Оргкомитет конференции:

В. Н. Пугач, канд. экон. наук, доц., ректор (председатель оргкомитета); **С. Г. Литвинец**, канд. с.-х. наук, доц., проректор по науке и инновациям (зам. председателя оргкомитета); **С. А. Пересторонин**, главный бухгалтер, руководитель Департамента экономики и финансов; **И. В. Смольняк**, канд. ист. наук, директор Научного издательства; **Л. К. Патрушева**, канд. пед. наук, доц., руководитель Центра публикационной активности; **Е. Г. Рылова**, эксперт Отдела интеллектуальной собственности; **Д. В. Седов**, руководитель Департамента Информационных технологий; **Л. В. Капитурова**, заведующий Научной библиотекой; **М. В. Садакова-Ильина**, редактор Управления воспитательной и социальной работы; **Е. А. Мартинсон**, канд. техн. наук, доц., директор Института биологии и биотехнологии; **И. В. Губин**, канд. техн. наук, доц., директор Политехнического института; **А. В. Земцов**, директор Института математики и информационных систем; **А. А. Костин**, канд. ист. наук, доц., директор Института гуманитарных и социальных наук; **Г. И. Симонова**, д-р пед. наук, доц., директор Педагогического института; **М. С. Ившин**, канд. экон. наук, директор Юридического института; **Е. Л. Сырцова**, канд. пед. наук, доц., директор Института непрерывного образования российских и иностранных граждан.

Редакционная коллегия сборника:

С. Г. Литвинец, канд. с.-х. наук, доц.; **И. В. Смольняк**, канд. ист. наук; **Е. Г. Рылова**; **Д. В. Седов**; **Л. В. Капитурова**; **О. Н. Пересторонзина**, канд. биол. наук, доц.; **Е. А. Мартинсон**, канд. техн. наук, доц.; **М. А. Морозова**, канд. биол. наук, доц.; **Е. В. Рябова**, канд. биол. наук; **В. Е. Круковский**, канд. юрид. наук; **Ю. В. Ланских**, канд. техн. наук; **Г. В. Ковязина**, канд. пед. наук; **Д. В. Ильин**, канд. ист. наук; **В. А. Крысова**, канд. пед. наук, доц.; **М. Г. Швецова**, канд. филол. наук, доц.; **И. В. Романова**, канд. пед. наук, доц.; **Н. Л. Караваев**, канд. филос. наук, доц.; **О. В. Байкова**, д-р филол. наук. проф.; **А. А. Печенкин**, д-р ист. наук, доц.; **Н. В. Булдакова**, д-р пед. наук, доц.; **Е. В. Зонова**, канд. филол. наук.; **Н. Г. Наумова**, канд. филол. наук, доц.; **Е. О. Галицких**, д-р пед. наук, профессор; **О. В. Анфилатова**, канд. пед. наук, доцент; **С. А. Юрков**, канд. юрид. наук; **М. П. Голенок**, канд. культурологии, доц.; **А. В. Скутнев**, канд. ист. наук; **М. И. Земцов**, канд. техн. наук, доц.; **Т. В. Беличева**, канд. биол. наук, доц.; **Л. А. Адамайтис**, канд. экон. наук, доц.; **С. А. Пупышева**, канд. геогр. наук, доц.; **Е. А. Бармина**, канд. экон. наук; **Ю. В. Игошина**, канд. филос. наук, доц.; **А. В. Шпенглер**, канд. экон. наук, доц.; **С. Г. Ворончихин**, канд. техн. наук, доц.; **Е. В. Каранина**, канд. экон. наук, доц.; **Н. К. Савельева**, канд. экон. наук; **А. Г. Хлебов**, канд. физ.-мат. наук, доц.; **А. В. Шатров**, д- р физ.-мат. наук, доц.; **Ю. Н. Ушакова**, канд. хим. наук, доц.; **Т. А. Мусихина**, канд. геогр. наук, доц.; **Д. А. Кондратьев**, канд. хим. наук; **Р. Л. Веснин**, канд. техн. наук; **Г. М. Безверхов**, канд. архитектуры, доц.; **С. П. Грачев**, канд. техн. наук, доц.; **О. Б. Лисовская**, канд. техн. наук, доц.; **Ш. В. Бузиков**, канд. техн. наук, **Е. П. Петров**, д-р техн. наук, проф.; **О. М. Вахрушева**, канд. биол. наук; **Ю. В. Юркин**, канд. техн. наук; **А. Б. Чаганов**, канд. техн. наук; **Д. М. Суворов**, канд. техн. наук, доц.; **О. Ю. Медведев**, канд. техн. наук, **Д. А. Страбыкин**, д-р техн. наук, проф.; **А. А. Красных**, д-р техн. наук, проф.; **А. А. Фоминых**, канд. техн. наук; **С. И. Охапкин**, канд. техн. наук, доц.; **А. В. Новиков**, канд. техн. наук, доц.; **А. В. Вильнер**, канд. техн. наук, доц.; **Е. В. Котельников**, канд. техн. наук, доц.; **Е. А. Куимов**, канд. техн. наук, доц.

О-285 Общество. Наука. Инновации (НПК-2019). [Электронный ресурс] : сб. ст. : XIX Всерос. науч.-практ. конф., 1–26 апр. 2019 г. в 4 т. – Киров : [Изд-во ВятГУ], 2019. – 4 т. – 4 эл. опт. диск (CD-ROM).
ISBN 978-5-98228-197-5

УДК 061.3:001.789(082)
ББК 60.52:60.561.8(082)
© Вятский государственный университет (ВятГУ), 2019

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»

ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2019)

Сборник статей

XIX Всероссийская научно-практическая конференция
1–26 апреля 2019 г.

Том 2
Технические и физико-математические науки

Киров
2019

УДК 061.3:001.789(082)
ББК 60.52:60.561.8(082)
О-285

Печатается по рекомендации Научного совета Вятского государственного университета

Оргкомитет конференции:

В. Н. Пугач, канд. экон. наук, доц., ректор (председатель оргкомитета); **С. Г. Литвинец**, канд. с.-х. наук, доц., проректор по науке и инновациям (зам. председателя оргкомитета); **С. А. Пересторонин**, главный бухгалтер, руководитель Департамента экономики и финансов; **И. В. Смольняк**, канд. ист. наук, директор Научного издательства; **Л. К. Патрушева**, канд. пед. наук, доц., руководитель Центра публикационной активности; **Е. Г. Рылова**, эксперт Отдела интеллектуальной собственности; **Д. В. Седов**, руководитель Департамента Информационных технологий; **Л. В. Капитурова**, заведующий Научной библиотекой; **М. В. Садакова-Ильина**, редактор Управления воспитательной и социальной работы; **Е. А. Мартинсон**, канд. техн. наук, доц., директор Института биологии и биотехнологии; **И. В. Губин**, канд. техн. наук, доц., директор Политехнического института; **А. В. Земцов**, директор Института математики и информационных систем; **А. А. Костин**, канд. ист. наук, доц., директор Института гуманитарных и социальных наук; **Г. И. Симонова**, д-р пед. наук, доц., директор Педагогического института; **М. С. Ившин**, канд. экон. наук, директор Юридического института; **Е. Л. Сырцова**, канд. пед. наук, доц., директор Института непрерывного образования российских и иностранных граждан.

Редакционная коллегия сборника:

С. Г. Литвинец, канд. с.-х. наук, доц.; **И. В. Смольняк**, канд. ист. наук; **Е. Г. Рылова**; **Д. В. Седов**; **Л. В. Капитурова**; **О. Н. Пересторонзина**, канд. биол. наук, доц.; **Е. А. Мартинсон**, канд. техн. наук, доц.; **М. А. Морозова**, канд. биол. наук, доц.; **Е. В. Рябова**, канд. биол. наук; **В. Е. Круковский**, канд. юрид. наук; **Ю. В. Ланских**, канд. техн. наук; **Г. В. Ковязина**, канд. пед. наук; **Д. В. Ильин**, канд. ист. наук; **В. А. Крысова**, канд. пед. наук, доц.; **М. Г. Швецова**, канд. филол. наук, доц.; **И. В. Романова**, канд. пед. наук, доц.; **Н. Л. Караваев**, канд. филос. наук, доц.; **О. В. Байкова**, д-р филол. наук. проф.; **А. А. Печенкин**, д-р ист. наук, доц.; **Н. В. Булдакова**, д-р пед. наук, доц.; **Е. В. Зонова**, канд. филол. наук.; **Н. Г. Наумова**, канд. филол. наук, доц.; **Е. О. Галицких**, д-р пед. наук, профессор; **О. В. Анфилатова**, канд. пед. наук, доцент; **С. А. Юрков**, канд. юрид. наук; **М. П. Голенок**, канд. культурологии, доц.; **А. В. Скутнев**, канд. ист. наук; **М. И. Земцов**, канд. техн. наук, доц.; **Т. В. Беличева**, канд. биол. наук, доц.; **Л. А. Адамайтис**, канд. экон. наук, доц.; **С. А. Пупышева**, канд. геогр. наук, доц.; **Е. А. Бармина**, канд. экон. наук; **Ю. В. Игошина**, канд. филос. наук, доц.; **А. В. Шпенглер**, канд. экон. наук, доц.; **С. Г. Ворончихин**, канд. техн. наук, доц.; **Е. В. Каранина**, канд. экон. наук, доц.; **Н. К. Савельева**, канд. экон. наук; **А. Г. Хлебов**, канд. физ.-мат. наук, доц.; **А. В. Шатров**, д- р физ.-мат. наук, доц.; **Ю. Н. Ушакова**, канд. хим. наук, доц.; **Т. А. Мусихина**, канд. геогр. наук, доц.; **Д. А. Кондратьев**, канд. хим. наук; **Р. Л. Веснин**, канд. техн. наук; **Г. М. Безверхов**, канд. архитектуры, доц.; **С. П. Грачев**, канд. техн. наук, доц.; **О. Б. Лисовская**, канд. техн. наук, доц.; **Ш. В. Бузиков**, канд. техн. наук, **Е. П. Петров**, д-р техн. наук, проф.; **О. М. Вахрушева**, канд. биол. наук; **Ю. В. Юркин**, канд. техн. наук; **А. Б. Чаганов**, канд. техн. наук; **Д. М. Суворов**, канд. техн. наук, доц.; **О. Ю. Медведев**, канд. техн. наук, **Д. А. Страбыкин**, д-р техн. наук, проф.; **А. А. Красных**, д-р техн. наук, проф.; **А. А. Фоминых**, канд. техн. наук; **С. И. Охапкин**, канд. техн. наук, доц.; **А. В. Новиков**, канд. техн. наук, доц.; **А. В. Вильнер**, канд. техн. наук, доц.; **Е. В. Котельников**, канд. техн. наук, доц.; **Е. А. Куимов**, канд. техн. наук, доц.

О-285 Общество. Наука. Инновации (НПК-2019) [Электронный ресурс] : сб. ст. : XIX Всерос. науч.-практ. конф., 1–26 апреля 2019 г. В 4 т. Т. 2. Технические и физико-математические науки. – Киров : [Изд-во ВятГУ], 2019. – 454 с. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
ISBN 978-5-98228-199-9 (Т. 2.)
ISBN 978-5-98228-197-5

УДК 061.3:001.789(082)
ББК 60.52:60.561.8(082)
© Вятский государственный университет (ВятГУ), 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Апатов К. Ю., Чертищев М. А., Федосимов А. А. Методика использования программных комплексов для моделирования процессов сверхпластической формовки 8

Апатов Ю. Л., Лысков В. Л., Апатов К. Ю. Анализ влияния динамических параметров сборочной роботизированной системы на эксплуатационные характеристики захватных механизмов вакуумного типа..... 17

Апатов Ю. Л., Лысков В. Л., Апатов К. Ю. Теоретический анализ и расчёт параметров механического захватного устройства-робота при базировании детали по отверстию 25

Апатов Ю. Л., Лысков В. Л., Мухарицын С. А. Исследование возможностей метода пассивной компенсации погрешностей взаимного расположения деталей при сборке изделий промышленными роботами..... 33

Беляев А. Н., Гурдин Р. А., Киселев А. А. Моделирование гидродинамических процессов в реакторах проточного типа 42

Булычев И. В. Обзор современных смазочно-охлаждающих жидкостей 50

Бурков Г. С. Влияние депрессорных присадок на эксплуатационные свойства дизельного топлива 55

Веретенникова В. С. Исследование процесса объёмного фрезерования древесины 62

Ворончихин С. Г., Туев М. А. Исследование возможности применения вихревого эффекта Ранка-Хилша с целью повышения технологической эффективности криогенной медицинской техники 69

Гагаринов С. М., Ланских В. Г., Поздин В. Н. Исследование криптографических свойств генераторов псевдослучайных чисел на основе однородных клеточных автоматов с использованием в качестве функции связи кодов Вольфрама 76

Глазырина И. А. Автоматизированная система диспетчерского управления как технологическая инновация в строительной отрасли 86

Гребенщиков Л. Т., Гребенщиков М. Л. Спектропирометрическое исследование теплового излучения конденсированной фазы в высокотемпературных гетерогенных продуктах сгорания 94

Грудинин С. В., Грудинин В. С. Алгоритмы планирования пути движения робота иа выбор платформы моделирования 102

Егоян А. А., Рублева О. А. Этапы технологического процесса изготовления декоративных изделий из некондиционной древесины на основе эпоксидной смолы 110

Захарова Д. А., Русов В. С., Караваева О. В. Анализ методов определения релевантных товаров в рекомендательных системах 117

Зубакин А. С. Использования генераторного газа в качестве моторного топлива для искровых ДВС 125

Иванов-Польский К. В. О тенденциях развития схем свободнопоршневых двигателей 132

Калинина Е. А., Болдырев А. А. Организация технического учёта на промышленном предприятии. Цели и средства для организации учёта 142

Клюкин П. А., Грачёв С. П. Виды передач с циклоидальным зацеплением 150

Князева О. В., Ожегов А. Н. Особенности внедрения АСКУЭ у бытовых потребителей в многоквартирных домах 159

Князькова Т. В., Подлевских В. О. Разработка информационной системы управления деловыми процессами 166

Князькова Т. В., Юрлов Е. А. Разбиения графов большой размерности на сильно связные подграфы 172

Князькова Т. В., Кованина А. К. Обеспечение анонимности пользователя в сети интернет на примере мессенджера Telegram 177

Колупаева Ю. Ю., Девятерикова С. В., Соломенникова А. А. Экоасфальтобетон 183

Копанев В. В. Особенности автоматизации печатных средств массовой информации 192

Кривошеин И. Л., Газиев А. С. Передача информации от индикаторов короткого замыкания в воздушной линии электропередачи 196

Кузнецов В. Н. Заметки на полях стандарта 204

Курагин С. О. Преобразователи частоты и их применение на производстве 211

Лялина В. А., Курбатова Е. Е. Обнаружение дорог в области тени на спутниковых изображениях 219

Медведев О. Ю., Турубанов Н. В., Исупов А. Ю. Однофакторные экспериментальные исследования дробилки зерна со шнековым сепаратором 226

Мотовилова М. В., Петухович Е. Д. Разработка методики интенсификации рабочего процесса дизеля 232

Мякишев С. Л. Определение свойств бумаги для различных способов печати 239

Овчинников М. А. Исследование методов компьютерного моделирования поверхностей Земли для тестирования программного обеспечения обработки изображений со спутников 244

Одегов В. А., Мельчаков М. А., Чирков В. А. Применение газобетонных материалов при строительно-монтажных работах 252

Папулова И. Е., Митяшина А. А. Обзор древесных пород как материала для судостроения 256

Папулова И. Е., Онучина К. В. Системный анализ пород древесины, применяемых для резных работ 261

Пешнина И. В., Булдакова А. С. Исследование современных конструктивных решений междуэтажных перекрытий 270

Пляго А. В. Оценка содержания токсичных компонентов в отработавших газах дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при работе на этаноло-топливной эмульсии 276

Подрезов Е. М., Князькова Т. В. Параллельный алгоритм для проверки на изоморфность графов большой размерности 280

Пушкарёв И. А., Сунцова А. А. Прогнозирование биржевого индикатора с применением нейронной сети 289

Раздрогина Л. С., Алферов Д. А., Шмакова Н. А. Разработка информационной системы контроля качества стерилизации фабрикатов 295

Ревякина Д. А., Рычкова А. А Исследование API-коммуникационных сервисов 300

Русских А. В. Исследование способов изготовления сложнопрофильных тонкостенных изделий из стеклопластика 309

Семёновых Л. В. Целесообразность применения симуляторов электрических цепей на практиках по электротехнике 314

Симонов М. В., Савин Е. И. Обзор технологий послеуборочной обработки семян трав 322

Скворцов А. А. Связь между автоматами при автоматном программировании 333

Страбыкин Д. А. Уменьшение объема вычислений в процессе логического вывода делением дизъюнктов 341

Суворов Д. М., Сущих В. М., Содикзода Т. Х. Расчётная модель ГТУ с энергетическим впрыском водяного пара 349

Сунцов Д. Л. Синтетический этиленпропиленовый каучук, как основа для композитных радиационно-защитных материалов 355

Сучок С. И. Проблемы эффективности учета тепловой энергии с использованием программно-аппаратных средств 360

Суя Н. Н., Петров И. Е. Переход к цифровой трансформации предприятия лесопромышленного комплекса 365

Тарасова О. И., Юркин Ю. В., Фокин А. А. Сравнение действия твёрдого и жидкого пластификатора в виде битума и индустриального масла на динамические свойства композитов на основе бутилкаучука 369

Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Влияние влажности древесины на показатели качества прессованных заготовок 380

Торощин А. С. Перспективные композитные материалы, применяемые в резиновых опорных частях (РОЧ) 387

Теребихина И. Н. Анализ применения холодных эмалей при изготовлении художественных изделий 393

Тюкалов Ю. Я. Учет деформаций сдвига при расчете изгибаемых плит методом конечных элементов в напряжениях 400

Тюрикова К. Н., Петров И. Е. Цифровая трансформация традиционной бизнес-модели предприятия на примере магазина игрушек 406

Фролов В. М. Проявление принципа симметрии при горении смесевых систем 416

Фролов В. М. Термическое разложение горючесвязующих смесевой системы 423

Шаповалова В. В., Ожегов А. Н. Требования к методике расчета размера экономии электроэнергии при выполнении энергосервисного контракта в сетях уличного освещения городов 431

Шестаков А. В. Опыт оптимизации параметров схемы замещения частотно-управляемого асинхронного двигателя 437

Шульгина С. С., Девятерикова С. В., Имамалиев Э. А. Использование отходов чёрной металлургии в качестве связующей добавки в строительный материал 446

Шулятьев И. П. Современные методы исследования рабочего процесса ДВС 450

Методика использования программных комплексов для моделирования процессов сверхпластической формовки

Апатов К. Ю.[a], Чертищев М. А.[b], Федосимов А. А.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики[a]
магистранты кафедры технологии машиностроения[b,c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
e-mail: apatovkonstantin@mail.ru[a]

Аннотация: В статье рассматривается методика применения программных комплексов для моделирования процессов газовой формовки листовых деталей в состоянии сверхпластичности. Сверхпластическая формовка – метод обработки металлов давлением, при котором в качестве пуансона используется сжатый воздух или газ. Процесс протекает при определенных температурно-скоростных условиях деформации, характерных для проявления состояния сверхпластичности для различных материалов. Обработка в состоянии сверхпластичности позволяет достичь относительных удлинений, в несколько раз превышающие обычные значения для обработки металлов давлением, а также уменьшить возникающие при деформировании металла нагрузки. Экспериментальное исследования обработки металлов в состоянии сверхпластичности требуют наличия специального дорогостоящего оборудования и оснастки, что приводит к необходимости компьютерного моделирования процессов деформации. Наиболее перспективным методом моделирования является метод конечных элементов (МКЭ). Процесс моделирования состоит из следующих этапов: создание твердотельных моделей заготовки и штамповой оснастки, адаптация программного комплекса путём ввода баз данных реологических свойств сверхпластичного материала, задание значений технологических параметров, расчёт, представление результатов в численном и графическом виде, сопоставление данных моделирования с результатами натурных экспериментов.

Ключевые слова: моделирование, обработка металлов давлением, САПР, сверхпластичность, сверхпластическая формовка.

Введение. Обработка металлов давлением (ОМД) в состоянии сверхпластичности является одним из высокоэффективных способов получения деталей сложной пространственной конфигурации из листовых материалов с большими относительными удлинениями. Также использование данного метода позволяет обрабатывать высокопрочные титановые, алюминиевые и другие сплавы, которые почти не поддаются деформированию традиционными технологиями ОМД. В настоящее время данный способ достаточно активно исследуется [1].

Наиболее полно преимущества процесса реализуются при газовой формовке листовых заготовок (сверхпластическая формовка – СПФ).

Преимуществами обработки металлов в состоянии сверхпластичности являются: значительный коэффициент относительного удлинения материала (до 200% по сравнению с достигаемым при обычных способах ОМД), низкое деформационное упрочнение, вязкопластическая текучесть материала, позволяющая материалу заготовки полностью заполнять гравюру матрицы, включая элементы микрорельефа на её поверхности.

Однако обработка металлов в состоянии сверхпластичности имеет ряд существенных недостатков: необходимость наличия у деформируемого материала ультрамелкозернистой структуры, что значительно увеличивает его стоимость, а также низкая скорость протекания процесса деформации по сравнению, например, со штамповкой или ковкой.

Цель исследования. Оптимизация исследований процессов ОМД в состоянии сверхпластичности и экспериментально-доводочных работ при создании технологий обработки новых деталей.

Задачи исследования. Создание методики моделирования с использованием средств вычислительной техники, которая позволяет сократить затраты на разработку и совершенствование процессов ОМД в состоянии сверхпластичности, адаптация программного комплекса для моделирования сверхпластической деформации, оценка соответствия результатов моделирования реальному физическому процессу.

Ведущий подход. Решением данных задач может являться применение средств вычислительной техники в виде систем автоматизированного проектирования и расчётов. Это позволит ограничиться базовым уровнем экспериментальных исследований с целью подтверждения соответствия результатов компьютерного моделирования реальному процессу и значительно сократит время и стоимость исследований.

К настоящему времени было разработано достаточно много систем автоматизированного проектирования (САПР) для моделирования процессов ОМД методом конечных элементов, таких как Ansys, Splen-O, SuperForm, Forge-3D, Deform-3D и др. Они могут быть как специализированными для

расчётов ОМД, например, Deform-3D, так и входить в состав программных комплексов (Ansys). Однако большинство программных комплексов не адаптировано для моделирования сверхпластической деформации, поэтому предлагается следующая методика, которую рассмотрим на примере программы Deform-3D (Copyright © 2019 Scientific Forming Technologies Corporation).

Исходными геометрическим параметрами являются твердотельные модели штампового блока с матрицей и заготовки. Модели могут быть созданы в любой САПР твердотельного моделирования и затем импортированы в формате файла *.stl (рис. 1а).

Далее производится подбор количества разбиений и построение сетки конечных элементов (КЭ). Чем больше количество КЭ, тем более точным получится результат расчёта, а выданная постпроцессором программы модель детали – более качественной. Однако значительно увеличивается время расчёта. Целесообразно использовать минимальный размер конечного элемента для моделирования деформации заготовки диаметром 30 мм равный 0,25 мм. Максимальный размер при этом составил 0,5 мм. Такая величина позволит произвести точный расчёт и получить в итоге качественную твердотельную модель полуфабриката. Всего же заготовка была разбита на 134284 конечных элемента (рис. 1б).

Следующим шагом является задание реологических свойств материала заготовки. В качестве модельного материала был выбран медно-цинковый сплав (латунь) ЛЖМц 59-1-1. Встроенная в процессор Deform модель материала имеет вид (1), то есть для задания материала достаточно определить зависимость напряжений от степени и скорости деформации при нескольких температурах. Для расчётов использовались базы данных реологических свойств, полученные ранее [Апатов К. Ю., с. 69-72].

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(\bar{\varepsilon}\ \dot{\bar{\varepsilon}}\ T), \qquad (1)$$

а б

Рисунок 1. Твердотельная модель штампового блока (а) и разбиение заготовки на конечные элементы (б).

Реологические данные вводятся в таблицу, и препроцессор Deform самостоятельно строит графики зависимостей (рис. 2). Достаточно указать значения четырёх различных скоростей деформации (Strain Rate) и пять различных значений степеней деформации (Strain) для трёх наиболее характерных температур 500 °C, 550 °C, 600 °C, включающих диапазон оптимального температурного интервала сверхпластичности для указанного материала.

Рисунок 2. Ввод и интерпретация реологических данных сверхпластичного материала в препроцессор программы Deform-3D.

После ввода реологических данных выполняется задание технологических режимов. В нашем случае технологические режимы

полностью соответствовали режимам ранее проведённого эксперимента: давление 0,8 МПа, время выдержки 10 минут. Давление нарастало в течении первых 10 секунд, затем оставалось постоянным. Значение температуры задавали соответствующим середине температурного интервала сверхпластичности для сплава ЛЖМц 59-1-1 T=550 °C. Коэффициент трения между заготовкой и инструментом принимался равным 0,15.

Расчёт формовки состоит из набора шагов с фиксированным шагом по времени, который при расчёте можно изменять. Deform-3D с целью экономии времени не позволяет наблюдать за формоизменением заготовки на каждом шаге расчёта, и информация, доводимая до пользователя, минимальна.

Результаты исследования. Представление результатов расчёта осуществляется постпроцессором Deform, который имеет широкие возможности для визуализации и анализа результатов моделирования. В рассматриваемом случае наибольшее значение имеет геометрия полуфабриката на различных стадиях процесса формовки. Постпроцессор ВС демонстрирует внешний вид деформируемой заготовки, форму сечения в любой плоскости оболочки и позволяет увидеть деталь вместе с оснасткой, благодаря чему можно оценить, насколько заполнена гравюра матрицы.

Также можно проанализировать распределение компонент тензоров скоростей, деформации и напряжений по стадиям СПФ как по наружной поверхности полуфабриката, так и в любой точке сечения оболочки.

В качестве примера рассмотрим результат моделирования свободной формовки полусферической детали из листа (рис. 3).

Вершине купола соответствует точка 10. Deform позволяет определить значение координаты этой точки по вертикальной оси на каждом шаге. Также можно точно исследовать не только перемещение конкретных точек материала, но и определять изменение геометрии полуфабриката в процессе моделируемой формовки, вычислив разницу в значениях координат соответствующих точек.

Значения координат вершины купола приведены в табл. 1.

Рисунок 3. Стадии формовки полусферической детали.

Таблица 1

Геометрические параметры полусферической детали

№ шага	Время СПФ, с	Координата Z вершины	Высота купола, мм	Толщина листа в вершине, мм
1	0	45	0	0,6
24	60	39.45	5,55	0,53
42	105	37.67	7,33	0,47
60	150	36.25	8,75	0,43
78	195	34.96	10,04	0,39
96	240	33.69	11,31	0,34
114	285	32.4	12,6	0,3
132	330	30.43	14,57	0,25

Как видно из таблицы, при постоянном давлении высота купола пропорциональна времени формовки, и лишь на первом этапе формоизменение идёт более интенсивно. Аналогично можно получить данные и для других точек, например, толщину листа в вершине полусферы или в любой другой точке по сечению полуфабриката.

Графически изменение высоты формуемого купола и толщины листа в вершине приведены на рис. 4.

Рисунок 4. Зависимости геометрических параметров детали от времени формовки.

Если сравнить полученные значения толщин с экспериментальными, результаты которых приведены в табл. 2, то в конечной стадии они различаются незначительно (всего 0,03 мм). Это связано скорей всего с неоднородностью материала, использованного в эксперименте. Моделирование даёт идеальную картину формоизменения, что подтверждается пропорциональной зависимостью толщины листа от времени формовки.

Утонение равномерно, тогда как при реальной формовке возможно отклонение формы сечения купола от полусферического (табл. 2).

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования свободной формовки листовой детали

№ точки	Координаты точки		№ точки	Координаты точки	
	X	У		X	Y
1	0,48	0	16	6,59	10,11
2	0,48	0,57	17	7,85	10,83
3	1,28	0,42	18	7,95	11,24
4	1,00	0,84	19	9,71	12,07
5	1,87	1,90	20	9,75	12,40
6	1,43	1,90	21	11,33	13,01
7	2,56	3,91	22	11,39	13,35
8	2,10	3,90	23	12,60	13,79
9	3,33	5,52	24	12,65	14,09
10	2,89	5,52	25	12,98	14,00
11	4,47	7,25	26	12,93	14,20
12	3,97	7,25	27	13,85	14,29
13	5,48	8,54	28	13,80	14,51
14	5,24	8,73	29	15,28	14,20
15	6,59	10,11	30	15,28	14,43

Выводы. Таким образом, нами была предложена методика моделирования сверхпластической свободной формовки детали из листа состоящая из следующих этапов: выбор наиболее оптимального программного комплекса, задание исходной информации путём разработки твердотельных моделей заготовки и технологической оснастки, ввода значений режимов обработки, расчёта методом конечных элементов и интерпретации результатов моделирования.

Также в процессе моделирования была выполнена адаптация программного комплекса, изначально не предназначенного для расчётов сверхпластической деформации, путём формирования и ввода баз данных реологических свойств сверхпластичного материала.

Сопоставление полученных геометрических результатов моделирования формовки с данными натурного эксперимента показало незначительные расхождения (в пределах 10%), связанное с тем, что моделирование даёт

идеальный результат, тогда как в реальном процессе всегда присутствуют случайные факторы (неравномерность структуры материала, температуры и других условий сверхпластической деформации).

Библиографический список

1. Pressure controlled superplastic forming. United States Patent 7,669,450 Friedman, et al. March 2, 2010.
2. Апатов, К. Ю. Разработка процессов получения оболочек сложной формы с поверхностным рельефом из листовой латуни методами сверхпластической формовки: дис. ... канд. техн. наук / К. Ю. Апатов. Москва, 2006.

Анализ влияния динамических параметров сборочной роботизированной системы на эксплуатационные характеристики захватных механизмов вакуумного типа

Апатов Ю. Л.[a], Лысков В. Л.[b], Апатов К. Ю.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения [a]
магистрант кафедры технологии машиностроения [b]
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики [c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a,b,c]
E-mail: apatov.yu@yandex.ru

Аннотация. Актуальность данной статьи подтверждается тем, что многие детали в металло- и деревообрабатывающем производствах имеют ограниченную массу, простую конфигурацию и развитые опорные поверхности, удобные для захвата, удержания и переноса их промышленным роботом вакуумными устройствами, которые обладают рядом преимуществ перед механическими. Это в полной мере относится и к проведению сборочных операций. Однако, как показали выполненные нами обзор и теоретические исследования, недостаточное внимание при разработке подобных устройств уделялось проблеме расчёта их с учётом динамических факторов, действующих на деталь-объект манипулирования.

Цель работы – рассмотреть методику и порядок расчёта вакуумных захватных устройств промышленных роботов с учётом динамических факторов, оказывающих влияние на положение детали, а также определение максимально допустимой её массы при захвате и переносе подобными устройствами.

Проводились теоретические исследования динамических составляющих силового взаимодействия детали и захватного устройства вакуумного типа, сравнительный анализ параметров процесса захвата и переноса деталей с выявлением наиболее значимых из них и выбор путей управления ими.

Результаты данной работы полезны для разработчиков средств технологического оснащения промышленных роботов при подготовке к производству новых изделий в машиностроительном и других производствах.

Ключевые слова: вакуумное захватное устройство, промышленный робот, регулирование режимов манипулирования, сила удержания детали.

Введение. Вакуумные захватные устройства промышленных роботов находят всё большее распространение. Они предназначены для захвата деталей, имеющих хотя бы одну плоскую поверхность, работают одинаково эффективно с деталями, выполненными из самых разнообразных материалов. Ограничением применения таких устройств является лишь нарушение целостности поверхностей, служащих для захвата, а также излишне большая масса деталей.

Проектирование вакуумных захватных устройств ПР требует полного и тщательного подхода к учёту динамики процесса захвата и переноса деталей роботом, выявления основных наиболее значимых факторов и технических характеристик. Они имеют ряд преимуществ перед

аналогичными средствами технологического оснащения, но при этом изучены в значительно меньшей степени, что сдерживает их практическое применение [Козырев Ю. Г., 1988].

Цель исследования. Целью статьи явилась попытка анализа сил, действующих на захватываемую и переносимую промышленным роботом деталь, режимов манипулирования с получением данных для расчёта допустимой её массы для конкретного устройства, а именно вакуумных захватных устройств, как особого вида средств технологического оснащения.

Задачи исследования. 1. Анализ наиболее значимых факторов, определяющих успешное практическое использование специального вида средств технологического оснащения – вакуумных захватных устройств.

2. Отработка методики расчёта допустимого значения массы детали для манипулирования ею промышленным роботом и учёт взаимосвязи с основными параметрами захватного устройства.

3. Получение на основе обоснованного назначения динамических факторов, указанных процессов, и необходимых данных по совершенствованию вакуумных захватных устройств, как объектов проектирования.

Ведущий подход. Теоретический анализ указанных параметров и режимов работы промышленного робота, оснащенного вакуумным захватным устройством. Построение расчётных кривых, показывающих протекание процесса.

Результаты исследования и их обсуждение. Рассмотрим поэтапное перемещение детали, выполняемое промышленным роботом. Набор этих движений сравнительно невелик независимо от технологических целей, и определяется системой координат, в которой осуществляет свою траекторию ПР. Это может быть вспомогательная загрузочная операция в условиях работы автоматизированного станочного модуля, либо более сложная и ответственная сборочная операция. Проведем анализ сил, действующих на перемещаемый роботом объект. В нашем случае – это плоская деталь с развитой опорной поверхностью (например, плоская). Для обеспечения надёжного захвата детали

необходимо превышение удерживающей силы ($F_{уд}$) над векторной суммой всех сил, действующих на неё (Рис. 1а).

Рисунок 1. Схема сил, действующих на захватываемую деталь: а – в случае горизонтального расположения; б – основные параметры вакуумной камеры.

Результирующая сдвигающая сила (R) складывается из следующих сил:

1) силы веса, Н, равной

$$G = mg, \tag{1}$$

где m – масса перемещаемой роботом детали, кг;

g – ускорение свободного падения (g=9,81 м/с^2);

2) силы инерции, определяемой как:

$$P_и = ma, \tag{2}$$

где a – ускорение детали, возникающее при разгоне и торможении, м/с^2;

3) силы аэродинамического сопротивления

$$P_a = kS_yV \tag{3}$$

где k – коэффициент пропорциональности;

$S_У$ – площадь перемещаемой детали, м^2;

V – скорость перемещения, развиваемая приводом робота, м/с.

Учтём существующую в технической литературе рекомендацию, согласно которой данную составляющую силы целесообразно учитывать только при больших скоростях перемещения (более 0,3 м/с) крупногабаритных деталей, к которым наша деталь не относится. В дальнейшем анализе её не учитываем.

Этап 1. Первый этап траектории, следующий за захватом детали – это подъём её по вертикали (вдоль оси OZ) с целью извлечения детали из накопителя (или питателя), где она должна находиться в требуемом положении.

В этом случае нормальная составляющая силы (N), стремящая оторвать деталь от захватного устройства определяется как сумма:

$$N = Q + P_Д + P_В \tag{4}$$

где Q – вес детали, Н;

$P_Д$ – динамическая нагрузка, обусловленная ускорением, развиваемым роботом, и массой самой детали;

$P_В$ –ветровая нагрузка, учитывающая сопротивление воздуха, действующая на поверхность детали, свободную от вакуумной камеры. Как отмечалось выше, ввиду довольно незначительных скоростных режимов, характерных для современных роботов и ограниченности указанной поверхности на детали, данную нагрузку в инженерных расчётах можно принять равной нулю.

Тогда условием выполнения процесса на первом этапе будет:

$$F_{уд} \geq N\,, \tag{5}$$

где $F_{уд}$ – сила, удерживающая деталь или грузонесущая способность захватного устройства.

Этап 2. Транспортирование детали в горизонтальной плоскости с использованием выдвижения руки робота (Рис. 1а).

Основной действующей силой будет касательная составляющая:

$$T \geq P_Д + P_В , \tag{6}$$

где $P_Д$ – динамическая нагрузка, вызванная ускорением от выдвижения руки;

$P_В$ – ветровая нагрузка на боковую поверхность детали (для плоских деталей допускается $P_В = 0$).

Условие выполнения процесса в этом случае:

$$T \leq T'_{TP} , \tag{7}$$

где T'_{TP} – сила трения между деталью и вакуумной камерой:

$$T'_{TP} = \left(F_{уд} - N\right) \cdot f , \tag{8}$$

где f – коэффициент трения, который зависит от материала вакуумной камеры (обычно это губчатая или мягкая резина; можно принять его равным 0,4).

При совмещении в рабочем цикле трёх движений (подъёма руки, выдвижения руки и поворота её в горизонтальной плоскости) можно определить максимально допустимую массу детали, которой возможно манипулировать рассматриваемым устройством. Весьма важно знать эту величину.

Для этого воспользуемся следующей формулой [Козырев Ю. Г., 1988]:

$$m \leq \frac{n \cdot \pi d^2 \left(P_{атм} - P_{вак}\right)}{4 \cdot K_н \left[1 + \frac{a_н}{g} + \frac{1}{fg}\sqrt{\left(\varepsilon_r\right)^2 + \left(a_{выд} + r\omega^2\right)^2}\right]} . \tag{9}$$

В дополнение к выше перечисленным параметрам приведены режимы выполнения переходов, связанные с перемещениями детали роботом:

$a_н$ – начальное ускорение при движении на подъём, м/с^2;

$a_{выд}$ – ускорение при выдвижении руки робота, м/с^2;

ω – угловая скорость при повороте руки, рад/с);

r – радиус расположения детали относительно оси поворота руки, м;

ε – угловое ускорение вращения в горизонтальной плоскости, равное:

$$\varepsilon = \frac{\omega^2}{\varphi}, \tag{10}$$

где φ – угол поворота, задаваемый программой ПР при переносе детали.

Для равноускоренного движения детали, находящейся в захвате, для переходов подъёма и выдвижения имеем значения ускорений, соответственно:

$$a_н = \frac{V_{t(n)} - V_0}{\tau_n}; \qquad a_{выд} = \frac{V_{t(выд)} - V_0}{\tau_{выд}}, \tag{11}$$

где $V_{t(n)}$ и $V_{t(выд)}$ – соответственно рабочая скорость перемещения руки робота при подъёме либо при выдвижении, м/с;

V_0 – начальное значение скорости. В нашем случае, когда движение детали происходит из предшествующего ему состояния покоя, считаем: $V_0 = 0$;

τ_n, $\tau_{выд}$ – время перехода (подъёма и выдвижения, соответственно, с).

Это время определяется по принятому значению рабочей скорости и величине хода, которые назначается конструктивно, согласно компоновочному решению расположения оборудования.

Значения скоростей выбираются из паспортных данных роботов, где указывается диапазон изменения этого параметра. Пневматические роботы оснащены устройствами (регулируемыми дросселями), позволяющими варьировать скоростью в указанных пределах. В основу анализа параметров изучаемого устройства положены технические характеристики роботов моделей «РИТМ–05» с прямоугольной системой координат, а также «Циклон–3Б».

Далее приводятся некоторые результаты теоретических исследований процесса захвата и переноса роботом деталей в заданную позицию для выполнения последующих технологических операций. Графики на Рис. 2, полученные нами в ходе теоретических исследований, подробно иллюстрируют степень влияния основных динамических параметров на исследуемую

величину – массу детали, а через неё и на важнейшую характеристику вакуумного захватного устройства – его грузонесущую способность.

Рисунок 2. Графики зависимости массы захватываемой роботом детали от параметров процесса: а – скорости подъема; б – скорости выдвижения руки ПР; в – диаметра вакуумной камеры; г – степени разрежения воздуха внутри камеры.

После выполнения промежуточных расчётов и подстановки их в формулу (9), получаем максимально допустимое значение массы детали. Варьируемыми параметрами при этом явились скорость перемещения на «подъём» по оси OZ, скорость выдвижения руки робота по горизонтали (ось OX), диаметр вакуумной камеры в диапазоне, равном четырём (от 25 до 100 мм), давление внутри камеры от 0,3 до 0,6 через 0,1 кг/см^2, величины перемещений по осям OZ и OX назначались, исходя из технических данных ПР

известных моделей по два на каждую координату (50 и 100 мм; 200 и 600 мм, соответственно).

Для упрощения анализа радиус поворота руки нужно принимать постоянным (r = 600 мм.), угол поворота $\varphi = 90^{\circ}$, а угловая скорость ω =180 град/с. Наиболее влияющим на грузонесущую способность вакуумного захватного устройства является параметр его вылета от оси поворота руки робота (r), что делает нецелесообразным его применение в траектория ПР таких моделей.

Выводы. Таким образом, проделанный выше анализ сил, действующих на захватываемую роботом деталь с учётом влияния основных конструктивных параметров вакуумного захватного устройства, которые непосредственно влияют на эксплуатационные характеристики роботизированной оснастки, такие как удерживающая деталь сила, позволил выявить допустимые пределы её варьирования, а также прийти к выводу о необходимости целенаправленного влияния на один из них – на диаметральный размер вакуумной камеры.

Полученные данные полезны конструкторам предприятий, занимающимся проектированием средств технологического оснащения роботов, а также технологам, разрабатывающим технологические процессы с назначением режимов для операций, содержащие как основные, например, сборочные, так и вспомогательные – по автоматизации загрузки заготовок на различное металлообрабатывающее и прессовое оборудование.

Библиографический список

1. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы : справочник. / Ю. Г Козырев. М. : Машиностроение, 1988. 376 с.

Теоретический анализ и расчёт параметров механического захватного устройства-робота при базировании детали по отверстию

Апатов Ю. Л.[a], Лысков В. Л.[b], Апатов К. Ю.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения [a],
магистрант кафедры технологии машиностроения [b],
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики [c].
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a,b,c]
E-mail: apatov.yu@yandex.ru

Аннотация: Актуальность данной статьи основана на недостаточной изученности процесса срабатывания захватных устройств промышленных роботов (ПР) при захвате и переносе ими деталей и других объектов техники. Это в полной мере относится к механическим захватным устройствам (ЗУ), имеющим наибольшее распространение среди всех типов этих средств технологического оснащения. Они просты по конструкции, надёжны в эксплуатации, могут работать с деталями, изготовленными из самых различных материалов. Однако в известных работах неполное внимание было уделено параметрам ЗУ с пневмоприводом и зубчато-реечным механизмом зажима, особенно – с базированием захватываемой детали по внутренней цилиндрической поверхности её отверстия.

Целью исследований послужило проведение теоретического анализа с приведением особенностей расчёта основных динамических параметров захватного устройства ПР механического типа с зубчато-реечным механизмом в качестве приводного узла и при условии захвата детали по внутренней поверхности её базового отверстия.

Результаты данной статьи будут полезны разработчикам средств технологического оснащения промышленных роботов при подготовке к производству новых изделий в машиностроении и других отраслях производства.

Ключевые слова: промышленный робот, механическое захватное устройство, допустимая масса детали, зубчато-реечный механизм привода.

Введение. Захватное устройство (ЗУ) промышленного робота – это его рабочий орган, предназначенный для удержания и последующего переноса детали и любого другого предмета производства, а также различного инструмента при выполнении операций производственного процесса. Устройство является средством технологического оснащения, которое определяет эффективность и возможность применения этих машин. Захватное устройство крепится на исполнительном органе (руке) промышленного робота и проектируется в соответствии с параметрами детали-объекта манипулирования.

Эти объекты могут иметь различные размеры, форму, массу и обладать разнообразными физическими свойствами, поэтому ЗУ относятся к числу универсальных или сменных элементов оснащения ПР.

Условия применения, функции, выполняемые захватными устройствами, выдвигают ряд требований к их конструкции: надёжное удержание объекта в процессе разгона и торможения подвижных узлов робота, обеспечение достаточной силы захвата без нарушения поверхности деталей, прошедших окончательную обработку, сохранение требуемой точности ориентации деталей, создание в случае необходимости дополнительных движений собираемых деталей. Разработке разнообразных типов ЗУ ПР, расчёту их силовых возможностей, а также анализу достоинств и недостатков известных конструкций посвящены труды ряда отечественных и зарубежных ученых [Белянин П. Н., Козырев Ю. Г., Нофа Ш.].

Цель исследования. Целью исследования послужило проведение дополнительного теоретического анализа с рассмотрением методики расчёта основных динамических параметров захватного устройства ПР механического типа, использующего зубчато-реечный механизм в качестве приводного узла, при условии захвата детали по внутренней поверхности базового отверстия.

Задачи исследования:

1) рассмотрение методики и выдача рекомендаций по расчёту силовых характеристик конструктивных составляющих ЗУ указанного типа;
2) получение теоретических зависимостей, свойственных взаимодействию элементов конструкции ЗУ и параметрами детали-объекта манипулирования робота, основным из которых является её масса.

Ведущий подход. Основной подход содержит теоретический анализ условий взаимодействия элементов захватного устройства и детали, которую робот должен доставить в заданную точку своего рабочего пространства в соответствии с управляющей программой. Особое внимание уделяется влиянию силовых факторов данного процесса.

Усилие захвата, развиваемое ЗУ определяется из предположения, что удержание объекта манипулирования (детали) происходит за счёт сил трения,

создаваемых этим усилием. Расчёт необходимой силы зажима при вертикальном линейном перемещении можно произвести по формуле:

$$F = G * \frac{K}{\mu} * (1 + \frac{a_в}{g}); \quad (1)$$

где G – вес детали, Н;

K – коэффициент запаса (достаточно принять K =1,5-2);

a_B – ускорение вертикального движения (на подъём), м/с^2;

μ – коэффициент трения между губками и деталью (принимаем равным 0,1);

g – ускорение свободного падения: g =9,8 м/с^2.

Определение ускорения вертикального движения возможно:

$$a_в = \frac{V - V_0}{T}; \quad (2)$$

где V_0 – начальная скорость руки робота м/с. В нашем случае $V_0 = 0$;

V – конечная скорость руки робота, задаваемая по его характеристике, м/с;

T – время подъёма руки робота на заданную высоту, с.

Эти расчётные формулы использовались в последующей части анализа потому, что они оговаривают обязательно выполняемое роботом перемещение по подъёму только что захваченной им детали (например, из накопителя).

Результаты исследований и их обсуждение. Для более детального и конкретного дальнейшего анализа объекта изучения был выбран вариант ЗУ с зубчато-реечным приводным механизмом, приведенный на Рис. 1.

Его передаточным отношением является:

$$\frac{F}{P} = \frac{2 * l * cosQ}{R}; \quad (1.4)(3)$$

где принятые в нашей конструкции размеры составляют: R=20мм; Q=30°; l=35 мм, а заранее рассчитанное значение силы зажима составило: F=1161.4 Н.

Важно определить величину требуемого для срабатывания данного устройства осевого усилия (P) на штоке пневмоцилиндра.

а б

Рисунок 1. Исследуемое захватное устройство промышленного робота механического типа с зубчато-реечным механизмом: а – кинематическая схема; б – общий вид экспериментального устройства с частичным вырезом.

Используя выражение (3), получаем необходимое усилие на штоке в виде:

$$P = \frac{F*R}{2*l*cosQ}; \quad (4)$$

Тогда, воспользовавшись выражением (4), получаем значение: P=385,8 Н.

Диаметр поршня (D) пневмоцилиндра определяется из выражения:

$$D = \sqrt{\frac{4*P}{\pi*ή*\rho*(1-C^2)}}; \quad (1.5) \quad (5)$$

где ρ – нормальное давление в пневмосистеме, равное 0,4 МПа;

С – эмпирическая постоянная, равная отношению диаметра штока (d) к диаметру пневмоцилиндра, рекомендуемая (приближенно):

$$C = \frac{d}{D} = 0.5; \quad (6)$$

При всех этих значениях получаем D=41,7 мм. Округляя до стандартного значения, принимаем: D = 50мм, штока d = 25мм. Тогда окончательно:

$$P = \frac{D^2 * \pi * ή * \rho * (1 - C^2)}{4} = 553{,}4 \text{ Р.} \quad (7)$$

Скорректированная сила зажима составляет: F=1677,4 Н.

Следует отметить, что при работе ЗУ на зажим детали (подача воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра), усилие Р будет меньше в 0,75 раза за счёт уменьшения эффективной площади поршня, соответственно: P_1=415,05 Н, а усилие зажима, действующее на деталь: F_1=1249,3 Н.

На Рис. 1б дана схема конструкции захватного устройства с частичным разрезом. Зажим детали осуществляется сжатым воздухом, который подаётся в штоковую полость пневмоцилиндра. При этом шток-поршень перемещается вверх и через реечную передачу сообщает движение рычажному механизму, при помощи которого происходит плоскопараллельное движение рычагов ЗУ, приводящее к зажиму детали. Разжим происходит при подаче воздуха в поршневую полость. Рычаги сдвоены и расположены попарно на шарнирах в корпусе захватного устройства, что исключает ошибку от поворота.

У данного ЗУ можно реализовать 4 исполнения сборки (как с внутренним, так и с наружным базированием рычагов), в зависимости от формы и размеров зажимаемой детали. Данные исполнения реализуются при различных вариантах установки накладок и рычагов зажима. При первом исполнении реализуется внутренний зажим детали в диапазоне 30–100 мм. При втором – наружный зажим в диапазоне 3–75 мм. При третьем – наружный зажим в диапазоне 70–145 мм. При четвёртом – внутренний зажим в диапазоне 100–170 мм.

Далее производился анализ технологических возможностей ЗУ выбранной конструкции по основному параметру детали, а именно по её допустимой для захвата и удержания данным устройством полезной массе. Установлено, что в зависимости от диаметра поршня и давления воздуха в пневмосистеме ПР допустимая величина массы детали будет различна, так как определяется силой зажима губок на рычагах ЗУ.

Далее на Рис. 2 показан график зависимостей массы детали от диаметра поршня пневмоцилиндра при различных значениях давления воздуха.

Для анализа были использованы 4 возможных значений давления воздуха в системе ПР: $\rho_1 = 0{,}3$ МПа; $\rho_2 = 0{,}4$ МПа; $\rho_3 = 0{,}5$ МПа; $\rho_4 = 0{,}6$ МПа.

Установлена следующая зависимость с возрастанием значения массы:

Рисунок 2. График зависимости массы детали от диаметра поршня пневмоцолиндра для захватного устройства с зубчато-реечным приводным механизмом.

Для срабатывания механического привода ЗУ данного типа весьма важным параметром является угол наклона от вертикали Q (Рис. 1а). В зависимости от габаритов зажимаемой детали он меняется угол Q и, как следствие, изменяется сила зажима. Соответственно, будет меняться значение допустимой массы детали.

Зависимость допустимой массы детали от величины угла Q показана на Рис. 3. Для данного анализа были выбраны значения: D=50 мм и ρ =0,4 МПа.

Как показывает график, допустимые значения массы детали уменьшаются с увеличением угла наклона рычагов, причём в обе стороны от их вертикального положения, но эти изменения можно считать несущественными: в пределах около 20% от максимальных значений массы.

Рисунок 3. График зависимости массы захватываемой детали от угла наклона зажимных рычагов механизма.

В проводимых исследованиях учитывалось также влияние угловой скорости вращательного движении, осуществляемом ПР, работающим в полярной системе координат, с варьированием диметра пневмоцилиндра от 30 до 60 мм. Изменение скорости задавалось в пределах до 50% от максимально возможной для данной модели ПР. Установлено, что при таком увеличении угловой скорости движения руки робота наблюдается существенное уменьшение значений массы детали. Так, например, при выбранном нами диаметре поршня D=50 мм и ρ =0,4 МПа значения допустимой массы уменьшились с 7,5 кг до 5 кг. При этом рассматривалось движение в вертикальной плоскости при различных значениях угловой скорости руки робота (использовалось 4 её значения).

Кроме того, была установлена зависимость интересующего нас параметра детали от величины плеча в конструкции, которая принималась равной радиусу: R_1=10 мм; R_2=20 мм; R_3=30 мм; R_4 =40 мм. Установлено, что при тех же значениях диаметра пневмоцилиндра и давлении воздуха, масса изменялась в широких пределах, уменьшаясь от 17 кг при R_1 =10 мм; до 4 кг при R_4 = 40 мм.

Также в ходе теоретических исследований проводилась проверка устройства на величину напряжений для определения наиболее нагруженных участков

конструкции и величин деформации. Минимальный коэффициент запаса прочности составил 2,5, что соответствует требованиям надёжности механизмов.

Выводы. В статье решены задачи, поставленные в её начале. Приведены рекомендации по расчёту захватных устройств ПР механического типа с учётом сил зажима, возникающих при захвате детали и её переносе в пределах рабочей зоны робота. Получены зависимости основного параметра детали – её массы, конструктивных особенностей механизма захватного устройства: от диаметра поршня пневмоцилиндра, от режимов манипулирования в виде угловой скорости, от положения зажимных рычагов и от плеча расположения элементов конструкции. Предложена конструкция захватного механического устройства с приведением подробной кинематической схемы.

С использованием современных программных средств, проведена проверка изучаемого устройства на наличие и распределение напряжений, на величину имеющихся деформаций элементов механизма с определением имеющегося коэффициента запаса прочности.

Полученные данные представляют интерес для конструкторов и технологов предприятий машиностроительного профиля, занятых разработкой средств технологического оснащения ПР. Эти сведения расширяют возможности проектантов такого вида технологической оснастки на производстве.

Библиографический список

1. Белянин П. Н. Робототехнические системы для машиностроения. / П. Н. Белянин. М. : Машиностроение, 1986. 256 с.
2. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы : справочник / Ю. Г. Козырев. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1988. 392 с.
3. Справочник по промышленной робототехнике: в 2 кн. Кн. 1 / Под ред. Ш. Нофа; пер. с англ. Д. Ф. Миронова. М. : Машиностроение, 1989. 479 с.

Исследование возможностей метода пассивной компенсации погрешностей взаимного расположения деталей при сборке изделий промышленными роботами

Апатов Ю. Л.[a], Лысков В. Л. [b], Мухарицын С. А.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения [a]
магистрант кафедры технологии машиностроения [b]
магистрант кафедры технологии машиностроения [c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a,b,c]
E-mail: apatov.yu@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению и математическому анализу с выдачей практически значимых рекомендаций одного из методов повышения эффективности и безотказности процесса сборки с применением промышленных роботов (ПР), а именно метода пассивной компенсации погрешностей взаимного расположения соединяемых деталей, присутствующих в автоматизированной сборочной позиции. Учитывая недостаточный уровень изученности факторов, сопровождающих этот процесс, можно считать тему статьи актуальной.

Цель статьи заключается в рассмотрении и обосновании основных точностных и динамических параметров процесса пассивной компенсации погрешностей, присутствующих в сборочной автоматизированной позиции, адаптации положения присоединяемой детали к положению основной, базовой детали, позволяющих снизить требования по точности позиционирования ПР.

Проводились теоретические исследования указанного метода в отношении суммарной погрешности взаимного расположения соединяемых деталей с последующей апробацией полученных результатов на специально спроектированных образцах оснастки для промышленных роботов. Рассмотрено силовое взаимодействие соединяемых деталей с выходом на конкретные конструкторские решения. Разработаны рекомендации по использованию устройств конструкторского обеспечения операции роботизированной сборки по методу пассивной адаптации положения деталей для компенсации имеющихся погрешностей и методика их расчёта.

Материалы данной статьи могут представлять интерес работникам машиностроительного производства, при проектировании средств технологического оснащения автоматизированных сборочных операций, назначение которых – повышение безотказности выполнения последних.

Ключевые слова: захватное устройство (ЗУ) робота, присоединяемая деталь, суммарная погрешность, сборочное усилие, механизм компенсации.

Введение. Доля ручного труда при выполнении сборочных операций в машиностроении продолжает оставаться весьма высокой. Применение промышленных роботов в целях автоматизации этих процессов сталкивается с рядом нерешенных проблем, а среди них важнейшей является – необходимость повышения безотказности процесса соединения деталей с учётом возникающих в зоне сборки погрешностей, источником которых служат как элементы сборочной системы, так и сам обеспечивающий перемещения ПР.

Одним из путей уменьшения их негативного влияния на выполнение рассматриваемого процесса является применение метода компенсации, а именно пассивной компенсации погрешностей, которая основана на использовании полезных составляющих сборочного усилия, возникающего между парой соединяемых деталей. В этом случае создаются предпосылки для повышения надежности работы сборочной системы, повышения производительности промышленных роботов и исключения возможности поломок оснастки и повреждения собираемых деталей.

Ориентация на так называемую «жёсткую» сборку, не предполагающую наличия компенсирующих погрешностей взаимного расположения деталей элементов, не решает проблем и затруднена ввиду повышающихся требований к ПР по точности их позиционирования. Это объяснимо с учётом фактических радиальных зазоров в соединениях в современных изделиях, не превышающих 0,03 – 0,05 мм. Кроме того, повышается стоимость требующихся моделей.

Цель статьи. Рассмотреть и обосновать точностные и динамические параметры метода пассивной компенсации погрешностей, присутствующих в сборочной автоматизированной позиции, адаптации положения присоединяемой детали к положению основной, как правило, неподвижной базовой детали изделия, применительно к специально проектируемой технологической оснастки ПР в виде захватных устройств.

Задачи исследования:

1) рассмотрение точностных условий соединения деталей и возникающих при этом погрешностей для различных видов организации процесса автоматизированной сборки и назначений условий сборки;
2) анализ сил, действующих между сопрягаемыми деталями. Определение полезных составляющих, способствующих осуществлению соединения;
3) теоретический анализ работы механизмов компенсации погрешностей с приведением примеров их конструктивного исполнения.

Ведущий подход. Теоретические исследования величины погрешностей в сборочной позиции во взаимодействии с возникающими динамическими

силовыми параметрами и с выходом на безотказность выполнения процесса сборки. Далее – обоснованный подход к структуре и особенностям разработки механизмов компенсации погрешностей в составе ЗУ и рассмотрение схемы их работы и принципа действия. Затем обобщение итогов и выдача результатов.

Под безотказностью процесса соединения деталей при сборке изделий принято считать отношение успешно выполненных соединений к общему числу попыток, выраженное в процентах. Здесь ПР напряженно конкурирует с опытным рабочим-сборщиком, превосходя его в плане производительности в течение всей смены, ввиду отсутствия таких субъективных показателей как отсутствие утомляемости и запрограммированная длительность цикла сборки.

Результаты исследований их обсуждение. Действительно, рассмотрев особенности выполнения сборочных операций, в отличие от операций механообработки, мы приходим к заключению, что динамические факторы процесса соединения оказывают влияние на сам процесс соединения и определяют его безотказность, производительность и само качество изделия. К динамическим факторам мы относим сборочные усилия, жёсткость отдельных элементов системы, скорости и ускорения, с которыми выполняются соединения деталей. Установлено, что последние два фактора в большей степени влияют на производительность процесса, а на его безотказность влияют незначительно.

Рассматриваем соединение типа «Вал» – «Втулка» с зазором, то есть соединения деталей по цилиндрическим поверхностям. При этом вал – это любая деталь цилиндрической формы, а под втулкой понимается любая деталь с отверстием (в том числе корпусная).

В зависимости от принятой схемы сборки, выделим два подхода к анализу имеющих место погрешностям. Доминирующей погрешностью, принятой к рассмотрению в данном случае, является суммарная погрешность несовпадения осей указанных деталей.

Учитывая её можно записать условие автоматической сборки в виде:

$$\Delta_{\sum факт} \leq \left[\Delta_{\sum}\right]. \qquad (1)$$

Левая часть неравенства представляет собой фактическое значение данной погрешности, которая может быть определена (для отдельного рабочего цикла) как сумма элементарных погрешностей с использованием правила геометрического суммирования:

$$\Delta_{\sum факт} = \Delta_{H(0)} + \sqrt{\Delta_{п}^{2} + \Delta_{зу}^{2} + \Delta_{БП}^{2} + \delta^{2} A + \xi^{2}}\ , \qquad (2)$$

где $\Delta_{Н\,(О)}$ – систематическая погрешность настройки либо «обучения» ПР;

$\Delta_{П}$, $\Delta_{ЗУ}$, $\Delta_{БП}$ – погрешности, свойственные элементам системы (позиционирования ПР, положения деталей в захватном устройстве и в базовом приспособлении, соответственно.

δ и ξ – погрешности характерные самим деталям (отклонения от соосности для ступенчатых валов и межосевого размера для корпусной детали с несколькими отверстиями).

Можно заметить, что эта часть весьма значительна количественно, являясь при этом случайной величиной, что затрудняет управление всем процессом.

В правой части указано допускаемое значение этой же погрешности. Оно различно. Так для «жёсткой» сборки, которая должна выполняться без каких-либо компенсирующих механизмов:

$$\left[\Delta_{\sum}\right] = Z_{р} = \frac{d_{0} - d_{в}}{2}\ . \qquad (3)$$

А для сборки по методу компенсации погрешностей, определим ее как:

$$\left[\Delta_{\sum}\right] = Z_{р} + \sum C = Z_{р} + C_{в} + C_{0}\ . \qquad (4)$$

где $Z_{р}$ – радиальный зазор, как функция выбранной посадки, мм;

$d_{о}$ и $d_{в}$ – фактические диаметры отверстия и вала, соответственно, мм;

$C_{о}$ и $C_{в}$ – катеты фасок в отверстии и на вале, соответственно, мм.

Напрашивается вывод о том, что по первому условию сборки фактическое значение погрешности, может значительно превышать её допустимое значение, поэтому одним из основных направлений следует считать разработку компенсирующих ЗУ, учитывающих динамику процесса сборки. Для их успешного функционирования целесообразно принять большие размеры катетов фасок на сопрягаемых деталях. Это может сделать конструктор ещё на стадии проектирования изделия, повышая тем самым собираемость его при сборке.

Анализируя схему взаимодействия деталей при их соединении, важно привести общее выражение для определения допустимого значения суммарной погрешности с учётом основных динамических параметров:

$$\left[\Delta_{\Sigma}\right]_{динам} = Q_R \cdot \left(\frac{1}{j_{пр}} + \frac{1}{j_{зу}} + \frac{1}{j_{БП}} + \frac{1}{j_{дет1}} + \frac{1}{j_{дет2}} \right). \qquad (5)$$

где Q_R – радиальная составляющая сборочного усилия, Н;

$J_{пр}$, $J_{зу}$, $J_{БП}$, $J_{дет\ 1}$ и $J_{дет\ 2}$ – жёсткости элементов системы: руки ПР, захватного устройства, базового приспособления и самих сопрягаемых деталей.

Процесс компенсации погрешности несовпадения осей, соединяемых деталей, осуществляется смещением детали «Вал» в захватном устройстве, как в элементе, имеющем регулируемую жёсткость, под действием указанного усилия Q_R, определение которого дано ниже (8), и обеспечивается введением упругого элемента, располагающегося между деталью-валом и ЗУ.

Следует отметить, что это смещение сопровождается скольжением вала по поверхности фаски втулки.

При расчёте захватных устройств ПР используем следующие:

$$P_0 = W \cdot f_1, \qquad (6)$$

где P_o – осевое усилие, действующее на вал от захватного устройства, Н;

W – усилие зажима, развиваемое захватывающим механизмом, Н;

f_1 – коэффициент трения между деталью-валом и губками ЗУ;

$P_{сб}$ – сборочное усилие, возникающее в точке взаимодействия деталей, Н.

$$P_{сб} = P_0, \tag{7}$$

Тогда составляющая, направленная горизонтально по радиусу отверстия:

$$Q_R = P_{сб} \cdot ctg\alpha . \tag{8}$$

Механизмы компенсирующего действия работают с использованием этой силы, чем достигается совмещение осей деталей и их последующее соединение.

Два варианта конструкции с использованием описываемых элементов компенсации в составе многопозиционных ЗУ представлены на Рис. 1.

Рисунок 1. Схема устройства и срабатывания компенсирующих устройств: а – с наклонными упругими опорными элементами; б – с плоско-спиральным элементом компенсации; в – последовательность срабатывания механизма 1-го типа; г – то же, для второго типа.

Эти схемы представлены в авторском свидетельстве [Корсаков В. С., Васильевых Л. А., Апатов Ю. Л.].

Было предложено два варианта конструктивного исполнения механизмов компенсации: в виде упругих наклонных опор (Рис. 1а) и в виде спирально-ленточного элемента (Рис. 1б), которые использовались при проведении проверочных экспериментов. Компенсирующий механизм первого типа содержит три упругих элемента 1 – цилиндрические пружины сжатия нормированной жёсткости, закрепленные последовательно друг за другом под углом к вертикали $\beta = 20–30^{\circ}$ между верхним основанием 2, крепящимся к ЗУ, и нижним основанием 3, на котором смонтирован зажимной узел 4.

Механизм второго типа – это упругая плоская пружина 1, выполненная по спирали Архимеда, один конец витка которой крепится к втулке 2, а второй (внутренний) – к зажимному узлу 3.

Также приведены схемы возможных движений компенсации (устранению влияния) погрешностей: на Рис. 1в – смещения осей в горизонтальной плоскости сборки на ΔX и ΔY, в вертикальном направлении на ΔZ, в наклонном угловом положении на γ_X (γ_Y), по углу поворота вокруг вертикальной оси на угол φ, что необходимо при сборке шлицевых либо шпоночных соединений.

На схеме обозначено: P_O – осевое усилие, развиваемое ПР с реакцией в виде сборочного усилия ($P_{СБ}$), возникающего в точке взаимодействия деталей (на рисунке не показано); Q_R – радиальная составляющая сборочного усилия. Как отмечалось, это сила, обеспечивающая смещение вала к оси отверстия.

На Рис. 2 приведены графики зависимости безотказности процесса роботизированной сборки с захватными устройствами компенсирующего типа.

Рисунок 2. Иллюстрация зависимости безотказности процесса сборки от величины суммарной погрешности несовпадения осей собираемых деталей.

Принята нумерация: кривая 1 – при d = 30 мм и ΣC = 2 мм; кривая 2 при d = 5 мм, ΣC = 1 мм (обе при вылете руки ПР L = 200 мм); кривые 3 и 4 – тоже, при вылете руки: L = 400 мм. Радиальный зазор в соединениях: Z_p = 0,1 мм.

Также на Рис. 3 дано фото экспериментальных образцов, использованных для проверки основных результатов теоретических исследований.

Рисунок 3. Примеры технологических устройств, примененных в экспериментальной части исследований. Общий вид.

Выводы. Следует отметить, что поставленные в статье задачи были успешно выполнены. Подтвердилась возможность с помощью специальных механизмов в структуре ЗУ, допускающих в качестве адаптации некоторые

смещения одной из сопрягаемых деталей (предпочтительно присоединяемой – валу) существенно повысить безотказность на операциях автоматизированной сборки, а также значительно понизить требования к промышленным роботам по точности их позиционирования.

Полученные результаты могут быть полезными при проектировании средств технологического оснащения промышленных роботов, а именно захватных устройств, при выполнении сборочных операций в машиностроении.

Библиографический список

1. Патент № 994254. СССР МКИ B25J15/00. Многопозиционное захватное устройство : заявл. 13.05.1981 : опубл. 07.02.1983. / В. С. Корсаков, Л. А. Васильевых, Ю. Л. Апатов. ; патентообладатель Кировский политехнический институт и Московское высшее техническое училище ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени им. Н. Э. Баумана.

Моделирование гидродинамических процессов в реакторах проточного типа

Беляев А. Н.[a], Гурдин Р. А.[b], Киселев А. А.[c]
Кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной безопасности и инженерных систем[a]
магистрант, кафедра технологии машиностроения[b]
студент, факультет строительства и архитектуры[c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
E-mail: belyaev71@list.ru[a], rgurdin@mail.ru[b], kisilyov.anton@mail.ru[c]

Аннотация: Математическое моделирование – это неотъемлемая и одна из важнейших частей технических экспериментальных работ в современных исследованиях, так как она позволяет получить экспресс результаты высокой точности при малых затратах ресурсов. В приведенной статье описано моделирование сложных гидродинамических процессов в реакторах проточного типа при различных значениях входных параметров. В качестве основного средства моделирования рассмотрен программный пакет SolidWorks и его расширение – flow simulation. Полученные результаты исследований показывают, что выбранный программный пакет даёт высокую степень достоверности между теоретическими и экспериментальными данными. Мы предлагаем использовать разработанную математическую модель в исследовании и оптимизации конструкции проточных гидродинамических устройств, а также для установки их наиболее оптимальных режимов работы.

Ключевые слова: математическая модель, SolidWorks flow simulation, гидравлика.

Введение. Современные исследования в технических науках невозможны без математического моделирования, используемого в качестве метода исследования. Его с успехом используют в машиностроительной гидравлике.

Исследование процессов течения жидкости, которая окружена твёрдыми стенками, является одной из важнейших и сложнейших задач. Изучение объекта производилось математическим моделированием с использованием данных эмпирического метода.

Цель исследования. Получение математической модели сложных гидродинамических процессов в реакторах проточного типа при различных значениях входных параметров.

Задачи исследования. Выбор и адаптация программы моделирования с реальными значениями исследуемых параметров.

Методы исследования. Методами и средствами исследования при математическом моделировании могут выступать программы и прикладные программные пакеты. Для моделирования течения жидкости существуют при-

кладные программные пакеты: FluidDraw, FLOW-3D, Applied Flow Technology Fathom и SolidWorks flow simulation. Все эти программы отличаются подходами к моделированию и обладают различными инструментами. В качестве средства моделирования рассмотрим программный пакет SolidWorks и его расширение – Flow simulation, который обеспечивает расчёт жидкостных и газовых потоков внутри и снаружи модели SolidWorks и рассчитывает теплопередачу от неё, к ней и между моделями конвекцией, излучением и теплопроводностью с помощью технологий вычислительной гидрогазодинамики (CFD) [SolidWorks Flow Simulation 2012 Technical Reference, с. 25].

Результаты исследований, их обсуждение. В основе Flow simulation лежит моделирование потока жидкости, с помощью решения уравнения Новье-Стокса, которое является интерпретацией закона сохранения энергии массы и импульса для потока жидкости. Под жидкостью здесь понимается и газ, и жидкость в виду отсутствия в русском языке аналогов слову fluid. Выражения состояния жидкости, которыми дополнено уравнение, не только определяют природу жидкости, но и эмпирические зависимости вязкости плотности и теплопроводности жидкости от температуры. Другая часть уравнения отвечает за граничные и начальные условия, геометрию потока.

С помощью дополнения Flow simulation можно исследовать широкий диапазон сложных явлений и процессов, которые возникают в оборудовании:

1) протекающие через каналы различных типов геометрии массовые потоки;
2) характер тепловых и массовых потоков по времени;
3) проходящие через вращающиеся элементы потоки жидкости, например, в центрифугах, реакторах, центробежных насосах;
4) турбулентные и ламинарные потоки жидкости;
5) проходящие сквозь пористые среды с изотропной и отличной от изотропной проницаемости, тепловые и массовые потоки.

Но насколько правдивы результаты рассчитанные с помощью программы в сравнении с данными полученными экспериментальным путем?

Для решения это вопроса попробуем получить данные двумя способами:

1) с помощью эксперимента;
2) с помощью SolidWorks flow simulation.

Для примера возьмём патент 2445272 «Способ обеззараживания воды синергетическим воздействием» [Беляев А. Н., Флегентов И. В., с. 7] и сравним данные от эксперимента с результатами расчёта программы.

Прежде чем программа приступит к расчётам, необходимо создать твердотельную модель исследуемого объекта в SolidWorks. На этом этапе строится твердотельная оболочка, внутри которой будет протекать жидкость (если стоит внутренняя задача исследования), или поверхность объекта, которую будет обтекать жидкость (если стоит внешняя задача исследования). Заданные геометрические условия однозначности будут влиять на гидродинамические параметры.

Результатом первого этапа является создание 3D модели (рис. 1).

Рисунок 1. Демонстрация создания 3D модели.

Следующим этапом является создание проекта исследования. Создать проект можно двумя способами [SolidWorks Flow Simulation 2012 Technical Reference, с. 26]:

1) создать новую или выбрать уже существующие параметры детали или сборки с помощью инструмента «New Flow simulation Project» (Рис. 2а).
2) с помощью мастера проекта можно указать основные параметры проекта (Рис. 2б).

а б

Рисунок 2. Демонстрация создания нового проекта исследования:
а – по шаблону; б – с помощью мастера проекта.

Выбрав инструмент «Мастер проекта», начинают последовательно открываться окна, которые отвечают за следующие параметры проекта:

1) Project configuration – позволяет создать новую или выбрать существующую конфигурацию проекта. Находящееся в данном окне поле «Comments» позволяет внести текстовые заметки по проекту. Данная функция особенно полезна, когда над проектом работает несколько человек или необходимо сохранить информацию, касающуюся проекта;
2) Unit system – осуществляется выбор отображения размерностей проекта, то есть на данном этапе исследователь задает систему единиц измерения (МКГС, ММГС, СМГС и т. д.). Для рассматриваемого проекта выбрана система МКГС;

3) Analysis type – выбирается тип гидродинамической задачи: внутренняя (internal) или внешняя (external) [SolidWorks Flow Simulation 2012 Technical Reference, с. 27];
4) Default Fluid – выбирается вид жидкостей, течение которых будет моделироваться в проекте. Краткое описание этих видов жидкостей указаны ниже в таблице;
5) Wall conditions – выбираются свойства твёрдых поверхностей;
6) Initial conditions – вводятся начальные условия;
7) Result and geometry resolution – задаются начальные параметры расчетной сетки и для мелких элементов модели выбирается спецификация разрешения сетки. Разрешение расчётной сетки установлено на уровне 5.

На третьем этапе необходимо выбрать поверхность, на которой будут заданы граничное условие. Но перед этим необходимо заранее закрыть «крышкой» входные и выходные отверстия. Крышку можно создать вручную или автоматически. Затем в качестве поверхности моделируемого объекта выбирают плоские и неплоские грани моделируемого объекта. Начальные и граничные условия задаются соответственно на входном и выходном отверстиях трубы.

Следующим этапом является введение целей проекта. На данном этапе необходимо указать тепловые и гидродинамические параметры, которые являются целью моделирования. Выбранные параметры будут служить критерием сходимости гидродинамической задачи. Цели различают по области модели, которые будут определяться указанными параметрами (Табл. 1):

Таблица 1

Типы целей

Название	**Необходимо указать**	**Рекомендуемые параметры**
Глобальные цели	-	T, P, w, расход,
Цели в точке	Точку	T
Цели на поверхности	Поверхность	α
Цели в объёме	Объёмное тело	K, λ, μ, Re

Выбранные цели, обычно, согласуются с заданными граничными условиями. Например, для граничных условий типа Pressure opening можно в качестве цели указать определение массового расхода в этой области.

Расширение может использовать собственный внутренний критерий сходимости для завершения расчёта в тех случаях, когда не указаны цели проекта. Полученные таким образом результаты будут иметь большую погрешность в сравнении с результатами, полученных от целей, заданных вручную. Более того, время вычисления будет зависеть от производительности компьютера и от сложности поставленных задач.

Если все необходимые условия однозначности заданы, можно приступить к настройке и запуску заданного проекта. Во время расчёта проекта, можно вывести на экран текущее состояние результатов расчёта, приостановить или завершить расчёт. При завершении расчёта программа выдаст сообщение: Solver is finished.

После завершения расчёта программа предлагает вывести на экран распределение параметров потока и провести анализ результатов с помощью различных инструментов, доступных в Flow simulation. В начале нужно указать параметры результата, а затем способ и область его визуализации. Инструменты Flow simulation в зависимости от способов визуализации результаты различают (табл. 2)

Таблица 2

Инструменты просмотра и анализа результатов Flow Simulation

Название инструмента	**Необходимо указать**
Изоповерхности	Искомую величину параметра
Параметры в точке	Точку
Параметры в объеме	Объемное тело
Карта результатов	Интересуемый параметр
Графики	Ребро, отрезок, кривую
Поверхностные параметры	Поверхность
Траектория потока	Изначальная поверхность
Картины поверхности	Поверхность
Картина в сечении	Сечение или плоскость

На Рис. 3. приведены результаты распределения параметров потока: скорости и давления, проходящего через установку, для жидкости в одинаковых условиях при равных массовых расходах.

Рисунок 3. Результаты измерения скорости в системе.

Сопоставление полученных значений с результатом фактического износа материала показывает высокую степень достоверности полученных данных. На Рис. 4 представлена фотография износа серебряной подложки кавитационного реактора [Беляев А. Н., Флегентов И. В., с. 7]. Здесь максимум износа соответствует расположению соответствующих зон на Рис. 3 (2÷3 диаметра возбудителя кавитации). При изменении входных параметров, геометрии канала, скорости потока и давления значения также соответствуют фактически полученным результатам.

Рисунок 4. Износ металла за возбудителем кавитации.

Выводы. Таким образом, полученную модель можно использовать в исследовании и оптимизации конструкции проточных гидродинамических устройств, а также режимов их работы.

Библиографический список

1. SolidWorks Flow Simulation 2012 Technical Reference. 2012. С. 25-44. URL: https://docslide.us/documents/solidworks-flow-simulation-2012-tutorial.html (дата обращения 14.01.2019).
2. Патент № 2445272. Российская Федерация. Способ обеззараживания воды синергетическим воздействием / Беляев А. Н., Флегентов И. В. : заявл. 07.10.2010 ; опубл. 20.03.2013, Бюл. № 8. 7 с.

Обзор современных смазочно-охлаждающих жидкостей

Булычев И. В.
магистрант кафедры технологии машиностроения
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: ilya.bulychev@mail.ru

Аннотация: Большинство современных предприятий по металлообработке используют станки с числовым программным управление, что позволяет использовать более высокие скорости резания, возможность автоматизировать производство. Но повышая скорость резания, повышается температура в зоне резания, из-за этого происходит более быстрый износ инструмента, снижается качество обработанной поверхности, возникает брака продукции. Для решения данной проблемы используют не только инструменты высокого качества, но также и современные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), которые могут эффективно понижать температуру в зоне резания, смазывать обрабатываемую поверхность, тем самым повышают стойкость инструмента.

Целью является обзор современных СОЖ. Задачами являются порядок выбора СОЖ, причины снижения качества СОЖ. В статье представлена сравнительная характеристика СОЖ, используемая на предприятии ВМП «Авитек». Сравнение характеристик производилась на основании данных от производителя СОЖ и практического использования каждой жидкости при различных видах операций и обрабатываемого металла.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающая жидкость, сравнение СОЖ, требования к СОЖ, влияние СОЖ на металлообработку.

Введение. Актуальные технологии металлообработки и новое высокоскоростные станки дают возможность осуществлять более интенсивное формообразования: фрезерные, токарные, сверлильные работы, резьбонарезание и др. Большая мощность деформации металлов приводит к повышенным нагрузкам, которые превышают предел прочности инструмента, оснастки, оборудования. Один из наиболее доступных и экономически выгодных путей технического прогресса в машиностроении – широкое применение СОЖ [Энтелиса С. Г., Берлинера Э. М., с. 6]. Подводимая СОЖ понижает температуру в зоне резания. Присутствие у СОЖ смазывающих качеств ослабляет трение заготовки и инструмента, понижает возможность задира и порчи заготовки и инструмента. СОЖ повышает интенсивность техпроцессов, производительность труда и станков, увеличить качество выпускаемых деталей. СОЖ являются непростыми физико-химические системами, включающие модификаторы разнообразного назначения: антикоррозионные, противоизносные, противозадирные, биоцидные и другие [Энтелиса С. Г., Берлинера Э. М., с. 11]

Исключительную важность проблемы выбора СОЖ приобретает в условиях многономенклатурного автоматизированного производства. СОЖ обязана гарантировать высокую эффективность в конкретных условиях обработки, а также она обязана гарантировать достаточную гибкость, чтобы сохранять высокую эффективность при перемене условий резания. Разнообразие условий предопределяет и разнообразие СОЖ.

Цель исследования. Целью является обзор современных СОЖ.

Задача исследования. Задачами являются порядок выбора СОЖ, выявление причин снижения качества СОЖ.

Методы исследования. Во время простых испытаний СОЖ на металлообрабатывающем оборудовании сложно разграничить режущие и смазочные качества СОЖ, потому что они способствуют снижению силы резания. Они отличаются тем, что смазочные свойства СОЖ облегчают процесс резания с помощью снижения сил трения инструмента и заготовки, а режущие свойства - за счет снижения прочности самых тонких поверхностных слоев обрабатываемой заготовки [Шашин А. Д., с. 7].

Лучшими охлаждающими свойствами обладают водные СОЖ. Однако у них хуже смазочные свойства. При выборе СОЖ необходимо принимать во внимание режимы резания, так как для каждого инструментального материала существует оптимальная температура, обеспечивающая его максимальную стойкость [Шашин А. Д., с. 8].

Рассмотрим такие СОЖ как Лукойл Фрео МП 15Л, HOSMAC-RT 11, QUAKERCOOL® 7200 BAF.

Таблица 1

Сравнительная характеристика СОЖ Лукойл Фрео МП 15Л HOSMAC-RT 11 QUAKERCOOL® 7200 BAF

	Лукойл Фрео МП 15Л	HOSMAC-RT 11	QUAKERCOOL® 7200 BAF
Рекомендуемая концентрация, %	4-12	5-8	6-12

Внешний вид / Цвет	Прозрачный Янтарный	Прозрачный Янтарный	Прозрачный Янтарный
Тест на коррозию	выдерживает	выдерживает	выдерживает
Пенообразование	Низкое	Среднее	Низкое
Биостойкость	Высокая	Средняя	Высокая
pH 4,0%	8,7	9,1-9,5	8,6
Плотность при 20˚С, кг/м³	980	950	973
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм2/с	35,5-50,6	60	51
Жесткость воды при приготовлении, мг – экв/дм^3	4,6	2-10	8-19
Температура потери текучести, °С	15	5	4
Смешиваемость с водой	высокая	средняя	средняя
Применимость по видам операций	шлифование, токарная обработка, фрезерование, сверление, зенковка, резание (распиливание), резьбонарезание	шлифование, токарные и фрезерные работы, сверление, резьбонарезание	шлифование, токарная обработка, фрезерование, сверление, зенковка, резание (распиливание), резьбонарезание, протягивание
Обрабатываемый материал	Чугун, высоколегированная сталь, алюминивые сплавы	Чугун, высоколегированная сталь, алюминивые сплавы	Чугун, сталь, высоколегированная сталь, нержавеющая сталь, алюминивые сплавы, медные сплавы, титан

Результаты исследований. В наибольшей степени приемлемой СОЖ является QUAKERCOOL® 7200 BAF, так как она обладает более широким диапазоном использования по видам операций и обрабатываемых материалов. Обладает высокими антикоррозионным свойствами, имеет высокую стойкость к биопоражению, пенообразованию.

Избыточная концентрация СОЖ служит источником вспенивания и низкого качества фильтрации жидкостей, а у рабочего персонала она возбудит раздраженность кожи и дыхательных путей.

Пониженная концентрация СОЖ станет источником коррозии и плохой обработки поверхности, вдобавок станет виновником размножения бактерий.

Альтернативность СОЖ обусловливаться различными причинами: от материала заготовки, от условий использования станков и др.

Выводы. Порядок выбора СОЖ

1) выбор СОЖ необходимо проводить для каждого отдельного материала. Любой материал заготовки имеет особые сложности, которые должно решить использование СОЖ;
2) последующим этапом выбирается необходимая концентрации СОЖ, который обусловливается операцией и материалом. Концентрация должна отвечать советам производителя;
3) вследствие использования оборудования непременно смешиваются масла и СОЖ в самом станке, и в его гидросистеме. Следовательно, надо контролировать, что все смазочные материалы были совместимы с водорастворимой СОЖ.

Верно выбранная СОЖ и следование способам ее использования сказываются на повышение производительности в целом.

Искажение свойств СОЖ, ее расслаивание и пенообразование, проявляются по нижеследующий источниками:

- использование плохих эмульгаторов и стабилизаторов вспенивает и расслаивает СОЖ ;

- малая насыщенность СОЖ биоцидными модификаторами влечет к появлению бактерий.

Некачественная СОЖ приводит:

- к повышенным издержкам;
- к коррозии оборудования и заготовки;

Библиографический список

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием : справочник / Под ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. М. : Машиностроение, 1986. 352 с., ил.
2. Шашин, А. Д. Исследование влияния СОЖ на процесс взаимодействия инструмента и заготовки при обработке металлов резанием: диссертация кандидат техн. наук: 17.11.2003 / А. Д. Шашин. Москва 2003, 159с.
3. СОЖ Лукойл Фрео МП 15Л // Лукойл: нефтяная кмпания : сайт. URL: https://lukoil-lubricants.promodev.ru/ (дата обращения 10.02.2019)
4. HOSMAC-RT 1 // Современная машностроительная компания : сайт. URL: https://chemtehno.ru/vodorastvorimye-produkty/hosmac-rt-11 (дата обращения 10.02.2019)
5. QUAKERCOOL® 7200 BAF. URL: http://www.rosma.ru/catalogue/coolants/coolants_1188.html (дата обращения 10.02.2019)

Влияние депрессорных присадок на эксплуатационные свойства дизельного топлива

Бурков Г. С.
магистрант кафедры технологии машиностроения
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: Burkov4774@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается возможность повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив, применяющихся в технике, работающей в особых условиях. Актуальность данной темы обусловлена непрерывно расширяющимся рынком депрессорных присадок, в связи с высоким спросом. Целью данного исследования является изучение механизма влияния данных присадок на дизельные топлива, и на их низкотемпературные свойства, а также определение наиболее перспективных типов присадок. Рассмотрено взаимодействие компонентов дизельного топлива и депрессорных присадок, а также влияние на них посторонних примесей, находящихся в топливе. Материал описывает основные группы депрессорных присадок, способы их получения и показатели эффективности применения. В ходе исследования было выяснено, что наиболее перспективными, с точки зрения технологичности получения и эффективности применения, являются неполимерные присадки.

Ключевые слова: депрессорные присадки, эксплуатационные свойства, дизельное топливо, низкотемпературные свойства

Достоинства, которыми обладают дизельные двигатели в сравнении с бензиновыми аналогами: экономичность, надёжность, более высокий крутящий момент, создаваемый при низкой частоте вращения коленчатого вала, способствовали их широкому внедрению в автомобильной промышленности. Однако одним из слабых мест данных топлив являются их низкотемпературные свойства. Уже при околонулевых температурах начинаются проблемы, связанные с запуском и работой дизельного двигателя. С целью решения данного вопроса ГОСТ 305-2013 предполагает изготовление нескольких видов дизельного топлива: летнее, рекомендуемое для эксплуатации при минус 5 ºС и выше, межсезонное для эксплуатации при минус 15 ºС и выше, зимнее для эксплуатации до минус 25 ºС и до минус 35 ºС и арктическое для эксплуатации при минус 45 ºС и выше [Кузнецов А. В., с. 68]. Тем не менее на эксплуатацию дизельного транспорта в России накладываются экономические факторы, из-за которых нефтеперерабатывающая отрасль выпускает по большей части летнее дизтопливо (до 90% всего объёма). Это приводит к тому, что потребности транспортной отрасли в зимнем топливе удовлетворяются менее, чем на 50%. Основное отличие летнего дизтоплива от зимнего заключается в большей

концентрации длинноцепных молекул парафинов, которые уже при близких к нулю температурах начинают кристаллизоваться и выпадать в осадок. В ходе дальнейшего понижения температуры окружающей среды происходит рост кристаллов парафинов, и в момент достижения ими размеров, сопоставимых с микропорами фильтрующей системы, происходит блокирование топливной магистрали парафиновым гелем. Поэтому наиболее важным критерием при сравнении низкотемпературных свойств дизельных топлив, безусловно, является температура предельной фильтруемости.

Улучшения низкотемпературных свойств топлива добиваются удалением из топлива части парафиновых углеводородов, так называемой депарафинизацией. Температура застывания при этом существенно понижается. Однако удаление высокоцетановых компонентов (парафинов) приводит к снижению цетанового числа, вследствие чего депарафинизацию ограничивают [Пучков Н. Г., с. 46]. Помимо этого, процесс депарафинизации, осуществляемый на стадии перегонки нефти при температурах не более 320 ºС, ведет к уменьшению объёма топлива на выходе и росту его стоимости.

В связи с этим широкое распространение получили специальные депрессорные присадки. Их действие направлено на предотвращение роста парафиновых кристаллов. Исходя из нескольких теорий механизма взаимодействия топлива и присадок следует, что на поверхности частиц парафиновых фракций происходит создание слоя из молекул депрессора, путём присоединения полярной части депрессора к поверхности кристалла парафина. Свободная неполярная часть создает препятствия для сближения и агломерации кристаллов парафина. Таким образом, важно отметить, что положительное воздействие депрессорных присадок заключается не в исключении возникновения парафиновых кристаллов, а в торможении их роста, что не отменяет последствий температуры помутнения, не оказывающей значительной роли на низкотемпературные свойства топлива.

Эффективность применения депрессорных присадок зависит от состава топлива и его характеристик. Это проявляется в различной «восприимчивости»

топлив к действию депрессоров, в частности, дизтоплива, содержащие малый набор фракций, менее чувствительны к добавлению присадок (Табл. 1). При этом, в зависимости от физико-химических свойств, углеводороды можно структурировать по убыванию их предрасположенности к присадкам: н-парафины, ароматические углеводороды, изопарафины, нафтены.

Таблица 1

Сравнительная оценка эффективности некоторых депрессорных присадок

Присадка	Концентрация присадки, %	$t_{пред.фильтр.}$, ºС	
		Топлива с широким составом фракций	Топлива с узким составом фракций
Без присадки	-	-6	-4
Dodiflow 5416	0,05	-20	-16
Keroflux 3501	0,05	-22	-18
Difron 389	0,05	-21	-19

Наличие парафинов в топливе, в зависимости от их содержания, неоднозначно влияет на способности депрессоров. Поскольку механизм действия присадок основан на сорбировании парафинов, то при малом содержании этих углеводородов эффективность депрессоров снижается. Такая ситуация характерна для малосернистых топлив, в процессе получения которых (при гидрообессеривании) также удаляются тяжёлые фракции парафинов. С другой стороны, большое содержание парафинов приводит к резкому снижению низкотемпературных свойств дизельного топлива и одновременно к падению эффективности присадок. Таким образом, с точки зрения применения депрессоров существует оптимальное содержание парафинов в топливе, соответствующее максимальному воздействию присадок.

Другим немаловажным фактором, оказывающим влияние на действие присадок, является вода. При определенном её содержании (более 0,008%), при наличии депрессоров появляется эмульсия, которая при последующем охлаждении замерзает, сковывая часть присадок [Кузнецов А. В., с. 66]. Этот эффект приводит к снижению полезного воздействия присадок на топливо. Кроме того, следует отметить, что с увеличением температуры ввода присадки

в топлива повышается эффект депрессии, уменьшается температура застывания и предельная температура фильтруемости дизельного топлива.

Рисунок 1. Последствия засорения парафинами фильтра топливной магистрали.

Все известные к настоящему времени депрессорные присадки можно разбить на несколько групп: сополимеры этилена и винилацетата, поли(мет)-акрилатные и их сополимеры, полиолефиновые (сополимеры этилена и пропилена, полиэтилен), конденсационные (неполимерные).

Сополимеры этилена и винилацетата объединяют в себе различные бинарные, тройные сополимеры этилена с полярными мономерами следующих типов: эфиры, амиды ненасыщенных кислот, сложные и простые виниловые эфиры, ненасыщенные кетоны. Процесс получения данных депрессоров предполагает два варианта: периодический и непрерывный. Периодический процесс заключается в сополимеризации винилацетата в растворе циклогексана с добавлением инициатора полимеризации. Температура при этом составляет до 150 ºС, а давление до 30 МПа. В ходе непрерывного процесса давление и температура достигают больших величин и составляют 50-200 МПа и свыше 150-190 ºС, соответственно. Отличительной чертой процесса является наличие

регулятора молекулярной массы, совместно с которым сополимеризуемая смесь пропускается через автоклавный реактор, где после частичного превращения мономеров происходит отделение сополимеров. Несмотря на то, что к настоящему времени сополимеры этилена и винилацетата достаточно хорошо изучены и показали высокую эффективность (Табл. 2), их внедрение ограничивается технологическими сложностями, возникающими при производстве. Среди наиболее распространенных присадок данного типа следует отметить ECA-8400 парадин, ECA-8583, ECA-5920 фирмы «Эксон» (США), «стабинол Fj» фирмы «Sumitomo» (Япония), присадки «лейназол-1000» (Германия).

Полиолефины, простейшим из которых является низкомолекулярный разветвленный полиэтилен, также обладают способностями к снижению температуры фильтрования дизельного топлива. Даже для летнего топлива, снижение составляет до 12 ºС. Недостатком такой присадки является ухудшение коэффициента фильтруемости топлива. Стоит отметить, что получение низкомолекулярного разветвленного полиэтилена не представляет принципиальных трудностей, поскольку он является побочным продуктом в процессе получения полиэтилена высокого давления.

Значительный интерес для исследований представляют полиметакрилатные присадки. Обуславливается это, прежде всего, высокой эффективностью данных присадок (Табл. 2), а также достаточно технологичным процессом их получения, протекающим при атмосферном давлении и температурах ниже 100 ºС. В настоящее время наиболее распространено получение сополимеров высших алкилметакрилатов и виниловых мономеров [Кулиев А. М., с. 147]. Особенностью данных присадок является эффект снижения температуры помутнения, фактически мало сказывающийся на свойствах топлива.

К веществам неполимерного типа относятся разнообразные алкилнафталины, амиды, содержащие длинные алкилы, эфиры многоатомных спиртов и кислот. Как наиболее эффективный оценивается ненасыщенный

эфиронафталин, представляющий собой продукт конденсации нафталина и сложного эфира олеиновой кислоты, а также спермацетовых спиртов. Данная присадка приводит к снижению температуры застывания до 36 ºС, а предельной температуры фильтруемости до 18 ºС для летних сортов топлива. Также отмечен эффект незначительного понижения температуры помутнения (на 2 ºС). Отмечают также перспективность применения сложных эфиров, синтезируемых в ходе этерификации оксистеариновой кислотой пентаэритрита. Такой депрессор снижает температуру застывания до минус 40 ºС и минус 60 ºС для летнего и зимнего дизтоплива, соответственно. Процесс получения сложноэфирных присадок, к примеру, получаемых методом конденсации пентаэритрита проходит в две фазы при температурах порядка 169 ºС–216 ºС, атмосферном давлении и в присутствии катализатора – оксида цинка.

Таблица 2

Сравнительная характеристика различных типов депрессорных присадок

Тип присадки	Молекулярная масса	Расход присадок, % массы	Максимальная депрессия, ºС		
			$t_{замерз}$	$t_{пред.фильтр.}$	$t_{помутн}$
Сополимеры этилена и винилацетата	2000-3000	0,01-0,1	>30	15	0
Полиметакрилатные	26000-35000	0,05	19-24	8-19	0-10
Полиолефиновые (сополимеры этилена и пропилена)	2000-90000	0,3	26-29	-	-
Полиолефиновые (полиэтилен)	-	0,05	19	7	-
Конденсационные	1000-10000	0,1-0,3	22-35	12-18	До 7

В ходе сравнительно анализа присадок было отмечено, что по депрессии температуры застывания значительных различий обнаружено не было. Влияние на снижение предельной температуры фильтруемости также одинаково, за исключением полиолефиновых присадок. Значительный, относительно прочих присадок, эффект депрессии температуры помутнения присутствует у полиметакрилатных и поликонденсационных присадок. С технологической

точки зрения несомненными преимуществами обладают полиметакрилатные и конденсационные присадки. При этом большими перспективами обладают именно конденсационные присадки, благодаря достаточно простой технологии получения, доступности сырья, обширным возможностям для варьирования химической структуры молекул, а также благодаря уникальному эффекту снижения температуры помутнения дизельного топлива.

Добавление в дизельное топливо депрессорных присадок повышает его стоимость как правило на 1%, что окупается снижением расхода энергии, следовательно, и топлива на прогрев двигателя в холодное время года. Кроме того, сокращается время простоя транспорта, что в случае с грузовыми автомобилями (а именно на них чаще всего применяются дизельные двигатели) ведёт к снижению расходов.

Таким образом, применение депрессорных добавок является экономически обоснованным приёмом повышения низкотемпературных свойств дизельных топлив. Обширные перспективы синтезирования новых веществ позволяют считать, что в будущем возможно получение присадок, отвечающих высоким требованиям технологичности производства, эффективности применения, а также обладающих минимальным негативным влиянием на двигательную установку.

Библиографический список

1. Кузнецов, А. В. Топливно-смазочные материалы / А. В. Кузнецов. М. : Колос, 2007. 199 с.
2. Пучков, Н. Г. Дизельные топлива / Н. Г. Пучков. Л. : Красный печатник, 1958. 194 с.
3. Кулиев, А. М. Химия и технология присадок к маслам и топливам / А. М. Кулиев, 2-е изд., перераб. Л. : Химия, 1985. 312 с. : ил.
4. Плотников С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры: автореф. дис. … д-ра техн. наук / С. А. Плотников. Нижний Новгород, 2011. 85 с.

Исследование процесса объёмного фрезерования древесины

Веретенникова В. С.
магистрант 2 курса направления «Машиностроение»,
политехнический институт
Вятский государственный университет, г. Киров, Российская Федерация
E-mail: varya.efremova.00@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрена проблема процесса объёмного фрезерования древесины на станках с ЧПУ. Актуальность данной темы заключается в том, что наряду с преимуществами рельефного фрезерования на станках с ЧПУ существует большой недостаток - образование в ходе работы заломов и мшистости на поверхности изделия, что требует немало времени для дальнейшей ручной доработки. Это в свою очередь ведёт за собой повышение затрат на изготовление данного изделия, а также его повышенную стоимость. В ходе исследований была составлена матрица полного факторного эксперимента. Переменными факторами стали скорость подачи (Vs м/мин) и количество оборотов шпинделя (N,об /мин.). Был проведён имитационный эксперимент с равномерным дублированием опытов, выполнена оценка значимости коэффициентов регрессии, составлена адекватная линейная модель результатов эксперимента и уравнение регрессии, которое позволяет предсказать значение выходной величины для любой точки внутри области варьирования факторов. Полученная математическая модель может послужить основой для оптимизации процесса или управления процессом.

Ключевые слова: объёмное фрезерование древесины, энергозатраты, режимы фрезерования древесины.

Введение. На сегодняшний день на смену ручному труду пришли станки с числовым программным управлением. С помощью инновационного оборудования и инструментов получают качественные резные элементы из дерева на всей территории России. Резьба по дереву с помощью таких станков осуществляется гораздо быстрее и точнее, чем с помощью ручной резьбы. Точный во всех отношениях станок с ЧПУ даёт возможность воплощать в жизнь проекты, которые невозможно было бы реализовать с помощью ручного труда за кротчайший период и с минимальными затратами. Это даёт возможность изготавливать уникальные по точности и эксклюзивные по исполнению детали для деревянного зодчества и для отделки интерьера домов и мебели [Кряжев Н. А., с. 6].

Цель исследования: найти закономерности между качеством обработки, энергозатратами и производительностью при объёмном фрезеровании древесины, чтобы повысить чистоту обработки поверхности древесины в процессе фрезерования.

Задачи исследования:

1) выбрать породу древесины, на которой будем выполнять опытные образцы;

2) выбрать оборудование для измерений характеристик обработки;

3) подобрать наиболее используемые режимы обработки древесины фрезерованием;

4) создать трёхмерную модель для последующей её обработки в CAM-системе;

5) изготовить опытные образцы;

6) выполнить измерения мощности, затрачиваемой на обработку;

7) выполнить измерения шероховатости обработанной поверхности древесины;

8) проанализировать зависимость результатов измерений от режимов обработки графически.

Ведущий подход. Для проведения экспериментальных исследований было выбрано следующее оборудование:

1) фрезерный станок с ЧПУ Artisman 24AVT, использовался для изготовления опытных образцов;
2) обрабатываемый инструмент – концевая сферическая фреза, диаметром 6 мм, материал фрезы-сталь [Любченко В. И., с. 97].
3) измерительный комплекс К506 и профилометр Абрис ПМ-7 для измерения выходных данных;
4) трёхмерная модель опытного образца - сложный рисунок, в обработке которого использовались все виды резания – торцовое, продольное, поперечное. Модель представлена на Рисунке 1. Она была создана в программе ArtCam. ArtCAM предоставляет ряд двухмерных и трёхмерных траекторий, которые могут быть использованы для чистовой обработки векторного эскиза или комбинированного рельефа, созданных в модели ArtCAM.

Было проделано четыре опыта по выбору стратегии, для исследовательской работы оптимальной оказалась стратегия «смещение по спирали 3D» , так как качество обработки данной стратегией превышает качество обработки остальных рассмотренных стратегий. Минус данной стратегии в том, что времени на обработку файла затрачивается больше, чем, например, на обработку стратегии растр классический.

Рисунок 1. Трёхмерная модель опытного образца.

Математическая формулировка задачи включает перечень переменных факторов и диапазоны их варьирования, постоянных факторов и их уровни, оценочные показатели [Ганапольский С. Г., Брагин А. В., с. 3] .

а) переменные факторы и диапазоны их варьирования:

- скорость подачи, Vs м/мин;

- количество оборотов шпинделя, N,об /мин;

б) постоянные факторы и их уровни:

- порода – бук, влажность W=8%, инструмент - концевая сферическая фреза d=6м;

в) оценочные показатели:

- мощность, затрачиваемая на обработку опытного образца, N, Вт;

- шероховатость обработанной поверхности, Ra, мкм.

В ходе исследований была составлена матрица полного факторного эксперимента.

Таблица 1

Построение полного факторного эксперимента

Значения факторов(N, Vs)	5	15	25	35	45	55
6000						
8000						
10000						
12000						
14000						
16000						
18000						

Значения выходной величины

Был проведён имитационный эксперимент с равномерным дублированием опытов, который позволяет повысить точность определения выходной величины, снизить влияние на точность систематических и случайных ошибок. Обработанный образец представлен на Рисунке 2.

Рисунок 2. Опытный образец.

Далее была выполнена оценка значимости коэффициентов регрессии при помощи критерия Стъюдента, а также математическая модель была проверена на адекватность.

Результаты исследования. Адекватная линейная модель мощности, затрачиваемой на процесс резания, имеет вид полинома первой степени.

$$y = 4{,}126\text{-}0{,}000106x_1 + 0{,}0495x_2.$$

Наибольшее влияние на выходную величину исследования - мощность, затрачиваемая на обработку, оказывает скорость подачи инструмента, имеющая наибольшее значение коэффициента. При увеличении значение мощности, затрачиваемой на обработку, увеличивается. Также при увеличении второго фактора – скорости резания, мощность увеличивается, что оказывает влияние на цену готового изделия, степень износа инструмента и станка в целом.

Рисунок 3. Зависимость мощности от скоростей резания и подачи.

Адекватная линейная модель качества обработанной поверхности имеет вид полинома первой степени. Наибольшее влияние на выходную величину – шероховатость обработанной поверхности, оказывает, как и в первом исследовании, скорость подачи инструмента, а также скорость резания. При увеличении скорости подачи инструмента значение шероховатости повышается, что оказывает неблагоприятное влияние на качество обработанной поверхности. А при увеличении количества оборотов шпинделя – скорости резания, качество значительно повышается, что в дальнейшем позволяет уменьшить ручную доработку готового изделия.

Рисунок 4. Зависимость качества обработки (шероховатости)
от скоростей резания и подачи

С использованием найденной математической модели можно решить обратную задачу. В процессе решения задачи определяются оптимальные режимы обработки материала, что для технолога является одной из главных задач.

Выводы:

1) были подобраны наиболее используемые режимы обработки древесины фрезерованием;
2) создана трёхмерная модель в CAM- системе, которая использовалась для обработки опытных образцов;
3) выполнены измерения мощности, затрачиваемой на обработку;
4) выполнены измерения шероховатости обработанной поверхности древесины;
5) найдены закономерности между качеством обработки, энергозатратами и производительностью при объёмном фрезеровании древесины.

Библиографический список

1. Кряжев, Н. А. Фрезерование древесины / Н. А. Кряжев. М. : Лесная промышленность, 1979. 200с.
2. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов : учебное пособие для студентов лесотехнических вузов. М. : Лесная промышленность, 1986. 296 с.
3. Ганапольский, С. Г., Брагин А. В. Основы научных исследований : методические указания для студентов / С. Г. Ганапольский, А. В. Брагин. Киров : Изд-во ВятГУ, 2012. 74с.

Исследование возможности применения вихревого эффекта Ранка-Хилша с целью повышения технологической эффективности криогенной медицинской техники

Ворончихин С. Г[a]., Туев М. А[b].
кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой физики
и методики обучения физике[a]
аспирант направления 03.06.01 Физика и астрономия, кафедраинженерной физики[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: nolinsk94@yandex.ru[b]

Аннотация: для современной медицины актуальным является поиск альтернативных, надежных, доступных и высокоэффективных способов получения криогенных температур. Целью статьи является исследование возможности применения вихревого эффекта в медицине, а именно для повышения технологической эффективности криогенной медицинской техники. Статья содержит обзор экспериментальных и теоретических данных отечественных и зарубежных исследователей вихревого эффекта. В результате проведенного анализа научно-технической литературы было выявлено, что применение вихревого эффекта в сфере криогенной медицинской техники раскрыто недостаточно. В статье представлено подробное исследование рабочих характеристик вихревой трубки. Результаты исследования могут быть применены для дальнейшего рассмотрения возможности применения вихревых трубок в криогенной медицинской технике с целью повышения технологической эффективности и возможности конструирования новых видов криогенной медицинской техники на основе вихревого эффекта Ранка-Хилша.

Ключевые слова: вихревые трубки, эффект энергоразделения, криогенная медицинская техника.

Введение. Представленная статья является кратким обзором рассмотрения вихревого эффекта Ранка-Хилша в качестве альтернативного источника криогенных температур для медицины. В большинстве рассмотренных случаев применяется метод экспериментального исследования: от компьютерного моделирования до непосредственного создания экспериментальной установки. В качестве объекта исследования была взята вихревая трубка Ранка-Хилша. В перспективе данный объект может получить широкое распространение при конструировании криогенной медицинской техники различного назначения. На текущем этапе предложены данные экспериментальных исследований вихревой трубки, а также проведен обзор применения вихревых трубок в медицине. Анализ теоретической части исследования показывает на недостаточное рассмотрение данного вопроса предыдущими авторами. Анализ практической части исследования демонстрирует значимость и перспективность продолжения исследований по выбранной теме.

Целью исследования является рассмотрение вихревого эффекта Ранка-Хилша в качестве альтернативного средства повышения технологической эффективности криогенной медицинской техники.

При этом поставлена задача проведения анализа литературы по выбранной тематике и экспериментального исследования параметров вихревых трубок.

Обзорная часть. Развитие криогенной и холодильной технологии обусловили интерес медицины к новым возможностям холода. Краткая характеристика применяемых криометодов представлена в Табл. 1.

Таблица 1

Криометоды в медицине

Криометоды	Достоинства	Носители холода	
		Традиционные	Новые
- криотерапия; - гипотермия; -криохирургия; - криоконсервация	- бескровные; - хороший косметический и функциональный исход; - сочетаются со всеми известными методами лечения; - подходят для пациентов всех возрастов; - просты и безопасны	- холодная вода; - лед; - хлорэтил; - солевые и гелевые криопакеты	- сжиженные газы: гелий, азот, аргон, кислород; - аппараты на эффектах Пельтье, Джоуля-Томпсона, Этинсгаузена

В промышленности, науке и технике вот уже более полувека применяется альтернативный способ получения криогенных температур при помощи вихревого эффекта Ранка-Хилша. Вихревые трубы не содержат движущихся частей и хладагентов, малоинерционны и достаточно компактны по сравнению с серийными парокомпрессионными машинами.

Известным применением вихревых труб в медицине к настоящему времени является создание двухконтурной каскадной установки с вихревой трубой для охлаждения биоматериалов при температуре -70°C [1] и охлаждение конечности перед вводом лекарственных средств при остеомиелите [2, 3]. При этом рабочие параметры вихревых труб открывают значительные возможности для их применения в медицине.

Экспериментальная часть. Вихревой эффект энергоразделения заключается в разделении подаваемой среды (газа или жидкости) на две фракции при закручивании в конической или цилиндрической камере. При

этом образующийся после разделения исходного вихря периферийный поток обладает большей скоростью вращения и температурой чем охлажденный центральный поток [4].

Рисунок 1: Схема вихревой трубы [7]
1 – сопловой ввод; 2 – камера энергоразделения; 3 – диффузор холодного потока; 4 – развихритель горячего потока; 5 – сопловой сужающийся канал.

За все время изучения вихревого эффекта было разработано много интересных гипотез, объясняющих суть наблюдаемого явления. Основные гипотезы представлены в Табл 2.

Таблица 2

Гипотезы, объясняющие суть вихревого эффекта

Автор	**Гипотеза**
Ранк, Эрделаи, Вебстер	Центробежные: с ростом радиуса градиент давления в поле центробежных сил растет интенсивнее плотности
Miltonr	Вихревая труба как демон Максвелла
Хилш-Фултон, Мартыновский, Такахама	Гипотеза реальных потоков энергии
А. П. Меркулов	Перестройка вынужденного вихря в свободный (гипотеза взаимодействия вихрей)
Linderstrom-Lang	Турбулентный перенос тепловой энергии
Stephan	Гертлеровские вихри
Amitani	Сжимаемость воздушных потоков
Kurosaka	Акустические потоки
В. И. Кузнецов, В. А. Баранов	Влияние вязкостных эффектов
М. В. Калашник	Циклотрофические и кинематические приспособления

Е. А. Колядин	Гипотеза центробежной сепарации
В. А. Арбузов	Трехмерные вихревые структуры винтовой формы, образующиеся в результате разрыва контакта поверхности периферийного газа с центральным холодным потоком. При этом вихревые кольца в виде тора принимаются за базовые вихревые структуры, сворачивающиеся в спиральные вихревые структуры в реальном несимметричном потоке

Наиболее достоверной из приведенных гипотез принято считать гипотезу взаимодействующих вихрей А. П. Меркулова. На современном этапе изучения явления В. А. Арбузов с соавторами пришли к пониманию сути происходящих процессов внутри вихревой трубы, а именно – к образованию трехмерных вихревых структур винтовой формы [5].

Рисунок 2. Трехмерный вихревой жгут в камере энергоразделения [9].

Вне зависимости от механизма происходящего энергоразделения в вихревой трубе, в большинстве случаев применения низких температур в терапевтической и косметологической медицине, их диапазон находится в пределах от +10°С до -40°С.

В ходе эксперимента была рассмотрена вихревая трубка Vortex 106-2-Н с расходом воздуха 200 л/мин и источник сжатого воздуха – медицинский компрессор Remeza со следующими параметрами: максимальное рабочее давлениеP_{max}=8атм, максимальный расход воздуха 200 л/мин.

Для проведения исследований вихревая трубка была подключена к компрессору. Были проведены измерения зависимости температуры холодного воздуха от рабочего давления и расстояния от генератора холода. Результаты измерений представлены на Рисунке 3 в виде графиков.

Рисунок 3. Зависимость температуры струи холодного воздуха от давления и расстояния до генератора холода.

Результаты и обсуждение. Из полученных экспериментальных данных следует, что наименьшая температура представлена на срезе генератора холода. Такой уровень температуры достигается при максимальном рабочем давлении. Значит, регулируя рабочее давление на входе в вихревую трубку, можно регулировать температуру холодного потока воздуха. Работающая вихревая трубка издает очень громкий шум, связанный с высокой скоростью истечения воздуха из генератора холода. Для уменьшения шума рекомендуется использовать специальный глушитель. Еще одним плюсом глушителя является то, что именно с его помощью криогенный воздушный поток становится более локализованным, не допуская стороннего охлаждения окружающих предметов.

Вихревая трубка не имеет в своем составе движущихся частей, хладагентов и систем, находящихся под действием электрического напряжения. Еще одним существенным преимуществом является также и то, что вихревая трубка практически безинерционна в плане выхода на заданные рабочие параметры.

Выводы. Проведенный анализ литературы показал, что применение вихревого эффекта в криогенной медицинской технике рассмотрено недостаточно. Полученные экспериментальные данные говорят о том, что вихревой эффект может выступать в качестве альтернативного источника криогенных температур в медицине. Кроме того, вихревая трубка позволяет получать высокие температуры и вакуум, что также является актуальным и неисследованным вопросом с точки зрения применения в медицине, а это значит, что начатое исследование по выбранной теме необходимо продолжить.

Библиографический список

1. Лукьянов П. А. Разработка и исследование двухконтурной каскадной установки с вихревой трубой для охлаждения биоматериалов при температуре -70°C : диссертация ... кандидата технических наук. Москва, 2004. 138с.: ил. РГБ ОД, 61 04-5/3736.
2. Азаров А. И. Вихревые трубы нового поколения // Конструктор. Машиностроитель. № 3, 2007. С.18-24.

3. Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике. – Самара : Оптима, 1997. 348с.
4. Ворончихин С. Г., Туев М .А. Мобильная медицинская установка термостатирования на основе вихревого эффекта Ранка-Хилша // Медицинская техника. 2018. № 5. С 51-54.
5. Белоусов А. М. Исрафилов И. Х., Харчук С. И. Вихревая труба Ранка-Хилша как перспективное устройство получения низких температур // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. № 2. С 36-44.

Исследование криптографических свойств генераторов псевдослучайных чисел на основе однородных клеточных автоматов с использованием в качестве функции связи кодов Вольфрама

Гагаринов С. М.[a], Ланских В. Г.[b], Поздин В. Н.[c]
магистрант кафедры систем автоматизации управления[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизации управления[b]
кандидат технических наук., доцент кафедры систем автоматизации управления[c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
E-mail: codjumper@mail.ru[a], usr00222@vyatsu.ru[b], usr00324@vyatsu.ru[c]

Аннотация: Криптографическая защита является одной из главных проблем в информационном обществе. Данное исследование направлено на улучшение имеющихся методов защиты информации. В статье рассматривается криптографическая устойчивость генераторов псевдослучайных чисел на основе однородных клеточных автоматов, в которых функция связи представляет собой код (правило) Вольфрама. Методом исследования является построение генератора псевдослучайных последовательностей чисел на основе однородных клеточных автоматов с последующей проверкой выходных последовательностей при помощи специальных статистических тестов. Результатом исследования является информация о том, как генераторы, построенные с использованием того или иного правила Вольфрама, прошли тестирование. На основе полученных результатов делается вывод о возможности применении схемы построения для двумерного клеточного автомата, в котором функцией связи является код Вольфрама для одномерного клеточного автомата. Результаты используются для построения схем криптографических примитивов в системах защиты информации.

Ключевые слова*:* защита информации, криптография, генераторы псевдослучайных последовательностей, клеточные автоматы, функция связи, коды Вольфрама.

Введение. На данный момент вопрос защиты информации имеет приоритетное значение. Высокие темпы развития вычислительной техники приводят к устареванию и ухудшению имеющихся алгоритмов защиты информации. В связи с этим разработка и создание новых или улучшение имеющихся алгоритмов имеют большую значимость.

Для более детального понимания задачи введем несколько понятий.

Генератор псевдослучайных чисел (ГПСЧ) – алгоритм, порождающий последовательность чисел, элементы которой почти независимы друг от друга и подчиняются заданному распределению [Сухинин Б. М., с. 34].

Функция перехода (локальная функция связи) – правило, по которому осуществляется смена значения в ячейках [Сухинин Б. М., с. 45].

Однородный КА – клеточный автомат, в котором для всех ячеек одно правило перехода.

Элементарный клеточный автомат – это клеточный автомат с одномерным массивом ячеек в форме бесконечной в обе стороны ленты, который имеет два возможных состояния ячеек 0 и 1, а также правило для определения состояния ячейки на следующем шаге, использующее только состояние ячейки и её двух соседей на текущем шаге [Wolfram S., с 102].

Всего существует $2^3 = 8$ возможных комбинаций трех ячеек, находящихся над рассчитываемой ячейкой. Правило, определяющее элементарный клеточный автомат, должно указывать следующее состояние (0 или 1) для каждого из этих возможных случаев, поэтому всего правил 256.

Стивен Вольфрам предложил схему нумерации этих правил, известную как «код Вольфрама» (англ. *Wolfram code*), которая сопоставляет каждому правилу число от 1 до 255.

Для получения кода Вольфрама нужно записать в убывающем порядке возможные конфигурации (111, 110, …, 001, 000), выписать под ними соответствующие состояния и интерпретировать получившуюся последовательность нулей и единиц как число в двоичной системе счисления. Например, следующая схема приводит к коду $110_{10} = 01101110_2$, соответствующему правилу 110 (Табл. 1).

Таблица 1

Табличное представление правила 110

Текущие состояния	111	110	101	100	011	010	001	000
Будущее состояние	0	1	1	0	1	1	1	0

Текущее состояние ячеек (верхняя строка таблицы) для всех 256 правил является неизменным, поскольку это все возможные комбинации состояний трёх вышестоящих ячеек. Правило же определяет какое значение будет присваиваться текущей ячейке.

Графическое представление имеет следующий вид (Рис. 1).

Рисунок 1. Код Вольфрама для одномерного КА.

Для расчёта значения текущей ячейки берется состояние трёх ячеек, находящихся над ней. Например, если состояние трёх вышестоящих ячеек для правила 110 равно 111, то значение текущей ячейки будет 0.

Коды Вольфрама представляют собой правила для одномерного клеточного автомата, то есть в качестве соседних клеток выступают лишь 2 соседа (правая и левая клетка).

Таким образом, задача исследования состоит в том, чтобы применить коды Вольфрама для двумерного клеточного автомата.

В данном случае для расчёта текущего значения ячейки берется значение соседних ячеек на предыдущей итерации.

Для реализации данной задачи, правила будут применяться следующим образом.

Рисунок 2. Код Вольфрама для двумерного КА.

Желтая клетка представляет собой текущую рассчитываемую клетку. Голубым цветом отмечены клетки, которые пересчитываются вместе с текущей. Синим цветом отмечены клетки, которые используются в качестве соседних клеток для пересчета.

В результате за один такт работы КА пересчитываются три клетки в клеточном автомате, таким же образом рассчитываются все остальные клетки.

Отличие от одномерного правила в том, что значение текущей клетки для дополнительно рассчитываемых клеток будет другим уже в процессе пересчета, а не из предыдущей итерации.

Цель исследования. Определить возможность применения предложенной схемы расчёта ячеек клеточного автомата для получения псевдослучайных последовательностей чисел.

Задача исследования. Получить псевдослучайные последовательности чисел при помощи ГПСЧ и проверить их при помощи статистических тестов.

Ведущий подход. В качестве правил выбираются лишь те, которые для одномерного клеточного автомата формируют случайные последовательности. Эти правила представлены в Табл. 2.

Таблица 2

Правила выбора

Наименование	Правило
Правило 22	00010110
Правило 30	00011110
Правило 54	00110110
Правило 62	00111110
Правило 73	01001001
Правило 110	01101110
Правило 118	01110110
Правило 126	01111110
Правило 137	10001001
Правило 150	10010110
Правило 182	10110110

Также полезно рассмотреть эволюцию случайных начальных конфигураций. Для этого существует разделение на следующие неформальные классы клеточных автоматов, введенное Вольфрамом:

1) класс 1: быстро сходится к состоянию из одних нулей или единиц;
2) класс 2: быстро сходится к циклическому состоянию;
3) класс 3: сохраняется в случайном состоянии;
4) класс 4: образуются как области с циклическими или стабильными состояниями, так и структуры, которые взаимодействуют друг с другом сложными способами [Тоффоли Т., Марголус Н., с. 51].

Некоторые правила нельзя однозначно отнести к одному из классов, например:

1) правило 62: случайные структуры взаимодействуют сложным образом, однако склонны уничтожать друг друга; в результате, если начинать со случайной конфигурации, то первое время будет проявляться поведение, свойственное классу 4, но в конце с большой вероятностью окажется циклическое или стабильное состояние, как у автоматов класса 2;

2) правило 73: комбинация 0110 сохраняется в следующих поколениях, что создаёт стены, блокирующие передвижение информации; это приводит к повторению комбинаций между стенами, то есть к поведению класса 2; однако запрет начальных комбинаций с блоками из чётного числа подряд идущих нулей и единиц приводит к поведению, типичному для автоматов класса 3;

3) правило 54: относится к классу 4.

Правило 118 является зеркальным по отношению к правилу 110, а правило 137 является дополнением к правилу 110.

Результаты исследования. Исследование будет заключаться в генерации последовательности бит и проверке этих последовательностей с помощью NIST Statistical Test [NIST SP 800-22, с. 15].

Генератор представляет собой следующую структуру (Рис. 3).

Рисунок 3. Структура ГСПЧ.

Проверка будет осуществляться в специально созданном для этого приложении, имеющем следующий вид (Рис. 4).

Рисунок 4. Программная реализация.

В качестве входных параметров модели будут указываться размеры клеточных автоматов, а также количество итераций.

В данном случае размеры будут иметь значения 32x32, а количество итераций 35. Таким образом, на выходе получается последовательность из 0 и 1 размерностью 35840 бит.

Для каждого правила генерируется 100 таких последовательностей, после чего они проверяются с помощью статистических тестов.

Тесты разработаны Лабораторией информационных технологий Национального института стандартов и технологий (NIST). Пакет содержит 15 статистических тестов для определения статистических свойств двоичных последовательностей произвольной длины, сгенерированных как аппаратными, так и программными ГПСЧ.

Тесты служат для обнаружения различных дефектов в последовательности и учитывают особенности случайных последовательностей.

Главный принцип тестирования – проверка нулевой гипотезы H_0, определяющей то, что тестируемая последовательность случайна.

Альтернативной гипотезой является гипотеза о том, что тестируемая последовательность не случайна.

По результатам использования каждого теста нулевая гипотеза либо принимается, либо отвергается. В качестве начальных тестов, проверяются последовательности состоящие полностью из 0 и полностью из 1.

Генератор псевдослучайных последовательностей признается качественным (то есть, вырабатывающим последовательности, соответствующие по статистическим свойствам истинно случайным), если для каждого теста одновременно выполняются два условия:

1) относительное количество последовательностей, проходящих тест, принадлежит доверительному интервалу;

2) величина достигаемого уровня значимости – это наименьшая величина уровня значимости, при которой нулевая гипотеза отвергается для данного значения статистики критерия, отражающего равномерность распределения p-значений. P-значение – вероятность получить для данной вероятностной модели распределения значений случайной величины такое же значение, по сравнению с ранее наблюдаемым, при условии, что нулевая гипотеза верна.

Результаты тестирования генератора псевдослучайных последовательностей, полученные при помощи разработанного программного комплекса, отражаются в файле отчета, имеющем табличную форму. Результаты для 100 последовательностей по 35840 бит каждая приведены в Табл. 3-6.

Столбец STATISTICAL TEST содержит наименование статистического теста. В столбце P-VALUE указывается достигаемый уровень значимости, отражающий равномерность распределения p-значений, полученных в результате тестирования, а в столбце PROPORTION – относительное количество последовательностей, прошедших тест.

Таблица 3

Результаты теста

Наименование теста	Правило 22		Правило 30		Правило 54	
	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion
Frequency	0	0/100	0	92/100	0,000097	93/100
BlockFrequency	0	64/100	0,18	100/100	0	16/100
CumulativeSums	0	0/100	0	92/100	0	92/100
Runs	0	3/100	0	61/100	0,47	97/100
LongestRun	0	43/100	0,80	99/100	0	81/100
Rank	0,269	99/100	0,02	99/100	0	0/100
FFT	0,10	99/100	0	0/100	0	0/100
NonOverlappingTemplate	0,30	96/100	0,47	97/100	0,46	97/100
OverlappingTemplate	0	97/100	0,96	100/100	0,08	100/100
Universal	0	0/100	0	0/100	0	0/100
ApproximateEntropy	0	0/100	0	0/100	0	0/100
RandomExcursions	0	0/1	0	1/1	0	0/1
RandomExcursionsVariant	0	0/100	0	1/1	0	0/1
Serial	0	0/100	0	0/100	0	0/100
LinearComplexity	0,91	97/100	0,49	98/100	0,25	100/100

Таблица 4

Результаты теста

Наименование теста	Правило 62		Правило 73		Правило 110	
	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion
Frequency	0	3/100	0	0/100	0	0/100
BlockFrequency	0	0/100	0	6/100	0	0/100
CumulativeSums	0	1/100	0	0/100	0	0/100
Runs	0	3/100	0	0/100	0	0/100
LongestRun	0	1/100	0	46/100	0	0/100
Rank	0	8/100	0,02	100/100	0,17	98/100
FFT	0	50/100	0	86/100	0,0016	99/100
NonOverlappingTemplate	0	30/100	0,26	65/100	0,24	81/100
OverlappingTemplate	0	9/100	0	96/100	0	74/100
Universal	0	0/100	0	0/100	0	0/100
ApproximateEntropy	0	0/100	0	0/100	0	0/100
RandomExcursions	0	0/1	0	0/1	0	0/1
RandomExcursionsVariant	0	0/100	0	0/1	0	0/1
Serial	0	0/100	0	0/100	0	0/100
LinearComplexity	0,35	94/100	0,53	99/100	0,08	99/100

Таблица 5

Результаты теста

Наименование теста	Правило 118		Правило 126		Правило 137	
	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion
Frequency	0	14/100	0	0/100	0	0/100
BlockFrequency	0	0/100	0	0/100	0	0/100
CumulativeSums	0	1/100	0	0/100	0	0/100
Runs	0	8/100	0	0/100	0	0/100
LongestRun	0	2/100	0	0/100	0	0/100
Rank	0	5/100	0,51	99/100	0,02	100/100
FFT	0	68/100	0,33	99/100	0,02	99/100
NonOverlappingTemplate	0	23/100	0,17	74/100	0,24	81/100
OverlappingTemplate	0	62/100	0	50/100	0	78/100
Universal	0	0/100	0	0/100	0	0/100
ApproximateEntropy	0	0/100	0	0/100	0	0/100
RandomExcursions	0	0/1	0	0/1	0	0/1
RandomExcursionsVariant	0	0/1	0	0/1	0	0/1
Serial	0	0/100	0	0/100	0	0/100
LinearComplexity	0,70	91/100	0,95	98/100	0,45	100/100

Таблица 6

Результаты теста

Наименование теста	Правило 150		Правило 182	
	P-Value	Propotion	P-Value	Propotion
Frequency	0	0/100	0	0/100
BlockFrequency	0	100/100	0	0/100
CumulativeSums	0	0/100	0	0/100
Runs	0	1/100	0	0/100
LongestRun	0	0/100	0	0/100
Rank	0	0/100	0	0/100
FFT	0	0/100	0	0/100
NonOverlappingTemplate	0	54/100	0	26/100
OverlappingTemplate	0	0/100	0	0/100
Universal	0	0/100	0	0/100
ApproximateEntropy	0	0/100	0	0/100
RandomExcursions	0	0/1	0	0/1
RandomExcursionsVariant	0	0/1	0	0/1
Serial	0	0/100	0	0/100
LinearComplexity	0	100/100	0	1/100

Исходя из данных, представленных выше, получаются следующие показатели (Табл. 7).

Таблица 7

Количество пройденных тестов

Наименование правила	Количество пройденных тестов
Правило 22	4/15
Правило 30	6/15
Правило 54	5/15
Правило 62	1/15
Правило 73	3/15
Правило 110	4/15
Правило 118	1/15
Правило 126	4/15
Правило 137	4/15
Правило 150	0/15
Правило 182	0/15

Вывод. В результате исследования было выявлено, что использование разработанной схемы перерасчёта ячеек клеточного автомата не обеспечивает требуемого качества формируемых последовательностей, в связи с чем необходимо искать другой способ расчёта значений ячеек.

Библиографический список

1. Сухинин Б. М. Высокоскоростные генераторы псевдослучайных последовательностей на основе клеточных автоматов // Прикладная дискретная математика. 2010. №2. С. 34-41.
2. Сухинин Б. М. Разработка генераторов псевдослучайных двоичных последовательностей на основе клеточных автоматов // Наука и образование. 2010. №9. С. 43-64.
3. Wolfram S. A New Kind of Science. Wolfram Media, Inc., 2002. 1533 p.
4. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. М. : Мир, 1991. 280 с.
5. NIST SP 800-22. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications: Rev. 1a // NIST.gov – Computer Security Division. 2010. 131 p. URL: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-22-rev1a/SP800-22rev1a.pdf (date of appeal 29.01.2019).

Автоматизированная система диспетчерского управления как технологическая инновация в строительной отрасли

Глазырина И. А.
магистрант кафедры государственного и муниципального управления
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: ia.glazyrina@mail.ru

Аннотация: Правительством РФ определен курс на инновационное развитие секторов экономики, в том числе строительной отрасли. Актуальными для решения являются задачи по повышению безопасности, надёжности, экологичности и эффективности, а также снижению энергоэффективности зданий, сооружений и иных объектов. Целью статьи является исследование теоретических аспектов и раскрытие возможности применения автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) инженерной инфраструктурой объектов в качестве технологической инновации в строительной отрасли. В работе рассмотрен уровень инновационной активности в строительной отрасли России, определены цели и задачи инновационного курса развития строительной отрасли, а также рассмотрены задачи внедрения АСДУ инженерной инфраструктуры объектов, её функции и потребители. В результате проведенного исследования сделан вывод о низкой инновационной активности компаний строительной отрасли России. Внедрение АСДУ инженерной инфраструктуры объектов как технологической инновации позволит организации оптимизировать затраты ресурсов, повысить эффективность работы систем, максимизировать надёжность контроля и управления процессами, повысить безопасность объекта, минимизировать простои и существенно сократить риски.

Ключевые слова: диспетчеризация, АСДУ, инженерная система, технологическая инновация.

Введение. Строительная отрасль в России отличается высокой степенью консерватизма и низкой инновационной активностью компаний.

Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ предложен проект документа «Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года» (далее – Стратегия).

Целью Стратегии является ориентация компаний на инновационный путь развития и создание к 2030 году конкурентоспособной строительной отрасли, обеспечивающей безопасную и комфортную среду жизнедеятельности, отвечающей высоким стандартам качества и эффективности.

Этому будет способствовать взятый курс на цифровизацию и инновационное развитие отраслей экономики. Задачи по повышению безопасности, надёжности, экологичности и эффективности, а также снижению энергоэффективности объектов строительной отрасли являются в настоящее

время актуальными. Одним из инструментов решения этих задач может служить создание на объектах автоматизированной системы диспетчерского управления инженерной инфраструктурой.

Согласно определения авторов Деменева А. В., Ивановой А. В. «система диспетчеризации представляет собой совокупность программных и аппаратных средств, которая позволяет осуществлять оценку состояния и удаленно управлять инженерными системами одного или нескольких территориально разрозненных объектов» [Деменев А. В., Иванова А. В., с. 118].

По мнению автора Руденко А. И., «современная диспетчеризация предполагает управление путём ранжирования стратегических задач, распознавания и оценки степени риска, а также антикризисное управление» [Руденко А. И., с. 86].

Цель исследования. Исследование теоретических аспектов и раскрытие возможности применения автоматизированной системы диспетчерского управления в качестве технологической инновации в строительной отрасли экономики.

Задачи исследования:

1) рассмотреть уровень инновационной активности в строительной отрасли России;

2) ознакомится с целями и задачами инновационного курса развития строительной отрасли;

3) рассмотреть задачи внедрения АСДУ инженерной инфраструктурой зданий, сооружений, её функции, объекты внедрения.

Методы исследования. В ходе изучения публикаций авторов и обработки информации применены методы обобщения, индукции, структурно-функциональный метод и системный подход.

Результаты исследований, их обсуждение. Обзор публикаций по вопросу уровня инновационной активности в строительной отрасли позволяет заключить, что Россия в международных рейтингах в части инновационного развития среди лидирующих стран мировой экономики занимает позиции на уровне

ниже 10 места, уступая США, Китаю и ряду других стран [Король С. П., с. 554]. «Доля российских компаний, реализующих технологические инновации в строительной отрасли в 2017 году составляет около 3% при среднем уровне в промышленности более 10%» [Федорчук В. И., Солодовникова Е. А., с. 175]. «В развитых западных странах этот показатель составляет в среднем от 35 до 60%, в странах Восточной Европы – порядка 20%» [Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года, с. 25].

Достижение цели инновационного развития строительной отрасли, в частности, по созданию конкурентоспособности данного сектора экономики предполагается обеспечить за счёт: увеличения доли инновационной продукции, разработок и технологий на всех этапах жизненного цикла строящегося объекта; роста доли строительных организаций, осуществляющих технологические инновации и использующих инновационные технологии; внедрения цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла для объекта строительства.

Серьёзным толчком к инновационному развитию строительной отрасли в настоящее время стал взятый курс на цифровизацию и автоматизацию различных сегментов экономики России.

Инженерная инфраструктура зданий, сооружений и территорий (системы ресурсоснабжения, климат-контроля, безопасности, IT-технологий и прочие), обладают значительным потенциалом для активного внедрения современных инновационных решений в области управления системами жизнеобеспечения и технологическими процессами в целом и в частности.

Внедрение интеллектуальных технологий на объектах строительства, в первую очередь, должно быть направлено на решение таких задач, как: снижение рисков потери работоспособности, функциональности и безопасности инженерной инфраструктуры объектов; сбережение ресурсов и снижение затрат; повышение энергоэффективности зданий, сооружений; повышение эффективности управления и контроля над состоянием процессов и систем объекта и иных задач.

Для решения этих и иных задач с целью автоматизированного мониторинга, централизованного оперативного контроля, диагностики и управления инженерными системами в зданиях, сооружениях с широким спектром оборудования рекомендованы к внедрению автоматизированные системы диспетчерского управления инженерной инфраструктурой.

АСДУ основана на применении современных аппаратных, программных средств и информационных технологий передачи и обработки информации и позволяет организовать полное и четкое взаимодействие между различными подсистемами инженерного оборудования в режиме реального времени.

При внедрении АСДУ на строящихся и уже построенных объектах цели комплексного специализированного программного обеспечения определяются Заказчиком. В большинстве случаев при внедрении АСДУ в зданиях, сооружениях гражданского и промышленного назначения Заказчиком первостепенно ставится следующий ряд целей и задач:

- снижение затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание зданий, сооружений;
- предупреждение возникновения чрезвычайных ситуаций и их оперативная ликвидация;
- повышение энергоэффективности объекта;
- повышение уровня контроля и управляемости инженерными системами объекта;
- «создание аналитической системы поддержки управленческих решений» [Кузьмин В. С., Садакова К. В., Тимофеев О. А., с. 4].

«Функции АСДУ можно поделить на базовые и расширенные» [Москвин Э. В., Глазырин А. С., Путов А. В., с. 58].

Базовый функционал АСДУ заключается в обеспечении пользователя достоверной и полной информацией о работе систем в реальном времени и в виде архивных отчётов, а также предоставление инструментария для своевременной корректировки работы системы под индивидуальные конкретные требования.

В рамках базового функционала АСДУ возможно решение задач:

- непрерывный (24/7) контроль над работой систем и анализ текущего состояния параметров оборудования инженерных систем и событий;
- выявление элементов системы, которые снижают её эффективность или являются причиной сбоев в системе;
- своевременное оповещение о возникновении аварийной/предаварийной ситуации, дестабилизирующих факторов;
- сбор, анализ и консолидация данных, регистрация технологических процессов системы, документирование, ведение журналов и отчётов о работе систем;
- предоставление возможности оперативного корректирования параметров работы системы для обеспечения собственных нужд;
- повышение надёжности, безопасности и качества работы систем;
- «создание интуитивно понятного человеко-машинного интерфейса, как средства «общения» пользователя и инженерной системы» [Москвин Э. В., Глазырин А. С., Путов А. В., с. 58];
- визуализация информации о состоянии оборудования и параметрах технологических процессов.

«К расширенным функциям АСДУ относятся функции, связанные, во-первых, с комплексным мониторингом и управлением работой одновременно всех систем, во-вторых, с наличием математического аппарата, решающего задачи, связанные с анализом (в том числе статистическим) состояния и параметров инженерных систем, влияющих на показатели комфортного пребывания людей в здании» [Москвин Э. В., Глазырин А. С., Путов А. В., с. 58]. Примерами расширенных функций АСДУ являются:

- обеспечение оптимальных климатических условий в помещениях здания, сооружения;
- прогнозирование и предупреждение аварийных/предаварийных и нештатных ситуаций;

– «автоматизированная и/или автоматическая отработка алгоритмов предупреждения и/или ликвидации аварийных ситуаций и/или ЧС» [Москвин Э. В., Глазырин А. С., Путов А. В., с. 58];
– повышение энергоэффективности оборудования;
– повышение производительности технологических процессов;
– сокращение эксплуатационных затрат;
– иные функции в зависимости от функционального назначения конкретного здания, сооружения.

Создание автоматизированной системы диспетчерского управления с базовым функционалом возможно как при строительстве новых зданий, так и в уже существующих.

«Расширенные функции АСДУ являются привилегией в основном вновь создаваемых зданий, так как предъявляют особые требования к инженерным системам и системам связи» [Москвин Э. В., Глазырин А. С., Путов А. В., с. 58].

Автоматизированная система диспетчерского управления инженерными системами является специализированным продуктом и разрабатывается индивидуально под конкретного Заказчика и конкретный объект внедрения АСДУ.

Потребителями АСДУ инженерных систем могут являться следующие объекты инфраструктуры:

– промышленные предприятия;
– объекты бюджетной сферы;
– спортивные комплексы, сооружения;
– аэропорты, авто- и железнодорожные вокзалы;
– торгово-развлекательные центры;
– управляющие компании;
– ресурсоснабжающие организации;
– многофункциональные комплексы (МФК), сочетающие в себе торговые, офисные, гостиничные и жилые объекты;

– объекты контроля и управления (котельные, ИТП, ЦТП) и прочие.

Оперативная, сводная и отчетная информация (за разные периоды времени) может быть получена различными категориями пользователей с возможностью ограничения уровня доступа: диспетчер, технический обслуживающий персонал, технолог и инженер, служба охраны, высшее руководство.

Выводы. Строительная отрасль России характеризуется низкой инновационной активностью компаний. Достижение цели по созданию конкурентоспособной строительной отрасли будет возможно при обеспечении системного подхода инновационного развития отрасли. В качестве одной из технологических инноваций была рассмотрена автоматизированная система диспетчерского управления инженерной инфраструктурой зданий, сооружений. Создание на объекте строительства инновационной АСДУ инженерными системами позволит оптимизировать затраты ресурсов, повысить эффективность работы систем, максимизировать надёжность контроля и управления процессами, повысить безопасность объекта, минимизировать простои и существенно сократить риски.

Библиографический список

1. Деменев, А. В. Исследование эффективности автоматизации системы диспетчерского обслуживания многоквартирных домов / А. В. Деменев, А. В. Иванова // Сервис в России и за рубежом. 2017. Т.11. № 5. С. 116-122.
2. Руденко, А. И Проблемы оперативного управления на производственном предприятии / А. И. Руденко // EUROPEAN SCIENTIFIC CONFERENCE: сб. статей VIII международной науч.-практ. конф. (Пенза, 7 января 2018 г.). С. 84-86.
3. Король, С. П. Стратегическое планирование и инновационное развитие строительной отрасли России / С. П. Король // Региональная экономика и управление : электронный научный журнал. 2017. № 1 (49). С. 554-555.
4. Федорчук, В. И. Развитие инновационных технологий в строительстве / В. И Федорчук., Е. А. Солодовникова // Актуальные вопросы экономики и управления: сб. материалов I международной науч.-практ. конф. (Новосибирск, 17 октября-17 ноября 2017 г.) С. 174-180.
5. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года. Проект. URL: http://www.minstroyrf.ru/docs/11870/ (дата обращения 04.02.2019).

6. Кузьмин, В. С. Организация удаленного мониторинга технологических процессов / В. С. Кузьмин, К. В. Садакова, О. А. Тимофеев // Молодёжная наука: вызовы и перспективы: материалы I всерос. науч.-практ. конф., (Самара, 9-25 апреля 2018 г.) С. 4-6.
7. Москвин, Э. В. Автоматизированная система диспетчерского управления инженерной инфраструктурой административных зданий / Э. В. Москвин, А. С. Глазырин, А. В. Путов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016. № 3. С. 57-61.

Спектропирометрическое исследование теплового излучения конденсированной фазы в высокотемпературных гетерогенных продуктах сгорания

Гребенщиков Л. Т.[a], Гребенщиков М. Л.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной физики[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной физики[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: usr00099@vyatsu.ru[a], usr00623@vatsu.ru[b]

Аннотация: в статье приводятся результаты спектропирометрического исследования теплового излучения частиц оксида алюминия в высокотемпературных продуктах сгорания металлосодержащих топлив. Исследования проведены в условиях стендовых испытаний модельных генераторов низкотемпературной плазмы. Для измерения спектральных и интегральных интенсивностей излучения, а также яркостных и цветовых температур высокотемпературных продуктов сгорания, использованы спектрометры и пирометры, разработанные в научно-исследовательской лаборатории ИТСМ при кафедре физики Вятского государственного университета. Результаты исследования показали, что излучение продуктов сгорания в спектральном диапазоне $\Delta\lambda = (0{,}4 \div 3{,}0)$ мкм практически полностью обусловлено наличием в них конденсированной фазы. Анализ зависимостей значений яркостных температур от длины волны излучения позволяет установить спектральные диапазоны, в которых излучательные способности продуктов сгорания остаются постоянными. Цветовую температуру, определенную в данных спектральных интервалах, можно рассматривать как «действительную» температуру частиц монодисперсной конденсированной фазы, излучающую подобно реальной полидисперсной системой частиц конденсированной фазы продуктов сгорания.

Ключевые слова: температура, продукты сгорания, конденсированная фаза, излучательная способность, длина волны излучения, спектрометр, пирометр.

Введение. Одним из основных факторов, сдерживающим дальнейшее развитие энергетики, транспорта, химической технологии, авиационной и ракетно-космической техники, являются ограничения, связанные со стойкостью конструкционных и теплозащитных материалов при действии на них высокотемпературных гетерогенных потоков. С повышением температуры рабочего тела возрастает роль радиационного теплообмена, наличие конденсированных частиц в гетерогенном потоке обуславливает наряду с термохимическим воздействием сильное термоэрозионное разрушение, при этом частицы разных размеров имеют разные температуры и скорости [Михатулин Д. С., Полежаев Ю. В., Ревизников Д. Л., с. 110]. Все это определяет актуальность исследований посвященных совершенствованию методов диагностики рабочих процессов, определяет необходимость проведения экспериментальных исследований не только в

лабораторных условиях, но и непосредственно на натурных установках [Температурные измерения. Справочник, с. 424].

Цель исследования. Анализ результатов теоретических расчётов теплового излучения факела ракетного двигателя [Кузьмин В. А., с. 186] показал, что отсутствие информации о температурной неравновесности приводит к значительному росту погрешностей расчётов излучения факела. Источником новой информации о процессах, неподдающихся пока достаточно точному теоретическому описанию, являются экспериментальные исследования. Они же служат для проверки правильности теоретических моделей, описывающих эти процессы. Поэтому целью проведенных экспериментальных исследований являлось определение температуры и спектральных интенсивностей теплового излучения гетерогенных продуктов сгорания в камере генератора низкотемпературной плазмы и по длине выхлопного факела.

Задачи исследования. Для исследования теплового излучения высокотемпературных продуктов сгорания в условиях стендовых испытаний ракетных двигателей сложно использовать серийно выпускаемые приборы, так как они, в основном, являются приборами лабораторного типа и слабо защищены от воздействия вибраций, агрессивной среды, высокой температуры. Поэтому задачами исследования были проверка работоспособности разработанной на кафедре физики ВятГУ экспериментальной аппаратуры, предназначенной для работы в условиях испытаний модельных и натурных генераторов низкотемпературной плазмы, отработка методик измерения характеристик теплового излучения гетерогенных продуктов сгорания и определения температуры частиц конденсированной фазы.

Методы исследования. Исследования проводились в условиях стендовых испытаний модельных генераторов низкотемпературной плазмы, работающих на смесевом твердом металлосодержащем топливе. На Рис. 1 приведены фотографии двух генераторов с установленными приборами для регистрации теплового излучения продуктов сгорания.

Рисунок 1. Модельные генераторы на испытательных стендах.

В основу используемого метода спектропирометрических исследований высокотемпературных двухфазных продуктов сгорания металлизированных топлив положен принцип регистрации спектральной и интегральной энергий излучения исследуемого объекта с последующим определением абсолютных значений этих энергий путём сравнения с соответствующими энергиями излучения эталонного излучателя, в качестве которого использована модель «абсолютно чёрного тела». Измерения спектральных характеристик приемников излучения выполнены по методу сравнения спектральной характеристики исследуемого приемника со спектральной характеристикой эталонного приемника. В качестве эталонных приемников использовались оптико-акустический приёмник ОАП-5М1 и термоэлементы РТН-16С и РТН-16Г. Измерения проводились с помощью двойного монохроматора ДМР-4 и монохроматора ИКМ-1.

Основные характеристики используемых в исследовании спектрорадиометрических приборов приведены в табл. 1-3.

Таблица 1

СПЕКТРОМЕТР

1	Рабочий спектральный диапазон с призмой из CaF_2 (фотоприемник PbSe) с призмой из кварца (фотоприемник PbS)	 0,46÷4,8 мкм 0,38÷2,9 мкм
2	Погрешность единичного измерения длины волны исследуемого излучения	±0,014 мкм
3	Максимальная скорость сканирования	5 спектров/с
4	Постоянная времени приемно-регистрирующей системы	$5\cdot10^{-4}$ с
5	Погрешность измерения спектральной интенсивности излучения АЧТ при $T_{АЧТ}$= 2000 К	±4%
6	Показателя визирования объектива спектрометра	1:5…1:50
7	Габариты монохроматора	430×200×150 мм^3
8	Масса блока монохроматора	11 кг
9	Габариты пульта управления	300×200×110 мм^3
10	Масса пульта управления	6 кг
11	Напряжение питания	220 В

Таблица 2

Информационно-измерительная система

1.	Рабочий спектральный диапазон	0,4-1,8 мкм
2.	Количество измерительных каналов	20-50
3.	Время регистрации одного спектра	5 мкс
4.	Время записи одного спектра в память ЭВМ	5 мс
5.	Максимальная скорость записи	125 спектров/с
6.	Максимальное число записываемых спектров	200
7.	Время обработки одного спектра	2 мин
8.	Время непрерывной работы ИИС	24 часа
9.	Время подготовки ИИС к работе	40 мин
10.	Потребляемая мощность	900 Вт
11.	Масса спектрометра	18 кг
12.	Масса ИИС	120 кг

Таблица 3

РАДИОМЕТР		
1	Рабочий спектральный диапазон	0,4-6,0 мкм
2	Постоянная времени приемника излучения	0,15 с
3	Масса радиометра	0,5 кг
ЯРКОСТНЫЙ ПИРОМЕТР		
1	Рабочий спектральный диапазон излучения	0,4-1,8 мкм
2	Постоянная времени приемника излучения	5 мкс
3	Ширина полосы пропускания светофильтра	0,02 мкм
4	Масса пирометра	1,2 кг

На Рис. 2 приведены фотографии регистрации излучения выхлопного факела при испытании модельного генератора Г-50 в камере баростенда.

Рисунок 2. Измерение характеристик излучения факела генератора Г-50.

Значения спектральной интенсивности излучения и яркостные температуры продуктов сгорания в факеле и в камере сгорания генератора измерялись с помощью спектрометра и информационно-измерительной системы.

Результаты исследований, их обсуждение. Анализ зависимости обратных значений яркостных температур от длины волны излучения $T_\lambda^{-1} = f(\lambda)$ показал, что и для камеры сгорания генератора, и для его факела в спектральном диапазоне 0,4-1,6 мкм при содержании в топливе более 9% алюминия она имеет линейные участки. Это позволяет считать, что в этих спектральных диапазонах имеются участки «серого» излучения, для которого выполняется условие $\varepsilon(\lambda) = const$. Использование информационно-измерительной системы позволило автоматизировать процесс поиска участков «серого» излучения и расчёта цветовых температур. На Рис. 3 приведены примеры бланков протоколов результатов использования информационно-

измерительной системы для исследования излучения продуктов сгорания в факеле и в камере сгорания генератора.

Спектр 45
Дата 25/3
Рабочее место 2
Номер работы 1848
Диафрагма ..... 1.0 мм
Начало отсчета ..... 00.0 сек
Конец отсчета ..... 15.0 сек
Количество спектров 200
Период измерения ..... 75.0 мсек
Диапазон видимого спектра ..... 1 - 16

Линейный участок с 5 по 13
Цветовая (истинная) температура 2297.6 К

номер фотопр. п/п	Длина волны (мкм)	Яркостная температура (К)	Обр.яркостная температура (1/К)	Излучательная способность
1	586	1871.95	5.342014E-04	8.14744E-01
2	610	1871.95	5.342014E-04	8.14744E-01
3	645	1871.95	5.342014E-04	8.14744E-01
4	680	1740.60	5.745139E-04	7.57575E-01
5	728	1743.40	5.735927E-04	7.58791E-01
6	775	1707.00	5.858090E-04	7.42967E-01
7	862	1640.84	6.094428E-04	7.14156E-01
8	925	1624.42	6.156043E-04	7.07008E-01
9	975	1565.02	6.389684E-04	6.81156E-01
10	1045	1551.88	6.443812E-04	6.75434E-01
11	1135	1525.20	6.556520E-04	6.63824E-01
12	1200	1477.80	6.766794E-04	6.43196E-01
13	1300	1442.34	6.931840E-04	6.27760E-01
14	1400	1432.10	6.982767E-04	6.23302E-01
15	1500	1315.96	7.598998E-04	5.72756E-01
16	1600	1368.87	7.305278E-04	5.95785E-01

СПЕКТР..... 93
ДАТА..... 17/03
РАБОЧЕЕ МЕСТО..... 2
НОМЕР РАБОТЫ..... 18
ДИАФРАГМА (ММ)..... 1.0
НАЧАЛО ОТСЧЕТА (СЕК)..... 0.00
КОНЕЦ ОТСЧЕТА (СЕК)..... 5.00
КОЛИЧЕСТВО СПЕКТРОВ..... 200
ПЕРИОД ИЗМЕРЕНИЯ (МСЕК)..... 25.000
ДИАПАЗОН СПЕКТРА..... 1 - 16

ЦВЕТОВАЯ (ИСТИННАЯ) ТЕМПЕРАТУРА 3211.1 К
ЛИНЕЙНЫЙ УЧАСТОК С 6 ПО 14
ВРЕМЯ 2324.927 (МСЕК)

НОМЕР РЕПЕРА П/П	ДЛИНА ВОЛНЫ НМ	ЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА К	ОБР.ЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА 1/К	ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ
1	586	3141.25	3.183443E-04	8.436500E-01
2	610	3121.38	3.203709E-04	8.096699E-01
3	645	3120.28	3.204841E-04	8.169340E-01
4	680	3126.76	3.198195E-04	8.371700E-01
5	728	3109.89	3.215547E-04	8.408811E-01
6	775	3120.62	3.204490E-04	8.456672E-01
7	862	3100.61	3.225171E-04	8.309126E-01
8	925	3096.78	3.229165E-04	8.363503E-01
9	975	3086.29	3.240130E-04	8.304081E-01
10	1045	3087.24	3.239138E-04	8.419598E-01
11	1135	3061.96	3.265873E-04	8.250811E-01
12	1200	3042.52	3.286747E-04	8.131124E-01
13	1300	3027.10	3.303486E-04	8.109913E-01
14	1400	3008.65	3.323743E-04	8.062577E-01
15	1500	3028.03	3.302468E-04	8.347785E-01
16	1600	3050.34	3.278316E-04	8.627902E-01

(а) (б)

Рисунок 3. Бланки протоколов результатов измерения температуры продуктов сгорания с помощью информационно-измерительной системы: а) в факеле; б) в камере сгорания.

В Табл. 4 приведены значения яркостных температур гетерогенных продуктов сгорания в камере сгорания генератора низкотемпературной плазмы. Измерения проведены при трёх давлениях в камере генератора: 1) $P_к$ = 3,8 МПа, 2) $P_к$ = 4,2 МПа и 3) $P_к$ = 4,2 МПа. Для четырёх пар длин волн по яркостным температурам были рассчитаны значения цветовых температур конденсированных продуктов сгорания. Разброс значений цветовых температур для различных пар длин волн не превышает 30 К. За истинные температуры конденсированных продуктов сгорания приняты средние значения цветовых температур, то есть при давлении в камере сгорания $P_к$ = 3,8 МПа→Т = 3138 К, при $P_к$ = 4,2 МПа→Т = 3237 К и при $P_к$= 5,0 МПа→Т = 3364 К. Эти значения хорошо отслеживают влияние давления на температуру в

камере сгорания, но оказались примерно на 40 К ниже теоретических температур продуктов сгорания, полученных в результате термодинамических расчётов.

Таблица 4

$P_к$, МПа	λ ,↦ мкм	0,42	0,65	0,75	1,1	0,9	1,5	0,55	1,66
3,8	$T_λ$, К	3080	3052	3040	2992	3023	2950	3067	2940
3,8	$T_ц$, К	3132		3148		3140		3134	
4,2	$T_λ$, К	3168	3135	3127	3072	3112	3030	3150	3008
4,2	$T_ц$, К	3230		3251		3243		3225	
5,0	$T_λ$, К	3300	3272	3260	3207	3236	3157	3285	3140
5,0	$T_ц$, К	3352		3380		3362		3360	

Рисунок 4. Спектры излучения (а) и значения обратным яркостным температурам (б) продуктов сгорания на срезе сопла модельного генератора Г-50 (1 – $P_к$= 11,2 МПа, 5 – $P_к$= 4,7 МПа).

Таблица 5

Значения яркостных и цветовых температур

Длина волны λ, мкм	Спектр № 1		Спектр № 2		Спектр № 3		Спектр № 4		Спектр № 5	
	$T_λ$, К	**$T_{цв}$, К**	**$T_λ$, К**	**$T_{цв}$, К**	**$T_λ$, К**	**$T_{цв}$, К**	**$T_λ$, К**	**$T_{цв}$, К**	**$T_λ$, К**	**$T_{цв}$, К**
0,42	2110	2615	2040	2510	1990	2500	1935	2398	1794	2267
0,65	1908		1850		1790		1750		1610	
0,75	1822	2593	1750	2500	1720	2520	1680	2410	1568	2260
1,10	1600		1535		1498		1472		1372	
0,90	1718	2545	1643	2389	1617	2410	1586	2370	1375	2245
1,50	1412		1360		1326		1300		1200	
0,55	1994	2607	1930	2540	1880	2472	1840	2413	1720	2295
1,66	1352		1300		1267		1244		1142	
1,10	1600	2524	1535	2376	1498	2330	1472	2310	1372	2265
1,50	1412		1360		1326		1300		1200	
!,50	1412	2418	1360	2397	1326	2353	1300	2250	1200	2290
1,66	1352		1300		1267		1244		1142	
1,10	1600	2501	1535	2380	1498	2334	1472	2300	1372	2270
1,66	1352		1300		1267		1244		1142	

На Рис. 4 приведены спектры излучения факелов модельных генераторов низкотемпературной плазмы, работающих на металлосодержащих топливах, а также графики зависимостей значений обратных яркостным температурам. В Табл. 5 приведены значения яркостных температур, измеренные в «серых» спектральных диапазонах излучения факела, а также цветовые температуры, рассчитанные по разным комбинациям яркостных температур. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с результатами измерения температуры рабочего тела в камере сгорания генератора. В диапазоне длин волн 0,4 – 2,5 мкм излучение гетерогенных продуктов сгорания и в камере сгорания, и в факеле за срезом сопла генератора имеет сплошной спектр, обусловленный излучением конденсированной фазы.

Выводы. Проведенные исследования показали:

1) разработанные в научно-исследовательской лаборатории ИТСМ при кафедре физики ВятГУ спектрометрические и пирометрические приборы для исследования теплового излучения высокотемпературных объектов способны надёжно работать в условиях стендовых испытаний модельных и натурных энергетических установок;
2) методика измерения температуры продуктов сгорания металлосодержащих топлив по интенсивности квазимонохроматического излучения и по её относительному распределению в спектре излучения объекта позволяет достаточно надёжно контролировать температуру конденсированной фазы.

Библиографический список

1. Михатулин, Д. С. Ревизников Д. Л. Теплообмен и разрушение тел в сверхзвуковом гетерогенном потоке / Д. С. Михатулин, Ю. В. Полежаев, Д. Л. Ревизников. М. : ЯНУС-К, 2007. 392 с.
2. Геращенко, О. А. Температурные измерения : справочник / О. А. Геращенко и др. Киев : Наукова думка, 1984. 496 с.
3. Кузьмин, В. А. Тепловое излучение в двигателях и энергетических установках / В. А. Кузьмин. Киров : ООО «Фирма «Полекс»», 2004. 231 с.

Алгоритмы планирования пути движения робота иа выбор платформы моделирования

Грудинин С. В.[a], Грудинин В. С.[b]
аспирант кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: sergeycith@yandex.ru[a], grudinin@vyatsu.ru[b],

Аннотация: В предлагаемой статье рассматриваются алгоритмы планирования маршрутов движения робота и варианты выбора платформы моделирования с целью исследования экспериментов с различными картами местности и алгоритмами. На основании обзора литературных источников проведена классификация алгоритмов и выделены четыре группы – алгоритмы с предварительным построением карты местности, алгоритмы поиска пути по имеющейся карте, алгоритмы на основе математических моделей и бионические алгоритмы поиска пути. В каждой группе перечислены характерные варианты реализации алгоритмов поиска. Для решения задачи сравнения их эффективности рассмотрены наиболее популярные платформы моделирования. Показано, что для моделирования алгоритмов поиска путей может быть использован пакет Unity. С использованием этого пакета были исследованы четыре алгоритма: Дейкстры, «Первый – лучший», A* и A* + JumpPointSearch и проведена оценка их эффективности для разных карт местности.

Ключевые слова: алгоритм поиска пути, классификация, платформы моделирования.

Задача нахождения оптимального пути перемещения робота от начальной точки к целевой в пространстве до сих пор актуальна, так как сулит сокращение временных и энергетических затрат и, хотя она рассмотрена достаточно хорошо в многочисленных работах [1, 2, 3], но транспортные проблемы всегда остаются.

В качестве исследования проблемы нахождения оптимального пути перемещения робота, во-первых, требуется провести наиболее полную классификацию известных методов, во-вторых, с учётом их достоинств и недостатков наметить пути совершенствования.

Алгоритмы планирования пути движения робота можно разбить на четыре группы, Рис. 1:

– алгоритмы с предварительным построением карты местности или карты перемещения рабочего органа робота в пространстве. Как вариант вместо карты может быть построена группа возможных векторов перемещения. После того, как сформирована информация

о рабочем пространстве, алгоритм ищет допустимый путь перемещения. Наиболее известными из них является алгоритм пожара GrassFire [4], алгоритм жука [2], метод быстрого исследования случайного дерева RRT [1, 3], алгоритм быстрого исследования случайного графа RRG [1], алгоритм вероятностного построения карты местности PRM [1] и его варианты, алгоритм на основе графа видимости, использование диаграммы Вороного, потенциальных полей и других аналогичных решений;

– следующий вариант, алгоритмы поиска пути по имеющейся карте, применяется тогда, когда путь робота можно представить в виде графа (решетки) с уже известными узлами и дугами с весовыми коэффициентами. Процедуры считывания и обработки информации выполнены заранее. Такого рода методы всегда могут найти оптимальный путь в соответствии с определенной декомпозицией. В этом случае применим классический алгоритм Дейкстры, A*, D* и их улучшенные варианты [3];

– для нахождения оптимального пути следования робота могут быть применены алгоритмы и на основе математических моделей. Алгоритмы, основанные на математических моделях, включают линейные алгоритмы и оптимальное управление. Эти методы моделируют среду с учётом кинематических и динамических ограничений и связывают функцию стоимости пути с ними. Ограничения часто являются неравенствами или уравнениями для достижения оптимального решения. Здесь известны такие алгоритмы, как Flatness based – алгоритм на основе дифференциальной плоскости [5], алгоритм MILP – линейное программирование смешанных целых чисел [6], которое имеет возможность моделирования с описанием почти всей информации, алгоритм BIP – бинарное линейное программирование [6];

Рисунок 1. Классификация поисковых алгоритмов.

– следующим направлением является использование бионических алгоритмов поиска пути. Их можно разделить на два направления – эволюционные алгоритмы и алгоритмы на основе нейронных сетей. Самым известным эволюционным алгоритмом является генетический алгоритм GA [7], далее алгоритмы на основе двухфазной эволюции на основе теории Дарвина и генетики под общим названием Memetic Algorithm [8]; алгоритм роя частиц Particle Swarm Optimization [9], муравьиный алгоритм Ant Colony Optimization [10], который имитирует поведение муравья при поиске кратчайшего пути с использованием информации о феромонах, алгоритм перепрыгивания лягушки Shuffled Frog Leaping Algorithm SFLA [11].

Задача планирования пути движения и перемещения робота должна учитывать параметры рабочего пространства, размеры и динамику самого робота. Обозначим начальную точку как x_{init} , конечную как x_{goal} и допустимый путь как w_{free}. Очевидно, что должно быть обеспечено $x_{\text{i}} \in w_{\text{free}}$ для достижимости цели.

Оценку эффективности передвижения робота можно провести с помощью функции стоимости, которая чаще всего учитывает величину пройденного пути и затраты времени. Для более качественного сравнения алгоритмов предлагаем учитывать в функции стоимости энергию и сложность алгоритма, тогда C = f(L, T, E, S) –> min, где L – пройденный путь, T – время передвижения, E – энергетические затраты, S – коэффициент сложности алгоритма или затраты памяти на реализацию алгоритма.

Для сравнения алгоритмов необходимо средство моделирования с визуализацией, которое сможет предоставить результаты их работы и оценку эффективности. Одним из подходящих вариантов является пакет PathFinding.js [12], в ней реализованы 11 популярных алгоритмов, но это программирование на чистом коде, а результаты о работе алгоритмов недостаточно информативны. Более целесообразно использовать средства моделирования на основе готовых движков. Первым вариантом при рассмотрении стала платформа Matlab robotics toolbox [13]. Это набор алгоритмов и инструментов для программы Matlab, созданный специально для моделирования роботов – в нём есть возможность составления карты во время работы робота и следование по этой карте по уже заложенным в среде алгоритмам. Платформа также позволяет тестировать и проверять приложения на ROS-поддерживаемых роботах (Robot Operating System) и роботизированных симуляторах.

Несмотря на большие возможности, использование данной платформы имеет множество сложностей и проблем: во-первых, нужно установить сам Matlab, во-вторых, требуется установить среду визуализации, например, Gazebo, который, в свою очередь, требует установленной операционной системы Ubuntu, установка и настройка которой имеет ряд новых проблем. Также Matlab robotics toolbox имеет собственные команды управления, и в процессе моделирования разработчик должен настраивать большое количество параметров робота, не имеющих существенного значения при сравнении алгоритмов поиска пути.

Далее была рассмотрена платформа Microsoft Robotics Developer Studio [14] – она обладает встроенным средством визуализации и похожими недостатками, что и рассмотренная ранее.

Учитывая полученный опыт, было решено обратить внимание на платформы, не относящиеся напрямую к роботостроению – область разработки компьютерных игр. При рассмотрении редакторов для компьютерных игр оказалось, что они имеют достаточные возможности и простую визуализацию с широкими возможностями настройки. Были рассмотрены такие среды, как GameMaker:Studio [15], Unreal Engine и Unity.

GameMaker: Studio разработана для создания игр в двухмерных сценах. Данная платформа удобна в работе, имеет полное, информативное и понятное руководство по использованию функций в ней. Минусом является использование платформой специализированного языка программирования и также невозможность перехода в трёхмерное пространство.

Следующим рассматриваемыми платформами были Unity и Unreal Engine – бесплатные, что позволяет получить программу с открытым исходным кодом. В них используются популярные языки программирования – C# или Java для Unity, и C++ для Unreal Engine. После проведения некоторых экспериментов было выяснено, что в Unity проще реализовать необходимый функционал, чем в Unreal Engine, который имеет сложное строение, так как ориентирован на сложные игровые проекты.

В результате эксперименты были проведены в среде Unity. Экспериментальной задачей являлось составление тестовой карты пространства и перемещение робота из начального положения в конечное.

В ходе сравнения оценивалось время прохождения маршрута и длина траектории. Была проведена серия планирований траектории для типовых задач с использованием алгоритма Дейкстры, «Первый – лучший», A* и A* + JumpPointSearch.

Выводы. Алгоритм Дейкстры находит оптимальный путь, но в процессе может записать в память практически всю карту – на всех вариантах карт

размер памяти у этого алгоритма много больше, чем у других. Время выполнения также сильно превышает затраченное время у других алгоритмов. Его преимуществом является простота реализации, но его не рекомендуется использовать на больших пространствах в связи с большим количеством времени прохождения и требуемой памяти.

Алгоритм «лучший – первый» ищет неоптимальный путь. Размер памяти определяется числом «ложных» путей – тех, которые по первому предположению казались кратчайшими, но на деле заводят в тупик, так как в конечном счёте алгоритму пришлось идти по другому маршруту. Время выполнения задачи даже в таких случаях очень мало, а реализация алгоритма проста, поэтому его можно рекомендовать к использованию при большой карте с малым числом отдельных объектов, что не приведёт к значительному отклонению от оптимального пути.

Алгоритм A* можно назвать улучшением алгоритма Дэйкстры, так как даже в неблагоприятных случаях он показывает лучшие результаты относительно затраченной памяти, а время прохода уменьшается в разы. Его недостатком является сложность в исполнении в сравнении с предыдущими алгоритмами. Тем не менее из-за своей популярности эффективности в свободном доступе находится множество версий его реализации и на разных языках программирования, поэтому его можно рекомендовать как универсальный алгоритм, показывающий хорошие результаты при любых видах карт.

Улучшение JPS для A* должно сократить время нахождения пути и количество используемой памяти. Даже в закрытых пространствах, где алгоритму приходиться создавать немало прыжковых точек, он должен работать быстрее, чем A* [7, 11]. JPS также нередко показывает лучшие результаты, чем HPA* [7]. По результатам работы можно увидеть, что число занесённых в память клеток много меньше, чем у A*, и часто даже меньше, чем у алгоритма «лучший – первый». Время выполнения заметно меньше в картах с закрытым пространством, чем в других – это происходит из-за того, что на

открытых пространствах «прыжок» продолжается до границ карты, поэтому время выполнения будет зависеть напрямую от её размеров. В связи с этим использование улучшения можно рекомендовать, когда алгоритм A* не даёт приемлемых результатов, причём наиболее эффективно улучшение проявляет себя в малых пространствах. Исследование всех алгоритмов путей движения роботов, показанных на Рис. 1, требует дальнейших исследований ввиду очень большого объема работы.

Библиографический список

1. Liang Yang, Juntong Qi, Dalei Song, Jizhong Xiao, Jianda Han, Yong Xia. Survey of Robot 3D Path Planning Algorithms // Journal of Control Science and Engineering Volume 2016, Article ID 7426913, 22 pages. URL: http://dx.doi.org/10.1155/2016/7426913 (date of the application31.01.2019).
2. Matt Klingensmith. Overview of Motion Planning. URL: https://www.gamasutra.com/blogs/MatthewKlingensmith/20130907/199787/Overview_of_Motion_Planning.php (date of the application 31.01.2019).
3. Погорелов, А. Д. Обзор алгоритмов планирования траектории движения манипуляторов / А. Д. Погорелов // Молодежный научно-технический вестник. ФБГОУ «МГТУ им. Н. Э. Баумана». 2016. № 8. URL: https://docplayer.ru/40500907-Obzor-algoritmov-planirovaniya-traektorii-dvizheniya-manipulyatorov.html (дата обращения 31.01.2019).
4. Najam R Syed. Animating the Grassfire path-planning algorithm. URL: https://nrsyed.com/2017/12/30/animating-the-grassfire-path-planning-algorithm/ (date of the application31.01.2019).
5. Novica Daković, Milovan Radulović. Flatness based control of automated guided vehicle // ETF Journal of Electrical Engineering, Vol. 20. № 1. September 2014. URL: http://oaji.net/articles/2017/4249-1487183689.pdf (date of the application31.01.2019).
6. Yilmaz N. K., Evangelinos C., Lermusiaux P. F. J., and Patrikalakis N.M., Path planning of autonomous underwater vehicles for adaptive sampling using mixed integer linear programming // IEEE Journal of Oceanic Engineering. 2008. Vol. 33. № 4. PP. 522-537. URL: http://www.academia.edu/1041831/Path_planning_of_autonomous_underwater_vehicles_for_adaptive_sampling_using_mixed_integer_linear_programming (date of the application 31.01.2019).
7. Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence //

University of Michigan Press, Ann Arbor, Mich, USA, 1975. URL: http://en.bookfi.net/book/658089 (date of the application31.01.2019).
8. P. Moscato and M. G. Norman. A memetic approach for the traveling salesman problem implementation of a computational ecology for combinatorial optimization on message-passing systems // Parallel Computing and Transputer Applications. 1992. vol. 1. PP. 177-186. URL: https://www.researchgate.net/publication/2269128_A_Memetic_Approach_for_the_Travelng_Salesman_Problem_Implementation_of_a_Computational_Ecology_for_Combinatorial_Optimization_on_Message-Passing_Systems (date of the application31.01.2019).
9. Алгоритм роя частиц. Описание и реализации на языках Python и C# сайт URL: https://jenyay.net/Programming/ParticleSwarm (дата обращения 31.01.2019).
10. Штовба, С. Д. Муравьиные алгоритмы / С. Д. Штовба // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2003. № 4. С. 70-75. URL: https://www.researchgate.net/publication/279535061_Stovba_SD_Muravinye_algoritmy_Exponenta_Pro_Matematika_v_prilozeniah_-_2003_-_No4_-_S_70-75. (дата обращения 31.01.2019).
11. Yi Han, Ikou Kaku, Jianhu Cai, Yanlai Li, Chao Yang, Lili Deng. Shuffled Frog Leaping Algorithm for Preemptive Project Scheduling Problems with Resource Vacations Based on Patterson Set // Journal of Applied Mathematics Volume 2013. Article ID 451090. 15 pages. URL: http://dx.doi.org/10.1155/2013/451090 (date of the application 31.01.2019).
12. PathFinding.js. : сайт URL: http://qiao.github.io/PathFinding.js/visual/ (Дата обращения 31.01.2019).
13. Design and test algorithms for robotics applications. URL: https://www.mathworks.com/products/robotics.html (date of the application 31.01.2019).
14. Microsoft Robotics Developer Studio 4. URL: https://www.microsoft.com/en-nz/download/details.aspx?id=29081 (дата обращения 19.04.2018).
15. GameMaker: Studio. Создавайте собственные игры для любых платформ сайт URL: https://gamemaker-studio.ru.uptodown.com/windows (дата обращения 31.01.2019).

Этапы технологического процесса изготовления декоративных изделий из некондиционной древесины на основе эпоксидной смолы

Егоян А. А.[a], Рублева О. А.[b]
магистрант кафедры «Машины и технология деревообработки»[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология деревообработки»[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: alvinaegoyan@gmail.com[a], olga_ru@vyatsu.ru[b]

Аннотация: в данной статье рассматриваются этапы технологического процесса изготовления декоративных изделий из некондиционной древесины на основе эпоксидной смолы. Целью статьи является создание рациональной последовательности этапов и режимов технологического процесса создания подобных изделий. Для достижения цели были изучены характеристики древесных отходов, виды эпоксидных смол и перечень распространенных ошибок, которые допускаются в технологическом процессе и на этапе подготовки к работе. Создание декоративных изделий из элементов дерева на основе эпоксидной смолы является отличным решением актуальной проблемы лесной промышленности – рациональное использование некондиционной древесины. Тема является актуальной, так как создание подобных изделий – актуальная тенденция в промышленности. Оно зародилось совсем недавно и сейчас активно развивается, открывая новые варианты использования эпоксидной смолы и элементов деревьев. В ходе исследования использовались методы анализа и синтеза.

Ключевые слова: эпоксидная смола, некондиционная древесина, отходы дерева, декоративные изделия

Введение. В лесной промышленности всегда имеет место некондиционная древесина, начиная с заготовки и на всех этапах переработки дерева возникает большое количество отходов. Вопрос об их рациональном использовании открыт до сих пор, так как традиционными способами снижения объемов древесных отходов является сжигание либо переработка в щепу. С другой стороны, в промышленной индустрии набирает популярность изготовление изделий на основе эпоксидной смолы. Самым актуальным материалом, отлично сочетающимся с эпоксидной смолой, является дерево и различные его элементы. Преимущество подобного сочетания заключается в использовании не только переработанной древесины, но и некондиционной древесины, включая ветки, сучья, пни и т.д.

Цель и задачи исследования. Цель данного исследования – разработать этапы технического процесса изготовления изделий мебели, декора, интерьера из некондиционной древесины в виде отходов деревообработки, лесопиления, ландшафтных работ и других малоценных частей деревьев на основе эпоксидно-диановых смол. Для достижения поставленной цели, необходимо

решить ряд задач:

- классифицировать виды некондиционной древесины;
- выявить требования к сырью для изготовления декоративных изделий на основе эпоксидной смолы;
- проанализировать виды эпоксидной смолы и способы ее применения в промышленности, разработать требования к смолам для изготовления декоративных изделий из древесины;
- разработать основные принципы и этапы технологического процесса изготовления декоративных изделий на основе эпоксидной смолы.

Ведущий подход. Решение поставленных задач подразумевает использование методов анализа и синтеза, то есть изучение отдельных составляющих и составление общей картины в итоге.

Результаты исследования. Некондиционная древесина, в основном, подразделяется на: а) кустовые отходы (горбыли, рейки, крупная обрез, ветки, пни, сучья и т.д); б) мелкие отходы (опилки, стружка); в) кору.

Для изготовления изделий в сочетании с эпоксидной смолой подходят именно кустовые отходы, так как остальные виды слишком измельчены и не могут служить основой для работы, а используются как сопутствующий материал. Важно отметить, что использование данных отходов в изготовлении изделий является преимуществом, так как в лесной промышленности все еще остается актуальной проблема уничтожения производственных отходов и бракованной древесины. Можно сказать, что в сочетании с эпоксидной смолой эти «отходы» приобретают вторую жизнь и при этом становятся полезными, могут служить красивым дополнением к интерьеру.

Эпоксидные смолы – группа термореактивных полимеров, обладающих чрезвычайно полезными механическими и электрическими свойствами: устойчивостью, клейкостью, теплостойкостью, химической стойкостью, диэлектрической прочностью. Эпоксидная смола, которую используют в творчестве состоит из двух компонентов – смолы и отвердителя. Внешне она

напоминает стекло, после застывания. Однако по практичности она выигрывает, так как является более пластичным материалом, который не разбивается при падении, за что особенно ценится. Широкую популярность смола приобрела еще и за счет удобства в работе, доступности и красоты [Научно-технический энциклопедический словарь].

Как уже было отмечено, эпоксидный клей продается в наборе из двух отдельных компонентов, вязкой смолы и отвердителя. Их смешивают непосредственно перед применением. Существует много видов эпоксидной смолы: эпоксидно-диановые, эпоксидно-диановые для лакокрасочных материалов, эпоксидно-модифицированные, смолы эпоксидные специального назначения. Различие между ними в области применения [Николаев А. Ф., Крыжановский В. К., Бурлов В. В. с. 544]. Виды эпоксидной смолы и их свойства помещены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	ТУ	Область применения
Эпоксидно-диановые смолы		
ЭД-22	ГОСТ 10587-84 (изм. № 1)	Относительно низковязкая жидкая кристаллизующаяся при хранении смола универсального назначения.
ЭД-20	ГОСТ 10587-84 (изм. № 1)	Наиболее широко применяемая жидкая смола универсального назначения
ЭД-16	ГОСТ 10587-84 (изм. № 1)	Высоко вязкая смола, применяется в основном в качестве связующего для стеклопластиков.
ЭД-8,ЭД-10	ГОСТ 10587-84 (изм. № 1)	Твердые смолы, применяемые для заливочных композиций в радио- и электротехнической промышленности.
Эпоксидно-диановые смолы для ЛКМ		
Э-40, Э-40р	ТУ 2225-154-05011907-97	Для изготовления красок, эмалей, лаков, шпаклевок, покрытий стойких к агрессивным факторам окружающей среды и воздействию химических веществ.
Э-41	ТУ 2225-595-11131-395-01	Используется для изготовления эмалей, лаков, шпаклевок, а также заливочных композиций и клеев.
Эпоксидные модифицированные смолы		
КДА-2	ТУ 2225-611-11131395-	Связующие для стеклопластиков, клеев и электроизоляционных заливочных композиций.

	2005 (изм. № 1)	
К-02Т	ТУ 2257-601-11131395-01 (изм. №№1,2)	Для пропитки многослойных намоточных изделий с целью их цементации, повышения влагостойкости
ЭЗ-111	ТУ 2225-560-00203521-01	Для герметизации трансформаторов, для пропитки и заливки деталей электротехнических изделий.
УП-563, УП-599.	ТУ 2225-336-09201208-94	Для изготовления эластичных пропиточно-заливочных компаундов, клеев и связующих для стеклопластиков
К-153	ТУ 2225-598-11131395-01 (изм. №№1, 2,3)	Для заливочных, клеевых, герметизирующих, пропиточных и обволакивающих композиций в различных отраслях промышленности.
К-115 К-176 К-201	ТУ 2225-597-11131395-01 (изм. №1)	Для пропитки, заливки, обволакивания и герметизации деталей, а также в качестве клеев, электроизоляционных заливочных композиций, изоляционных и защитных покрытий, связующих для стеклопластиков.
КДА	ТУ 2225-611-11131395-2005 (изм. № 1)	Используется в качестве связующих для стеклопластиков, клеев и электроизоляционных заливочных композиций.
Эпоксидные смолы специального назначения		
ЭА	ТУ 2225-606-11131395-2003 (изм. №1)	Для изготовления низковязких эпоксидных компаундов, используемых в качестве заливочных, пропиточных и клеевых составов, в качестве разбавителя конструкционных связующих.
УП-610	ТУ 2225-606-11131395-2003 (изм. №1)	Для изготовления высокопрочных стеклопластиков, заливочных и пропиточных композиций, клеев, специальных композиционных материалов.
УП-631	ТУ 2225-020-00203306-96	В качестве компонента при изготовлении самозатухающих и негорючих компаундов для пропитки, заливки, клеев, покрытий.

Эпоксидная смола для творчества включают материалы с маркировкой ЭД-20, она универсальна, и Э-40, Э-41, которые предназначены для создания эмалей, лаков и заливочных композиций, устойчивых к повреждениям. Эпоксидные смолы используют в качестве клея, а также в виде изолирующих и

защитных покрытий. Существует большое количество производителей эпоксидной смолы с разными предназначениями. Для столешниц, предметов декора и сувениров, рекомендуется использовать марки «Этал Оптик» («Этал Optic»), Linkuid 3D OPTI, Арт-Массив» и «АРТ-ЭКО». Они отлично подходят для работы с деревом [Старокадомский Д., с. 66].

С помощью дополнительных инструментов и фурнитуры мастера рукоделия создают из нее различные украшения (самые популярные – кулоны с сухими цветами внутри, украшения с насекомыми, серьги, кольца). Особенно популярно использование эпоксидной смолы в промышленной индустрии для производства предметов домашнего интерьера, таких как подставки, картины, цветные покрытия для деревянной мебели, столешницы, вазы, светильники, композиции для декора.

При создании изделий на основе эпоксидной смолы часто допускаются следующие ошибки:

- некачественно обработанная поверхность древесины. Необходимо удалить все выступающие части и стружки с поверхности заливки;
- присутствие влаги в древесине. Это увеличит время твердения изделия, а также повлияет на прочность;
- образование пузырьков в клеевом растворе. Чтобы избежать этого, следует медленно вливать отвердитель в смолу и также медленно перемешивать;
- заливка раствора эпоксидной смолы в один слой. Ее необходимо заливать в несколько слоев, позволяя им затвердеть, это повысит качество изделия и уменьшит время полного отвердения;
- соприкосновение горячих предметов с готовым изделие приведет к отсутствию блеска и деформации изделия на основе эпоксидной смолы.

На основе результатов экспериментальных работ установлена рациональная последовательность этапов и режимы технологического процесса создания изделий на основе эпоксидной смолы (схема 1):

Схема 1

Подготовка чистой сухой тары для смешивания смолы и отвердителя, формы или опалубки для заливки готовой смеси и инструментов (лопаточка, миксер)

Изготовление формы/опалубки из фанеры, обтянутой плотным полиэтиленом

Обработка поверхности опалубки для заливки антиалгезивом

Приготовление клеевой смеси в соотношении 10:4, медленное вливание отвердителя в смолу и тщательное перемешивание

Обработка поверхности деревянных элементов (удаление выступающих частей, стружки, очистка впалых частей)

Сборка компонентов в форме и подгонка по размерам

Заливка готовой формы с элементами клеевой смесью. Выдержка слоя до первичного отверждения:

1) при плоской отливке - заливка слоями с максимальной толщиной 20-25 мм за один раз, с перерывом между слоями 3-5 часов;

Выемка изделия из формы спустя 24 часа, дополнительная выдержка в течение 2-4 суток

Шлифование изделия абразивной бумагой с предварительным замачиванием готового изделия

Нанесение полиуретанового лака, устойчивого к ультрафиолету, в несколько слоев с промежуточным шлифованием

Полировка готового изделия для придания блеска

Выводы. Изготовление декоративных изделий из дерева на основе эпоксидной смолы не только красивый, но и трудоемкий процесс, требующий особой внимательности к деталям на каждом этапе работы. Также это один из полезных способов использования различных отходов деревьев в производстве новых изделий. Для изготовления декоративных изделий используются

кустовые отходы деревьев. Существует много разновидностей эпоксидной смолы, однако для работы с деревом подходят именно эпоксидно-диановые смолы для лакокрасочных покрытий. Кроме того, были выявлены ряд ошибок, которые допускаются на разных этапах изготовления декоративных изделий. Основные их них это обработка поверхности дерева, образование пузырьков, заливка формы в один слой и т.д. На основе результатов экспериментальных работ была установлена рациональная последовательность этапов и режимы технологического процесса создания изделий на основе эпоксидной смолы, который состоит из 11 этапов. Изделие, готовое к применению по назначению, получается в течение недели.

Библиографический список

1. Научно-технический энциклопедический словарь / под ред. Крылова. СПб., 2011 : сайт URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/5788/ (дата обращения 29.01.2019).
2. Николаев, А.Ф., Крыжановский В.К., Бурлов В.В. Технология полимерных материалов: учебное пособие. / А. Ф. Николаев, В. К. Крыжановский, В. В. Бурлов. Под общ. ред. Крыжановского В. К. СПб. : Профессия, 2008. 544 с.
3. Старокадомский, Д. Длинный век эпоксидки / Д. Старокадомский // Наука и жизнь. М, 2018. № 1. С. 66-71.

Анализ методов определения релевантных товаров в рекомендательных системах

Захарова Д.А.[a], Русов В.С.[b], Караваева О.В.[c]
магистрант кафедры электронно-вычислительных машин [a,b]
старший преподаватель кафедры электронно-вычислительных машин[c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a,b,c]
E-mail: vyacheslavrusov96@gmail.com[b], karavaeva@vyatsu.ru[c]

Аннотация. В данной статье рассмотрены наиболее популярные подходы и алгоритмы работы рекомендательных систем. В ходе выполнения анализа работы рекомендательных систем на примере популярного интернет-магазина Amazon была выявлена проблема нерелевантного показа рекомендаций в блоках «дополняющих» и «заменяющих» товаров. Для решения такой проблемы используются несколько различных подходов, которые могут использоваться как отдельно, так и в совокупности. В ходе анализа также было выяснено, что ни один из перечисленных подходов и алгоритмов не решает полностью данную проблему. Для повышения эффективности необходимо использовать смешанный подход, причем составляющие нужно выбирать в соответствии с поставленной задачей. Предложенные подходы позволяют разработать и реализовать на их базе эффективные рекомендательные системы, позволяющие не только повысить релевантность рекомендаций, но и достичь максимальной степени их персонализации.

Ключевые слова: рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, релевантность, content-based рекомендации

Введение. На текущий момент рекомендации в мире покупок особенно популярны, хорошая рекомендация не только обеспечит лояльность пользователя, но и увеличит прибыль [Джонс Т. М.]. Многие интернет-магазины, такие, как Amazon, Ozon, Лабиринт и другие, используют рекомендательные системы. Применение таких систем не ограничивается интернет-магазинами, они могут быть применены для решения других задач. Например, определение болезни по симптомам или подбор музыки под настроение слушателя [Анатомия рекомендательных систем].

В условиях жесткой конкуренции интернет-магазины борются за каждый просмотр, и главный помощник в этом – правильная рекомендация. В каждой такой системе используется свой подход для определения блока рекомендаций, базирующийся на поведении и характеристиках пользователя, на характеристиках и рейтинге товара, или смешанные методы [Рекомендательные системы]. Каждый подход обладает рядом достоинств и недостатков, но главным критерием таких систем является релевантность подобранных рекомендаций. Каждая система по-разному дает ей оценку, в меру своих

возможностей [Мельцов В. Ю., Чистяков Г. А., с.847]. Например, эту метрику можно выразить соотношением показов рекомендованных товаров пользователю к просмотрам данных товаров.

Возникает проблема – одна и та же рекомендация может быть релевантной в одних случаях и нерелевантной в других. Релевантной рекомендацией в случае выбора одного товара будет похожий товар, а в случае покупки – «дополняющий» товар. Таким образом, можно разделить все рекомендации на две большие группы: «заменяющие» и «дополняющие» товары.

Рассмотрим виды рекомендации на основе популярного магазина Amazon [Amazon]. Зайдя впервые в этот магазин, пользователь может выбрать популярные товары и категории – решение проблемы холодного старта в условиях полного отсутствия информации о пользователе. Данный список представлен на рис.1.

Рисунок 1. Рекомендации популярных товаров в интернет-магазине Amazon

После просмотра нескольких товаров Amazon предложит рекомендации по ним – это персональные рекомендации, основанные на информации о пользователе и его просмотрах.

Данные рекомендации представлены на рис.2.

Рисунок 2. Блок персональных рекомендаций на странице интернет-магазина Amazon

На странице конкретного товара можно увидеть блок связанных с ним товаров – «дополняющие» рекомендации – и блок похожих товаров – «заменяющие» рекомендации. Данные рекомендации представлены на рис.3.

Рисунок 3. «Дополняющие» и «замещающие» рекомендаций на Amazon

Проанализировав вышеописанных блоки, можно сделать вывод о большом количестве нерелевантных рекомендаций – многие товары из блока

«дополняющих» рекомендаций необходимо перенести в блок похожих и наоборот.

Таким образом, из исследований рекомендаций на примере интернет-магазина Amazon можно выявить проблему – неэффективное определение «дополняющих» и «заменяющих» товаров, что приводит к снижению степени релевантности рекомендаций.

Цель обзора и анализа методов для определения «дополняющих» и «заменяющих» товаров – найти группу методов для решения проблемы нерелевантного определения вышеописанных товаров.

Задачи исследования. Были выделены следующие задачи, необходимые для реализации цели:

– рассмотреть существующие методы определения близости товаров или их дополнения;

– определить их достоинства и недостатки;

– выбрать и структурировать набор методов для решения вышеописанной проблемы.

Метод исследования. Обозначим товар, которым интересуется пользователь, исходным, а товар, который будет показан в рекомендациях, целевым. Самым популярным программным подходом выявления «дополняющих» товаров можно назвать анализ корзин покупателя. Чем чаще целевой товар находился в корзине покупателя вместе с исходным, тем выше его приоритет при показе рекомендации. Достоинства данного метода – простота реализации. Недостатками является недостаточная релевантность рекомендаций, большие затраты на память и вычисления.

В качестве альтернативы можно предложить явную оценку рекомендаций, которую использует компания Яндекс [Яндекс. Толока]. В данном случае пользователю предлагается оценить, верно ли подобрана рекомендация для того или иного товара. Достоинствами данного метода являются участие пользователя, повышение релевантности рекомендаций. Недостатки такого метода – низкая персонализация рекомендаций,

необходимость подкрепления существующих данных дополнительными данными пользователя, необходимость активности пользователя.

Еще одним популярным подходом является использование информации о текущем пользователе. Благодаря известной информации рекомендательная система подбирает контент, основываясь на близости пользователей. Достоинствами подхода являются высокая степень персонализации рекомендаций. Главным недостатком является то, что если пользователей в системе много, то вычисление рекомендаций превращаются в громоздкую задачу, требующую много вычислительных ресурсов.

Другой подход – использование связки наиболее удачных алгоритмов в текущей задаче. Например, кластеризация пользователей и товаров, определение близости пользователей и товаров, анализ корзин покупателей, анализ поведения пользователя и так далее. Для каждого отдельного случая можно подобрать соответственный набор алгоритмов для лучшего решения поставленной задачи. Достоинства данного метода – большая гибкость, в зависимости от выбранных алгоритмов, высокая степень персонализации рекомендаций, высокая релевантность. Недостатки – сложность разработки.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для качественных рекомендаций необходимо использовать гибридные методы, которые используют алгоритмы с персонализацией рекомендаций.

Рассмотрим наиболее эффективные алгоритмы, помогающие создать рекомендательные системы. При использовании явного способа задания оценки можно использовать коэффициенты для реализации рекомендаций без учета персональных данных. Рассмотрим формулу для расчета коэффициента релевантности на портале Reddit:

$$Rank = log_{10}\big((1, U - D)\big) - \frac{|U-D|T}{const},$$

где: U – число положительных голосов,

D – число отрицательных голосов,

T – время записи.

Таким образом, здесь учитывается не только разница оценок, но и время, то есть более новые записи имеют больший коэффициент.

Конечно, для каждой системы можно улучшить значения коэффициентов и добавить значимые факторы в формулу.

Также данный алгоритм можно модифицировать для обработки персональных рекомендаций, добавив коэффициент, учитывающий конкретного пользователя, например, его оценку других подобных записей.

Для персональных рекомендаций также используется подход TF-IDF, который позволяет создать content-based рекомендации. Здесь учитываются информация о предыдущих покупках. Интересные пользователю товары и целевые товары располагаются в векторном пространстве, где вычисляются соседи, которые используются для рекомендаций. Важно, что данный алгоритм позволяет отбросить малозначимые признаки, которые часто встречаются, и увеличить вероятность попадания в рекомендации товары с редкими признаками. Данный подход хорошо показывает себя на трудно поддающихся формализации данных – фильмы, статьи, и так далее [Dolzhenkova M. L., Meltsov V. Y., Strabykin D. A., с. 2]. Он также подходит и для цифровых данных.

Коллаборативная фильтрация позволяет сравнивать пользователей между собой. В самом простом виде она сигнализирует, что если продукт А и продукт Б нравятся первому пользователю и продукт А нравится второму пользователю, то второму пользователю понравится и продукт Б. Если расширить этот метод и добавить информацию о социальной близости и степени доверия между пользователями, то получится trust-based рекомендации, которые могут более точно определить релевантную рекомендацию. При наличии огромного числа пользователей трудно найти похожих среди них из-за огромного количества данных [Ын А., Су К., с. 43]. На помощь приходит item-based фильтрация, где сравниваются не пользователи, а продукты.

Таким образом, после тщательного рассмотрения алгоритмов разной направленности можно объединить их с целью определения методов

определения «дополняющих» и «заменяющих» товаров. Рассмотрим каждый из них.

Результаты исследования. Начнем с дополняющих товаров. Для того, чтобы максимально сократить выборку товаров на первом этапе, выделяем те товары, с которыми чаще всего покупался исходный товар. В данный этап также стоит отнести анализ ближайших покупок пользователей.

Вторым шагом будет выделение товаров с более высоким рейтингом, что позволит сократить выборку и отсеять товары с низкими оценками и некачественные товары.

Для персонализации данных воспользуемся user-based фильтрацией, с учетом всех доступных данных о пользователе.

После выполнения вышеописанных этапов получаем список целевых товаров, отфильтрованных от наилучшей рекомендации. Выбирается число k, после чего k рекомендаций выдаются пользователю.

Для улучшения данного подхода предлагается сохранять действия пользователя с рекомендациями и учитывать в дальнейшем формировании рекомендаций. Например, если пользователь просмотрел товар, положил его в корзину, купил – это положительные оценки, ведущие к повышению целевого товара в списке рекомендаций. Игнорирование, пролистывание и нажатие на рядом стоящий вариант – отрицательная оценка, ведущая к понижению коэффициента.

Для улучшения данного подхода можно использовать анализ содержимого целевых товаров – присутствие схожих значений в описании или названии исходного товара, анализ эмоционального окраса комментариев и отзывов, анализ степени схожести фотографий и изображений.

Задача определения заменяющих товаров более проста и требует меньших затрат для разработки. Все такие товары в большинстве случаев находятся в одной категории, сопровождаются похожим описанием и назначением. Следовательно, задача сводится к выявлению схожих товаров в

одной или более смежных категориях и характеризуется высокой степенью персонализации данных.

Выводы. Таким образом, в ходе обзора и анализа средств, была проанализирована предметная область, выяснена проблема и предложено ее решение. В ходе анализа были выбраны наиболее эффективные и популярные подходы, определены их достоинства и недостатки и выбран наиболее подходящий из них. Для решения проблемы были предложены наборы алгоритмов, которые помогут решить проблему определения дополняющих и заменяющих товаров с более высокой точностью. Описанный подход может быть использован не только в сфере интернет-магазинов, но также может быть применен явно или адаптировано и для других сфер, использующих рекомендательные системы.

Библиографический список

1. Джонс Т. М. Рекомендательные системы. Часть 1. Введение в подходы и алгоритмы. URL: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1 (дата обращения: 01.02.2019).
2. Анатомия рекомендательных систем / habr : официальный сайт. URL: https://habr.com/ru/company/lanit/blog/420499/ (дата обращения: 01.02.2019).
3. Рекомендательные системы. URL: https://vas3k.ru/blog/355 (дата обращения: 01.02.2019)
4. Мельцов В. Ю., Чистяков Г. А. Формирование базы знаний на основе структуры Крипке и формул темпоральной логики // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-4. С. 847-852.
5. Amazon. URL: https://www.amazon.com/ (дата обращения: 01.02.2019)
6. Яндекс. Толока. URL: https://toloka.yandex.ru/ (дата обращения: 01.02.2019).
7. Dolzhenkova M. L., Meltsov V.Y., Strabykin D. A. Method of consequences inference from new facts in case of an incomplete knowledge base // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Т. 9. № 39. С. 100413.
8. Ын А., Су К. Теоретический минимум по Big Data. СПб, 2019. 208 с.

Использования генераторного газа в качестве моторного топлива для искровых ДВС

Зубакин А.С.
аспирант кафедры МТД
Вятский государственный университет, Киров, Российская федерация
e-mail: expert35@mail.ru

Аннотация: перевод двигателей внутреннего сгорания на новые виды топлива – перспективное направление в развитии двигателестроения. Разработка с чистого листа нового двигателя для работы на альтернативном топливе – процесс долгий и требующий больших инвестиций. Модернизация двигателей позволяет за короткое время и относительно недорого перейти на альтернативные виды топлива. Среди различных альтернативных видов топлива особо выделяется генераторный газ. Этот горючий газ получают путём термохимической реакции кислорода с углеродом твёрдого топлива, то есть в процессе газификации**.** Использование генераторного газа в качестве моторного топлива позволяет использовать возобновляемые источники энергии – отходы деревопереработки, с/х производств и т.д., то есть любые материалы, содержащие лигнин. В статье рассмотрены положительные и отрицательные стороны использования альтернативных видов топлива, приведены причины ограниченного использования альтернативного топлива, пути снижения токсичности отработавших газов, дополнительное преимущество использования генераторного газа. Но несмотря на использование генераторного газа как топлива, на протяжение более века, процесс сгорания не изучен, не исследовано влияние добавки бензина к генераторному газу для улучшения мощностных характеристик и снижения выбросов токсичности в ОГ. Поставлены задачи для решения проблемы, связанной с использованием генераторного газа и его смеси с бензином.

Ключевые слова: генераторный газ, газогенератор, ДВС, альтернативное топливо.

Двигателю внутреннего сгорания уже более 150 лет и сегодня он применяется во всем мире и играет важную роль в экономике любого государства. В мире ежегодно выпускается более 40 млн. двигателей разной мощности: от 1 кВт до 50000 и более кВт. Несмотря на интерес к электродвигателям со стороны производителей транспортных средств, в ближайшие 20-30 лет основным источником механической энергии останутся ДВС, например, в сфере стационарных мощностей, в сельском хозяйстве, лесозаготовке, добыче полезных ископаемых.

ДВС является основным потребителем нефтяных топлив [Плотников С. А., Зубакин А. С., с. 1356] и основным источником загрязнения атмосферы. Несмотря на ужесточение в сфере выбросов отравляющих веществ в отработавших газах двигателей, доля выбросов ДВС составляет 25-60% от общего загрязнения. В связи с быстрым ростом автомобилизации в нашей стране, как и во всём мире, в последние десятилетия, возник вопрос о

значительном сокращении загрязнения воздушного бассейна вредными выбросами и экономного расходования нефтяного топлива как не возобновляемого источника энергии для ДВС. По мнению многих экспертов, при современных темпах потребления нефти, запасов должно хватить на 30-50 лет.

В последнее десятилетие проблемы экологии и энергетики становятся первостепенными и должны рассматриваться в комплексе. Решением проблем может стать совершенствование энергетических установок, совершенствование рабочего процесса ДВС, нейтрализация ОГ, применение альтернативных видов топлива.

В настоящее время большой интерес вызывают электродвигатели, использующие электрохимические источники энергии – аккумуляторы и электрохимические генераторы (например водородные ячейки). Они обладают существенными плюсами – высокой приспосабливаемостью к прерывистому режиму городского движения, высокой долговечностью, простотой технического обслуживания и отсутствием ОГ, – но есть и серьёзные минусы. Первый – сегодня отсутствуют лёгкие, надёжные, недорогие, обладающие высокой энергоёмкостью электрохимические источники (несмотря на совершенствование конструкции электромоторов и повышение характеристик аккумуляторов, удельная мощность электродвигателей остаётся на порядок ниже, чем у ДВС). Второй минус – замена ДВС электромоторами и питанием от аккумуляторов вызовет расход огромного количества электроэнергии на подзарядку. В большинстве стран, суммарная мощность всех используемых ДВС превышает мощность электростанций, что вызовет дефицит электроэнергии. Также выработка электроэнергии увеличивает экологическую нагрузку, то есть энергоэкологическая проблема будет перенесена из области ДВС в сферу электростанций.

В то же время разработка и применение новых типов двигателей (двигатель Стирлинга, паровой и т.д.), позволит снизить выбросы, отравляющие вещества в ОГ и уложиться в жесткие рамки требований, но

остаётся вопрос с дефицитом нефтяного топлива. Внедрение новых видов двигателей, типа Стирлинга и т.д., требует огромных капиталовложений в производство, инфраструктуру, в связи с чем применение двигателей будет растягиваться во времени.

Энергоэкологическая проблема в сфере ДВС будет решаться полнотой сгорания топлива на всех режимах работы совершенствованием систем смесеобразования, системы зажигания, улучшением систем нейтрализации ОГ и т. д. Все эти меры технически сложны и требуют больших затрат, при этом малозначительны. Так, доводка двигателя ВАЗ-2110 по нормам выброса с «Евро-0» до «Евро-5» увеличила стоимость двигателя в сборе с системами снижения токсичности более чем в два раза. Также не менее важно, что переход на более жёсткие нормы по токсичности вызывает увеличение удельного расхода топлива.

Как говорилось ранее, ДВС останется основным на протяжении 25-30 лет, и это вызывает необходимость решения энергоэкологических проблем путём применения новых видов топлива. Генераторный газ – один из таких видов топлива.

Этот вид топлива очень перспективен прежде всего своей доступностью, неограниченным количеством и возобновляемостью, что даёт возможность его широкого применения в ДВС без глубокой модернизации. Наиболее перспективно использование генераторного газа для питания двигателей, работающих с постоянной нагрузкой, например электростанции, насосы и т.д.

Основной минус искровых ДВС, работающих на бензине и газе – низкая экономичность и высокая токсичность ОГ на переходных режимах, несмотря на высокий КПД (до 30%) в зоне максимального крутящего момента. Так как двигатель редко работает на этом режиме, средний КПД фактически находится в пределах 10-15%. Использование генераторного газа в качестве основного и дополнительного топлива позволит снизить затраты на топливо за счёт небольшой стоимости сырья для производства этого топлива, а также значительно уменьшить токсичность ОГ.

Вопрос использования генераторного газа в качестве альтернативного топлива для ДВС является многогранным и включает в себя много составляющих: необходимо изучить возможность перевода современных двигателей на этот вид топлива; изучить процесс сгорания генераторного газа; выбрать наилучший способ управления рабочим процессом; достичь минимальной токсичности ОГ и максимальной экономичности; разработать систему питания двигателя, а также решить ряд вопросов не связанных с двигателем, но без которых вопрос непреодолим. Например вопросы связанные с производством генераторного газа, его химической стабильностью, хранением и т.д.

Использование генераторного газа в качестве альтернативного топлива для ДВС связано в первую очередь с его низкой стоимостью, доступностью, возможностью получения в больших количествах, в то время как затраты на единицу энергии сопоставимы с затратами при получении высокооктановых бензинов [А. Самылин, М. Яшин, с.87]. Сегодня ряд стран (Китай, Индия, США, Швеция, Филиппины и др.) занимаются поисками высокоэффективных способов получения генераторного газа. Совершенствование процесса газификации древесины и другого, содержащего лигнин, сырья – вот основное направление поиска, так как это наиболее целесообразно с точки зрения экологии и экономики. Параметрическое управление процессом газификации электронным блоком управления в зависимости от рабочего процесса двигателя – один из способов получения стабильного по химическому составу, в достаточном объёме, дешёвого генераторного газа [Зубакин А. С., Яковлева А. В., с. 95].

Изучением процесса газификации занимаются во всём мире со второй половины XIX века с переменной интенсивностью. Особенно больших научных и технологических успехов добились в 30-40-е годы прошлого века в связи с начавшейся Второй мировой войной. Генераторный газ использовался в большом количестве транспортных средств как единственное доступное топливо. Россия всегда занимала видное место в изучении данного вопроса, но

обнаруженные в 60-е годы прошлого столетия запасы нефти на время отодвинули на исследованиях в этой области внутри страны. В настоящее время применение современных материалов, новых знаний в области процесса сгорания и его управления, применение компьютеров, позволяет выйти на новый виток применения генераторного газа уже в ближайшее десятилетие.

Сегодня изучением газогенераторного газа, как альтернативного топлива, в нашей стране занимаются небольшие авторские коллективы. Некоторые научно-производственные предприятия занимаются производством газогенераторов в кустарных условиях и малыми сериями, используя наработки 40-60-х годов прошлого века, что сказывается на технико-экономических показателях производимой продукции.

Особенно больших успехов в области управления процессом газификации добилась американская компания ALL POWER из Беркли, Калифорния при Массачутском технологическом университете [http://www.allpowerlabs.com]. Компания, за 8 лет выросшая из 2–х человек до 40 высококлассных специалистов, стала лидером в области исследования газификации древесины благодаря грантовой поддержке государства.

В Индии создан и довольно плодотворно работает лаборатория газификации при научном институте в Банглагоре, разрабатывает и внедряет в производство газогенераторы.

Научно-исследовательские институты Китая разрабатывают и поставляют на внутренний и внешний рынок энергетические установки мощностью до 100 кВт, работающие на древесине, лузге подсолнечника и других отходах сельскохозяйственного производства. Разработанные в Китае фильтры тонкой очистки генераторного газа являются наиболее перспективными и используются в установках во многих странах. Национальный институт сельского хозяйства в Швеции совместно с производителями силовой техники продолжает заниматься совершенствованием технологии получения генераторного газа.

Историческое описание газогенераторных установок было сделано такими учёными как О. П. Лидов, М. А. Павлов. Теоретические предпосылки

процесса газификации были заложены К. Бунте, Ф. Тренклером. Конструкция газогенератора значительно изменилась с внедрением патентов К. Имберта и Ф. Макдональда.

Анализ литературных источников выявил серьёзный пробел в изучении процессов сгорания и смесеобразования генераторного газа в ДВС, хотя совершенствованием конструкции двигателей для работы на этом виде топлива занималось много известных инженеров и учёных, особенно известны отечественные исследователи Болтинский В. Н., Мезин И. С., Токарев Г. Г. и некоторые другие.

Также в нашей стране уделялось мало внимания вопросам токсичности отработавших газов при работе ДВС на генераторном газе. Результаты анализа литературы указывают на работы индийских учёных, отчёты шведского национального института сельского хозяйства и уже упомянутой выше американской фирмы.

Однако большинство исследований проводилось только с целью определения возможности работы двигателя на генераторном газе. Недостаточно работ, направленных на разработку новых систем питания, систем регулирования и топливоподачи генераторного газа, элементов и агрегатов систем топливоподачи и регулирования, а также работ, доведенных до создания опытных образцов и проведения эксплуатационных испытаний [Использование генераторного газа, как возобновляемого источника энергии в разрезе улучшения экологической ситуации, с. 205].

Основываясь на вышеизложенном материале, в качестве научной проблемы можно выявить следующую: недостаточное изучение выработки в газогенераторах и сгорания генераторного газ в ДВС с целью снижения токсичности ОГ. С целью её устранения необходимо решить следующие задачи:

– теоретически определить влияние добавок генераторного газа на показатели процесса сгорания и экологические показатели искрового ДВС;

- исследовать физико-химические показатели производимого генераторного газа;
- разработать новые конструкции газогенераторов;
- исследовать влияние генераторного газа на оптимальные регулировки систем искрового ДВС;
- определить эффективные и экологические показатели работы ДВС;
- исследовать влияние добавки генераторного газа на показатели работы искрового ДВС в условиях реальной эксплуатации;
- определить экономическую эффективность применения генераторного газа от снижения экологической нагрузки наносимой ОГ;
- разработать рекомендации по применению генераторного газа в искровых ДВС.

Библиографический список

1. Плотников, С. А. Некоторые результаты применения альтернативных топлив для снижения токсичности ДВС / С. А. Плотников, А. С. Зубакин // ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ: м-лы всерос. ежегод. науч.-практ. конф. (18-29 апреля 2016 г., г. Киров). Киров : Изд-во ВятГУ, 2016. С. 1352-1357.
2. Самылин, А. История развития транспортных газогенераторов / А. Самылин, М. Яшин. // ЛесПромИнформ. 2011. № 6 (80). сайт URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2371
3. Зубакин, А. С. Газогенератор как направление альтернативной энергетики / А. С. Зубакин, А. В. Явлековлева // Материалы VII ежегодной научной сессии аспирантов и молодых учёных. Вологда : ВГТУ, 2013. С. 94-99.
4. All Power Labs. Carbon Negative Power & Products RL: сайт URL: http: //www.allpowerlabs.com
5. Авакян, И. Б. Использование генераторного газа, как возобновляемого источника энергии в разрезе улучшения экологической ситуации : монография / Авакян И. Б., Бучилова И. А., Воронина Э. В. и др. // Педагогика и психология, наука и образование: теоретико-методологические подходы и практические результаты исследований. Под редакцией В. А. Куриной, О. А. Подкопаева. Самара, 2017. С. 399-413.

О тенденциях развития схем свободнопоршневых двигателей

Иванов-Польский К. В.
старший преподаватель кафедры «Технологии машиностроения»,
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация,
E-mail: iv_polskiy@vyatsu.ru

Аннотация. в связи с бурным развитием наземного и авиационного транспорта с электрическим приводом остро стоит вопрос об экономных, емких, дешевых, малогабаритных и легких бортовых источниках электроэнергии. Ни аккумуляторные батареи, применяемые в настоящее время, ни турбогенераторы пока не в состоянии удовлетворить этим требованиям в полной мере. В качестве альтернативы рассматриваются мотор-генераторы на основе свободнопоршневых двигателей внутреннего сгорания, обладающие высоким КПД, малой удельной массой, сравнительной конструктивной простотой, которые, вместе с тем, нуждаются в дальнейшем развитии и совершенствовании.

Для определения перспективных направлений их совершенствования рассмотрены технические особенности, достоинства и недостатки свободнопоршневых двигателей (СПД), свободнопоршневых генераторов газа (СПГГ) и свободнопоршневых электрогенераторов (СПДЭГ). Сделаны выводы о тенденции развития схем и конструкций СПДЭГ в части их упрощения и повышения надежности в качестве основных бортовых источников электроэнергии транспортного средства.

Ключевые слова: свободнопоршневой двигатель, двигатель внутреннего сгорания, электрогенератор.

Введение. СПГГ является разновидностью специализированного двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Отличительной особенностью его является то, что избыток энергии, полученной от сгорания топлива в рабочем цилиндре, не преобразуется в механическую работу в самом двигателе, а сообщается сжатому газу, который в дальнейшем совершает полезную работу. Классическая схема СПГГ представлена на Рис.1 [Шелест П. А., с. 13].

СПГГ состоит из следующих основных частей: воздушного ресивера (1), поршневого компрессора (2), двухтактной камеры (3), топливной форсунки (4), синхронизирующего механизма, состоящего из зубчатого колеса (5) и зубчатых реек (6), газоотводящей трубы (7).

Рисунок 1. Схема свободнопоршневого генератора газа (СПГГ)

Работает СПГГ следующим образом. Свежий воздушный заряд поступает в камеру (3) из ресивера (4). Под действием давления в полостях воздушного компрессора поршни движутся к центру, осуществляя сжатие воздушного заряда. В конце такта сжатия через форсунку 4 впрыскивается топливо, происходит сгорание. После этого под действием давления продуктов сгорания поршни останавливаются и начинают обратное движение. Идет такт расширения. По достижении правым поршнем выпускных окон происходит выход горячих газов в выпускную трубу. В дальнейшем энергия этих газов может быть использована в расширительной машине, например, газовой турбине, для производства механической работы. Избыток работы продуктов сгорания затрачивается на сжатие воздуха в полостях компрессора (2), откуда сжатый воздух поступает в ресивер (1) и в дальнейшем используется для продувки двухтактной камеры. Синхронизирующий механизм обеспечивает синхронность движения обоих свободных поршней и воспринимает только разность сил трения и инерции.

Другой разновидностью СПД является свободнопоршневой двигатель — электрогенератор (СПДЭГ), в котором избыток энергии, полученной в двигательной части, преобразуется в электрическую энергию во встроенном электрогенераторе.

В отличие от прочих ДВС, свободнопоршневые двигатели не создают механической работы и не являются универсальными двигателями. В них отсутствуют механизмы преобразования возвратного движения в однонаправленное вращательное движение. Поэтому СПД имеют следующие преимущества: высокий тепловой КПД за счет большой степени сжатия, меньшие внутренние потери на трение, полная сбалансированность ввиду симметрии конструкции, отсутствие больших динамических воздействий на фундамент, больший срок службы.

При испытании СПДЭГ Питера Ван Бларигана [Terry Johnson; Поршень на свободе: двигатель со свободным поршнем]. Были достигнуты следующие впечатляющие показатели: при максимальной мощности 40 кВт средний расход топлива составил 140 г на 1кВт*ч, что сопоставимо с эффективностью топливных водородных элементов. Тепловой КПД достигал 65% (топливо - водород) при степени сжатия 30. Таже двигатель мог работать на пропане, дизельном топливе, бензине, этаноле, спирте, отработанном растительном масле. Схема СПДЭГ Бларигана представлена на Рис.2.

Рисунок 2. Схема однопоршневого СДПЭГ Ван Бларигана

Однако у всех СПД есть недостатки, главный из которых – сложность запуска, наличие синхронизирующего механизма (при наличии, значительно увеличивающего продольные габариты СПД), большая масса движущихся частей, необходимость в преобразователе энергии генерируемых газов (СПДГГ) или сжатого воздуха (СПДК) в механическую и иную энергию или работу.

Вместе с тем СПД и его разновидности являются тепловыми машинами, имеющими высокий тепловой и механический КПД. Могут быть эффективно использованы в качестве бортового источника энергии в транспорте с электрической трансмиссией, что является актуальным направлением развития наземного и авиационного транспорта.

В связи с этим представляется целесообразным изучение тенденций развития и совершенствования схем СПД.

Цель исследования. Определить перспективное направление совершенствования схем свободнопоршневых двигателей.

Задачи исследования. Изучить историю развития схем свободнопоршневых двигателей, рассмотреть достоинства существующих схем, а также их недостатки и реализованные пути их устранения.

Ведущий подход. Сравнительный подходов к вопросу развития схем свободнопоршневых двигателей.

Результаты исследований. Известны схемы СПД, позволяющие преодолеть часть недостатков, присущих этому типу двигателей. Они отличаются:

1) устранением синхронизирующего механизма за счет отказа от двойного комплекта поршней;
2) включением преобразователя энергии в конструкцию двигателя;
3) изменением характера движения свободных поршней;
4) организацией рабочего процесса в камерах СПД.

Схема по варианту 1 [Frank Stelzer] представлена на Рис. 3. СПДГГ состоит из следующих основных частей. Камеры 34 и 36 представляют собой компрессор. Тело 12 – корпус. Тело, состоящее из 16, 24, 20, 22, 26, 18 является сложным поршнем, полости 28 и 30 — рабочие камеры двигательной части.

При этом роль движущихся масс принимают единственный поршень, а корпус двигателя становится вторым поршнем. Это значительно упрощает конструкцию двигателя, снижает его материалоемкость, но приводит к большим вибрациям и динамическим воздействиям на фундамент двигателя, особенно на переходных режимах. Воздействия на фундамент могут быть снижены за счет подбора характеристик виброопор.

Схема по варианту 2 [Jarret] представлена на рис. 4.

Рисунок 3. Свободнопоршневой двигатель Франка Штельцера
(пат. США 4385579. Май, 31, 1983)

Рисунок 4. Свободнопоршневой двигатель-электрогенератор Jarret.

Она отличается тем, что в конструкцию СПД включен линейный электрогенератор, состоящий из статоров с обмотками 13 и 14, а также постоянных магнитов 11 и 12, установленных на свободных поршнях. Полости 9 и 10 являются буферными и представляют собой пневматические пружины, обеспечивающие возврат поршней 2 и 3 к середине камеры сгорания 8. Избыток механической работы двигательной части СПД линейный генератор превращает в электроэнергию. Таким образом, СПД превращается в СПДЭГ. Как видим, в данной схеме отсутствует механизм синхронизации движения поршней. По замыслу авторов всех подобных конструкций его роль должно

обеспечивать микропроцессорное управление в цепи электрогенератора за счет изменения сопротивления движению поршня или временного перевода генератора в двигательный режим, что, кстати, позволяет использовать его в качестве стартера.

Известна опытная разработка фирмы Toyota (рис. 5) одностороннего однопоршневого СПДЭГ с линейным электрогенератором [Charles Morris]. По схеме он соответствует половине двигателя Jarret. На испытаниях показал мощность 10 кВт при термическом КПД 42%.

Рисунок 5. Свободнопоршневой двигатель-электрогенератор фирмы Toyota

Отличительной особенностью схемы по варианту 3, показанной на Рис. 6 [U.S. Pat. № 7827901], является замена возвратно-поступательного движения свободных поршней возвратно-вращательным. Данная схема разработана профессором Сигитасом Кударауркасом (Sigitas Kudarauskas).

На Рис. 6 обозначено: 1 и 2 – возвратно-вращающиеся (качающиеся) поршни, 3 и 4 камеры сгорания, 5 – роторы магнитной системы электрогенератора (расположенные один за другим), соединенные с поршнями 1 и 2 соответственно, 6 – статор с обмотками. В процессе работы поршни 1 и 2 совершают возвратно-вращательное движение. При этом поворачиваются

соединенные с ними роторы 5 электрогенератора. За счет вызванного этим изменения магнитного потока в катушках статора 6 вырабатывается электроэнергия.

Рисунок 6. Свободнопоршневой возвратно-вращательный двигатель-электрогенератор

Достоинства данной схемы СПДЭГ:

- обладает малыми габаритами (замена поступательного перемещения поршней вращательным повышает устойчивость их движения);
- эффективное использование рабочего объема двигателя;
- отсутствие буферных полостей для возврата поршней;
- удобное соединение с электрогенератором в один агрегат - СПДЭГ,
- легкость балансировки, полная уравновешенность, не создает динамических воздействий на фундамент;
- обладает большим коэффициентом использования внутреннего объема и, следовательно, самой малой материалоемкостью среди всех прочих СПД.

К недостаткам этой схемы следует отнести:

- уплотнения рабочих полостей, имеющих форму цилиндрических секторов;
- синхронизации движения свободных поршней, соединенных с роторами электрогенератора (поскольку крайние положения поршней

жестко связаны с конфигурацией магнитной системы генератора и положением продувочных и выхлопных окон).

Это можно решить за счет микропроцессорного управления, как и в любом СПДЭГ без синхронизирующего механизма, что говорит об отсутствии конструктивной работоспособности всех подобных конструкций.

Кроме того, у данного СДПЭГ могут появиться проблемы с охлаждением рабочих полостей, частично перекрытых электрогенератором по периферии.

Поскольку все СПД являются двигателями внутреннего сгорания, то они унаследовали от своих прародителей топливную систему и систему воспламенения заряда. Так как в СПД имеет место динамическое, а не кинематическое ограничение хода поршней, то у них весьма высокие степени сжатия, доходящие до 30 [Поршень на свободе: двигатель со свободным поршнем], поэтому они могут работать только как дизельные двигатели с воспламенением от сжатия. Система впрыска топлива усложняет и удорожает СПД, снижает его надежность, особенно при высокой частоте движения поршней, доходящей до 20 000 мин$^{-1}$ у однопоршневых СПД.

Поэтому для СПД является предпочтительным отказ от системы впрыска топлива и организация рабочего процесса по принципу воспламенения однородной топливо-воздушной смеси от сжатия (HCCI) [A.G. Charalambides], когда в рабочую камеру и цилиндр поступает однородная смесь воздуха и крупнокапельного тумана топлива. При сжатии вблизи мертвой точки происходит многоочаговое воспламенение смеси. При такой организации рабочего процесса удается соединить простоту и надежность топливной системы карбюраторного двигателя с отсутствием системы зажигания, как у дизельного двигателя, но без системы впрыска топлива через форсунку.

На Рис.7 показаны 3 варианта организации процесса воспламенения топлива в ДВС: воспламенение от искры в карбюраторном двигателе, воспламенение от сжатия в дизельном двигателе и HCCI.

Рисунок 7. Сравнение рабочих процессов в камере сгорания ДВС.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в настоящее время развитие и совершенствование схем СПД идет в направлении:

1) соединения источника механической работы и ее преобразователя в один агрегат за счет соединения СПД с электрогенератором в СПДЭГ;
2) уменьшения количества деталей, замены механической синхронизации системой микропроцессорного управления;
3) упрощения топливной системы двигателя с реализацией HCCI.

Вывод. Можно предположить, что следующим шагом развития схем СПД вообще и возвратно-вращательных СПДЭГ в частности будет отказ от микропроцессорной системы синхронизации с обеспечением конструктивной работоспособности СПДЭГ при любом мгновенном положении возвратно-вращающихся поршней. Частота работы будет достаточно высокой, порядка 350...400 сек$^{-1}$, что приблизит решение проблемы уплотнения рабочих камер сложной конфигурации ввиду скоротечности процессов. Рабочий процесс в двигательной части будет происходить по типу HCCI.

Библиографический список

1. Шелест, П. А. Комбинированные турбопоршневые двигатели. / А. П. Шелест. М. : Машгиз, 1958. 226 с.
2. Terry Johnson. FREE-PISTON ENGINE // Sandia National Laboratories. Tuesday : сайт. 2012. May 15. URL: https://files.acrobat.com/a/preview/f9ecff79-91fb-4176-9ae3-caecded675c4 (дата обращения 31.01.2019)

3. Поршень на свободе: двигатель со свободным поршнем // Популярная механика: сайт. URL: https://www.popmech.ru/vehicles/10158-porshen-na-svobode-dvigatel-so-svobodnym-porshnem/#part1 (дата обращения 31.01.2019)
4. Two-stroke internal combusion engine. Frank Stelzer. U.S. Pat. 4385579, May 3, 1983.
5. Jarret, Jacques Henry, Le Vesinet. Thermischer Motor mit innerer Verdrennung. Deutsches patentamt. Offenlegungsschrift 2217194. 10 April 1972.
6. Charles Morris. Toyota developing free-piston engine linear generator for electric drive vehicles. Charged electric vehicles magazin. 2014. April. 29 : сайт URL:https://chargedevs.com/newswire/toyota-developing-free-piston-engine-linear-generator-for-electric-drive-vehicles/ (дата обращения 31.01.2019)
7. Free swinging piston heat machine. U.S. Pat. 7827901. Kudarauskas et al. 2010. Nov. 9.
8. A. G. Charalambides. Homogenous Charge Compression Ignition (HCCI) Engines // Advances in Internal Combustion Engines and Fuel Technologies. 2013. March 20th. DOI: 10.5772/55807 : сайт URL: https://www.intechopen.com/chapter/pdf-download/43660 (дата обращения 31.01.2019)

Организация технического учёта на промышленном предприятии. Цели и средства для организации учёта

Калинина Е. А.[a], Болдырев А. А.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения[a]
магистрант кафедры электроснабжения[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[ab]
E-mail: kalininakaterina@bk.ru[a], andreib95@mail.ru[b]

Аннотация: На сегодняшний день при организации эффективного производственного процесса важно предусмотреть диспетчеризацию энергоснабжения промышленного предприятия. Высокий уровень диспетчеризации непосредственно влияет на повышение надёжности, бесперебойности энергоснабжения, качества и учёта энергоносителей. Для эффективности работы современного производства требуется, как известно, внедрение не только коммерческого учета, но и технического учёта энергоносителей. Диспетчеризация на местах, то есть технический учёт, позволит контролировать расход электроэнергии отдельных подразделений, а также следить за удельным расходом электроэнергии конкретно на определенный производственный цикл, этап, изделие. При организации технического учёта электроэнергии количество приборов на порядок возрастает, по сравнению с организацией коммерческого учёта. Основная цель внедрения технического учёта – это достижение баланса электроэнергии и получение достоверных показаний по расходу электроэнергии на конкретном объекте.

Ключевые слова: технический учёт, счётчик, диспетчеризация, АСКУЭ, электроустановка

Введение. В данной статье изучается устройство технического учёта электроэнергии на промышленном предприятии, а именно: какие средства необходимы для создания такого вида учёта, где и как эти средства будут применены. Также необходимо рассмотреть вопрос применения современных систем автоматической передачи электроэнергии.

Цель исследования. Целью рассмотрения данного вопроса является определение возможности реализации технического учёта.

Задачи исследования. Выявление средств для построения системы технического учёта, а также вспомогательных систем для эффективной работы системы.

Ведущий подход. Средства учёта электроэнергии – это устройства, обеспечивающие измерение и учёт. К ним относятся: счётчики электрической энергии (активной и реактивной), измерительные трансформаторы тока и напряжения; телеметрические датчики, информационно-измерительные системы и их линии связи. Измерительным комплексом средств учёта

электроэнергии называется совокупность соединенных между собой по установленной схеме устройств. Совокупность измерительных комплексов, установленных на одном объекте (например, на предприятии), называется системой учёта электроэнергии [Осика Л. К., с. 62.; Технический учёт электроэнергии и диспетчеризация управления энергоснабжением промышленного предприятия].

Самым распространенным видом электроизмерительных приборов являются счётчики активной и реактивной энергии.

Различают счётчики непосредственного включения в сеть и предназначенные для подключения к измерительным трансформаторам тока и напряжения. В последнем случае показания счётчика умножают на расчётный коэффициент Кр, равный произведению соответствующих коэффициентов трансформации [Кудрин Б. И., с. 540].

Счётчики активной энергии изготавливают следующих классов точности (обозначает наибольшую относительную погрешность в процентах): индукционные – 0,5; 1,0; 2,0 и 2,5; электронные – 1; 2; 0,2S; 0,5S. Требования к классу точности определяют в зависимости от цели и места установки системы учёта. Ряд требований определены в правовых и нормативных документах. Рынок электроэнергии предъявляет повышенные требования к точности приборов учета [Рощин В. А., с. 40].

Принципы организации систем автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ). Чем больше потребителей на объекте, тем выше неконтролируемый расход электроэнергии. На крупных предприятиях, где потребление измеряется десятками или сотнями тысяч киловатт, это огромные накладные расходы. Каждый предприниматель хочет, чтобы затратная часть на организации была как можно меньше. Это особенно важно для производства: снижение себестоимости выпускаемой продукции дает неоспоримые конкурентные преимущества на рынке.

Изначально, этим занимались специальные подразделения по учёту и контролю за потреблением энергии. До внедрения автоматизации в службе

главного энергетика работали десятки сотрудников, но человеческий фактор не давал возможность эффективной экономии [Принципы организации систем АСКУЭ; РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при её производстве, передаче и распределении. с изм.].

Пару десятилетий назад инженерами и учёными была внедрена система АСКУЭ. Технология предусматривала использование микропроцессорного управления, что по тем временам было очень дорого. Разумеется, если речь шла о миллионных затратах на электроэнергию, средства, вложенные в монтаж АСКУЭ, окупались быстро [Ожегов А. Н., с. 53].

Применение АСКУЭ. Центр обработки информации (ЦОИ) устанавливается в диспетчерской, отдельное помещение не обязательно. В ЦОИ попадают данные о текущем потреблении энергии с каждой группы потребителей.

Современные технологии позволяют организовывать сеть обмена данными не только по специально оборудованным сетям. Собственная проводка достаточно дорогое удовольствие: стоимость кабеля, оплата труда монтажников, аренда несущих опор, согласование проекта. Беспроводная связь, облачные сети, свободный доступ к Интернету позволяют любому пользователю или назначенному оператору осуществлять контроль за потреблением энергии с виртуального рабочего места или с мобильных устройства и компьютеров. [Данилин А. В, Захаров В. А., с. 14]. Основные затраты сводятся к приобретению аппаратов абонентского контроля и программного обеспечения.

Задачи, которые выполняет автоматизированная система контроля и учёта расходования электроэнергии:

1) сбор данных с каждого индивидуального потребителя (группы потребителей) о расходе электрической энергии в текущий момент времени и за определенный период;

2) передача данных с приборов контроля в единый центр обработки информации (ЦОИ). Информационные каналы невозможно перехватить или обойти, поскольку связь по ним кодируется;
3) обработка полученной информации, её систематизация, получение сводных отчётов и текущей картины энергопотребления в реальном времени выполняется с применением вычислительной техники.

Таким образом, АСКУЭ позволяет с высокой степенью достоверности собрать информацию о потреблении энергии с объекта (группы объектов) при этом минимизируются возможные ошибки и сознательное искажение информации, что нередко встречается при ручном сборе данных (исключается человеческий фактор).

Кроме того, монтаж АСКУЭ на протяжении всей цепочки от электростанции до конечного потребителя даёт существенную экономию энергоресурсов, снижении издержек производящих компаний энергоснабжения, возникающих при несоответствии переданных мощностей с показаниями внутренних приборов учёта потребителя [Данилин А. В, Захаров В. А., с. 16].

Задачи, которые решают производитель и потребитель электроэнергии:

- энергоснабжающие компании не тратят время и средства на выявление несанкционированного отбора электричества. Кроме того, при систематизации данных об уровне потребления единые энергетические системы регионов и всей страны могут своевременно распределять мощности для исключения критических точек избыточной нагрузки;
- потребитель контролирует свои расходы, благодаря чему экономит финансы. Автоматизированный учёт производит зачисление денег без необходимости снятия показаний с электросчетчиков, вычислений стоимости по тарифам, ручной оплаты счётов. Достаточно установить на компьютеры организации программное обеспечение для учёта и формирования оплаты за электроэнергию;

– работа с автоматизируемым контролем позволяет проводить анализ параметров стоимости и выбирать цены за потребляемую электроэнергию с различными тарифами, включая разграничение по времени суток.

Результаты исследования. Изучив средства для реализации учёта на предприятии, можно описать, как организовать данное мероприятие.

Техническое обеспечение автоматизированных систем контроля учёта электроэнергии:

– установка во всех групповых точках потребления современных электронных приборов учёта электроэнергии с возможностью дистанционного снятия параметров в реальном времени (компьютерная или специализированная сеть);

– разработка и подключение к приборам учёта специальных модулей сумматоров с внутренней памятью, которые будут накапливать данные и разделять их по тарифной классификации. Эти модули должны быть обеспечены автономным (резервным) питанием;

– прокладка проводных линий связи между приборами учёта, накопителями данных и центрами обработки информации. Обмен данными может быть организован с помощью беспроводных сетей или с использованием Интернета. Линии связи должны предусматривать отправку отчётов в реальном времени на абонентское устройство потребителя для обеспечения контроля за формированием сводных данных;

– обустройство ЦОИ, оснащенных быстродействующими вычислительными системами (серверами). Необходимо также предусмотреть возможность подключения к ЦОИ систем удаленного доступа, чтобы не привязывать операторов к физическому рабочему месту;

– оснащение серверов и компьютеризированных рабочих мест профильным программным обеспечением. При использовании удаленного доступа необходима установка программ, работающих под управлением мобильных операционных систем;

– в идеале компания энергосбыта должна иметь доступ к информации. Для эффективной работы автоматики автономное оборудование устанавливается и на трансформаторных подстанциях [Принципы организации систем АСКУЭ].

Эшелонирование системы. Для бесперебойной работы и повышения надежности «на отказ» автоматизированная система учёта электроэнергии выполняется по многоуровневому принципу:

– первый уровень – это система абонентских приборов учёта. В разветвленных сетях к этому уровню относятся также накопители данных. Кроме того, можно использовать различные датчики, анализирующие действительную потребность в электроэнергии на конкретном объекте;

– второй уровень – система передачи данных и преобразования информации в формат, с которым работает программное обеспечение центра обработки информации;

– третий уровень – это центры обработки информации: сервера управления и хранения готовых преобразованных данных. Как правило, в местах локации ЦОИ оборудуются автоматизированные рабочие места операторов (если используется обслуживаемая АСКУЭ) [Принципы организации систем АСКУЭ].

Монтаж приборов учёта на предприятии. Рассмотрим пример установки прибора учёта в цехе промышленного предприятия. При питании цеха от комплектной трансформаторной подстанции (КТП) прибор учёта можно установить на стороне низшего напряжения в РУ-0,4 кВ. Для установки требуется счётчик трансформаторного включения, три трансформатора тока на каждую фазу, провода для подключения счётчика к трансформаторам тока. Трансформаторы тока необходимо устанавливать на ввод силового трансформатора, а именно на шины НН, которые размещаются во вводной ячейке вместе с вводным автоматическим выключателем и рубильником.

Счётчик можно установить при помощи кронштейна на верхний козырек ячейки или в отдельный шкаф учёта, размещаемый на стене рядом с ячейкой.

Для передачи данных о потребляемой электроэнергии применяются следующие средства:

– силовые линии электроснабжения (PLC). Линии подключаются к концентраторам, которые находятся на данной подстанции;

– GSM-канал. Информация передается по мобильной сети. В этом случае в счётчик устанавливается SIM-карта и подключается антенна. Также антенна может подключаться к концентраторам на ТП;

– интерфейс RS-485 – международный стандарт, описывающий характеристики дифференциальных линий связи [Ожегов А. Н., с. 25, Данилин А. В, Захаров В. А., с. 14].

Монтаж системы АСКУЭ. Все работы по монтажу, подключению, наладке автоматизированных систем коммерческого учёта электроэнергии выполняют сертифицированные подрядные организации. Исполнитель по окончании работ должен согласовать и организовать подключение комплекса к управлению энергетическими системами на территории [Учёт электроэнергии на предприятии, принципы построения, средства учёта].

Последовательность выполнения монтажа:

– изучение объекта, подбор оборудования по согласованию с заказчиком, составление проектной и сметной документации. Предварительное согласование проекта в органах энергосбыта;

– проведение пусконаладочных работ, определение срока тестовой эксплуатации, ввод системы в режим постоянной работы;

– сопровождение системы после установки и запуска;

– настройка программного обеспечения, подключение удаленных рабочих мест.

Вывод. Технический учёт на предприятии позволяет проводить мониторинг потребления электроэнергии и сравнивать значения установленной мощности цехов с фактическим их потреблением. Это позволяет прекратить попытки использования в личных целях работниками электроэнергии, необходимой для работы предприятия или применять меры по

энергосбережению на предприятии, если параметры потребления выходят за рамки установленных значений. Эти факторы говорят о том, что технический учёт является актуальным вопросом энергосбережения на предприятиях и его рассмотрение будет полезным опытом для руководства и отдела главного энергетика.

Библиографический список

1. Осика, Л. К. Коммерческий и технический учёт электрической энергии на оптовом и розничном рынках: Теория и практические рекомендации / Осика Л К. СПб. : Политехника, 2015. 360 с. : ил.
2. Технический учёт электроэнергии и диспетчеризация управления энергоснабжением промышленного предприятия : сайт URL: https://www.energosoyuz.spb.ru/ru/content/tehnicheskiy-uchet-elektroenergii-i-dispetcherizaciya-upravleniya-energosnabzheniem (дата обращения 04.02.2019)
3. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кудрин; 2-е изд. М.: Интермет Инжиниринг, 2006. 672 с.
4. Рощин, В. А. Схемы включения счётчиков электрической энергии: производственно-практическое пособие / В. А. Рощин; 3-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. 112 с.
5. Принципы организации систем АСКУЭ : сайт URL: https://profazu.ru/elektrooborudovanie/schetchiki/sistema-askue.html. URL. (дата обращения 06.04.2019).
6. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учёту электроэнергии при её производстве, передаче и распределении. с изм. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2004, 48 с.
7. Ожегов А. Н. Системы АСКУЭ Учебное пособие / А. Н. Ожегов. Киров : ВятГУ, 2006. 102 с.
8. Данилин, А. В. Принципы построения и работы АСКУЭ / А. В Данилин, В. А. Захаров // Мир измерений. № 1. 2001. С. 12-17.
9. Учёт электроэнергии на предприятии, принципы построения, средства учёта : сайт URL: http://pue8.ru/uchet-elektroenergii/67-uchet-elektroenergii-na-predpriyatii.html. (дата обращения 05.02.2019).
10. Захаров, В. А. Метрологическое обеспечение промышленных систем учета тепловой и электрической энергии. – Измерительная техника. № 7. 2003. с.66-69.

Виды передач с циклоидальным зацеплением

Клюкин П. А.[a], Грачёв С. П.[b]
магистрант кафедры технология машиностроения [a]
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий в машиностроении[b]
Вятский Государственный Университет, Киров, Российская Федерацияа[a,b]
E-mail: pasha.klyukin@yandex.ru[a], grachev@vyatsu.ru[b]

Аннотация: в научных работах, патентах, каталогах фирм-производителей редукторов и учебной литературе встречаются лишь разрозненные сведения о циклоидальных передачах. В настоящей статье приведена классификация циклоидальных передач, что позволит получить представление об их многообразии.

Ключевые слова: циклоидально-цевочная передача, эпициклоидальный редуктор, промежуточные тела качения.

Введение. Наибольшее распространение в промышленности получили эвольвентные зубчатые передачи. Циклоидальные передачи менее известны и изучены. Причина этого в их более сложном изготовлении. При этом циклоидные передачи имеют такие преимущества перед эвольвентными, как большая редукция в корпусе одинаковых размеров, большая нагрузочная и перегрузочная способность, меньший износ, плавность и тишина работы.

Цель исследования. Цель настоящей статьи – обзор и классификация циклоидальных передач.

В циклоидной передаче зацепление и передача движения осуществляются за счёт колёс, имеющих зубья с циклоидальным профилем.

В циклоидальном зацеплении профиль образуется циклическими кривыми: для внутренних колёс – эпициклоидой, для внешних – гипоциклоидой [Гевондян Т. А., Киселёв Л. Т., с. 109].

Циклоидальные передачи можно разделить на три основные группы: передачи с промежуточными телами качения, без промежуточных тел качения и эксцентриково-циклоидальные передачи.

Передача с промежуточными телами качения передача с разгруженным сепаратором. В ней сепаратор не передаёт крутящий момент. Промежуточные тела качения (далее – ПТК) размещаются между двумя колёсами: венцом с внутренним профилем и кулачком с наружным

профилем. Зацепление функционирует за счёт движения обката. При работе ПТК проскальзывают. Скользящие движения являются недостатком передачи, которое нельзя исключить [Ефременков Е. А., с. 131].

Таблица 1

Виды передач с циклоидальным зацеплением

<table>
<tr><td colspan="3">С промежуточными телами качения</td><td colspan="3">Без промежуточных тел качения</td><td colspan="5">Эксцентриково-циклоидальная</td><td>Иные виды</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Передача со свободной обоймой</td><td rowspan="2">Передача с промежуточными звеньями</td><td rowspan="2">Передача с разгруженным сепаратором</td><td colspan="3">Планетарно-цевочная передача</td><td rowspan="2">С составными венцами</td><td rowspan="2">С криволинейными винтовыми зубьями</td><td rowspan="2">Реечное зацепление</td><td rowspan="2">Коническая передача с ЭЦ-зацеплением</td><td rowspan="2">Планетарная передача с ЭЦ-зацеплением</td><td rowspan="2">Часовое зацепление</td></tr>
<tr><td>Редуктор с двумя сателлитами и механизмом параллельных кривошипов</td><td>Планетарный циклоидальный редуктор типа RV</td><td>Редуктор без механизма параллельных кривошипов с неподвижным и подвижным коронными колесами</td></tr>
</table>

Передача с промежуточными телами качения, передача с разгруженным сепаратором. В ней сепаратор не передаёт крутящий момент. Промежуточные тела качения (далее – ПТК) размещаются между двумя колёсами: венцом с внутренним профилем и кулачком с наружным профилем. Зацепление функционирует за счёт движения обката. При работе ПТК проскальзывают. Скользящие движения являются недостатком передачи, которое нельзя исключить [Ефременков Е. А., с. 131].

Рисунок 1. Передача с ПТК с разгруженным сепаратором:
1 – генератор; 2 – кулачок; 3 – ПТК; 4 – венец; 5 – сепаратор; 6 – подшипник.

Передача со свободной обоймой. В этой передаче (Рис. 2) из-за погрешностей изготовления появляются зазоры и число тел качения, передающих нагрузку, уменьшается. В результате изменяются условия распределения усилий в зацеплении и контактные напряжения между ПТК. Таким образом, необходимо определить это перераспределение, чтобы технически грамотно назначить допуски [Кобза Е. Е., Ефременков Е. А., Демидов В. Н., с. 22].

Рисунок 2. Поперечное сечение передачи с ПТК и свободной обоймой:
1 – профильное колесо-кулачок; 2 – промежуточные тела качения; 3 – профильное колесо-венец; 4 – обойма-сепаратор; O_1 – центр кулачка; O_3 – центр венца;
a_w – межосевое расстояние.

Волновая передача с промежуточными звеньями. В такой передаче (Рис. 3) вместо гибкого колеса применяются тела качения (шарики, ролики). При вращении вала тела качения приводят во вращение венец. За один оборот вала кулачковый венец поворачивается на один сектор [4].

Рисунок 3. Волновая передача: 1 – приводной вал с эксцентриком; 2 – сепаратор; 3 – тела качения; 4 – кулачковый венец.

Передача с волновым генератором и плавающей шайбой. На эксцентрике 1 (Рис. 4) в подшипниках 2 установлено кольцо 3. Кольцо-плавающая шайба воздействует на тела качения 4, размещённые в прорезях сепаратора 5. Выходным элементом здесь может быть сепаратор 5 или сателлит 6 с зубчатым венцом 7 внутреннего зацепления [Аксенов В. В., Тимофеев В. Ю., Блащук М. Ю., Ефременков А. Б., с. 145].

Рисунок 4. Передача с волновым генератором и плавающей шайбой

Передачи без промежуточных тел качения отличаются отсутствием роликов; их заменяют, например, зубья-цевки. Одной из разновидностей таких передач является планетарно-цевочная передача.

Планетарно-цевочная передача – это разновидность или исполнение передачи без ПТК (рис. 5). В ней вращение входного вала приводит к плоскопараллельному движению двух колёс, которые обкатываясь по цевкам вращают выходной вал [7].

Рисунок 5. Планетарно-цевочная передача

Другое исполнение планетарно-цевочной передачи – *циклоидальный редуктор с двумя сателлитами и механизмом параллельных кривошипов* (Рис. 6).

Две шестерни противоположно смонтированы на входном валу для обеспечения динамического равновесия. Вращение входного вала с помощью эксцентрика передаётся шестерням 2, которые, обкатываясь по цевкам внешнего колеса 3, вращаются планетарно. Обратное вращение шестерён передаётся через штыри выходному валу 4.

Рисунок 6. Состав редуктора: 1 – входной вал с эксцентриком и роликами; 2 – два сателлита с циклоидальным профилем зубьев; 3 – цевочное колесо (обойма) с осями и втулками; 4 – выходной вал с пальцами и втулками; 5 – корпус редуктора.

Планетарный редуктор – «вращающийся вектор» (Рис. 7) состоит из двух противоположно развёрнутых шестерён, сопряжённых с двумя внешними колёсами [Козырев В. В., с. 25].

Рисунок 7. Схема редуктора типа RV.

Циклоидальный редуктор без механизма параллельных кривошипов с неподвижным и подвижным сателлитами (Рис. 8). Принцип работы: шестерня 7, обкатываясь по неподвижному колесу, вращает подвижное колесо и соответственно выходной вал [Козырев В. В., с. 30].

Рисунок 8. Циклоидальный редуктор без механизма параллельных кривошипов с неподвижным и подвижным коронными колёсами: 1, 15 –штыри; 2, 14 – пальцы, 4 – подшипники входного вала, 5 – эксцентрик, 6 – подшипники сателлитов, 8 – блок из двух жёстко связанных шестерён 7 и 9, 10 – корпус, 11 – подвижное колесо, 12 – крышка, 13 – выходной вал.

Эксцентриково-циклоидальная передача (далее ЭЦ-передача) представлена на Рис. 9. Она состоит из эксцентрикового колеса и циклоидальной шестерни. Виды: дисковое, гладкое (однозаходное, многозаходное) [9].

а) б)

Рисунок 9. ЭЦ-зацепление: а – с составными венцами, б – с криволинейными винтовыми зубьями.

Часовое зацепление (Рис. 10) – подвид циклоидного, у которого ножки зубьев колёс – прямые линии [Андреев Г. Н., Марков Б. Н., Педь Е. И., с. 91].

Рисунок 10. Часовое зацепление.

Выводы. В статье приведена систематизация основных видов циклоидальных передач и дано краткое их описание. Более детальная разработка и совершенствование конкретной передачи позволит, например, использовать её для замены обычной эвольвентной планетарной передачи, в механизме, и обеспечить ему компактность и лёгкость. Использование циклоидальных передач имеет большие перспективы при проектировании электромеханических приводов, которые должны иметь высокую надёжность и малые массовогабаритные показатели [Рыбаков А. В., Грачёв С. П., 2017].

Библиографический список

1. Гевондян, Т. А. Детали механизмов точной механики / Т. А. Гевондян, Л. Т. Киселёв. М. : Оборонгиз. 1953. 227 с.
2. Ефременков, Е. А. Разработка и проектирование передач с промежуточными телами качения нового вида / Е. А. Ефременков // Известия ТПУ. 2005. Т. 308. № 1. С. 131-135.
3. Кобза, Е. Е. Анализ распределения усилий в зацеплении циклоидальной передачи с учётом погрешностей изготовления звеньев / Е. Е. Кобза, Е. А. Ефременков, В. Н. Демидов // Известия ТПУ. 2012. Т. 321. № 2. С. 22-26.
4. Волновая передача : официальный сайт. URL: http://www.smc.tomsk.ru/volnovaya-peredacha (дата обращения 01.02.2019).
5. Аксенов, В. В. Обзор волновых передач возможных к применению в трансмиссии геохода / В. В. Аксенов, В. Ю. Тимофеев, М. Ю. Блащук, А. Б. Ефременков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 3. С. 137-148.
6. Планетарно-цевочные редукторы // ООО «АВВИ» : официальный сайт. URL: https://avvi.ru/products/pcr/ (дата обращения 01.02.2019).

7. Козырев, В. В. Планетарные редукторы в составе роботов и мехатронных систем : учеб. пособие / В. В. Козырев. Владимир : Владимирский гос. университет, 2008. 48 с.
8. Зубчатые передачи с эксцентриково-циклоидальным зацеплением : сайт URL: http://sovschola.ru/content/zubchatye-peredachi-s-ekstsentrikovo-tsikloidalnym-zatsepleniem-0 (дата обращения 03.02.2019).
9. Андреев, Г. Н. Теория механизмов и детали точных приборов : учеб. пособие / Г. Н. Андреев, Б. Н. Марков, Е. И. Педь. М. : Машиностроение. 1987. 272 с.
10. Рыбаков, А. В., Грачёв С. П. Уменьшение массогабаритных показателей редуктора / А. В. Рыбаков, С. П. Грачёв. // Advanced science. 2017. № 1. С. 35.

Особенности внедрения АСКУЭ у бытовых потребителей в многоквартирных домах

Князева О. В.[a], Ожегов А. Н.[b]
магистрант кафедры электроснабжения[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: lesyaknyazewa@yandex.ru[a] ano.kirov@gmail.com[b]

Аннотация: в настоящее время на территории Российской Федерации активно проводится политика энергосбережения. В связи с этим весьма актуальным является вопрос внедрения автоматизированных систем коммерческого учёта электроэнергии у различных видов потребителей. Целью данной статьи является анализ условий, способствующих внедрению АСКУЭ у бытовых потребителей многоквартирных домов при существующей нормативно-правовой базе Российской Федерации, а также способы реализации подобных систем. Рассмотрена классическая схема построения автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии, а также беспроводная технология LPWAN. При проработке существующей нормативно-правовой базы электроэнергетики были сделаны акценты на нововведения, за счёт которых политика энергосбережения становится наиболее эффективной. По результатам исследований в статье сделан вывод об эффективности АСКУЭ у бытовых потребителей в многоквартирных домах.

Ключевые слова: АСКУЭ, технология LPWAN, нормативно-правовая база РФ.

Введение. Сегодня в России как никогда актуальна проблема энергосбережения. На решение этой проблемы направлены Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 [1], проекты Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года, прогноз научно-технологического развития России – 2030 («Энергоэффективность и энергосбережение»), проект Прогноза научно-технического прогресса в энергетике на период до 2035 года. Поэтому для повышения эффективности производства и использования энергоресурсов, минимизации издержек и снижения совокупных затрат на продукцию топливно-энергетического комплекса (ТЭК) применяются энергосберегающие технологии и оборудование, сокращаются потери при добыче, переработке, транспортировке и реализации продукции ТЭК.

Цели и задачи исследования. Целью настоящей статьи является рассмотрение вариантов уменьшения коммерческих потерь ресурсоснабжающих организаций, выявление случаев хищения электроэнергии, оплаты только фактически потребленного количества электроэнергии. Для до-

стижения поставленных целей существует множество методов, в том числе внедрение АСКУЭ – автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии. АСКУЭ широко применяется на промышленных предприятиях, однако в последнее время она «завоёвывает» и бытовой сектор. Внедрение систем учета в многоквартирных домах имеет свои особенности, поэтому тема исследования является актуальной. В данной статье исследуется проблема применения «умных» счетчиков в соответствии с требованиями современной нормативной документации. В настоящем исследовании ставились следующие задачи:

1) рассмотреть достоинства применения АСКУЭ в многоквартирных домах (МКД);
2) выявить требования современной нормативной документации к учёту электроэнергии у бытовых потребителей;
3) показать возможности современных «умных» счётчиков на основе новых технологий.

Ведущий подход. В данном исследовании для проработки первой и третьей задачи использовалась методика анализа, а также метод синтеза для выполнения второй задачи.

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе исследований рассмотрены особенности применения АСКУЭ в многоквартирных домах в соответствии с требованиями нормативной документации и применением «умных» счетчиков на основе новых технологий связи.

На смену «ручному» сбору показаний приходит автоматический, что позволяет исключить ошибки, обусловленные человеческим фактором, при фиксации расхода электроэнергии. Также АСКУЭ позволяет получать мгновенную информацию о неисправностях прибора учёта.

Снижается объём электроэнергии на общедомовые нужды. Этот вопрос стал актуален в связи с изменениями расчётов за потребленную электроэнергию в многоквартирных домах с января 2017 года. Так, жители МКД платят за электроэнергию на общедомовые нужды суммы не более

установленного нормативом потребления электроэнергии на ОДН. Следовательно, все расходы, превышающие этот утвержденный норматив, переходят на управляющую компанию. Таким образом, в снижении ОДН в первую очередь заинтересованы управляющие компании.

Применение АСКУЭ сводит к минимуму возможности безучётного потребления энергии недобросовестными жителями. Наряду с этим происходит улучшение платёжной дисциплины потребителей, предупреждение неплатежей, поскольку с помощью автоматизированной системы возможно дистанционное ограничение поставки услуг по энергоснабжению потребителя в случае неоплаты.

Можно сделать вывод, что внедрение «умных» счётчиков несомненно пойдёт на пользу как жителям, так и управляющим компаниям.

Стоит отметить, что внедрение АСКУЭ в МКД контролируется на уровне государства. Так Министерство строительства и ЖКХ России, согласно законопроекту №139989–7 «Об интеллектуальном энергоучёте», представленному в Государственную думу РФ, заявляет об обязательности внедрения АСКУЭ для многоквартирных домов с 3 квартала 2019 года. Это позволит вести достоверный учёт потребляемых ресурсов энергии, и в целом упростит системы расчёта за данный вид коммунальных услуг и, конечно, уменьшит вероятность безучётного потребления электроэнергии.

Для обеспечения выполнения данного законопроекта Правительство будет создавать к концу 2019 года условия для широкого внедрения «умных» приборов учёта. Сегодня, согласно данным Министерства строительства и ЖКХ, на территории РФ уже установлено около полумиллиона современных электросчётчиков, способных к дистанционной передаче данных. Однако в течение ближайших пяти лет ожидается перевод 95% россиян на интеллектуальные приборы учёта электроэнергии. Для достижения столь большого процентного показателя все виды новостроек и жилых домов, сдающихся в эксплуатацию (в том числе после капитального ремонта), должны быть обеспечены приборами учёта с дистанционной передачей данных.

Открытым остаётся вопрос о том, на чьи плечи лягут данные затраты по внедрению интеллектуальных приборов учёта. Важно, что установка данных счётчиков никак не скажется на конечных потребителях электроэнергии. Данная статья расходов появится у застройщиков и управляющих компаний. Последние же смогут финансировать эти мероприятия из средств фонда капитального ремонта, согласно Жилищному кодексу РФ. Ещё одним вариантом для решения данного вопроса является возложение всех расходов по замене приборов учёта на ресурсоснабжающие организации. Это позволило бы ускорить процесс перехода потребляемых энергоресурсов на цифровой учёт.

Создание цифровой электросетевой инфраструктуры на базе отечественного оборудования положительно скажется не только на потребителях электроэнергии, но и на развитии производства, новых технологий.

Автоматизированная система учёта электроэнергии чаще всего состоит из следующих уровней:

1) измерительные приборы электроэнергии;
2) устройства сбора и передачи данных – УСПД;
3) устанавливаемые в ресурсоснабжающих компаниях серверы, программное обеспечение для обработки данных, получаемых с приборов учёта электроэнергии потребителей.

На Рис. 1 представлена классическая архитектура АСКУЭ. На Рис. 2 – схема АСКУЭ, характерная для МКД, при использовании каналообразующих устройств.

Однако данные решения построения АСКУЭ не являются типовыми. Сегодня в крупных жилых районах распространены беспроводные технологии, разработанные исключительно для передачи данных телеметрии приборов учёта, например, LPWAN (рис. 3). Такая система является более выгодной альтернативой для систем диспетчеризации на «слаботочке», PLC, GSM/GPRS, ZigBee/Z-Wave/M-Bus. Сбор показаний приборов учёта производится онлайн по радиоканалу без проводов и концентраторов, также данная система

характеризуется возможностью удалённого управления и ограничения нагрузки. В условиях плотной городской застройки обслуживание большого количества «умных» приборов учёта в радиусе 10 км от базовых станций обеспечивается за счёт высокой проникающей способности сигнала.

Рисунок 1. Классическая схема архитектуры АСКУЭ

Рисунок 2. Схема АСКУЭ в МКД при использовании каналообразующих устройств УПД-14 (УПД-16)

Рисунок 3. Схема АСКУЭ в МКД при использовании беспроводной технологии LPWAN

Выводы. Таким образом, внедрение АСКУЭ у бытовых потребителей в МКД создает нишу для развития новых технологий, в том числе беспроводной передачи сигнала. Рассмотренная технология LPWAN (низкое энергопотребление – low-power и широкий территориальный охват – wide-area) имеет ряд преимуществ перед остальными. Большая дальность передачи данных (в том числе при плотной городской застройке) позволяет при минимальном наборе оборудования быстро построить распределенную телематическую сеть. Передача небольшого количества данных характеризуется минимальным энергопотреблением у конечных устройств, обладающих высокой автономностью. Также следует отметить высокую масштабируемость сети на больших территориях.

Как уже говорилось ранее, в целом мероприятия по внедрению интеллектуальных приборов учёта позволят свести к минимуму существование «энерговоров», откроют новые ключи воздействия на неплательщиков, создадут новые возможности по переходу на более выгодную систему оплаты. А главное – жильцы МКД больше не будут зависеть от обязательств по передаче показаний за потреблённую электроэнергию, то есть все платы за потреблённые коммунальные ресурсы будут соответствовать фактическим объёмам. Это является фактором уменьшения коммерческих потерь для ресурсоснабжающих организаций, так как данное мероприятие позволяет минимизировать недополученные средства, которые в конечном итоге сказываются на росте тарифов.

Что касается изменений в нормативно-правовой базе РФ, связанных с интеллектуальным энергоучётом, можно сделать вывод о том, что они положительно скажутся как на потребителях, так и на энергосбытовых компаниях. Мероприятия по внедрению АСКУЭ приведут к более эффективному электропотреблению, уменьшат потери электроэнергии, помогут выявлять и исключать попытки краж электроэнергии в данном секторе потребления. Так, внедрение интеллектуальных приборов учёта у бытовых потребителей многоквартирных домов позволит эффективнее вести политику энергосбережения.

Библиографический список

1. Федеральный Закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ: ред. От 23.11.2009 // Российская газета. 2009. № 5050 (226). Доступ из справ.-поиск. системы «КонсультантПлюс».

Разработка информационной системы управления деловыми процессами

Князькова Т. В., Подлевских В. О.,
кандидат технических наук, доцент кафедры ЭВМ
студентка кафедры систем автоматизации управления
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: tv_knyazkova@vyatsu.ru, lera-ev@mail.ru

Аннотация: данная статья знакомит с информационными системами управления деловыми процессами, которые позволяют эффективно оптимизировать работу на предприятии.

На текущий момент существуют различные программные продукты для осуществления управления деловыми процессами, такие как DIRECTUM, Питерсофт: Управление процессами, а также ELMA BPM Suite и Business Studio. В статье приводится обзор и анализ этих систем с точки зрения функционала и эффективности применения.

Однако помимо управления деловыми процессами, они содержат в себе дополнительный функционал для других задач предприятия, что также повышает их стоимость, но необходимость в них в ряде случаев отсутствует. Более целесообразно разработать информационную систему, чётко отвечающую требованиям и целям предприятия, которая позволит повысить эффективность контроля и управления деловыми процессами.

Ключевые слова: деловые процессы, управление, информационная система.

Введение. Сегодня во многих организациях пытаются автоматизировать деловые процессы, ведь они являются основой эффективности работы предприятия.

Опыт показывает, что на предприятиях с жёсткой функциональной организацией руководство среднего звена делает упор на минимизацию потребляемых ресурсов и на строгое следование персонала регламентирующим правилам и распоряжениям. Процессы на таком предприятии всегда оптимизируются так, чтобы соответствовать его организационной или функциональной структуре. С другой стороны, в компаниях, где функции, ресурсы и управление выстраиваются в соответствии с выполняемыми процессами, управляющие концентрируют внимание персонала на работе с внутренними поставщиками и на обслуживании внутренних потребителей. В этой ситуации персонал имеет сильную мотивацию к концентрации внимания на качестве и других характеристиках производимых продуктов.

Поэтому управление деловыми процессами является неотъемлемой частью предприятия, так как это позволяет добиваться повышения

эффективности деятельности наиболее продуктивными и экономичными способами в быстро изменяющейся бизнес-среде. В связи с тем, что управление деловыми процессами представляет собой достаточно непростую комплексную задачу, для её решения необходима качественная информационная система, учитывающая все нюансы работы предприятия.

Разработка информационной системы управления деловыми процессами позволит моделировать данные процессы и процедуры, выполняемые на предприятии, контролировать их исполнение, оценивать и анализировать эффективность их выполнения, сократить время исполнения, а также это приведёт к сокращению затрат.

Основная цель управления деловыми процессами заключается в нормировании процессов в соотношении с целями предприятия. Каждый процесс должен быть настроен так, чтобы его результаты приводили к достижению бизнес целей.

Управление деловыми процессами на предприятии представляет собой регламентацию, описание и их изменение и применяет следующие подходы:

1) комплексная, документированная стандартизация процессов;
2) регулярное улучшение процессов;
3) использование информационных технологий.

Объектом исследования будут являться информационные системы в области управления и контроля деловых процессов предприятия. Предмет – методы оптимизации деловых процессов.

Цель исследования. Целью данного исследования является повышение эффективности контроля и управления деловыми процессами при применении информационной системы, разрабатываемой для конкретного предприятия.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо, прежде всего, провести обзор и анализ существующих решений подобного типа и выделить преимущества разработки под конкретное предприятие перед готовыми программными продуктами.

Методы исследования. Объектом исследования данной статьи являются

информационные системы, позволяющие автоматизировать управление деловыми процессами предприятия. Предметом исследования будут являться функциональные возможности информационных систем. При решении указанных задач будут использованы эвристические методы.

Ход исследования можно будет разделить на два основных этапа: первый этап заключает в себе обзор и анализ существующих информационных систем, второй этап заключается в определении преимуществ разработки под конкретное предприятие перед готовыми программными продуктами.

На данный момент BPM-системы являются отдельным классом информационных систем. Они дают возможность автоматизировать имеющиеся процессы. BPM-система — это комплекс приложений и систем класса middleware, которые поддерживают специальные задачи управления сквозными процессами (моделирование, внедрение, оперативное управление и администрирование, наблюдение и анализ показателей эффективности) и которые обеспечивают поддержку согласованного взаимодействия людей и информационных систем. Однако, как ранее было заявлено, прежде чем управлять чем-то, необходимо установить объект управления и описать имеющийся деловой процесс. Так, для описания процессов в BPM-системах существует большое число встроенных инструментов [1].

Существуют различные готовые продукты управления деловыми процессами. Это система DIRECTUM, а также Питерсофт, ELMA, Business Studio.

Система DIRECTUM относится к классу ECM-систем (Enterprise Content Management) и поддерживает полный жизненный цикл управления документами, при этом традиционное «бумажное» делопроизводство органично вписывается в электронный документооборот. DIRECTUM обеспечивает организацию и контроль деловых процессов на основе технологии Workflow: согласование документов, обработка сложных заказов, подготовка и проведение совещаний, поддержка цикла продаж и других процессов взаимодействия.

Питерсофт: управление процессами – отечественная BPM-система, разработанная на платформе «1С: Предприятие 8» компанией ПитерСофт.

В данном решении для построения деловых процессов пользователю предлагается значительный набор средств, включающий в себя графический редактор, инструменты контроля и совершенствования деловых процессов, а также пользовательские панели визуального отображения показателей. Но из-за специфики 1С построение каждого этапа процессной цепочки потребует занесения в систему большого объёма сопутствующих данных.

Business Studio – система бизнес-моделирования процессов предприятия. Разработчиком данной системы также является отечественная компания – ИТ-вендор ГК «Современные технологии управления».

Рассматриваемая система позволяет моделировать и контролировать деловые процессы, проектировать стратегические цели BSC с привязкой к показателям KPI сотрудников и подразделений [2].

Результаты исследований. Большой потенциал перечисленных программ даёт много возможностей, однако не все они требуются для предприятия, за которые придётся платить при приобретении. Так, стоимость на систему DIRECTUM при количестве пользовательских лицензий свыше 50 составит 351 000 рублей за серверную и клиентскую базовые лицензии [3]. Результаты сравнения стоимости всех продуктов для предприятия численностью свыше 50 человек представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение стоимости аналогичных продуктов

Название программного продукта	**Стоимость покупки, руб.**
DIRECTUM	351 000
Питерсофт: Управление процессами	248 400
ELMA BPM Suite	433 800
Business Studio	338 500

Во многих перечисленных программных продуктах есть функционал, который не нужен для управления деловыми процессами, что приводит к необоснованной переплате. Также для большого предприятия становится нерационально приобретать большое количество лицензий. Всё это будет финансово невыгодно.

Сумма затрат на проектирование системы, её разработку и отладку определяется по формуле:

$$К_{П} = ((1+W_d)(1+W_c)+W_н)\sum_{i=1}^{m} З_{oi} + C_M + M_в, \quad (1)$$

Расчёт основной заработной платы разработчиков проекта приведён в таблице 2 из расчёта, что в месяце в среднем 21 рабочий день.

Таблица 2

Основная заработная плата разработчика

Должность	**Должностной оклад, руб.**	**Средняя дневная ставка, руб.**	**Затраты времени на разработку, человеко-дней**	**ОЗП, руб.**
Программист	25 000	1190,48	60	71428,8

Таким образом, капитальные вложения на проектирование и разработку равны:

Кп = ((1+0,3045)*(1+0,302)+0,6)* 71 428,8+0+3 000 = 167 176

Таким образом, разработка собственной информационной системы управления деловыми процессами составит гораздо меньшую стоимость для предприятия совместно с тем, что отпадёт надобность в дополнительных лицензиях.

Выводы. Разрабатываемая информационная система позволит полностью отвечать запросам всех подразделений, учитывая особенности работ каждого, улучшит взаимодействие между ними. Контроль над деловыми процессами повысит исполнительскую дисциплину сотрудников.

Таким образом, в ходе работы был проведён обзор аналогов

разрабатываемой информационной системы, таких как DIRECTUM, Питерсофт: Управление процессами, а также ELMA BPM Suite и Business Studio. После сравнительного анализа стоимости готового программного обеспечения и разрабатываемой информационной системы было сделано заключение, что разрабатываемая система управления деловыми процессами будет выгоднее по ряду факторов: стоимость, чётко определённый функционал по управлению деловыми процессами.

Библиографический список

1. Паблишер А. Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM CBOK 3.0 = BPM CBOK Version 3.0. Guide to the Business Process Management Common Body Of Knowledge. М., 2016. 480 с.
2. Бизнес-процессы, помноженные на эффективность. Часть 2 : обзор BPM с функцией учета KPI. URL: https://habr.com/post/220575/ (дата обращения: 13.01.2019).
3. «Бизнес-Альянс» : официальный сайт. Бизнес DIRECTUM – Цены – Создание и поддержка сайтов, 1С-Битрикс, ПО для DIRECTUM: продвижение и контекстная реклама. URL: http://b-alt.ru/services/application/directum/prices.html (дата обращения: 13.01.2019).

Разбиения графов большой размерности на сильно связные подграфы

Князькова Т.В.[a], Юрлов Е.А.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры электронных вычислительных машин[a]
студент кафедры электронных вычислительных машин[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
tv_knyazkova@vyatsu.ru[a], Evgeniy.yurlov.97@yandex.ru[b]

Аннотация: Приводятся области практического применения задач на графах и сетях, в которых используется разбиение графа на подграфы по типу связности. Важным аспектом является приемлемое время решения таких задач, так как они в основном NP-полные, и для их решения используются эвристические алгоритмы. В статье дается обзор и анализ существующих методов решения задач разбиения графов. Главной особенностью реальных задач является большая размерность графа. В связи с этим время решения задач резко возрастает при использовании обычных алгоритмов, поэтому становится важен правильный выбор структуры данных и разработка эффективного и оптимального алгоритма для решения задачи за приемлемое время. В статье рассматриваются возможности для распараллеливания алгоритмов, а также организация компактного размещения в памяти больших разряженных матриц данных.

Ключевые слова: параллельные алгоритмы разбиения графов, графы большой размерности, сильно связные графы, компонента сильной связности

Введение. Разбиение графа на сильно связные подграфы имеет широкое практическое применение во многих прикладных областях. Подобного рода задачи обычно используется для анализа графов, например, определение числа и состава сильно связных компонент при проектировании топологии сетей; для разбиения граф-схем алгоритма; представления графа в упрощённом виде, где его сильно связные подграфы объединены в узлы и показаны связи между этими узлами; и многие другие задачи.

В основном в алгоритмах используется идея нахождения прямого (T^+) и обратного (T^-) транзитивного замыкания, и конъюнкции найденных множеств, которое будет являться одной из сильно связных компонент графа. Прямое транзитивное замыкание некоторой вершины – это множество вершин, достижимых из этой вершины, обратное транзитивное замыкание – множество вершин, из которых достижима искомая вершина. В методе Мальгранжа [Кофман А., с. 166] за каждый этап вычисляется одна сильно связная компонента относительно какой-то вершины, входящей в эту компоненту (путём конъюнкции прямого и обратного транзитивного замыкания относительно этой вершины), найденный сильно связный подграф вычитается

из исходного графа, и алгоритм применяется вновь к оставшемуся графу (множеству вершин и дуг). Параллельные модификации метода Мальгранжа разбивают этот оставшийся граф на непересекающиеся множества (вершин), которые можно обрабатывать параллельно.

Цель. Рассмотрим одну из подобных модификаций: DCSC - Divide and Conquer Strong Components [Алгоритм DCSC.]. Данный алгоритм хорошо подходит для графов, имеющих небольшое число сильно связанных компонент большого размера. При значительном увеличении числа сильно связанных компонент сложность данного алгоритма так же значительно увеличивается (пропорционально числу компонент), из-за чего данный алгоритм может стать менее эффективным.

Предлагаемый подход. Суть алгоритма заключается в следующем: выполняются шаги алгоритма по методу Мальгранжа – находится множество G', которое после вычитания разбивается на 3 непересекающихся подмножества:

$G_1 = T^+(x_i) \setminus T^-(x_i)$,

$G_2 = T^-(x_i) \setminus T^+(x_i)$,

$G_3 = G \setminus T^+(x_i) \setminus T^-(x_i)$.

На Рис. 1 показано графическое представление графа G, содержащего $G_\cap$, G_1, G_2 и G_3.

Рисунок 1. Графическое представление графа G

Так как любая другая компонента сильной связности полностью содержится в одном из подмножеств, то их можно параллельно обрабатывать,

беря каждое как исходный граф и применяя к нему алгоритм вновь. Таким образом, на каждом этапе разбиения будет потенциально создаваться три процесса обработки.

Отдельно от семейства этих алгоритмов располагается матричный метод разбиения графов на сильно связные подграфы, который позволяет параллельно обрабатывать сразу все вершины, вычисляя компоненты сильной связности, в которые они входят. Данный метод разбиения графа на максимальные сильно связные подграфы состоит в использовании матриц достижимости E и контр достижимости Q [Волченская Т. В., Князьков В. С., с. 49]. Алгоритм реализации данного метода представлен ниже.

1. По матрице смежности строится матрица достижимости E: каждая строка по сути является прямым транзитивным замыканием соответствующей вершины, которые можно находить параллельно.

Матрицу достижимости E* можно найти по матрице смежности E следующим образом [Седжвик Р., с. 178]: находится дизъюнкция булевых степеней матриц смежности n*n от 1 до n.

$$\mathbf{E^*} = \mathbf{E} \vee \mathbf{E^2} \vee \ldots \vee \mathbf{E^n} = ({e^*}_{ij})_{n \times n} = (e_{ij} \vee {e^2}_{ij} \vee \ldots \vee {e^n}_{ij})$$

Используя алгоритм Флойда-Уоршелла, который является динамическим алгоритмом для нахождения кратчайших расстояний между всеми вершинами взвешенного ориентированного графа, можно построить псевдокод для нахождения матрицы достижимости. Псевдокод представлен на Рис. 2, где используется матрица W размером n*n.

```
for k = 1 to n
  for i = 1 to n
    for j = 1 to n
      W[i][j] = W[i][j] or (W[i][k] and W[k][j])
```

Рисунок 2. Нахождение матрицы достижимости

Используя операцию транспонирования, находим матрицу контр достижимости Q.

2. Находится матрица $C = \{c_{ij}\}$, $i,j=1,2,3,...,n$, где n - число вершин исходного графа, а каждый элемент $C_{ij} = e_{ij} \cap g_{ij}$, т.е. матрица C получается поэлементным логическим умножением матриц E и Q: $C = E \wedge Q$.

Так как каждый элемент матрицы достижимости логически умножается на соответствующий элемент транспонированной матрицы, то результатом будет симметричная матрица. Исходя из этого, можно выполнять операции конъюнкции только с одной треугольной половиной матрицы, например, с верхней. Операции конъюнкции можно выполнять параллельно, используя для записи результата матрицу достижимости – ту же самую структуру, что использовалась для матрицы смежности. Выполнять операции конъюнкции побитно может быть чересчур затратно по времени, поэтому эффективнее будет использовать операции конъюнкции над блоками, начиная как минимум с размера 8x8 бит. Более точный объём обрабатываемого блока зависит от характеристик GPU, на котором будут проводиться вычисления [Седжвик Р., с. 123].

3. В получившейся после предыдущего шага матрице конъюнкций напротив каждой вершины будут стоять логическая единица у тех столбцов, которые соответствуют вершинам, находящимся в той же компоненте сильной связности, что и искомая вершина. Эти элементы группируются перестановкой строк и столбцов, в итоге получается блочно-диагональная матрица $C_в$, где каждая группа элементов и есть максимальный сильно связный подграф.

Результаты. Данный метод имеет недостаток: использующиеся в нём матрицы смежности для представления графов могут занимать много места, но достоинством этого метода является его широкие возможности для распараллеливания и относительная независимость от связности исходного графа [Князькова Т.В., Самойлова А.А., с. 2465]. Так как параллельные операции в этом методе простые по своей структуре, то разбиение выгоднее производить на GPU.

Согласно алгоритму матричного метода разбиения, исходный граф задаётся с помощью матрицы смежности с размером занимаемой памяти

$O(|V|^2)$. Хранить такой граф в таком виде может быть накладно, поэтому лучше использовать массив рёбер, который занимает $O(|E|)$.

Результатом разбиения графа на подграфы будет список множеств вершин – список компонент сильной связности. При наличии исходного графа, рёбра получившихся подграфов можно не хранить, так как они уже хранятся в структуре исходного графа. Поэтому результат можно хранить как список множеств вершин, представив множество при этом как массив.

Вывод. Таким образом, представленный матричный алгоритм разбиения графов большой размерности имеет большие возможности для параллелизации и использования с целью сокращения времени выполнения программы, занимающейся разбиением графов на компоненты сильной связности.

Библиографический список

1. Кофман, А. Введение в прикладную комбинаторику / А. Кофман. М. : Наука, 1975. 480 с.
2. Алгоритм DCSC : сайт URL: http://algowikiproject.org/ru/Алгоритм_DCSC_ (дата обращения 29.01.2019)
3. Волченская, Т. В. Компьютерная математика : учеб. пособ. Часть 2. Теория графов / Т. В. Волченская, В. С. Князьков. Пенза : Изд-во Пензенского ун-та, 2002. 101 с.
4. Седжвик, Р. Фундаментальные алгоритмы на С++. Алгоритмы на графах / Р. Седжвик. СПб : ООО «ДиаСофтЮП», 2002. 496 с.
5. Князькова, Т. В. Исследование возможности повышения эффективности алгоритмов обработки графов большой размерности с использованием матричного умножения / Т. В. Князькова, А. А, Самойлова // ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ. (НПК – 2016), всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, (Вят. гос. ун-т, 18–29 апреля 2016 г.). Киров, 2016. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). С. 2466-2473.

Обеспечение анонимности пользователя в сети интернет на примере мессенджера Telegram

Князькова Т. В.[a], Кованина А. К.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры ЭВМ [a]
студентка 4 курса ВятГу, факультет автоматики и
вычислительной техники, кафедра САУ [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
tv_knyazkova@vyatsu.ru[a], anyaconstant@gmail.com[b]

Аннотация: Сегодня одной из самых актуальных проблем в сфере информационных технологий является защита данных. Наиболее острой эта проблема стала для пользователей социальных сетей, которые осуществляют активную финансовую деятельность, совершают покупки онлайн, оставляют информацию о кредитных картах, а также ведут личные переписки в сети.

В статье рассмотрен принцип построения «общих» и «секретных» чатов на примере мессенджера Telegram, подробно описаны методы получения ключей для шифрования информации с помощью приема ассиметричного шифрования данных RSA и алгоритма Диффи−Хеллмана, которые используются как главные методы шифрования данных в мобильной социальной сети Telegram. Показана причина использования прокси-сервера или технологии VPN на устройстве, определены основные принципы их функционирования. Исходя из этого сделан вывод о том, что, пресекая возможность перехвата информации, разработчики Telegram обеспечили положительную репутацию мессенджера на рынке подобных приложений.

Ключевые слова: мессенджер, Telegram, шифрование данных, дешифрование данных, защита данных, социальная сеть, приложение, приватность, анонимность

В связи с быстрым ростом пользователей социальных сетей одной из самых актуальных проблем в сфере информационно-вычислительных технологий является проблема защиты данных в Интернете. Пользователи осуществляют активную финансовую деятельность, совершают покупки онлайн, оставляют информацию о кредитных картах, а также ведут личные переписки. Все эти данные могут не дойти напрямую до желаемого получателя, а оказаться у третьих лиц, то есть конфиденциальность данных может быть нарушена.

Август 2013 года можно считать началом появления мобильной социальной сети Telegram, которая построена по принципу мессенджера и привязана к мобильному телефону пользователя. Основоположник идеи создания Павел Дуров позиционирует сервис как мессенджер с абсолютной безопасностью передачи данных между пользователями. Полная приватность пользователя является главной отличительной особенностью Telegram.

Шифрование данных и простой пользовательский интерфейс приложения помогли мессенджеру набрать популярность как со стороны обычных пользователей, которые хотят, чтобы их переписка оставалась действительно личной и не была доступна третьим лицам, так и со стороны киберпреступников и даже террористов. Именно это привлекло к Telegram большое внимание СМИ и государственных органов власти.

Такие популярные мессенджеры, как WhatsApp или Viber, при резервном копировании данных полагаются на Apple iCloud и Google Drive, поскольку именно там хранятся все диалоги пользователей. Эти резервные копии не используют законченное шифрование и при необходимости легко могут быть восстановлены. Разработчики Telegram, считавшие главным приоритетом приватность пользователей, внедрили в приложение два вида чатов: «облачные» и «секретные», трафик между ними неотделим, в них используется одинаковое шифрование, но ключ шифрования от «облачных» чатов находится у сервера.

В марте 2018 года Роскомнадзор уведомил Telegram о необходимости предоставить в ФСБ ключи для дешифрования сообщений в диалогах пользователей, но сделать это технически невозможно. Создание «секретного» чата начинается с генерации авторизационного ключа. При этом используется асимметричное шифрование RSA и протокол Диффи-Хеллмана, при котором из двух созданных частей ключа одна никогда не покидает пользовательского устройства и не передаётся по каналам связи. Каждый ключ регулярно обновляется, а уже неактуальные ключи уничтожаются автоматически. При ассиметричном шифровании генерируется пара ключей – приватный, для шифрования, и публичный, для дешифрования информации. Зашифрованное сообщение одним ключом из этой пары можно расшифровать, зная второй ключ. Если сообщение шифровалось приватным ключом, то расшифровать его можно только публичным ключом и наоборот.

В приложении пользователь имеет возможность сравнить секретные коды, ключи визуализируются в виде изображений. На рис.1 представлен пример ключа «секретного» чата.

Рисунок 1. Визуализация ключа шифрования

На рис. 2 представлена схема реализации алгоритма Диффи-Хеллмана (ДХ). Безопасность данного принципа обусловлена трудностью вычисления дискретных логарифмов в конечном поле в отличие от легкости дискретного возведения в степень в конечном поле.

Общая формула, используемая для шифрования данных, выглядит следующим образом:

$$Y(x) = g^x (mod\ N)$$

где: N – простое число, 1< g <N-1

Значения N и g, как правило, являются общими для всех пользователей системы.

Затем в информационной среде, работающей по принципу алгоритма ДХ, два пользователя A и B выбирают личные секретные ключи – k_A и k_B (k_A и k_B – это случайные большие целые числа, которые являются конфиденциальной информацией). После чего пользователь A вычисляет открытый ключ по формуле:

$$Y(a) = g^{k_A} (mod\ N),$$

аналогично с пользователем B:

$$Y(b) = g^{k_B} (mod\ N).$$

Затем стороны A и B обмениваются вычисленными значениями открытых ключей Y(a) и Y(b) по незащищенному каналу.

Далее A и B вычисляют общий секретный ключ, используя следующие сравнения:

пользователь A: $K = y_b^{k_a}\ (mod\ N)$

пользователь B: $K' = y_a^{k_b}\ (mod\ N)$

При этом K=K' [1].

Рисунок 2. Реализации алгоритма Диффи-Хеллмана

Таким образом, в диалоге, построенном на шифровании по алгоритму ДХ, третье лицо может получить только общие ключи – Y(a) и Y(b), а личные ключи K и K' будут получены после вычислений и доступны только пользователям, ведущим диалог, исходя из этого перехват сообщений будет невозможен.

В связи с блокировкой Telegram в России и некоторых других странах, для стабильного функционирования приложения стало необходимо подключение на устройство прокси-сервера или технологии VPN [2].

Прокси-сервер – это посредник между пользователем и Интернетом, через него проходят все обращения в Интернет, сервер их обрабатывает и передает обратно. Прокси-сервер расположен в иностранном сегменте сети и позволяет обойти блокировку какого-либо элемента, подменяя местоположение устройства пользователя, попутно скрывая его истинное расположение. Заблокированный ресурс, к которому требуется получить доступ, не может

узнать, куда прокси-сервер отправляет информацию, откуда она была запрошена на самом деле, также остаются известны только серверу все данные пользователя и его IP-адрес. Схема реализации процесса выглядит следующим образом: устройство пользователя → прокси-сервер → запрашиваемый ресурс → прокси-сервер→ устройство пользователя.

VPN расшифровывается как Virtual Private Network или Виртуальная Частная Сеть. Только VPN позволяет быть уверенным, что пользователь в сети анонимен, поскольку трафик прокси-серверов может быть перехвачен, в этом случае конечный запрашиваемый ресурс, при наличии определенного программного обеспечения, сможет соединиться с устройством пользователя напрямую, минуя прокси. Это приведет к полной деанонимизации. При использовании VPN на устройство устанавливается специальная программа, автоматически перенаправляющая трафик на адрес VPN-сервера и предварительно шифрующая его. Сервер его расшифровывает и отправляет по назначению, далее данные аналогичным образом проходят обратный путь, а конечный ресурс не имеет возможности определить устройство пользователя, так как он общается только с VPN-сервером.

Прокси-сервер действительно помогает обойти блокировку, как и VPN-сервер, но VPN технология позволяет дополнительно защитить пользователя от перехвата данных и значительно повысить анонимность пользователя. Также отличительной особенностью прокси-сервера от VPN является то, что он функционирует в пределе одного конкретного приложения, а VPN работает для всего устройства в целом [3].

Таким образом, используя сложные алгоритмы шифрования данных и возможность подключения прокси- или/и VPN-серверов на устройство, разработчики социальной мобильной сети Telegram обеспечили полную приватность пользователя и абсолютную защиту данных в пределах приложения. Пресекая возможность перехвата информации, разработчики обеспечили положительную репутацию мессенджера на рынке подобных приложений. Благодаря этому популярность социальной сети растет, всё

большее количество пользователей мобильного Интернета активно переключаются на мессенджер Telegram с шифрованным трафиком.

Список литературы

1. Сингх, С. Книга шифров. Тайная история шифров и их расшифровки / С. Сингх. М. : Аст, Астрель, 2006. 447 с.
2. Telegram. FAQ : официальный сайт URL: https://tlgrm.ru/ (дата обращения 01.04.2019)
3. Прокси- и VPN-сервисы : сайт URL: https://ru.vpnmentor.com/blog/(дата обращения 01.04.2019).

Экоасфальтобетон

Колупаева Ю. Ю.[a], Девятерикова С. В.[b], Соломенникова А. А.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной и прикладной экологии[b]
студент группы РСПб-4501-01-00 Института химии и экологии[a, c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
E-mail: jkolupaeva@inbox.ru[a], usr01730@vyatsu.ru[b], solomennickovav@yandex.ru[c]

Аннотация: Зола-уноса – крупномасштабный отход ТЭЦ, работающих на угле. Даже при переходе ТЭЦ на более экологичное топливо имеет место быть так называемый «накопленный вред», когда огромные площади изъяты под золошлакоотвалы. Применение золы-уноса в составе асфальтобетонных смесей актуально и целесообразно как для утилизации отходов и высвобождения потенциально полезных земель, так и для снижения себестоимости продукта и повышения качества дорог. Целью исследования явились разработка состава асфальтобетонной смеси, включающей золу-уноса в качестве заменителя минеральных добавок и проведение его физических испытаний в сравнении со стандартным образцом асфальтобетонной смеси. В результате работы определены средняя плотность, водонасыщение, набухание, предел прочности, коэффициент влагостойкости испытуемого образца в сравнении с контрольным, а также с ГОСТ 31015-2002. Показана эффективность замены минеральных добавок асфальтобетона на золу-уноса ТЭЦ.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, зола-уноса, отходы ТЭЦ, асфальтобетонные смеси, минеральные добавки.

Введение. На территории Кировской области ежегодно образуется около 500 тыс. тонн отходов ТЭЦ, из них только 4 % утилизируется (5-7 % в РФ), остальная часть отправляется на золоотвалы. На данный момент на золоотвалах размещено более 21 млн. тонн ЗШО [Колупаева Ю. Ю., Девятерикова С. В., с. 33]. Анализ литературных и патентных источников показал, что возможна утилизация золы-уноса в составе асфальтобетонных смесей. Это приведет, кроме решения проблемы с изъятием земель под золошлакоотвалы, к существенному снижению себестоимости продукта за счет экономии составляющих асфальтобетонных смесей, а также к повышению качества дорог.

Цель исследования. Разработать состав асфальтобетонной смеси, включающей золу-уноса в качестве заменителя минеральных добавок. Провести физические испытания полученного образца в сравнении со стандартным образцом асфальтобетонной смеси.

Задачи исследования:

– разработать оптимальный состав асфальтобетонной смеси с золой-уноса в составе, позволяющий ее формовать;

– определить физические характеристики модельного образца в сравнении с контрольным, а также с ГОСТ.

Методы исследования.

Приготовление образцов

Стандартная асфальтобетонная смесь (образец 1). Компоненты (щебень 37 %, песок 38 %, битум 19 %, мел 6 %) нагревали до температуры 160 °С. Далее перемешивали и заливали в форму.

Асфальтобетонная смесь, содержащая золу-уноса (образец 2). Компоненты (щебень 65 %, зола-унос 10 %, битум 25 %) нагревали до температуры 160 °С, перемешивали и заливали в форму.

Определение средней плотности асфальтобетона

Сущность метода заключается в определении плотности асфальтобетона (дегтебетона) с учетом имеющихся в нем пор на образцах, приготовленных в лаборатории из смеси, или на образцах-вырубках (кернах) из покрытия (основания).

Аппаратура. Весы лабораторные равноплечие 4-го класса точности по ГОСТ 24104-88 с приспособлением для гидростатического взвешивания. Сосуд вместимостью 1 - 3 л.

Подготовка к испытанию. Три образца, изготовленные в соответствии с пп. 3.2, 3.3, 3.5 - 3.7, тщательно обтирают тканью и очищают от налипших частиц смеси.

Проведение испытания. Образцы взвешивают с погрешностью 0,01 г на воздухе, затем погружают на 30 мин в сосуд с водой, имеющей температуру (20±2)°С, после этого образцы взвешивают в воде, температура которой должна быть (20±2)°С, вытирают и вторично взвешивают на воздухе.

Обработка результатов. Среднюю плотность образца p_m^a определяют с погрешностью 0,01 г/см по формуле:

$$p_m^a = \frac{g_0 * p^b}{g_1 - g_2}, \quad (1)$$

где p_m^a– средняя плотность образца, г/см^3;

g_0 - масса образца, взвешенного на воздухе, г;

$p^в$ - плотность воды, равная 1 г/см^3;

g_1 - масса образца, взвешенного в воде, г;

g_2 - масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

Определение водонасыщения асфальтобетона

За величину водонасыщения образцов асфальтобетона (дегтебетона) принимают количество воды, поглощенное образцом при заданном режиме насыщения. Водонасыщение определяют на образцах, приготовленных в лаборатории из смеси, или на образцах-вырубках (кернах) из покрытия (основания).

Аппаратура. Весы лабораторные равноплечие 4-го класса точности по ГОСТ 24104-88 с приспособлением для гидростатического взвешивания. Вакуум-прибор или вакуум-сушильный шкаф. Термометр химический ртутный стеклянный с ценой деления шкалы 1°С по ГОСТ 27544-87. Сосуд вместимостью 2,5 - 3,0 л.

Подготовка к испытанию. Водонасыщение определяют на образцах, ранее использованных для определения средней плотности в соответствии с п. 4.1.

Проведение испытания. Образцы асфальтобетона (дегтебетона) помещают в сосуд с водой, температура которой (20±2)°С. Уровень воды над образцами должен быть не менее 3 см. Сосуд с образцами устанавливают под стеклянный колпак вакуум-прибора или в вакуум-сушильный шкаф, где создают и поддерживают остаточное давление, равное 2000 Па (15 мм рт. ст.), в течение 1 ч 30 мин при испытании образцов из горячих и теплых смесей, 30 мин - при испытании образцов из холодных смесей, затем давление доводят до атмосферного и образцы выдерживают в том же сосуде с водой при температуре (20±2)°С. Время выдерживания в воде образцов из горячих и теплых смесей – 1 ч, образцов из холодных смесей – 30 мин. При использовании вакуум-прибора РВУ-3 образцы помещают непосредственно в

сосуд прибора. После этого образцы извлекают из воды, вытирают мягкой тканью или фильтровальной бумагой и взвешивают с погрешностью 0,01 г на воздухе и в воде. Увеличение массы образца соответствует количеству поглощенной образцом воды. Приращение массы образца, отнесенное к первоначальному объему образца, составляет его водонасыщение по объему (истинную плотность воды принимают равной 1 г/см^2).

Обработка результатов. Объемную долю водонасыщения образца W в процентах вычисляют по формуле:

$$W = \frac{g_3 - g_0}{g_1 - g_2} * 100, \qquad (2)$$

где W – водонасыщение образца, %;

g_o - масса образца, взвешенного на воздухе, г;

g_1-масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г;

g_2- масса образца, взвешенного в воде, г;

g_3 - масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

Разница в цифрах взвешивания первого и второго этапов соответствует количеству поглощённой воды.

Определение набухания асфальтобетона

Набухание определяют, как приращение объема образца из асфальтобетона (дегтебетона) после насыщения его водой. Для определения набухания используют данные, полученные при определении водонасыщения и средней плотности согласно пп. 4.1 и 4.7.

Набухание образца Н в процентах объема вычисляют по формуле:

$$H = \frac{(g_3 - g_4) - (g_1 - g_2)}{g_1 - g_2} * 100, \qquad (3)$$

где Н – набухание, %;

g_1- масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г;

g_2 - масса образца, взвешенного на воздухе, г;

g_3- масса образца, взвешенного в воде, г;

g_4 - масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г.

Определение предела прочности при сжатии ненасыщенных образов

Сущность метода заключается в определении нагрузки, необходимой для разрушения образца.

Аппаратура. Пресс с механическим или гидравлическим приводом с нагрузками от 50 до 100 кН (5 - 10 тс) по ГОСТ 28840-90. Термометр химический ртутный стеклянный с ценой деления шкалы 1°С по ГОСТ 27544-87. Сосуды для термостатирования образцов вместимостью 3-5 или 7-8 л.

Подготовка к испытанию. Для испытания готовят образцы в соответствии с пп. 3.1 - 3.3, 3.5 - 3.7. Перед испытанием образцы выдерживают при заданной температуре (50±2)°С, (20±2)°С или (0±2)°С. Образцы горячего и теплого асфальтобетона (дегтебетона) выдерживают в течение 1 ч в водяной бане вместимостью 3-8 л (в зависимости от количества и размера образцов), образцы холодного асфальтобетона (дегтебетона) - 2 ч в воздушной среде в емкости того же объема. Температуру (0±2)°С создают смешением воды со льдом.

Примечание. При отсутствии специальной емкости для выдерживания образцов в воздушной среде образцы холодного асфальтобетона (дегтебетона) помещают на деревянной или фарфоровой подставке в сосуд, установленный в другом сосуде большего размера. Пространство между стенками двух сосудов заполняют водой заданной температуры. Для определения предела прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии используют образцы, испытанные на водонасыщение и набухание в соответствии с пп. 4.7, 4.8.

Насыщенные водой образцы после взвешивания их на воздухе и в воде снова помещают на 10-15 мин в воду, температура которой (20±2) °С, а перед испытанием вытирают мягкой тканью или фильтровальной бумагой. *Проведение испытания*. Предел прочности при сжатии асфальтобетонных (дегтебетонных) образцов определяют на прессах с механическим приводом при скорости деформирования образца (3,0±0,5) мм/мин. Перед проведением испытания на прессах с гидравлическим приводом следует установить

скорость холостого хода поршня 3 мм/мин. Пресс должен быть снабжен силоизмерителем любого типа, позволяющим определять прочность при сжатии с погрешностью 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) для образцов, имеющих предел прочности при сжатии меньше 1,5 МПа (15 кгс/см^2), и с погрешностью 0,1 МПа (1 кгс/см^2) для образцов, имеющих предел прочности при сжатии больше 1,5 МПа (15 кгс/см^2).

Образец, извлеченный из водяной или воздушной бани, устанавливают в центре нижней плиты пресса; затем опускают верхнюю плиту и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 1,5-2 мм. Это же может быть достигнуто соответствующим подъемом нижней плиты. После этого включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец. Для уменьшения потерь тепла образцов при соприкосновении с металлическими плитами между образцом и плитами прокладывают плотную бумагу. *Обработка результатов.* Предел прочности при сжатии образца $R_{сж}$ вычисляют с погрешностью 0,01 МПа (кгс/см^2) по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F} * 10^{-2}, \quad (4)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, МПа;

P - разрушающая нагрузка, Н;

F - первоначальная площадь поперечного сечения образца, см^2.

Определение коэффициента водостойкости

Сущность метода заключается в оценке степени падения прочности асфальтобетона (дегтебетона) после воздействия на него воды в условиях вакуума.

Коэффициент водостойкости асфальтобетона (дегтебетона) K_B вычисляют с погрешностью 0,01 по формуле:

$$К_В = \frac{R_В}{R_{20}}, \quad (5)$$

ге K_B - водостойкость;

R_B - предел прочности при сжатии, МПа;

R_{20} - предел прочности при сжатии образцов до водонасыщения, МПа.

Результаты исследований, их обсуждение

Для эксперимента были приготовлены контрольный образец асфальтобетона (образец 1) и асфальтобетонная смесь, содержащая в своем составе вместо минеральной добавки (песок) эквивалентное количество золы-уноса (образец 2). Определена средняя плотность образцов.

Результаты определения средней плотности приведены в Табл.1.

Таблица 1

Результаты определения средней плотности образцов асфальтобетона

Образец	Масса образца, взвешенного на воздухе g, г	Плотность воды, равная $р^в$, г/см^3	Масса образца, взвешенного в воде g_1, г	Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе g_2, г	, г/см^3
1	1258	1	839	1291	2,781
2	2732	1	1140	2734	1,716

Как видно из таблицы, образцы, содержащие добавку золы-уноса, имеют среднюю плотность меньше, чем контрольный образец.

Результаты определения водонасыщения приведены в табл.2.

Таблица 2

Результаты определения водонасыщения образцов асфальтобетона

Обра-зец	Масса образца, взвешенного на воздухе g_0, г	Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе g_1, г	Масса образца, взвешенного в воде g_2, г	Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе g_3, г	W=, %
1	1258	1291	839	1294	16,1
2	2732	2734	1140	2732	2,7

Как видно из таблицы, водонасыщение образца, имеющего в составе золу-уноса, в 6 раз меньше по сравнению со стандартным, и соответствует ГОСТ 31015-2002 (2-5 %).

Результаты определения набухания приведены в Табл.3.

Таблица 3

Результаты определения набухания асфальтобетона

Образец	Масса образца, взвешенного на воздухе g_1, г	Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе g_2, г	Масса образца, взвешенного в воде g_3, г	Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе g_4, г	, %
1	1258	1291	839	1294	16,13
2	2732	2734	1140	2732	1,10

Как видно из таблицы, испытуемый образец не соответствует ГОСТ 31015-2002 (0,5 %), но, в отличие от стандартного образца, практически достиг качества ГОСТ.

Результаты определения предела прочности приведены в табл.4.

Таблица 4

Результаты определения предела прочности образцов асфальтобетона

Образец	Разрушающая нагрузка P, Н	Первоначальная площадь поперечного сечения образца F, см^2	, МПа
1	8000	5250	1,53
2	12500	7050	1,77

Как видно из таблицы, образцы не соответствуют ГОСТ 31015-2002 (не менее 2,5 МПа), тем не менее, введение золы-уноса несколько увеличивает предел прочности асфальтобетона.

Результаты определения коэффициента водостойкости образцов асфальтобетона приведены в Табл.5.

Таблица 5

Коэффициент водостойкости асфальтобетона

Образец	Предел прочности при сжатии $R_{ВД}$, МПа	Предел прочности при сжатии образцов до водонасыщенияR_{20}, МПа	
1	1,53	1,53	1
2	1,77	1,77	1

Как видно из таблицы, образцы соответствуют ГОСТ (не менее 0,9).

Вывод. Результаты работы показали возможность утилизации золы-уноса теплоэлектростанций в составе асфальтобетонных смесей. Определены характеристики асфальтобетонных смесей с золой-уноса в составе. Практически во всех экспериментах показано улучшение характеристик асфальтобетонной смеси с золой-уноса в составе.

Библиографический список

1. Колупаева Ю. Ю., Девятерикова С. В. Состав асфальтобетона «MIRROR GLIDE» / Ю. Ю. Колупаева, С. В. Девятерикова // Современные проблемы экологии: доклады XXI междунар. науч.-практич. конференции. Под общ. ред. В. М. Панарина. Тула, 30 октября 2018 г. С. 33-35.
2. ГОСТ 12801-84. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний : Прин. 23.02.1984; действ. с 01.01.1985. М., 1985. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200000307.

Особенности автоматизации печатных средств массовой информации

Копанев В. В.[a]
студент кафедры систем автоматизации управления а
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация а
E-mail: kopanev.vlad@yandex.ru[a]

Аннотация: данная статья знакомит с особенностями автоматизации печатных средств массовой информации. Для того, чтобы автоматизировать процессы любой организации, нужно знать, как она функционирует. А для это необходимо разобраться в предметной области. Также, изучив предметную область, можно улучшить сами бизнес-процессы предприятия, если они были организованны не оптимально.

Таким образом целью данной работы является исследование деятельности печатных средств массовой информации для последующей автоматизации типовых операций. В процессе исследования были изучены основные бизнес-процессы. Результат данной работы – систематизированные знания о процессах, протекающих в организациях, занимающихся распространением печатной продукции. Результаты исследования могут быть применены для разработки программных продуктов.

Ключевые слова: СМИ, особенности, автоматизация, знания, процессы.

Введение. Полиграфическое производство в двадцать первом веке продолжает функционировать и развиваться. Для того чтобы удержать лидирующие позиции каждое предприятие стремится повысить эффективность своей работы. Одним из таких способов является автоматизация различных процессов. Современные технологии позволяют максимально сократить количество типовых операций, переложив усилия с человека на компьютер [1].

В полиграфическом производстве есть свои особенности, как и в любой другой отрасли. Для создания программного продукта необходимо иметь представление, какие процессы протекают в организации, а также как они выполняются. Для этого необходимо изучить предметную область, найти практики успешных решений тех или иных процессов и на основе их создать максимально оптимизированную структуру бизнес-процессов.

Однако эти проблемы в научных работах мало освещены. В открытых источниках можно найти описание деятельности лишь в общих чертах. Например, Ю. Н.Самарин в своей статье «Автоматизация управления полиграфическим предприятием» [2] рассматривает основные бизнес-процессы, описывает, как они выполняются и что получается в итоге, а Л Н. Косова в своей монографии «Методология управления бизнес-процессами

организации медиаиндустрии» [3] лишь отчасти касается описания функционирования СМИ, не углубляясь в нюансы этой сферы. Этой информации достаточно для общего понимания деятельности печатных СМИ, но есть и более мелкие особенности, которые присущи данной сфере и могли бы оказаться полезными при создании программного продукта.

Таким образом, целью исследования является анализ деятельности печатных СМИ и выявление специфических особенности с точки зрения автоматизации в данной области.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) тщательно исследовать работу нескольких изданий;
2) систематизировать полученные данные;
3) выделить особенности, характерные для данной отрасли, в частности с точки зрения автоматизации.

Ведущий теоретический подход представлен в виде анализа деятельности печатных СМИ.

Результаты исследования. На основе имеющихся данных, выделим повторяющиеся процессы, которые протекают в организации. Основной процесс можно условно разделить на три стадии: 1) формирование заказа; 2) визуализация и утверждение макета; 3) печать.

С точки зрения автоматизации наибольший интерес представляет первая стадия. Рассмотрим её особенности более подробно. Печатные СМИ предоставляют в основном три вида своей продукции: газеты, журналы и листовки. Бывает так, что одна организация занимается выпуском сразу двух видов продукции, а соответственно, вести учёт продаж нужно по каждому отдельно.

При производстве листовок могут быть использованы такие типы печати, как цифровая или офсетная. Их основное отличие – скорость и качество изготавливаемой продукции. Офсетная печать более дешёвая при больших объемах, но в то же время имеет более длительную предпечатную подготовку. Стоимость складывается из типа печати, количества листовок и их размера.

У журналов и газет существует две формы размещения рекламы: модульная и строчная. У каждой формы есть свои особенности и соответственно разное формирование стоимости. Модульная представляет собой часть страницы или страницу. Обычно бывают следующие модули: 1-ая страница, 2-ая страница, 1/2 страницы, 1/3 страницы, 1/4 страницы и т.д. Модуль может содержать как текстовую информацию, так и изображения, а также рамку вокруг модуля (Рис. 1). Строчная реклама представляет собой обычный текст, может иметь различный шрифт, выделение, подчёркивание. Стоимость зависит от этих параметров. Частным случаем строчной является рубричная реклама, которая представляет собой некий модуль, содержащий определённое количество символов и размещаемый в определённом месте. Пример рубрик: недвижимость, авто, животные и т.д. Такая форма обычно имеет заголовок объявления, текст объявления и контактную информацию [4].

Рисунок 1. Пример модульного размещения.

Эти данные нужны для того, чтобы можно было рассчитать заполненность, например, газетной полосы. Строчные же объявления можно сразу подготовить в нужном формате для будущей верстки, что также позволит оптимизировать труд верстальщиков печатных форм. Также на основе этих данных рассчитывается стоимость рекламы.

Ещё одной особенностью является то, что дата продажи не совпадает с датой выхода номера, поскольку может быть сделана одна продажа, но на все номера в году. Следует учитывать этот фактор, поскольку клиентам могут

присваивать статус, например, постоянный клиент и смотреть надо будет не продажи по клиенту, а выходы номеров.

Выводы. Таким образом, в ходе работы была исследована область печатных средств массовой информации. Выделены особенности, которые необходимо учитывать при разработке программного обеспечения: виды продукции, тип печати, форму размещения рекламы. На основании проведённого исследования можно сформулировать требования к разрабатываемой информационной системе, в частности к процессу формирования заказа.

Библиографический список

1. Копанев, В. В. Разработка модуля по учёту, хранению и созданию макетов печатной продукции для ИС в области полиграфических услуг / В. В. Копанев // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сб. статей всерос. научно-практич. конф. Киров : ВятГУ, 2018. С. 378-382
2. Самарин, Ю. Н. Автоматизация управления полиграфическим предприятием / Самарин Ю. Н. // КомпьютерАрт. 2006. № 8. С. 38-42
3. Косова, Л. Н. Методология управления бизнес-процессами организации медиаиндустрии: монография. / Л. Н. Косова. М. : МГУП имени Ивана Федорова. 2012. С. 166.
4. Щепилова, Г. Г. Реклама в СМИ: принципы классификации / Г. Г. Щепилова // Электронный научный журнал «Медиаскоп». 2010. № 4. http://www.mediascope.ru/node/625 (дата обращения 13.01.2019)

Передача информации от индикаторов короткого замыкания в воздушной линии электропередачи

Кривошеин И. Л.[a], Газиев А. С.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электроники[a]
аспирант кафедры электротехники и электроники[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: kaf_eie@vyatsu.ru[a,b]

Аннотация: В связи с поставленной энергетиками задачей – создания нового типа индикаторов короткого замыкания в НПЦ «Электробезопасность», в ВятГУ ведутся исследования, направленные на решение этой задачи. Применение таких индикаторов до настоящего времени весьма ограничено, вследствие присущих недостатков известным на рынке РФ видам индикаторов, а также их высокой цены. На данном этапе ведётся разработка способа передачи информации от данных устройств. В статье рассмотрены существующие методы передачи данных и описаны принципы работы, преимущества и недостатки, возможные области их применения. Предложена система контроля срабатывания индикаторов, работающая на основе беспроводной технологии GSM-связи при возникновении аварии.

Ключевые слова: радиопередатчик, передача информации, беспроводные каналы связи, сотовая связь.

В настоящее время в энергетике набирают популярность индикаторы коротких замыканий (ИКЗ), которым требуется передавать информацию о месте повреждения в диспетчерский пункт. В ВятГУ при кафедре электротехники ведутся работы по созданию аналогичного ИКЗ [Красных А. А., Кривошеин И. Л., Газиев А. С., 2018]. Был создан прототип устройства, обладающий локальной индикацией в виде мигающих светодиодов. На данном этапе необходимо реализовать дистанционную передачу данных от индикаторов.

На сегодняшний день для передачи данных между устройствами используются способы, изображенные на Рис. 1. Применение каналов передачи данных позволяет решать различные задачи:

- контроль целостности оборудования;
- контроль электрических параметров (I, U…);
- состояние оборудования (включено/отключено);
- контроль канала связи.

Рисунок 1. Классификация методов передачи информации.

Передача информации на расстояние подразумевает наличие передающего устройства, канала передачи, протокола передачи данных и приемного устройства. Данные могут передаваться как аналоговым, так и цифровым способом. Каждый из каналов передачи информации обладает как преимуществами, так и некоторыми недостатками. Рассмотрим каждый из способов передачи данных более подробно.

К проводным каналам передачи информации относят:

- витую пару;
- коаксиальные кабели;
- оптоволоконные кабели.

Проводные линии передачи данных являются достаточно помехоустойчивыми, обладают высокой пропускной способностью. Организация линий связи при помощи витой пары и коаксиальных кабелей достаточно проста в исполнении. Максимальное расстояние передачи информации ограничено затуханием сигнала, которое зависит от волнового сопротивления кабеля, а также от частоты. Так ограничение по расстоянию для витой пары, как правило, составляет около 100 м, для коаксиального кабеля –

500 м. Оптоволоконные каналы связи подразумевают использование специального оборудования для преобразования электрического сигнала в оптический (оптические приемо-передатчики). Скорость передачи данных высокая – 3 Гбит/с. Основные недостатки этого кабеля – сложность монтажа, низкая прочность и высокая стоимость. Дальность передачи намного выше и составляет порядка 100 км, при условии идеально проложенной трассы, так как места соединения оптоволокна, изгибы и трещины уменьшают дальность передачи. Общий недостаток проводных линий – при передаче на большое расстояние необходимо использовать репитеры сигнала (активные усилители), которые увеличивают стоимость всей системы.

Высокочастотная связь (ВЧ-связь) PLC (Power line communication) [ВЧ-связь по ЛЭП (PLC) Обзор исполнений физического уровня в доступных протоколах] по воздушным линиям (ВЛ) электропередачи обычно используется на электростанциях и подстанциях для управления устройствами РЗА, передачи данных автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) и т. д. Такой тип связи надёжен и экономичен, поскольку не требуется прокладка специальных кабелей, а используются уже существующие электрические сети. Для организации ВЧ-канала требуется специальное оборудование: ВЧ-заградитель, конденсатор связи и фильтр присоединения для разделения каналов передачи по различным частотам. Главное достоинство PLC то, что физическая сеть уже установлена. К недостаткам можно отнести крайне низкую помехозащищенность, невысокую скорость передачи данных (до 10 Кбит/с), а также невысокую дальность передачи, ограниченную высоким импедансом ВЛ, а также зависит от выбранной частоты передачи (как правило 20-1000 кГц). К физическим недостаткам сети относятся необходимость установки ретрансляторов, если расстояние значительно, и мостов через распределительные трансформаторы, если будет необходимость перейти через эту границу.

Беспроводные каналы связи в настоящее время набирают всё больший вес. Анализируя все имеющиеся способы передачи информации, можно сделать

вывод, что использование беспроводных технологий более рационально в случае передачи информации на большое расстояние. Далее рассмотрены беспроводные варианты передачи информации.

GSM (сотовая связь) является наиболее распространённым стандартом связи. Данные могут передаваться при помощи GPRS-модема, коротких сообщений (SMS), а также при помощи тонального набора DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) путём кодирования звуковых сигналов, используя звуковые таблицы. Передача информации при помощи SMS может происходить в отложенном режиме, если в момент передачи нет соединения с базовой станцией, то сообщение придет адресату с некоторой задержкой, как только соединение будет установлено. Скорость передачи данных варьируется в зависимости от стандарта связи и составляет от десятков Кбит/с до сотен Мбит/с. К преимуществам данного способа передачи можно отнести невысокую стоимость передающих устройств, низкое энергопотребление, их мобильность и возможность получать данные в любой точке, находящейся в зоне покрытия сотовой сети. Достоинствами являются большая ёмкость сети, возможность большого числа одновременных соединений, высокая помехозащищенность. Дальность связи стандартного GSM-модуля составляет около 20 км от базовой станции. К недостаткам можно отнести невозможность/затрудненность передачи данных в местах, где покрытие сети отсутствует либо непостоянно.

Радиосвязь применяется в основном, когда передача данных с использованием традиционной проводной линии или телефонной связи может быть чрезмерно дорогостоящей или невозможной. Радиопередача может осуществляться в широком частотном диапазоне, в зависимости от области применения. В России запрещено использовать радиопередатчики выше определенной мощности, а также передавать сигналы на некоторых частотах. Разрешенные диапазоны частот лежат, как правило, в пределах ультракороткие волны (УКВ). Передача данных при помощи радиосвязи от конечных устройств к головному может быть организована несколькими способами [Руководство по беспроводной передаче данных]:

– «Точка-точка»;
– «Точка-несколько точек»;
– Самоорганизующаяся сеть.

«Точка-точка» – простой тип радиочастотной передачи данных, часто используется для замены проводных линий связи. В этом варианте все устройства передают информацию ретранслятору либо головному устройству напрямую. Такой способ передачи надёжен, но дальность передачи в данном случае ограничена мощностью передатчика и высотой антенны. Как правило, для портативных передатчиков максимальная дальность передачи составляет не более 1-5 км при идеальных условиях. Ретрансляция позволяет осуществлять радиосвязь на больших расстояниях, а также обеспечивает покрытие в областях с радио тенью.

«Точка-несколько точек» – сложная система передачи данных. В такой системе каждому узлу в сети назначается уникальный адрес. Пакеты информации передаются на конкретные устройства в сети, затем на передающий узел возвращается подтверждение. Это позволяет создать надёжную сеть передачи данных с несколькими узлами на определённых частотах.

В третьем варианте передачи по самоорганизующейся схеме каждое устройство передает последующему данные, тем самым намного повышается дальность передачи, но при этом уменьшается надёжность всей сети. При выходе из строя одного из радиопередатчиков, передача информации будет невозможна.

К минусам радиосвязи можно отнести низкую помехозащищенность и отрицательное влияние атмосферы на дальность передачи сигнала. Низкие частоты обеспечивают большую дальность, чем высокие. Но, в свою очередь, низкие частоты более чувствительны к помехам, чем высокие. Радиосвязь отличается низкой надёжностью передачи данных из-за помех на совмещенном канале от удалённых радиостанций и восприимчивостью к техногенным шумам. Высокое потребление энергии в отличие от GSM модулей.

Существует более современная технология передачи данных – LoRa (Long Range) [LoRa® Transceivers]. Сеть LoRa состоит из следующих элементов: конечные устройства, шлюз, сетевой сервер и сервер приложений. Шлюз осуществляет прием данных от конечных устройств с помощью радиоканала и передаёт их в транзитную сеть. В качестве транзитной сети могут выступать сеть Ethernet, WiFi или сети подвижной радиотелефонной связи. Шлюз и конечные устройства образуют сетевую топологию типа звезда. К преимуществам данной технологии можно отнести большую дальность передачи радиосигнала (10-15 км), низкое энергопотребление у конечных устройств, высокую масштабируемость сети на больших территориях, отсутствие необходимости получения частотного разрешения и платы за радиочастотный спектр, вследствие использования нелицензируемых частот. К недостаткам LoRa относят: относительно низкую пропускную способность (варьируется в зависимости от используемой технологии передачи данных на физическом уровне, составляет от нескольких сотен бит/с до нескольких десятков Кбит/с), задержку передачи данных от датчика до конечного приложения, связанную с временем передачи радиосигнала (может достигать от нескольких секунд до нескольких десятков секунд), ограничение мощности сигнала.

По результатам исследований определено, что для передачи данных от ИКЗ, самым предпочтительным будет применение беспроводной связи. Это вызвано тем, что основным фактором в выборе способа связи является энергопотребление передатчика, находящегося в устройстве, и организации передачи данных. Высокая скорость передачи не требуется. ИКЗ устанавливаются примерно через каждые 2 км на опору, поэтому радиосвязь использовать практически невозможно. В ИКЗ используется автономный источник питания, его частая замена требует больших трудозатрат. Исходя из имеющихся вариантов, сопоставляя все преимущества и недостатки, самым предпочтительным является применение GSM связи. GSM-передатчики имеют невысокое энергопотребление, малую стоимость организации канала связи,

компактный размер и высокую дальность связи. В нормальном режиме работы передатчик может находиться в «спящем» режиме и тем самым срок службы батареи увеличивается.

Ниже приведены примеры радиопередатчиков, доступных на Российском рынке (Рис. 2а и 2б).

а) б)

Рисунок 2. Радиопередатчики
а) LoRa RA-01, б) GSM модуль SIM800L.

Оба передатчика работают похожим образом. Использование радиомодуля LoRa предполагает наличие приемного устройства (шлюза), дальность передачи при этом составляет до 10 км, работает на разрешенной частоте 433 МГц. GMS модуль SIM800L способен передавать данные на расстояние до 20 км, работает на частоте сотовой сети 900 МГц, но не требует установки дополнительного устройства, нужна лишь сотовая вышка, то есть должно обеспечиваться покрытие сети на нужной территории.

В лаборатории ВятГУ были предприняты попытки создания собственного простого УКВ радиопередатчика по схеме ёмкостной трехточки, но это не принесло желаемого результата. Проблемы в настройке передатчика и согласования антенны делают этот вариант непригодным для промышленной эксплуатации.

На Рис. 3 изображена схема работы контроля повреждений (ВЛ). На основе GSM модуля SIM800L создан экспериментальный вариант передачи данных при помощи SMS сообщений.

Рисунок 3. Схема работы системы контроля повреждений при возникновении аварии.

В каждый прототип ИКЗ, установлен данный модуль. При срабатывании индикаторов включается передатчик и на телефонный номер, определенный заранее, отправляются SMS сообщения со всех устройств о возникновении аварии. Кроме сообщения о возникновении аварии можно также передавать служебную информацию различного рода, например, текущее состояние заряда батареи. Зная место установки передатчика, можно определить, где произошло повреждение на ВЛ.

Библиографический список

1. Красных, А. А. Контроль замыканий в воздушных линиях электропередачи с изолированной нейтралью / А. А. Красных, И. Л. Кривошеин, А. С. Газиев // Общество. Наука. Инновации: сб. статей XVIII всерос. науч.-практ. конф. (Киров, 2018, 2–28 апр.). В 3 т. Киров : Изд-во ВятГУ, 2018. Т. 3. 1 опт. диск (CD-ROM). С. 186–192.
2. ВЧ-связь по ЛЭП (PLC) Обзор исполнений физического уровня в доступных протоколах. URL:http://masters.donntu.org/2006/kita/avramenko/library/lib9b.pdf (дата обращения 25.12.2018).
3. Руководство по беспроводной передаче данных. URL: https://prin.ru/images/documents/article/rukovodstvo_po_besprovodnoj_peredache_dannyh.pdf (дата обращения 25.12.2018).
4. LoRa® Transceivers : сайт URL: https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers (дата обращения 21.01.2019).

Заметки на полях стандарта

Кузнецов В. Н.
кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электроники
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: kaf_eie@vyatsu.ru

Аннотация. Специалисты в области техники и технических наук в своей профессиональной деятельности руководствуются государственными стандартами. При нормальной системе стандартизации каждый последующий стандарт должен быть качественнее предыдущих. Однако на практике бывают иногда исключения из этого правила. Примером тому может служить ГОСТ IEC 60027-1-2015. Анализ показывает, что стандарт содержит много опечаток, ошибок, противоречий и иногда не соответствует основополагающим стандартам. Так, «единицу» величины он называет «единицей измерения», единицу температуры – «градусом Кельвина», единицу момента – «ньютонометром», единицу ёмкости – «фарадой». Предлагается «единицу измерения» ставить после численного значения без пробела, в сложной единице, образованной перемножением двух и более простых единиц, сомножители не отделять друг от друга. Единицы, названные фамилиями учёных, напечатаны в стандарте строчными буквами: тесла (тл), генри (гн), вебер (вб), джоуль (дж), непер (нп), максвелл (мкс), ватт (вт), а также вольт и ампер в сочетаниях (в·а·с), (в·а·ч). Стандарт причислил к количественным величинам такие явления как «самоиндукция» и «взаимоиндукция», а также «электрическая поляризация».

Ключевые слова: физическая величина, единица физической величины, буквенное обозначение величины, стандарт.

Чтобы электротехники понимали друг друга, они должны разговаривать на едином электротехническом языке, основанном на единой терминологии и символике. Это единство призваны обеспечивать государственные стандарты. Каждый новый стандарт должен использовать терминологию и символику, установленные основополагающими стандартами, и не противоречить действующим стандартам. На практике эти очевидные требования часто нарушаются. Примером тому может служить [ГОСТ IEC 60027-1-2015], введённый в действие с 1 октября 2016 г.

Пользователь исходит из простой аксиомы: до выхода на всеобщее обозрение закон был подвергнут тщательной экспертизе, а документ, в котором изложен этот закон, тщательно отредактирован. Составители опубликованного документа – текста упомянутого выше стандарта – с пренебрежением отнеслись к этим азбучным истинам.

Цель данной статьи – прорецензировать этот стандарт и обнародовать рецензию.

Когда, читая стандарт, встречаешь такие выражения, как «величина намагничивающего поля», «угол сдвига фазы», «пиковое значение магнитного потока», «градус Кельвина», «фарада», «сила магнитного поля», «сдвиг по фазе», «кажущаяся энергия», «мдс», «среднеквадратический смысл», «Правила…было изложено…Нарушение этих правил…», то невольно испытываешь сложное чувство, включающее и стыд, и обиду, и оскорбление.

Проверка стандарта на новизну показывает, что его основное содержание – это во многом повторение (с некоторыми вариациями) содержаний ныне действующих стандартов. Естественно, в нём есть и кое-что новое. Так, стандарт предлагает буквенные обозначения количественных величин (буквы не только латинского, но и греческого алфавита) печатать курсивом (с. 1). Правда, он не сообщает, как при этом различать буквы, имеющие одинаковые начертания. А таких букв, как известно, больше десятка, например заглавные буквы *эн и ню, тэ и тау, а и альфа.*

Если в техническом тексте речь идёт об устройствах, с помощью которых можно опытным путём получить численные значения величин, то эти устройства называют в общем случае средствами измерений. Если же речь идёт об единицах физических величин или о системах единиц, то слово «измерение» здесь является лишним. В стандарте же «единицу» постоянно сопровождает «измерение». Вот конкретный пример: «В этой системе (СИ) – семь базовых единиц измерения (метр…градус Кельвина…)» (с. 11). Мало того, что создатели стандарта единицу величины дополнили «измерением», они ещё наградили «Кельвина» «градусом».

Стандарт позволяет при составлении произведения двух количественных величин сомножители отделять друг от друга пробелом (без знака умножения) (с. 5). Если эти сомножители составляют делитель, записанный за знаком косой черты, то стандарт предписывает: «За знаком косой черты не должен идти знак умножения…в той же строке, если не введены скобки…» (с. 7). Отсюда следует, что разрешается не заключать в скобки такой делитель, так как он не содержит знака умножения. На практике это вызовет массу недоразумений.

Стандарт также разрешает в сложной единице, образованной перемножением двух и более простых единиц, сомножители не отделять друг от друга знаком умножения или пробелом, например, записывать так: Nm (с. 6). Эта единица названа в стандарте (тоже новинка) «ньютонометром», то есть с буквой «о» вместо дефиса, подобно нанометру. Возможно, редактор посчитала, что ньютон (как и нано) – это всего лишь префикс. Если, следуя стандарту, единицу полной мощности (в стандарте она названа кажущейся) написать без знака умножения и без пробела (ВА), то дефис в названии единицы также следует заменить буквой «о». Тогда за «вольтоампером» последуют «киловатточасы», «кулонометры», «амперочасы». А вот как подогнать под это новое правило «тесла-метр»?

Стандарт утверждает: «Обозначение единицы измерения должно ставиться в выражении количественной величины после ее численного значения без пробела» и печататься прямым шрифтом» (с. 8). В иллюстративных же примерах (с. 8, 9) единицы величин написаны курсивом.

Основное содержание стандарта, на взгляд рядового пользователя, отражено в таблицах. Самой объёмной является таблица 1 под названием «Символы количественных величин и их единиц измерения» (с. 12). Прежде чем приступить к изучению содержания этой таблицы, ознакомимся с предписанием стандарта относительно обозначений единиц: «Обозначения единиц измерения должны печататься в основном строчными буквами, за исключением тех случаев, когда обозначение образовано от соответствующего имени, которое пишется с заглавной буквы».

Итак, таблица 1 изложена на 13 страницах и содержит 161 позицию. Только в десяти позициях применены международные обозначения величин: радиан – позиция 29, ватт на метр-кельвин – позиция 49, джоуль на кельвин – позиция 50, джоуль на килограмм-кельвин – позиция 51, тесла – позиция 85, ом и ом-метр – позиции 87, 88, 93, 94. Остальные обозначения русские, хотя среди них многократно встречаются те же самые метры, джоули, ватты, радианы, тесла. Особо выделяется символ «Т·м» (тесла-метр) – позиция 75 а, в котором

скрестили международное «Т» и русское «м» обозначения. Знакомство с русскими обозначениями вызывает у пользователя некоторое недоумение. И есть отчего. Одиночные (простые) герц (Гц) и паскаль (Па) напечатаны, как и положено, с заглавных букв; аналогично напечатаны во всех сочетаниях кулон (Кл), ньютон (Н) и фарад (Ф) (в стандарте – это возродившаяся «фарада»). А вот тесла (тл), генри (гн), вебер (вб), джоуль (дж), непер (нп), максвелл (мкс), видимо, чем-то не угодили составителям стандарта, так как во всех сочетаниях напечатаны строчными буквами. Так же напечатаны эти единицы и в таблице 2 (с. 24.) Одиночный ватт встречается в двух вариантах (Вт и вт), но в сочетаниях с другими единицами победила строчная буква (вт·с, вт/ср). Одиночные вольт (В) и ампер (А) и в сочетаниях с другими единицами напечатаны заглавными буквами. В сочетании только между собой они также заглавные (В·А), но если в этом сочетании появляется третья единица (например, секунда, час), буквы становятся строчными (в·а·с, в·а·ч). Излишне скромно, точнее приниженно, ведёт себя вольт и в электрон-вольте (эв). Спрашивается, по какому праву составители стандарта отобрали собственные имена у Джоуля, Вебера, Генри, Максвелла, Теслы, Ватта (Уатта), Непера (Нейпира)?

В стандарте довольно много опечаток (без кавычек и в кавычках). Так, на с. 3 «среднее значение электрического заряда» обозначено заглавной греческой буквой «омега» вместо латинской буквы «ку», «удельное сопротивление меди» заглавной буквой «ку» вместо строчной греческой буквы «ро». В примере на с. 5 в знаменателе первой дроби вместо буквы «*с*» напечатана буква «*в*», а в другом примере (с. 6) исчезло вычитаемое ($c + d$). Встретилась ситуация, которую можно назвать примерно так: одна в трёх лицах. Заглянем в таблицу 5 а (с. 30). В столбце «Наименование величин, представленных в таблицах 1 и 2» находим первое лицо: «напряженность магнитного поля». В соседнем столбце против этого наименования стоит число 70 (номер позиции в таблице 1). На этой позиции находим второе лицо: «величина намагничивающего поля (символ Н)». Расшифровка этого символа (третье лицо) дана на с. 4: «Н –

вектор силы магнитного поля». Попытка найти источники последних двух названий не увенчалась успехом.

Можно встретить одинаковые названия совершенно разных величин. Так, в таблице 1 в строках (позициях) под номерами 62 и 80 читаем: «проницаемость, абсолютная проницаемость», а в строках 63 и 81: «относительная проницаемость». Составители стандарта умышленно или случайно опустили в этих названиях определяющие слова: диэлектрическая (позиции 62 и 63) и магнитная (позиции 80 и 81). Поиск этих недостающих определений привёл к «Алфавитному указателю» (таблица 5а на с. 30). Но здесь только «абсолютные проницаемости» обрели свои определения, а «проницаемости» и «относительные проницаемости» так и остались без них. Создаётся впечатление, что составители стандарта запутались в этих проницаемостях. Так, в таблице 2 (с. 24) всплыла на позиции 206 «электрическая проницаемость вакуума». В алфавитном указателе она занимает сразу две позиции: свою 206-ю и под названием «проницаемость вакуума, электрическая» чужую (207-ю), вытеснив оттуда «магнитную проницаемость вакуума». Последней выделили 206-ю позицию (дубликат) и в названии переставили слова: «проницаемость вакуума, магнитная».

Неувязки можно обнаружить и в «представлении комплексных величин». Посмотрим внимательно таблицу (без номера) на с. 9, где даны две равноправные системы представления комплексных величин. Можно усомниться в правильности используемых там названий: «вещественная часть», «комплексная часть», «комплексно-сопряженная величина». Во-первых, комплексное число состоит из двух частей и не может быть частью. Во-вторых, его действительная часть (действительное число) никак не связана ни с вещами, ни с веществами, В-третьих, в словосочетании «комплексно-сопряженная» слово «сопряженная» является второстепенным, поэтому оно должно предшествовать главному и отделено от главного пробелом, а не дефисом, тогда и получится по-русски: сопряжённое комплексное число. Идём дальше. В показательной форме записи комплексного числа вместо знака равенства

напечатан минус в обеих системах; если в первой системе (левый столбец таблицы) символ комплексной величины подчёркнут, то во второй системе чёрточки почему-то отсутствуют. В этой системе исчезают различия между действующим значением и комплексным действующим значением синусоидальной электрической величины, в записях векторной и арифметической сумм таких величин и т. д. Кроме того, невозможно отличить полное сопротивление от комплексного. Это, кстати, косвенно подтверждает и запись в 93-й строке таблицы 1: «Название количественной величины: полное сопротивление, символ Z, комментарий: предполагается, что этим термином обычно обозначается комплексная величина $Z = R + \mathrm{j}\ X$». И полное, и комплексное сопротивления обозначены одним и тем же символом.

Сделаем небольшое отступление и сосредоточим внимание на составляющих этих сопротивлений. Согласно этой же таблице (позиция 87), действительная часть комплексного сопротивления называется сопротивлением (без каких-либо уточняющих слов). Следовательно, в этом названии растворились совершенно разные сопротивления: постоянному току и активное. Опираясь на эти положения стандарта, можно ввести в обиход следующее определение: полное (оно же комплексное) сопротивление – это физическая величина, составляющими которой являются сопротивление и реактивное сопротивление. Можно ли согласиться с таким определением? Нет, конечно. Но стоит добавить слово «активное» и определение оживёт.

Из содержания таблицы 1 (позиции 65, 76, 77) следует, что составители стандарта причислили к количественным величинам «электрическую поляризацию» (состояние вещества), «самоиндукцию» и «взаимоиндукцию» (явления).

Встречаются в стандарте и более мелкие погрешности: низкое качество иллюстраций, оставляет желать лучшего и качество печати, особенно символов с подстрочными индексами (например, на с. 5 подстрочные индексы не опущены, а их размеры такие же, что и строчные буквы основного текста, а иногда и крупнее).

Закон должен оперировать точными терминами, определениями, формулировками, символами… В противном случае – это не закон, а назидательный совет или учебное пособие. Рецензируемый стандарт в настоящей публикации составляет этот противный случай.

Библиографический список

1. ГОСТ IEC 60027-1-2015. Обозначения буквенные, применяемые в электротехнике. Часть 1. Основные положения. Прин. 29.09.2015, действ. с 1.10.2016 М. :Стандартинформ, 2016.

Преобразователи частоты и их применение на производстве

Курагин С. О.
магистрант кафедры электроснабжение
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: sergeykuragin@mail.ru

Аннотация: основным элементом современных электроприводов переменного тока является преобразователь частоты. Несмотря на многообразие существующих на данный момент алгоритмов управления и вариантов аппаратной реализации преобразователей частоты, можно говорить о типовых решениях, применяемых большинством производителей. Фактически выработались негласные стандарты на структуру преобразователей частоты и выполняемые ими функции.

В общем случае в качестве основной можно выделить задачу, решаемую регулируемым электроприводом: управление моментом и скоростью вращения электродвигателя.

Необходимость регулирования момента диктуется предъявляемыми к электроприводу техническими и технологическими требованиями. Для нормального функционирования привода необходимо ограничивать момент и ток двигателя допустимыми значениями в переходных процессах пуска, торможения и приложения нагрузки. Для механизмов, испытывающих при работе значительные перегрузки вплоть до стопорения рабочего органа (например, электроприводы мельниц), возникает необходимость непрерывного регулирования момента двигателя в целях ограничения динамических ударных нагрузок. Во многих случаях требуется также точное дозирование усилия на рабочем органе (электроприводы металлообрабатывающих станков, намоточные машины и др.).

Технологические режимы многих производственных механизмов на разных этапах работы требуют движения рабочего органа с различной скоростью, что обеспечивается либо механическим путем, либо путем электрического регулирования скорости электропривода. При этом требования к диапазону и точности регулирования скорости могут изменяться в широчайших пределах в зависимости от области применения электропривода.

Ключевые слова: преобразователь частоты, приводная техника, электропривод, привод.

Введение. Работа самых разнообразных производственных учреждений немыслима без использования асинхронных двигателей переменного тока, являющихся важнейшими элементами вентиляторных, насосных и компрессорных установок, конвейеров и подъёмных механизмов, станков и прочих электромеханизмов. При этом именно на использование перечисленных механизмов уходит значительная часть потребляемой предприятием электроэнергии. Оптимизировать работу производственного объекта, сократив расходы электроэнергии можно доукомплектовав устройства, в которых используются асинхронные двигатели, специальными устройствами управления асинхронными

двигателями – частотными преобразователями. Называемые также инверторами или частотниками, грамотно внедрённые в производство частотные преобразователи, по заверениям производителей, помимо выполнения своих прямых функций, обеспечивают значительную экономию электроэнергии.

Цель исследования. Преобразователи частоты, внедряемые в промышленные механизмы с асинхронным двигателем.

Задачи исследования. Ознакомиться с устройством – преобразователь частоты. Описать его характеристики, свойства и возможности. Рассмотреть сферы применения прибора и обоснование внедрения в технические устройства для промышленности.

Ведущий подход. Описание устройства.

Частотные преобразователи – это технические устройства, преобразующие входные сетевые параметры в выходные на различных частотах. Современные инверторы переменного тока обладают широким частотным диапазоном.

Асинхронный преобразователь частоты предназначен для преобразования сетевого трех, либо однофазного переменного тока f 50 Гц в 3-х фазный либо 1-но фазный, f 1 □□ 800 Гц.

Производителями выпускаются электро-индукционные частотники, представляющие собой конструктив:

– асинхронный электродвигатель;
– инверторы.

Частотники зачастую используются для плавной регулировки скорости вращения асинхронного двигателя (АД) за счет формирования на выходе частотника заданных параметров сети. В самых простых случаях регулировка f и U выполняется с соответствующей зависимостью V/f, в более навороченных инверторах реализуется как векторное управление.

Электронный преобразователь частоты — это конструктив, который состоит из элементов:

– выпрямитель, преобразующий I~ в I*const*;

– инвертор, преобразующий I*const* в I~ с требуемой частотой и амплитудой.

Выходные тиристоры (транзисторы) служат для обеспечения необходимого тока для электроснабжения двигателя.

Для поправки U*вых*. между частотником и электродвигателем другой раз ставят дроссель, а для снижения помех — фильтр [1].

По типу питающего напряжения преобразователи частоты делятся на разновидности:

– однофазные;

– трехфазные;

– высоковольтные аппараты.

Основную задачу преобразователя частоты можно сформулировать следующим образом: перевод рабочего процесса на экономичный режим с помощью управления скоростью и моментом двигателя, согласно заданным техническим параметрам и характеру нагрузки.

При этом цифровой дисплей прибора показывает такие параметры работы системы, как:

– величина I и U двигателя;

– выходные значения частоты, скорости, мощности и момента (f, v, P и M);

– отображение состояния дискретных входов для регулирования скорости вращения вала АД и дистанционного управления системой;

– продолжительность работы самого частотного преобразователя.

По сфере использования типы инверторы бывают:

– промышленного назначения мощностью до 315 кВт;

– ПЧ с векторным управлением мощностью до 500 кВт;

– для управления механизмами с насосно-вентиляторным типом нагрузки (P 15 — 315 кВт);

– частотники для кранов и других подъемных конструкций;

– для применения в условиях взрывоопасности;

– устанавливаемые ЧРП прямо на электродвигатель.

Первооснову привода определяет инвертор двойного преобразования. Принцип действия заключается в том, чтобы:

– входной переменный ток синусоидального типа 380 либо 220В выпрямляется блоком диодов;

– потом фильтруется посредством конденсаторов для минимизации пульсации напряжения;

– дальше напряжение подаётся на микросхемы и мосты транзисторов, создающие из него 3-х фазную волну с установленными параметрами;

– на выходе прямоугольные импульсы превращаются в синусоидальное напряжение [1].

Аппаратура широко применяется в промышленных и устройствах, где необходимо изменение скорости вращения двигателя, мероприятия по борьбе с амплитудными пусковыми токами или корректирование в регулирующих деталях (комбинации элементарных преобразователей с использованием обратной связи) и т. п. Рассмотрим их применение по мере востребованности:

Насосы. Поскольку потребляется мощность, пропорциональна, как известно, кубу скорости вращения, то использование преобразователя частоты позволяет сэкономить потребление электроэнергии до 60 %, в сравнении с методом регулировки мощности посредством заслонок на трубе. Годовое использование частотного преобразователя окупает все затраты на его приобретение. Аппараты позволяют также:

– снижать тепловые и водные потери на 5 — 10 %,

– уменьшать количество аварий на трубопроводах;

– обеспечить полноценную защиту электрического двигателя.

Дополнительным преимуществом является решение проблемы с гидроударами: работающие ПЧ сглаживают пуск/останов насоса. На

модернизированных насосных станциях налажены системы, позволяющие управлять насосами групповым методом без необходимости в установке контроллера.

Вентиляторы. Все, вышесказанное для насосов, в полной мере имеет отношение и к вентиляторам. Что касается экономии потребления электричества, она здесь еще более значительна, так как в целях прямого пуска больших вентиляторов зачастую используются более мощные двигательные агрегаты. Усовершенствование технологических установок приводит к повышению рентабельности производства. Экономичность достигается и за счёт уменьшения потерь холостого хода.

Транспортеры. Адаптация скорости перемещения к скорости технологической системы, не являющейся постоянной величиной. Плавный запуск значительно увеличивает ресурс механической части системы, так как ударные нагрузки наносят вред техническому оборудованию.

Область использования преобразователей частоты довольно обширна. Среди управляемых инверторов насосного типа небольшой мощности можно выделить также центробежные насосы, компрессоры, центрифуги, воздуходувки и т. д.

К общепромышленной серии управляемых ЧРП частотников средней мощности относятся двигатели в вентиляторах, дымососах, в системах водоснабжения, смесителях, дозаторах, производственных линиях.

Трудно представить без векторного управления с помощью преобразователей лифтовое и другое подъемно-транспортное оборудование со значительными перегрузками при пуске/остановке.

Использование ПЧ с обратной связью позволяет обеспечить точность скорости вращения, что станет залогом улучшения качества технологического процесса и решения поставленных задач. Известные производители имеют ряд моделей, ориентированных на рабочий режим в замкнутой системе. Техника рекомендована к использованию в деревообрабатывающей промышленности, робототехнике, системах точного позиционирования и др.

Вся перечисленная техника может управляться с помощью преобразователей с аналогово-цифровыми входами/выходами для регулирования, дистанционным контролем и мониторингом по последовательной линии связи [1].

Другие преимущества преобразователей частоты:

– плавное регулирование скорости вращения двигателя даёт возможность не применять редукторы, вариаторы, дроссели и другую регулирующую аппаратуру, что делает структуру управления проще, дешевле и существенно надёжнее;

– частотники в составе с АД могут вполне использоваться для замены электроприводов постоянного тока;

– возможно создание многофункциональных систем управления приводами на базе ПЧ с контроллером;

– модернизация технологического конструктива может производиться без перерыва в работе [1].

Результаты исследования. Экономическое обоснование эффективности внедрения частотного преобразователя.

Для управляемости электромотором с определенной скоростью вращения, сигнал электрического тока преобразуется несколько раз. Всякое преобразование управления является энергетической потерей. При расчетной нормальной мощности электродвигатель вместе с преобразователем частоты расходуют больше электрической энергии, чем просто электромотор вместе с пускателем. Это похоже на закон сохранения энергии.

Сэкономить на работе преобразователя (инвертора) можно, если электромотор нагружать до 70%. При нормальном расчете мощность электродвигателя и расходование электрической энергии с преобразователем частоты повышается в 1,5 раза.

Выводы:

– необходимо использовать преобразователи управления частоты тогда, когда это необходимо по технологическому процессу изготовления продукции;

– номинальной нагрузкой не получится сэкономить электрическую энергию, будет лишний расход энергии.

Такие исследования были проведены на реальном оборудовании механизмов привода моторов. Поэтому, есть такое утверждение, что частотники (инверторы) реально не дают нужного эффекта, их целесообразно применять в ограниченных условиях.

Работа производственных учреждений различных отраслей (сельского хозяйства, городов, отопления, снабжения водой) может быть намного эффективнее при применении процесса автоматизации, использования в техпроцессах приводов и механизмов с регулятором на основе инверторов (частотников).

Если правильно выбрать агрегат, то мощность электродвигателя и расход обеспечивает нужное давление в отопительной системе, водоснабжения при наибольшем использовании воды. Это происходит утром и вечером. В другое время давление с избытком.

Расход воды регулируется на большой скорости мотора, но оборудование ненадежное и расходует много энергии. Лучшим методом для этого служит уменьшение оборотов мотора насоса при такой же нагрузке, применение датчика и частотника [2].

Кроме того, факторами, снижающими производственные расходы и позволяющими повысить эффективность путём внедрения частотных преобразователей являются:

– сокращение текущих затрат на обслуживание электропривода;
– увеличения ресурса службы электродвигателя.

Срок окупаемости затрат на приобретение и введение в эксплуатацию частотных преобразователей зависит от множества факторов и может составлять от 3 месяцев до 2,5 лет, при этом инвертор окупается быстрее при использовании его совместно с мощным приводом. Таким образом, внедрение частотных преобразователей наиболее целесообразно при соблюдении следующих условий:

– электродвигатель имеет большую потребляемую мощность;

– электродвигатель работает в течение длительного времени;

– механизм, частью которого является электродвигатель, демонстрирует избыточную производительность;

– высокие тарифы на электроэнергию [3].

В отдельных случаях применение современного управления производством с помощью частотных преобразователей приводит к снижению не только энергоресурсов, но и потерь транспортируемых веществ. В промышленно-развитых странах уже практически невозможно найти асинхронный электродвигатель без преобразователя частоты.

Глядя на ситуацию сквозь призму пользователя, предполагается деление преобразователей частоты на две части: первая будет содержать технику, ориентированную на пользовательского дилетанта и имеющую минимальное количество настроек и максимум автоматических, а во вторую – приборы, имеющие максимальное количество настроек с большими возможностями и рассчитанные на применение специалистами, способными все эти возможности использовать [1].

Библиографический список

1. Преобразователи частоты // Группа Русалт : официальный сайт. URL: http://chistotnik.ru/dlya-chego-nuzhen-chastotnyj-preobrazovatel.html#ihttps://nowremont.ru/texnologii-sistemy-umnyj-dom/ – (04.02.19)
2. Экономический эффект от преобразователя частоты // Группа Русалт : официальный сайт. URL: http://chistotnik.ru/preobrazovatel-chastoty-ekonomiya-elektroenergii.html – (04.02.19)
3. Внедрение частотных преобразователей // StepMotor — промышленная автоматика в России : официальный сайт. URL: https://stepmotor.ru/chastotniki – (08.02.19)

Обнаружение дорог в области тени на спутниковых изображениях

Лялина В. А.[a], Курбатова Е. Е.[b]
студент кафедры радиоэлектронных средств [a]
кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных средств[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская федерация[a,b]
E-mail: stud097054@vyatsu.ru[a], kurbatova@vyatsu.ru[b]

Аннотация: Для автоматического формирования и обновления информации о дорожной сети в современных системах часто используются спутниковые изображения. На таких изображениях присутствуют тени, что затрудняет обнаружение дорог. В работе предложен подход, позволяющий обнаружить дороги по спутниковым изображениям даже на затененных участках. Подход заключается в предварительном детектировании теневых областей, преобразовании яркости найденных участков, обнаружении дорог на основе признака яркости, применении морфологических преобразований для формирования дорожной сети. Обнаружение теней осуществляется по *V* компоненте из цветового пространства *HSV* с помощью контурной сегментации. Для детектирования дорог используется сегментация по яркости *B* компоненты цветового пространства *LAB*. Представленные результаты моделирования подтверждают эффективность применения предложенного подхода при обнаружении дорог в области тени.

Ключевые слова: обнаружение дорог, тени, скелетизация, морфологические преобразования.

Введение. Автоматическое обнаружение дорог и построение карты дорожной сети является важной задачей для многих приложений, таких как городское планирование, навигация, актуализация карт, мониторинг состояния дорог и т. д. Спутниковые изображения являются важным источником информации о местности и могут применяться для решения данной задачи.

Среди существующих методов обнаружения дорог довольно сложно однозначно выделить определённые группы и подходы, так как большинство методов являются комплексными, используемыми для конкретного приложения. Однако в литературе преобладают два основных подхода к классификации методов обнаружения дорог: в зависимости от того, какие признаки используются для детектирования; в зависимости от техник и алгоритмов, которые используются для обнаружения [1, p. 271]. В существующих подходах для распознавания дорог используются различные признаки: яркость, геометрические характеристики, топологические особенности, текстурные признаки. Однако лучших результатов позволяют достичь методы, использующие комбинацию из нескольких признаков.

По второму критерию методы обнаружения дорог можно разделить на методы, основанные на классификации [Gecen R., Sarp G., p. 355; Kahraman I., Turan M. K., Karas I. R., p. 304], на основе обнаружения границ [4, p. 187; 5, p. 4], на основе морфологических преобразований [Statella T., da Silva E. A., p. 37; 7, p. 1120]. Во многих подходах на разных этапах комбинируются разные алгоритмы [Ma A. R., Wang W., Liu S., p. 1].

При распознавании дорог на спутниковых изображениях одной из главных трудностей является наличие теней. Тени могут создаваться разными объектами (дома, деревья, автомобили, и т. д.) и закрывать часть дороги. Так как тень существенно отличается по яркости от фона, то применение автоматических методов детектирования приводит к неверному обнаружению объектов на затененном участке, искажению их геометрических и топологических характеристик.

Данная работа направлена на решение проблемы обнаружения дорог в области тени, что позволит повысить качество детектирования дорожной сети. Для этого необходимо предварительно обнаружить области теней на спутниковом изображении и преобразовать яркостные характеристики найденных областей, чтобы снизить влияние теней на дальнейшую обработку.

Основной подход. Предлагаемый подход состоит из нескольких этапов. На первом этапе осуществляется обнаружение теневых областей на спутниковом изображении. В результате реализации данного этапа формируется бинарная маска, на которой области тени окрашены белым цветом, остальная часть изображения – чёрным. Следующий этап заключается в преобразовании яркости в пределах найденных областей, чтобы снизить влияние теней при дальнейшей обработке. Затем осуществляется обнаружение дорог по изображению, полученному после устранения теней. На заключительном этапе осуществляется постобработка результатов обнаружения и формируется изображение дорожной сети в

виде линии, соответствующей локализации и топологии дорог на исходном изображении.

Обнаружение и устранение теней на изображении.

Для обнаружения теней широко используется преобразование исходного *RGB* изображения в другие цветовые пространства, где тени имеют более ярко выраженные особенности и могут быть эффективно обнаружены [Dare P. M., p.169; Mostafa Y., p. 545; Murali S., Govindan V. K., p. 95; Tsai V. J., p. 1661]. В данной работе предлагается использовать цветовое пространство *HSV* и обнаруживать тени по компоненте *V* (яркость). Значение компоненты *V* в области тени всегда ниже, чем на освещённых участках. Поэтому тени можно определить как области с наименьшим значением компоненты *V*.

Для обнаружения и локализации теневых областей применяется контурная сегментация на основе двумерных цепей Маркова [Medvedeva E. V., Kurbatova E. E., p. 277]. Поскольку данный метод применяется к цифровым полутоновым изображениям (ЦПИ), компонента *V* предварительно приводится к диапазону от 0 до 255, то есть представляется в виде 8-разрядного ЦПИ. Метод требует предварительного выбора разрядного двоичного изображения (РДИ), по которому будет осуществляться поиск контуров. Основные детальные области могут быть выделены на старшем РДИ. Однако если съёмка велась в условиях низкой освещённости и исходное изображение имеет низкую яркость, то для эффективного обнаружения теней требуется использовать комбинацию двух старших РДИ (7 и 8). Для автоматического выбора РДИ предлагается оценивать среднее значение компоненты *V* исходного изображения. Если полученное значение превышает порог 128, то сегментация осуществляется по одному старшему РДИ. Если среднее значение яркости *V* компоненты исходного изображения ниже значения 128, то контурное изображение формируется путём объединения контуров, полученных по 7 и 8 РДИ.

На полученном контурном изображении для каждого сегмента, ограниченного контуром вычисляется среднее значение компоненты *V* в пределах

сегмента, которое сравнивается с порогом. Если найденное значение ниже порога, то данный сегмент считается областью тени. Оптимальное значение порога определено эмпирически и принято равным 40.

Затем в пределах обнаруженных теневых областей осуществляется гамма-коррекция изображения, что приводит к повышению яркости в области тени. Благодаря тому, что изменения производятся только в пределах затенённых областей, яркостные и спектральные характеристики остальной части изображения не изменяются, следовательно, данные преобразования не влияют на обнаружение других объектов на изображении.

Обнаружение дорог.

Для обнаружения дорог, так же как для обнаружения теней, применяется метод сегментации на основе двумерных цепей Маркова с последующей оценкой параметров сегментов и пороговой обработкой. Однако обнаружение дорог осуществляется более эффективно на основе информации о цвете, поэтому в данном случае используется преобразование исходного изображения в цветовое пространство *LAB* и сегментация компоненты *B*. Сегменты, значение компоненты *B* для которых находится в диапазоне от 100 до 130, относятся к дорожной сети. Проведённые эксперименты показали, что при данных значениях порогов обеспечивается наилучшее обнаружение для большинства исследуемых изображений.

Формирование дорожной сети.

Для формирования дорожной сети по полученным на предыдущем этапе результатам сегментации применяются морфологические преобразования.

К результатам сегментации *B* компоненты применяется морфологическая скелетизация с последовательным применением процедур эрозии и дилатации [Soille p. 63]. Алгоритм скелетизации позволяет построить средние линии найденных областей, при этом

топологические характеристики области сохраняются. Сформированная скелетная линия соответствует конфигурации искомой дорожной сети. Для повышения качества скелета и устранения влияния шумов используется морфологическая фильтрация, которая заключается в последовательном применении операций удаления ответвлений объекта (spur) и удаление изолированных пикселей объектов (clean).

Результаты моделирования.

Моделирование предложенного метода проводилось в среде Matlab на персональном компьютере Intel Core i7-3770, 4Гбайт ОЗУ.

На Рис. 1 показаны результаты каждого этапа предложенного подхода. Исходное и эталонное изображения взяты из открытой базы тестовых изображений [Mnih V., p. 85]. Эталонное изображение получено в результате ручной разметки (Рис. 1в). В данном случае среднее значение компоненты *V* исходного изображения равно 65, поэтому сегментация осуществлялась по комбинации двух старших РДИ. Контурное изображение, полученное по двум старшим РДИ, приведено на Рис. 1а. Бинарная маска теневых областей, полученная в результате сегментации, показана на Рис. 1б. На Рис. 1г, 1д, 1е показаны результаты обнаружения дорог по исходному изображению, на Рис. 1ж, 1з, 1и – результат обнаружения дорог после преобразования яркости найденных областей теней. Приведённые результаты показывают, что после устранения теней количество областей, обнаруженных при детектировании дорог, увеличивается (Рис. 1ж). Это создает больше ложных скелетных линий (Рис. 1з), однако большинство из них эффективно удаляется после применения морфологических преобразований (Рис. 1и). При сегментации исходного изображения без устранения теней линия дорожной сети имеет разрывы на затенённых участках (Рис. 1е), в то время как при сегментации после устранения теней формируется сплошная линия без разрывов (рис. 1и), соответствующая конфигурации дороги на эталонном изображении (рис. 1в).

Рисунок 1. Результаты моделирования: а) контурное изображение, полученное по двум старшим РДИ *V* компоненты; б) бинарная маска областей теней; в) эталонное изображение; г) сегментация дорог по *B* компоненте без устранения теней; д) результат скелетизации без устранения теней; е) изображение дорожной сети после морфологических преобразований без устранения теней; ж) сегментация дорог по B компоненте после устранения теней; з) результат скелетизации после устранения теней; и) изображение дорожной сети после морфологических преобразований при устранении теней.

Выводы. Предложенный подход позволяет обнаружить дороги на спутниковых изображениях даже в области тени, за счёт предварительного применения алгоритма обнаружения и устранения теней и последующей морфологической обработки результатов сегментации. Это позволяет повысить эффективность обнаружения дорог.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-00070).

Библиографический список

1. A review of road extraction from remote sensing images / W. Wang et al. // Journal of traffic and transportation engineering. 2016. Vol. 3(3). P. 271-282.
2. Gecen R., Sarp G. Road detection from high and low resolution satellite images // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Vol. XXXVII. Part B4. Beijing, 2008. P. 355-358.
3. Kahraman I., Turan M. K., Karas I. R. Road detection from high satellite images using neural networks // International journal of modeling and optimization. 2015. Vol. 5 (4). P. 304-307.
4. Extraction of roads from satellite images based on edge detection / N. Sai Kumar et al. // International journal of engineering development and research. 2017. Vol. 5(2). P. 187-190.
5. Method based on edge constraint and fast marching for road centerline extraction from very high-resolution remote sensing images / Lipeng Gao at al. // Remote sensing. 2018. Vol. 10 (6). P. 1-22.
6. Statella T., da Silva E. A. Detection of shaded roads in high spatial resolution images of urban areas // Engenharia Civil. 2011. Vol. 39. P. 37-45.
7. Advanced directional mathematical morphology for the detection of the road network in very high resolution remote sensing images / Valero S. et al. // Pattern recognition letters. 2010. Vol. 31 (10). P. 1120-1127.
8. Ma A. R., Wang W., Liu S. Extracting roads based on retinex and improved Canny operator with shape criteria in vague and unevenly // Journal of applied remote sensing. 2012. Vol. 6 (23). P. 1-14.
9. Dare P. M. Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas // Photogrammetric engineering and remote sensing. 2005. Vol. 71. P. 169-177.
10. Mostafa Y. A review on various shadow detection and compensation techniques in remote sensing images // Canadian journal of remote sensing. 2017. Vol. 43. P. 545-562.
11. Murali S., Govindan V. K. Shadow detection and removal from a single image using LAB color space // Cybernetics and information technologies. 2013. Vol. 13 (1). P. 95-103.
12. Tsai V. J. A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. 2006. Vol. 44 (6). P. 1661-1671.
13. Medvedeva E. V., Kurbatova E. E. Image segmentation based on two-dimensional Markov chains // Computer Vision in Control Systems-2. Innovations in practice. Springer International Publishing Switzerland. 2015. P. 277-295.
14. Soille P. Morphological Image Analysis. Berlin: Springer–Verlag, 1999. P. 434.
15. Mnih V. Machine learning for aerial image labeling // A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Doctor of Philosophy Graduate Department of Computer Science University of Toronto. 2013. P. 103.

Однофакторные экспериментальные исследования дробилки зерна со шнековым сепаратором

Медведев О. Ю.[a], Турубанов Н. В.[b], Исупов А.Ю.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и строительной механики[a,b,c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
кандидат технических наук, научный сотрудник ФАНЦ Северо-Востока [b,c]
ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Российская Федерация[b,c]
E-mail: usr08307@vyatsu.ru[a], nikolaytu@mail.ru[b], usr10468@vyatsu.ru[c]

Аннотация: актуальной задачей для машин малой и большой мощности в ходе дробления зерна является достижение их высокой пропускной способность при низких удельных энергозатратах и получение продукта, который соответствует государственному стандарту; цель исследований: проведение однофакторных экспериментальных исследований дробилки зерна со шнековым сепаратором; определение оптимального сочетания параметров и режимов работы дробилки зерна проводили методом однофакторного эксперимента; в ходе экспериментов получен соответствующий требованиям ГОСТ готовый продукт посредством включения в процесс измельчения шнекового сепаратора; статья может быть интересна для учёных, инженеров, аспирантов, занимающихся определением рациональных параметров машин малой и большой мощности в ходе их работы, разработкой этих машин и их внедрением в отрасли сельского хозяйства.

Ключевые слова: шнековый сепаратор, однофакторные эксперименты, дробилка зерна.

Введение. При исследовании дробилок зерна следует учитывать, что получаемый в ходе дробления продукт должен соответствовать стандарту. В процессе измельчения растительных материалов необходимо стремится к тому, чтобы при низких удельных энергозатратах устройства для дробления достигалась достаточно высокая его пропускная способность. Данная проблема актуальна для машин как большой, так и малой мощности.

Постановка цели и задач исследования. Цель исследований: проведение однофакторных экспериментальных исследований дробилки зерна с шнековым сепаратором.

Задачи:

1) получить качественный продукт, соответствующий требованиям государственного стандарта;
2) определить рациональные показатели работы дробилки со шнековым сепаратором при разных сечениях отверстий используемых решёт.

Методы исследования. Для исследований выбрана дробилка зерна открытого типа со шнековым сепаратором. Экспериментальные исследования

рабочего процесса молотковой дробилки, определение оптимального сочетания параметров и режимов ее работы проводили методом однофакторного эксперимента. На первом этапе определяли зависимости показателей работы дробилки от частоты вращения шнека, далее находили зависимости – от диаметра отверстий решета $d_{отв}$.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании результатов, полученных в исследованиях Медведева О. Ю., [3, с. 890], Исупова А. Ю., [2, с. 7], произвели изменение схемы выгрузки измельчаемого материала [Медведев О. Ю., Турубанов Н. В., Исупов А. Ю., с. 560]. На рисунке 1 приведена видоизменённая схема шнека, на которой изображён шнековый сепаратор, где в корпусе шнека 5 установлено решето 3, позволяющее отводить готовый продукт в бункер 1.

Чистики 2, установленные на витках шнека 5, введены для исключения застревания в отверстиях решета 3 материала при дроблении.

Для проведения однофакторных экспериментов установили исходные параметры машины: диапазон частоты вращения шнека n=325...700 мин$^{-1}$, длину дефлектора L=365 мм, угол разворота дефлектора α=67°, длину решета 550 мм с прямоугольными отверстиями 2,2х20 мм (рис. 2) [Турубанов Н. В., Медведев О. Ю., с. 193].

Рисунок 1. Схема шнекового сепаратора: 1 - бункер; 2 - чистики; 3 - решето; 4 - выходная горловина; 5 - шнек

Рисунок 2. Решето с прямоугольными отверстиями

На рисунке 3 представлены зависимости показателей работы дробилки от частоты вращения шнека: при изменении n с 325 до 700 мин$^{-1}$ увеличивается производительность машины *Q* от 0,54 до 0,68 т/ч, снижаются энергетические расходы *Э* с 3,8 до 2,8 кВт·ч/(т·ед.ст.изм.) и величина частиц $d_{ср}$ от 1,28 до 1,19 мм. Количество совершенно не измельчённого материала *m* ниже 0,3%.

Рисунок 3. Зависимости показателей работы дробилки от частоты вращения шнека n

Результаты проведённых исследований сведены в таблицу 1 и представлены на рисунке 4, где приведены параметры измельчения сыпучего материала при изменении частоты вращения шнека.

Таблица 1

Гранулометрический состав готового продукта при изменении частоты вращения шнека

Размер частиц, мм	Частота вращения шнека n, мин$^{-1}$							
	325		450		575		700	
	P_i, %	R_i, %	P_i, %	R_i, %	P_i, %	R_i, %	P_i, %	R_i, %
до 0,244	13,20	13,20	14,96	14,96	14,07	14,07	14,07	14,07
0,244...0,5	12,06	25,26	12,61	27,56	14,50	28,56	20,64	34,71
0,5...1,0	11,12	36,38	11,29	38,85	9,52	38,09	7,50	42,21
1,0...1,5	19,79	56,17	18,81	57,67	21,05	59,14	18,86	61,07
1,5...2,0	37,23	93,40	35,75	93,41	34,16	93,30	32,36	93,43
2,0...3,0	6,60	100,00	6,59	100,00	6,70	100,00	6,57	100,00
3,0...4,0	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00

Рисунок 4. Помольные характеристики крупности при частоте вращения шнека n: 1 - 325 мин$^{-1}$; 2 - 450 мин$^{-1}$; 3 - 575 мин$^{-1}$; 4 - 700 мин$^{-1}$

Анализ рисунка 4 даёт понять, что с увеличением n измельчённый материал выходит примерно одинаковым, а именно, доля помола с величиной частиц 1,5...2,0 мм снижается с 37,23 до 32,36 %, доля помола с величиной частиц 0,244...0,5 мм возрастает от 12,06 до 20,64 %, часть тонкого помола до 0,244 мм составляет 13,20...14,07 %.

В последующих экспериментах использовали решёта с круглым сечением отверстий, в силу того, что включение в конструкцию машины решёт с продолговатым сечением отверстий хоть и даёт при усилении их сечения выполнить абсолютный отвод раздробленного зерна, но при этом часть совершенно не измельчённого материала значительно повышается (рис. 5).

Рисунок 5. Решёта с круглыми отверстиями

Для дальнейшего проведения однофакторных экспериментов определили следующие параметры дробилки: диапазон изменения величины $d_{отв}$ от 3 до 4,5 мм, зафиксировали без изменения n=700 мин$^{-1}$, L=365 мм и α=67° [Турубанов Н. В., Медведев О. Ю., с. 194].

На рисунке 6 показаны результаты проведённых однофакторных экспериментов с соответствующими зависимостями.

Рисунок 6. Зависимости показателей работы дробилки от диаметра отверстий решета $d_{отв}$

При подробном рассмотрении зависимостей, представленных на рисунке 6, видим, что с повышением $d_{отв}$ растёт производительность Q от 0,342 до 0,81 т/ч, величина измельчаемого материала $d_{ср}$ с 1,06 до 1,28 мм, доля неизмельчённого материала m от 0 до 0,59 % и снижаются энергетические потери Э с 4,95 до 2,42 кВт·ч/(т·ед.ст.изм.).

Выводы

1. В ходе однофакторных экспериментов получили соответствующий требованиям стандарта продукт почти для всех групп животных.

2. При одних и тех же предустановленных параметрах машины использование решета с круглым сечением отверстий в шнековом сепараторе позволяет достичь производительности Q=0,76 т/ч, в то время как производительность устройства с решетом с прямоугольным сечением отверстий – не превышает 0,68 т/ч при равной части не измельчённого материала m=0,3 % в полученном продукте.

Библиографический список

1. Медведев О. Ю. Экспериментальные исследования угла разворота дефлектора в обводном канале дробилки / ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ. (НПК – 2016) : сб. статей всерос. ежегод. науч.-практ. конф. (18–29 апреля 2016 г.). Киров : Изд-во Вят. гос. ун-та, 2016. С. 888-892.
2. Исупов А. Ю. Обоснование параметров и режимов работы устройства для фракционирования и очистки зернового вороха перед плющением: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01. Киров, 2013. 20 с.
3. Медведев О. Ю., Турубанов Н. В., Исупов А. Ю. Определение рациональной зоны установки основного решета в обводном канале дробилки // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018) : сб. ст. XVIII всерос. науч.-практ. конф. (2-28 апреля 2018 г.). В 3 т. Т. 2. Технические и физико-математические науки / ВятГУ. Киров : Изд-во ВятГУ, 2018. С. 558-564.
4. Турубанов Н. В., Медведев О. Ю. Исследования параметров выгрузного шнека // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро-Северо-Востока : м-лы междунар. науч.-практ. конф. Киров, 2005. С. 191-195.

Разработка методики интенсификации рабочего процесса дизеля

Мотовилова М. В[a]., Петухович Е. Д. [b]
аспирант кафедры машин и технологии деревообработки[a]
магистрант автотракторного факультета[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a]
Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь[b]
E-mail: marina_mtd@mail.ru [a], eg.610or@yandex.by[b]

Аннотация: интенсивность развития производства в промышленности оказывает влияние на транспортную отрасль. Источником движения транспортного средства является двигатель, а такие его показатели как высокая производительность, мощность и экологическая безопасность приводят к необходимости дополнительного воздействия на рабочие процессы двигателя внутреннего сгорания. Исследования в этой области актуальны и необходимы. В статье рассмотрены вопросы необходимости интенсификации и её способы. По обоснованному способу интенсификации процесса рассчитывается, разрабатывается и создаётся устройство для передачи тепла топливу. В рабочем процессе дизеля важное значение имеет качество применяемого топлива, его состав и подготовка. При передаче тепла топливу давление нарастает постепенно, двигатель работает мягко. В статье разработана методика интенсификации рабочего процесса дизеля.

Ключевые слова: дизель, процесс сгорания, система топливоподачи, эффективные показатели, методика.

Одним из перспективных направлений в развитии народного хозяйства является автомобильный транспорт. Источником движения транспортного средства является двигатель, а такие его показатели, как высокая производительность, мощность, экологические показатели отработавших газов, весьма значимы.

Правильная эксплуатация и обслуживание двигателя не всегда обеспечивают нужные показатели, появляется необходимость в дополнительном воздействии на рабочие процессы дизеля [Болотов А. К., Лопарев А. А., Судницын В. И., 2006].

В процессе работы двигателя важное значение имеет качество применяемого топлива, его состав и подготовка. Существует возможность дополнительного влияния на состав и свойства топлива, что положительно сказывается на рабочем процессе двигателя [Плотников С. А., 2011]. При дополнительном воздействии на топливо повышается экономичность работы дизельного двигателя, не наблюдается резкого повышения давления в то время, когда снижается теплонапряжённость деталей, уменьшается

нагарообразование, а также улучшаются характеристики по отработавшим газам: снижение выбросов оксидов углерода, оксидов азота и сажи.

При воздействии на дизельное топливо можно изменить его структуру и некоторые физические свойства, такие как плотность и вязкость. Существуют различные способы влияния на состав и свойства топлива. Способы воздействия подразделяются на химические и физические. Химический метод – это применение различных присадок и химических веществ, которые способствуют процессу сгорания или придают топливу определённые свойства. А физическое воздействие – это использование магнитного, радиационного, электромагнитного, температурного, ультрафиолетового облучения и других видов обработки топлива [Анисимов А. С., Карасёв Ю. В., Ивашкин А. А., 2016].

При воздействии ультразвуком изменяются физико-химические показатели топлива, происходит процесс распада углеводородных молекул по связям углерода. Для достижения продолжительного результата, в частности уменьшения плотности, вязкости и нагарообразования, необходимо длительное воздействие ультразвуком (не менее трёх часов).

Электромагнитное (магнитное) воздействие влияет на дисперсность, однородность смеси и полноту сгорания топлива. Высокое напряжение, необходимое при данном способе воздействия, создаёт возможность возникновения искры, а это небезопасно вблизи горючих углеводородов.

Под действием озонирования присутствующие в топливе радикалы кислорода снижают температуру воспламенения и способствуют полному сгоранию топлива. Время существования свободных радикалов ограничено, и при длительном хранении происходят необратимые процессы в топливе (выпадение осадка).

Радиационное предварительное воздействие приводит к изменению плотности топлива, что положительно влияет на процесс распыливания и сгорания топлива. Однако процессы, возникающие при данном виде

обработки, не прекращаются после облучения, что приводит к ухудшению эксплуатационных свойств топлива.

При некоторых способах влияния на топливо необходимы дополнительные затраты, а также наличие сложного оборудования. Подготовка топлива занимает определённое время и требует наличия отдельных ёмкостей.

Одним из эффективных способов воздействия на топливо является дополнительная передача ему тепла в системе топливоподачи. Подогрев в топливопроводе низкого давления до необходимых температур нецелесообразен, так как не обеспечивается сохранение температуры в топливе.

Передача тепла топливу осуществляется непосредственно перед форсунками. Предварительная подготовка топлива может осуществляться за счёт передачи тепла через стенки топливопровода. Объём смеси, прогревшись, воспламеняется мгновенно, с «мягким» нарастанием давления. При поступлении предварительно нагретого топлива вязкость снижается, улучшается распыление смеси, увеличивается интенсивность испарения топлива. При снижении вязкости капли топлива распадаются на более мелкие фракции. Площадь соприкосновения с воздухом увеличивается, температура капли возрастает, а поверхностное натяжение уменьшается, что способствует лучшему испарению [Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Атаманюк В. Ф., 2015; Плотников, С. А., Бузиков Ш. В., Бирюков А. Л. 2017; Плотников, С. А., Бузиков Ш. В., Атаманюк В. Ф., 2014].

Исследования предполагается вести в несколько этапов. На первом этапе в ходе теоретического исследования даётся обоснование необходимости интенсификации рабочего процесса дизельного двигателя, существующих способов, при помощи которых достигается эффект. Обосновывается способ интенсификации.

На втором этапе обосновываются параметры устройства для передачи тепла топливу, рассчитывается, разрабатывается и создаётся само устройство.

На следующем этапе исследуются параметры работы двигателя при интенсификации рабочего процесса.

Нагревательное устройство должно быть компактным, несложным по конструкции, за счёт необходимой мощности и скорости термического воздействия должно передавать топливу необходимое количество теплоты [7]. Предполагаем, что топливу, движущемуся в топливопроводе высокого давления, подводится тепло (быстро и точечно) непосредственно перед форсункой. Тепло передаётся объёму топлива, равному объёму цикловой подачи [8, 9].

Самовоспламенение распылённого топлива начинается раньше, при этом исключается процесс накопления испарившихся паров топлива, снижается период задержки воспламенения, улучшаются условия горения. Процесс сгорания интенсифицируется.

При предварительном нагреве топлива до высоких температур и подачи его в цилиндры двигателя уменьшается время на прогрев топлива до температуры самовоспламенения.

Потребление топлива за час рассчитываем из выражения

$$G_{\text{т}} = N_e \cdot q_e = 16{,}45 \text{ кг/час} \quad (1)$$

где: N_e – номинальная эффективная мощность двигателя (принимаем N=70 кВт);

g_e – удельный расход топлива при номинальной мощности g_e=235 г/кВт·час);

(принимаем расход топлива $G_{\text{т}}$=16,5 кг)

Устройство должно передавать тепло через стенки топливопровода проходящему топливу. Количество тепла, необходимое для передачи топливу, определяем по формуле:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 10395 \text{ кДж} \quad (2)$$

где: c – удельная теплоёмкость дизельного топлива (1,9-2,6 кДж/кг· ˚С, принимаем с=2,25 кДж/кг· ˚С);

Δt – изменение температуры дизельного топлива (t_1 – 20 ˚С, t_2 – 300 ˚С, принимаем Δt=280 ˚С);

m – масса дизельного топлива (расход топлива G=16,5 кг)

Количество тепла, необходимое для передачи топливу, составляет 10395 кДж. При переводе кДж в кВт получаем суммарную мощность устройства 2,88 кВт (принимаем мощность нагревательного устройства 3 кВт). Мощность одного (перед каждой форсункой) подогревательного устройства составит 0,7516,5 кВт.

Цикловую подачу топлива определяем по формуле:

$$q_{\text{ц}} = \frac{G_{\text{т}} \cdot 10^3}{60 \cdot 1400 \cdot 2} = 0{,}098 \text{ гр/цикл} \quad (3)$$

Объём топлива за цикл определяем по формуле:

$$V_{\text{ц}} = q_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{т}} = 0{,}0845 \text{ см}^3$$

где: $\rho_{\text{т}}$ – плотность топлива (0,83-0,86 гр/см^3, принимаем $\rho_{\text{т}}$ = 0,845 гр/см^3)

При данном объёме топлива длина топливного трубопровода для нагрева определяется из выражения:

$$h = \frac{V_{\text{ц}}}{\pi \cdot r^2} = 1{,}19 \text{ см} \quad (4)$$

где: r – внутренний радиус трубопровода высокого давления (r=1,5 мм)

При мощности нагревательного элемента 0,75 кВт сила тока из выражения (5) составит 3,4А.

$$I = \frac{P}{U \cdot} = 3{,}4 \text{ А} \quad (5)$$

Сопротивление нагревательного элемента составит 65…70 Ом из выражения (6)

$$R = \frac{U^2}{P} = 65 \text{ Ом} \quad (6)$$

В качестве нагревательного элемента (Рис.1, а) используется провод с высоким электрическим сопротивлением диаметром 0,4-0,5 мм, (температура

нагрева до 400 ˚С, сопротивление (5,6-8,75 Ом на метр)). Нагревательный элемент изготавливается в форме спирали с изолирующими керамическими элементами. Температурный диапазон регулируется при помощи регулятора напряжения.

а

б

Рисунок 1. Нагревательный элемент: а – внешний вид; б – установленный на ДВС

Нагревательный элемент устанавливается непосредственно перед форсунками на топливопроводе высокого давления.

При термическом воздействии на топливо возможны изменения показателей работы двигателя. Испытания двигателя производят для оценки его основных показателей. В ходе исследований целесообразно проведение испытаний на нескольких температурных режимах.

В процессе исследования целесообразно определить:

1) регулировочные показатели (оптимальный угол опережения впрыскивания топлива) с подогревом ДТ в диапазоне от T_1 до T_2;
2) эффективные показатели в отмеченных диапазонах работы дизеля.
3) экологические показатели в отмеченных диапазонах работы дизеля;

При определении всех показателей и оценке регулировочных параметров проводятся испытания двигателя в соответствии с действующими ГОСТами.

Выводы:

1) для интенсификации рабочего процесса достаточно локального дополнительного воздействия на топливо в топливопроводе высокого

давления перед форсунками, которое может быть достигнуто за счет компактного подогревательного устройства;

2) при интенсификации рабочего процесса дизеля возможно улучшение условий сгорания топлива с максимальным количеством выделения теплоты, имеет место мягкая работа двигателя;

3) возможно снижение эмиссии отдельных токсических компонентов в отработавших газах.

Библиографический список

1. Болотов, А. К. Конструкция тракторов и автомобилей. / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницын. М. : Машиностроение, 2006. 304 с.
2. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствование топливоподающей аппаратуры : автореферат дис. … д-ра тех. наук / С. А. Плотников. Нижний Новгород : НГТУ, 2011. 40 с.
3. Анисимов, А. С. Способы улучшения эксплуатационных свойств дизельного топлива / А. С. Анисимов, Ю. В. Карасёв, А. А. Ивашкин // Молодой ученый. 2016. № 26. С. 1-3. URL https://moluch.ru/archive/13плива0зрастает/36155/ (дата обращения: 20.10.2018).
4. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В Бузиков, В. Ф. Атаманюк. // Вестник Марийского государственного университета. 2015. С. 39-43.
5. Плотников, С. А. Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с термической подготовкой топлива. / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Л. Бирюков // Молочно-хозяйственный вестник. 2017. №3 (27). С. 114-124.
6. Плотников, С. А. Исследование процесса сгорания и тепловыделения дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 7. С. 25-27.
7. Патент № 2018118448. Российская Федерация. Способ снижения задержки воспламенения топлива в дизельном двигателе : заявл. 18.05.2018 / Бузиков Ш. В., Карташевич А. Н., Малышкин П. Ю., Мотовилова М. В.
8. Патент № 2018125178. Российская Федерация. Индукционный нагреватель топлива : заявл. 09.07.2018 / Бузиков Ш. В., Карташевич А. Н., Малышкин П. Ю., Мотовилова М. В.
9. Патент №2 018130389. Российская Федерация. Система питания дизельного двигателя с индукционным подогревом : заявл. 20.08.2018 / Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Карташевич А. Н., Малышкин П. Ю., Мотовилова М. В.

Определение свойств бумаги для различных способов печати

Мякишев С. Л.
кандидат педагогических наук, доцент кафедры технологии и дизайна
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: usr10994@vyatsu.ru

Аннотация: при выборе способа печати издания необходимо обращать внимание на свойства используемой бумаги. Первоначально бумагу классифицируют по виду издательской продукции и способу печати. Бумага в полиграфии разделена на несколько групп: офсетная, мелованная, газетная, дизайнерская, для высокой печати, для глубокой печати, для цифровой печати. Для каждой группы определены возможности воспроизведения иллюстраций и текстовой информации, выбраны типы технологических операций, используемого оборудования и наносимых красок. Бумаги делят по множеству свойств: составу, плотности, массе, гладкости, белизне, жесткости, направлению волокон, наполнителям, пористости, прочности. Ассортимент бумаг, выпускаемых промышленностью, постоянно пополняется, и перед технологом стоит задача верного определения свойств бумаги для различных способов печати. В данной статье выполнена систематизация свойств бумаги для высокой, офсетной, глубокой и цифровой печати.

Ключевые слова: полиграфическая бумага, высокая печать, офсетная печать, глубокая печать, цифровая печать.

Введение. Бумага была изобретена во втором веке до нашей эры. Ее изготавливали из различных материалов, используя разные технологии. В Европу бумага пришла в XII веке. Изначально бумажную массу получали из тряпья вручную, затем появились бумагоделательные машины. Вскоре изобретается устройство для истирания древесины и технология получения бумаги из древесной массы.

Актуальность темы обусловлена широким выбором полиграфической бумаги на рынке, большим разнообразием ее свойств. Сегодня бумагу изготавливают, добавляя в нее лен, макулатуру, хлопок. Бумага имеет такую толщину, что масса одного квадратного метра составляет до 250 граммов. При большой массе материал классифицируется как картон. Бумага характеризуется содержанием лигнина – вещества, делающего её хрупкой и темнеющей на свету. Высоким содержанием лигнина характеризуется газетная бумага, которую получают из еловой древесной массы. Бумагу более высокого качества изготавливают из сосны, но при этом в бумагу попадают смолистые вещества, придающие ей бурый оттенок. Такая бумага относится к обёрточной.

Полиграфическую бумагу для высококачественной печати отбеливают с помощью хлорной извести и добавляют синюю краску. Для того, чтобы придать бумаге прочность, в неё при изготовлении добавляют тряпичные волокна. Чтобы бумага стала плотной и гладкой, её наполняют минеральными веществами, например, каолином. Такая бумага будет хорошо впитывать краску. Наоборот, для уменьшения впитывающей способности в бумагу добавляют канифольный клей. Бумагоделательная машина, по которой движется сырая бумага, определяет ещё одну характеристику – направление волокон. Прессы и сушильные барабаны задают влажность бумаги.

Постановка цели и задач исследования. Цель данного исследования – определение свойств бумаги, подходящих для конкретного вида печати, выделение универсальных и специфических характеристик бумаги.

Для достижения поставленной цели предлагается решение задач систематизации и описания.

Методы исследования. Методами исследования являются сравнительный анализ и сопоставление бумаг по классам.

Результаты исследования. Результатом исследования стало определение общих и особенных характеристик бумаги, используемой в полиграфии.

Для полиграфической продукции используют бумагу, которую делят на классы: для печати, для письма, чертежно-рисовальную, оберточную и др.

Полиграфическую бумагу, в свою очередь, классифицируют:

- по способу печати – для глубокой печати, для плоской печати, для высокой печати и др.;
- по характеру изданий – на книжно-журнальную, газетную и др.;
- по технологии изготовления – на бумагу мелованную, с нейтральной проклейкой, бумагу из сульфатной целлюлозы и др.

Для обозначения бумаги используют указанные свойства, например: «бумага книжно-журнальная мелованная для офсетной печати». Бумага для высокой печати обозначается номерами №1, №2 и №3 по мере снижения качества. Первые два номера делятся на две марки – А и Б. Внутри марок есть

подразделение бумаг по гладкости и каландрированию. Данные марки различаются качеством поверхности и долговечностью. Бумага № 1 содержит от 100 до 80 % целлюлозы, в следующих процент целлюлозы снижается до 25%. Газетная бумага по ГОСТ 6445 [1] делится на четыре марки, обозначаемые буквами В, О, А и Б по мере снижения качества. Форзацная бумага по ГОСТ 6742 [2] выпускается двух марок – О и А. Для бумаг нормируется масса квадратного метра – от 50 до 240 граммов на квадратный метр. Также определяют прочность на разрыв и прочность на излом.

Бумага для флексографской печати отличается переплетенными длинными и мягкими волокнами и повышенной прочностью. Целлюлоза в ней смешивается с древесной массой. В эту бумагу добавляются крахмал и синтетические смолы. Крахмал создает гладкую поверхность, хорошо воспринимающую краску для флексографии, не снижающую время сушки оттиска. Для создания глянца на мелованной бумаге при использовании ультрафиолетовых красок применяют нанесение лака. Бумага с низкой массой, от 40 граммов на квадратный метр, требует применения краски на основе органических растворителей, иначе она может скручиваться. Кроме того, спиртосодержащие краски при большом давлении протекают через поры такой бумаги.

Бумага для офсетной печати ориентирована на иллюстративно-текстовые издания. Плотность этой бумаги находится в диапазоне от 60 до 220 граммов на квадратный метр. Эту бумагу изготавливают только из целлюлозы, она отличается высокой прочностью и устойчивостью к влаге, так как чаще всего при работе с ней используется технология офсетной печати с увлажнением. Влагостойкость обеспечивается проклейкой бумаги. Свойствами офсетной бумаги являются выщипываемость и пылимость, которые определяются наличием в бумаге наполнителей. Избыток наполнителей может приводить к прилипанию бумаги к офсетному резинотканевому полотну. Офсетная бумага для периодических изданий, которые не рассчитаны на длительный срок использования, может содержать до 75% древесной массы.

Офсетная бумага может включать в себя мелованные, картографические и газетные виды. По ГОСТ 9094 [3] офсетная бумага подразделяется на бумагу №1 из белёной целлюлозы длительного срока службы, используемую для цветной печати, и бумагу №2 со средним сроком службы, используемую для полутоновых иллюстраций. Мелованная бумага обычно изготавливается с двусторонним покрытием, характеризуется средней гладкостью и повышенной белизной. Она применяется для листовой печати иллюстрационно-текстовой продукции. Картографическая бумага марки А применяется для гидрографических карт, для топографических карт и атласов – марки Б и В. Для этой бумаги важна прочность на излом. Для газетной продукции выбирают офсетную бумагу с высокой разрывной длиной, что является необходимым свойством для ротационной печати. Газетная бумага отличается быстрым закреплением красок на ней. Это свойство определяется пористостью бумаги, она полностью состоит из белёной древесной массы. Газетная бумага имеет плотность 45 и 48 грамм на квадратный метр.

Бумага для глубокой печати используется для высококачественных иллюстрированных изданий. По ГОСТ 9168 [4] она характеризуется повышенной гладкостью и впитываемостью, относится к высокомелованным и суперкаландрированным бумагам. Изготавливается из хвойной древесной массы, что придает ей высокую механическую прочность. Масса квадратного метра колеблется от 70 до 160 граммов.

Бумага для цифровой печати отличается высокими требованиями к качеству резки, например, отсутствию загибов, расслоений, пыли. Для получения высококачественных изображений применяют мелованные бумаги с высокой гладкостью. К отдельной группе относятся дизайнерские бумаги, которые часто применяются при цифровой печати представительской продукции, этикеток и визиток. Они отличаются фактурой, покрытием, тиснением, водяными знаками и т.п.

Бумага для лазерной печати в первую очередь ограничена по плотности – от 80 до 90 граммов на квадратный метр. Слишком тонкая бумага будет рваться

в принтере, слишком толстая будет застревать. Кроме того, плотность влияет на прозрачность бумаги, что важно при двусторонней печати. Равномерное распределение тонера по поверхности бумаги и точная цветопередача обеспечиваются гладкостью бумаги. Неровная бумага будет использовать большее количество тонера. Жесткость бумаги позволяет использовать ее при скоростной печати. В лазерных принтерах происходит электризация поверхности листа, что определяет необходимость снижения пыльности бумаги. Степень белизны бумаги достигает 98%.

Бумага для термотрансферной печати применяется при переносе изображений на ткани, керамику, кожу и другие материалы. Бумага подразделяется на обычную, глянцевую и матовую. Основным ее свойством является хорошая впитываемость краски. Бумаги делятся в зависимости от типа запечатываемого материала и цвета поверхности. Кроме того, встречается бумага для печати чеков на термопринтере, она меняет свой цвет при нагреве печатающей термоголовкой принтера. Производится в рулонах небольшой ширины, чаще всего 80 мм.

Вывод. Таким образом, полиграфическая бумага отличается множеством свойств, которые требуется правильно определить при выборе вида издательской продукции и способа ее печати.

Библиографический список

1. ГОСТ 6445-74 Бумага газетная. Технические условия. М. : ИПК Издательство стандартов, 2004.
2. ГОСТ 6742-79 Бумага форзацная. Технические условия. М. : Издательство стандартов, 1993.
3. ГОСТ 9094-89 Бумага для печати офсетная. Технические условия. М. : Издательство стандартов, 1989.
4. ГОСТ 9168-80 Бумага для глубокой печати. Технические условия. М. : ИПК Издательство стандартов, 2003.

Исследование методов компьютерного моделирования поверхностей Земли для тестирования программного обеспечения обработки изображений со спутников

Овчинников М. А.
студент кафедры радиоэлектронных средств
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: stud064279@vyatsu.ru

Аннотация: В последние годы широкое распространение получили методы построения карт местности на основе снимков, полученных со спутников. Но большинство существующих программных средств подобной обработки изображений имеют ограниченные функционал и точность построения карт. Для дальнейшего развития такого программного обеспечения необходимо тестирование на известных примерах. Целью работы является выбор методов построения моделей поверхностей для тестирования и повышения качества работы программ обработки изображений. Исследование проводилось с помощью анализа существующих алгоритмов построения моделей местности и проверки их соответствия базовым требованиям: детальности, скорости работы и занимаемому в памяти компьютера объёму. В ходе работы были определены методы и алгоритмы построения реалистичных трёхмерных карт местности, оптимальные для тестирования программ обработки спутниковых снимков поверхности Земли. Материалы статьи могут быть использованы в качестве теоретической основы для дальнейших работ, связанных с данной проблемой, а также для разработки соответствующего программного обеспечения.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, диаграммы Вороного, моделирование поверхностей, спутниковая фотография, шумы Перлина.

С развитием возможностей вычислительной техники растёт и число возможных сфер применения моделирования поверхностей, например, индустрия компьютерных игр или прикладные программы, взаимодействующие с реалистичными земными ландшафтами. В связи с этим возросло и количество алгоритмов, используемых при моделировании, поэтому на сегодняшний день при моделировании поверхностей Земли сначала необходимо провести анализ и выбрать методы моделирования, подходящие для конкретной задачи. Данная проблема всегда остается актуальной, так как в связи с дальнейшим развитием технологий возникают всё новые области применения моделирования трёхмерных поверхностей.

Минимальный набор этапов при моделировании трёхмерной поверхности состоит из 3 элементов: разбиение исходной области на участки, генерация сетки высот и процесс добавления шума [Hartmut Bohnacker, Benedikt Gross, Julia Laub, 2009]. Для каждого из этапов существует несколько алгоритмов его выполнения.

Именно их анализ и определение наилучших вариантов для тестирования в программах обработки спутниковых снимков являются задачами этой статьи.

Исследуемые алгоритмы будут анализироваться, исходя из нескольких параметров: время работы, реалистичность результатов и объём памяти, необходимой для хранения результатов. Наиболее важными из них для тестирования являются время моделирования и реалистичность.

Наибольший интерес представляют следующие алгоритмы разбиения области на участки:

1) метод диаграмм Вороного;
2) метод триангуляции.

По методу диаграмм Вороного на 1 этапе (Рис. 1, а) на области случайным образом выбираются точки, называемые «зёрна». Далее (Рис. 1, б) для выбранных точек строится граф таким образом, чтобы количество соединений было максимальным при условии, что линии не пересекаются. Третьим этапом (Рис. 1, в) для каждой линии получившегося графа находится середина и проводится серединный перпендикуляр (Рис. 1, г). Последним этапом (Рис. 1, д) обрезаются лишние участки перпендикуляров и удаляется граф соединений исходных точек [Noor Shaker, Julian Togelius, Mark J. Nelson, 2016].

Рисунок 1. Основные этапы построения диаграммы Вороного

Данный алгоритм находит применение в областях, где похожесть результата работы более важна, чем скорость работы, поскольку данный алгоритм ресурсоёмок и его выполнение занимает значительное время.

Метод триангуляции состоит из 5 этапов, частично совпадающих с этапами метода диаграмм Вороного. На 1 этапе (Рис. 2, а) пространство заполняется треугольниками таким образом, чтобы вся исходная область была покрыта. Далее (Рис. 2, б) случайным образом выбираются точки на поверхности, количество которых определяет количество областей. Третьим этапом (Рис. 2, в) для каждой точки строится окружность таким образом, чтобы каждая окружность касалась либо имела общую площадь с каждой соседней, причем все треугольники должны принадлежать какой-либо окружности. Следующим этапом ведётся распределение треугольников, полученных на первом этапе (Рис. 2, г). Последним этапом (Рис. 2, д) удаляются окружности.

Рисунок 2. Основные этапы разделения с помощью метода триангуляции

Для карты высот на сегодняшний день применяются три алгоритма:

1) алгоритм «Diamond-Square»;

2) алгоритм иррегулярных сеток;

3) алгоритм посегментных карт высот.

С помощью алгоритма «Diamod-Square» получают полную карту высот – то есть для каждой точки поверхности задается число, однозначно определяющее высоту данной точки. Алгоритм выполняется рекурсивно для квадратных областей с размерами, совпадающими со степенью 2 (2, 4, 8, 16, 32, и т. д.). Первым шагом задаются угловые точки исходной области случайным образом. Следующими этапами поочередно следуют алгоритмы «Square» и «Diamond» до тех пор, пока вся карта высот не будет заполнена (Рис. 3) [Noor Shaker, Julian Togelius, Mark J. Nelson, 2016].

На этапе «Square» ведётся расчёт высоты центра квадрата с помощью прибавления случайного отклонения к усреднённой высоте углов квадрата. На этапе «Diamond» проводится аналогичная операция, только для ромба.

Рисунок 3. Шаги «Square» и «Diamond»

Альтернативой методу «Diamond-Square» является метод иррегулярных сеток, состоящий из двух этапов. На первом случайным образом выбираются точки, лежащие внутри генерируемой области. Далее для них и угловых точек случайным образом задаётся высота. С помощью выбора математического распределения можно влиять на задаваемые высоты, тем самым определяя характер поверхности. На втором шаге для заданных точек строится граф, имеющий максимальное количество рёбер при условии, что они не пересекаются (Рис. 4) [Tanya Short, Tarn Adams, 2017].

Рисунок 4. Выбранные точки и построенный граф

Посегментные карты высот устраняют недостатки предыдущих методов. Суть этого метода заключается в разделении изначальной области на небольшие участки (например, квадратной формы), и генерации высот на каждом участке отдельно. Причём в одной посегментной карте высот может применяться как один из рассмотренных выше методов, так и их комплекс [Tanya Short, Tarn Adams, 2017].

При моделировании поверхностей используется два вида шумов:

1) шум Перлина;
2) симплекс-шум.

Шум Перлина строится следующим образом: для каждого узла сетки задается вектор длины 1 и случайного направления, для каждой точки строится окружность с радиусом, равным длине вектора. На втором шаге построенная окружность закрашивается градациями серого, причём градиентом повышения яркости служит ранее построенный вектор. После этого удаляются окружность и вектор [Иванов В. П., Батраков А. С., 1995].

Симлекс-шум является вариацией шума Перлина. Его отличие состоит в том, что при моделировании область разделяется не на квадраты и кубы, а на треугольники и тетраэдры соответственно. Для вычисления шума внутри тетраэдра необходимо учитывать только 4 сферы вместо 8 в алгоритме Перлина, что значительно ускоряет процесс моделирования шума [Иванов В. П., Батраков А. С., 1995].

У каждого алгоритма существуют свои достоинства и недостатки.

Алгоритм диаграмм Вороного применяется очень часто, поскольку его результаты имеют высокую степень похожести с реальными ландшафтами. Также можно отметить его простоту для дальнейшей обработки. Но большой объём хранимой информации, иногда избыточной, делает сложным его применение.

При большом количестве треугольников метод триангуляции производит результаты, визуально близкие к результатам метода диаграммы Вороного. Но данный метод менее ресурсоёмок, и скорость его работы выше. Данный алгоритм является противоположным методу диаграмм Вороного, так как имеет высокую скорость работы и недостаточную реалистичность разбиения на области.

Поскольку основной задачей обработки спутниковых снимков является определение на фотографии областей, например лесов, полей, городов и т. д., то данный этап имеет наибольшую важность при тестировании. Исходя из этого оптимальным алгоритмом является метод диаграмм Вороного, так как он более реалистичен, чем метод триангуляции.

Алгоритм «Diamond-Square» применяется часто, благодаря высокой степени похожести с реальными ландшафтами и простоте для дальнейшей обработки. Но его основной недостаток – большой объём хранимой информации, а в некоторых случаях и избыточность информации, затрудняющие его применение.

К достоинствам метода иррегулярных сеток можно отнести малое количество требуемых ресурсов при создании и хранении подобного графа, что особенно ощутимо при моделировании поверхностей больших площадей. Но недостатки затрудняют его применение: имеются сложности при изменении уже сгенерированной сетки. По сути, при изменении, добавлении или удалении всего одного элемента требуется пройти полный цикл моделирования снова.

К несомненным плюсам метода посегментных карт высот относят возможность создания и отображения модели поверхности в режиме «прямого эфира», когда пользователь может наблюдать в режиме реального времени процесс моделирования. Основным недостатком данного метода считают проблему состыковки соседних сегментов – именно эта проблема не позволяет данному методу использоваться повсеместно.

Из рассмотренных выше алгоритмов построения карт высот при моделировании поверхностей с целью тестирования программ обработки спутниковых снимков оптимальным является метод иррегулярных сеток. При огромных площадях космической съёмки данный метод даёт значительный выигрыш в скорости моделирования, а его основной недостаток (сложность изменения) при тестировании не имеет значения.

К достоинствам шумов Перлина относят легкую масштабируемость: время его построения растет слабо при увеличении площади построения. Но данный шум не применяется для трёхмерных шумов, поскольку сложность вычисления шума от всех соседних сфер (для каждой точки куба) приводит к тому, что время генерации шума увеличивается многократно.

От этого недостатка избавлен симплекс-шум. Для плоскости разница в скорости вычисления несущественна, но шум Перлина более удобен, поскольку поверхность традиционно разделяют на квадратные участки.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что для моделирования трёхмерных поверхностей оптимален симплекс-шум, так как его реализация в трёхмерном пространстве требует меньше ресурсов, и, соответственно, выполняется быстрее, чем реализация шума Перлина.

По результатам исследования можно составить схему, отображающую оптимальные алгоритмы и порядок их применения при моделировании трёхмерных поверхностей с целью проверки качества работы программ обработки спутниковых снимков поверхности Земли (Рис. 5).

Рисунок 5. Схема оптимальных алгоритмов

Библиографический список

1. Bohnacker H., Gross B., Laub J. Generating Gestaltung: Entwerfen. Programmieren Visualisieren. Mainz : Schmidt Hermann Verlag, 2009. 193 p.
2. Shaker N., Togelius J., Mark J. Nelson. Procedural Content Generation on Games. London : Springer, 2016. 237 p.
3. Short T., Adams T. Procedural Generation in Game Design. Berlin : CRC Press, 2017. 336 p.
4. Иванов, В. П. Трёхмерная компьютерная графика / В. П. Иванов, А. С Батраков. М. : Радио и связь, 1995. 224 с.

Применение газобетонных материалов при строительно-монтажных работах

Одегов В. А.[a], Мельчаков М. А.[b], Чирков В. А.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и основ конструирования[a]
магистрант кафедры материаловедения и основ конструирования [b]
магистрант кафедры материаловедения и основ конструирования [c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
E-mail: va_odegov@vyatsu.ru[a], melchakov@vyatsu.ru[b], legem1@yandex.ru[c]

Аннотация: в процессе обзора различных строительных конструкций и применяемых при их производстве материалов выявлены наиболее интересные в плане технологических, эксплуатационных свойств материалы – газобетонные блоки. Выяснено, что данные блоки обладают по сравнению со стандартными строительными материалами как более высокими теплоизоляционными, так и шумоизоляционными свойствами. Произведен анализ основных видов данных блоков в направлении применения, вида блоков, а также их плотности. Также выявлены незначительные недостатки конструкций при применении данного материала. Газобетонные блоки могут собираться в сборные монолитные перекрытия. Эти конструкции, как было выявлено, имеют высокий срок службы, а также высокие эксплуатационные показатели. В результате проделанной работы сформулированы выводы о применимости данных материалов в строительстве.

Ключевые слова: газобетонные блоки, сборно-монолитные перекрытия, ячеистый бетон.

В Российской Федерации, а также в других странах большая роль частотного строительного сектора отводится маловысотным зданиям. При строительстве данных построек, в частности, при создании межэтажных перекрытий, большую популярность имеют газобетонные блоки.

Газобетон или ячеистый бетон [1, с. 8] – искусственный пористый строительный материал на основе минеральных вяжущих и кремнезёмистого заполнителей [2]. Основным назначением газобетона является сведение к минимуму тепловых потерь от железобетонных плит, тепла от стен, а также тепловая защита оборудования. Причем следует отметить, что по сравнению с обычным кирпичом газобетон обладает лучшими теплоизоляционными свойствами. При высоких температурах 400-700С° применяют жаропрочный ячеистый бетон.

Укладка блоков отличается от традиционной укладки кирпичей с цементным раствором. Она может осуществляться на специальные клеи, что

приводит к дополнительному снижению теплопотерь через слои цемента. Основные виды блоков и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Виды блоков

Наименование	Вид блока	Применение	Марка по плотности
Газобетон прямые блоки		Для использования со всех видах кладки наружных и внутренних несущих стен. Конструкционно-теплоизоляционный стеновой материал	D400-D800
Блоки паз-гребень		Структура паз-гребень позволяет соединить блоки в «замок». Такое соединение существенно ускоряет кладку блоков и существенно уменьшает расход клея	D400-D800
Блоки перегородочные		Тонкие блоки для быстрого и экономичного строительства самонесущих межкомнатных стен и перегородок. Два вида геометрии: плоские грани и паз-гребень	D400-D800
U-образные блоки		Несъемная опалубка для изготовления скрытых монолитных перемычек, колонн и балок. Ширина U-блоков соответствует ширине ряда стеновых блоков	D500-D600
Газобетонные армированные перемычки		Применяются для перекрытия световых и дверных проёмов	D700

У газобетонных блоков есть достоинства и недостатки.

К достоинствам можно отнести:

1) высокие теплоизоляционные свойства. Однако, следует учитывать, что при постройке в холодное время года необходимо использовать блоки толщиной от 400 мм;

2) малый удельный вес, что не требует применения специальной техники при строительстве;

3) высокие звукоизоляционные свойства;

4) высокая влагопроницаемость, что не дает образовываться конденсату.

5) материал блоков не подвержен горению;

6) высокие технологические свойства – легко поддаются резке;

7) экономия связующего материала – бетона;

8) блоки радиологически безопасны;

Недостатки следующие:

1) Имеется бóльшая сложность в монтаже.

2) Требуют отделки с эстетической точки зрения.

3) Высокий коэффициент теплового расширения, исходя из чего применять возможно только при однотипном материале всей конструкции.

Из газобетонных блоков изготавливают сборно-монолитно перекрытия, пример которых представлен на рис. 1 [3, с. 15].

Рисунок 1. Сборно-монолитное перекрытие

Эта конструкция, для монолитности залитая бетоном, состоит из арматуры, несущих балок, газобетонных блоков [4, с. 7]. Арматура, являясь вспомогательным элементом, придает жесткость конструкции. Блоки в конструкции имеют Т-образную форму.

У данной конструкции имеются все достоинства газобетонных блоков, к которым добавляется более высокая жесткость. Однако следует также

отметить, что данные перекрытия более сложны в изготовлении, вследствие невозможности автоматизации данного процесса.

Основными характеристиками монолитных перекрытий является:

1) стоимость – от 1500 руб/м2;
2) срок службы – 15-50 лет;
3) пожаробезопасность – не горюч;
4) удельный вес от 300 кг/м2.

Выводы. Из вышеописанного можно сделать вывод, что газобетонные блоки, перекрытия имеют большой ряд преимуществ перед обычными традиционными строительными материалами, в связи с чем при строительстве индивидуальных домов, низкоэтажных построек рекомендуется применять газобетонные материалы как наиболее выгодные по технологическим, эксплуатационным и ценовым качествам.

Библиографический список

1. ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия : официальное издание. Дата введения 01.01.2009. Взамен межгосударственный стандарт бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия / М. : Стандартинформ, 2008. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200063968 (дата обращения: 04.02.19)
2. Ячеистый бетон. Легкие бетоны // Библиотека Санкт-Петербургского университета высоких технологий : официальный сайт. URL: http://tehlib.com/stroitel-ny-e-materialy/yacheistyj-beton-legkie-betony/ (дата обращения: 07.01.2019).
3. Пинскер В. А., Вылегжанин В. П., Почтенко А. Г. Сборно-монолитные перекрытия из ячеистобетонных блоков // Ячеистые бетоны в современном строительстве : сборник докладов. Вып. 4. Санкт-Петербург: НП «Межрегиональная Северо-Западная строительная палата», Центр ячеистых бетонов, 2007. С. 14-16.
4. Селяев В. П., Цыганов В. В., Уткин И. Ю. Комбинированные сборно-монолитные перекрытия на основе предварительно напряженных железобетонных балок безопалубочного формования // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 3. С. 5-11.

Обзор древесных пород как материала для судостроения

Папулова И. Е.[a], Митяшина А. А. [b]
старший преподаватель кафедры МТД [a]
студент кафедры МТД [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a,b]
E-mail: usr00303@vyatsu.ru [a], alena.mityashina@mail.ru [b]

Аннотация. Древесина – это природное сырьё, применяемое в производстве различных конструкций. Она представляет собой анизотропный материал природного происхождения, характеризующаяся высокой механической прочностью, небольшой массой, прекрасной обрабатываемостью, легкодоступностью и малой стоимостью.

До середины XIX в. древесина являлась главным материалом для построения судов. На сегодняшний день ее используют для построения корпусов (в основном) малых судов, яхт и шлюпок, настила палуб и платформ, обшивки трюмов, привальных брусьев, мебели, шлюпок, обрешетки, деталей судовых устройств, фундамента под палубный механизм.

Из древесины строят внутренние и наружные леса, подмости, переходы, временные перекрытия, опорные устройства построечных мест (дорожки, кильблоки, клетки, упоры), спускные устройства (полозья, салазки), аварийно-спасательное имущества, зашивки изоляции, рейки, шаблоны, каркасы, макеты, модели и т. п.

Ключевые слова: порода древесины, древесина, судостроение, материал для судостроения, заготовка древесины.

Целью данной статьи является анализ распространенных пород древесины для судостроения.

Для изготовления древесины используют лиственные и хвойные породы деревьев. К числу лиственных относятся липа, ольха, осина. Тис, туя, можжевельник принадлежат к хвойным породам.

Сосна является наиболее используемой породой в судостроении. Ее отличительными характеристиками служат биостойкость и хорошая прочность. Собственно, для корпусов деревянных судов, настилов наружных палуб, обрешетников в жилых и служебных помещениях, для вспомогательных нужд применяется сосна.

Лиственница отличается прекрасной биостойкостью и хорошей прочностью. Причиной редкого использования лиственницы в судостроении связано с удаленностью мест ее произрастания.

Ель обладает низкими механическими свойствами, при высыхании имеет предрасположенность к образованию трещин и гниению по сравнению с сосной. Она редко используется для настилов внутренних палуб, обрешетников, зашивки изоляции и для вспомогательных нужд.

Кедр хорошо отталкивает воду, сохраняя при этом свою структуру древесины. Его обычно используют при строительстве корпусов, палуб, настилов, мебели и многое другое. Кедром можно заменить такой материал как сосна.

Пихта в отличии от ели обладает меньшей биостойкость, большей хрупкостью и расположена к растрескиванию. Ее применяют при производстве спусковых устройств, строительных лесов, ограждений и прочих нужд.

Лиственные породы обладают красивым естественным рисунком древесины, который определяет ее декоративную ценность, и поэтому они часто используются при отделке судов.

Березе присущи такие свойства как большая твердость и упругость. ПО мимо этого Древесина березы обладает тяжелой массой. При воздействии со влагой загнивает и разрушается. Ее используют для отделки кают, мебели, изготовления фанеры.

Бук применяют для отделочных работ из-за его необычной текстуры.

Дуб дает прочную, биостойкую, тяжелую по массе древесину, в дальнейшем из которой изготавливают корпуса деревянных судов, мебель и многое другое.

Древесина ясеня идет на изготовление весел, мебели, гнутых деталей и столярных изделий, из-за его высокой прочности и пластичности [1].

Текстура древесины хвойных пород

Рисунок 2. Текстура сосны

Рисунок 3. Текстура лиственницы

Рисунок 4. Текстура кедра

Рисунок 5. Текстура пихты

Рисунок 6. Текстура березы

Рисунок 7. Текстура бука

Текстура древесины лиственных пород

Рисунок 8. Текстура дуба

Рисунок 9. Текстура ясеня

Виды древесных материалов, применяемых в судостроении

Древесные материалы — это продукты механической обработки древесины. В зависимости от способа обработки и внешнего вида их делят на круглый лес, пиломатериалы, фанеру, древеснослоистые пластики, прессованную древесину, плиты и др.

Круглый лес (брёвна) либо используют непосредственно, либо из них продольной распиловкой получают пиломатериалы: брусья, бруски, доски и шпон.

В судостроении брёвна применяют лишь на вспомогательных работах при постройке судна и его спуске на воду.

Брусья (бревно, опиленное с четырёх сторон) идут для изготовления спусковых устройств, привальных конструкций судов, клеток и кильблоков, лесов и прочего.

Из брусков (мелкие брусья, ширина которых превышает толщину не более чем в два раза) изготовляют обрешетники, подножные решётки, настилы палуб, леса, подмостки и т. п.

Доски – пиломатериалы, ширина которых составляет более двух толщин. В судостроении доски идут для постройки корпусов деревянных судов, изготовления переборок, настилов, мебели, трапов, спусковых устройств, лесов, подмостей, отделки специальных помещений и т. п.

Шпон (тонкий лист древесины) служит для декоративной отделки мебели и изготовления фанеры.

Фанера представляет собой листовой древесный материал, полученный путём склеивания листов березового, ольхового, букового или соснового шпона толщиной 0,55-1,5 мм. В судостроении фанеру марок ФСФ, ФК, ФБА и других, применяют для отделки помещений, зашивки изоляции, изготовления мебели, настила полов и для других нужд. Фанеру марок ФОФ, ФОК, ФО, ДФ и других используют в качестве облицовочного материала при изготовлении мебели и декоративной зашивки судовых помещений. Из бакелизированной фанеры строят корпуса шлюпок, катеров, спортивных инвентарей.

Древеснослоистым пластиком (ДСП) называют материал, состоящий из листов шпона, пропитанных синтетической смолой и склеенных под давлением при повышенной температуре. Из ДСП-А и ДСП-Б изготовляют вкладыши дейдвудных подшипников судов (кроме крупнотоннажных), втулки шпилей, брашпилей, шлюпбалок и т. п. Из ДСП-В и ДСП-Г производят зубчатые колеса, подшипники и втулки, электро- и радиотехнические детали.

Древесиной прессованной (ДП) называют материал, полученный прессованием заготовок древесины при повышенной температуре. В ряде

случаев её используют вместо цветных металлов, например при изготовлении втулок и вкладышей мелких подшипников.

Плиты представляют собой щиты, внутренняя часть которых состоит из наполнителя, а наружная обычно оклеена шпоном. Если плиты идут на отделку помещений, то с лицевой стороны их покрывают эмалями или красками, а с обратной – грунтом [Андреев В. В., с. 95].

В данной статье мы провели исследование древесных пород, предпочтительных для судостроения и рассказали, какие виды более целесообразно использовать в данном направлении.

Библиографический список

1. Древесина и древесные материалы : сайт URL: http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/drevesina.shtml (дата обращения 18.12.18)
2. Андреев, В. В. Судостроительные материалы / В. В. Андреев. Л. : Судостроение, 1985. 120 с.

Системный анализ пород древесины, применяемых для резных работ

Папулова И. Е.[a], Онучина К.В. [b]
старший преподаватель кафедры МТД[a]
студент кафедры МТД [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: usr00303@vyatsu.ru[a]; onuchinak@bk.ru[b]

Аннотация. Резьба по дереву – вид декоративно-прикладного искусства, является частью художественной обработки древесных пород. Выпиливание, токарное дело из древесных заготовок – все это старинные народные промыслы. Ранее в России резьба по дереву имела название «резное дело». Также существовали такие термины, как ознаменка, вызорочье и узорочье. Резчикам необходимо иметь хорошо подготовленный режущий инструмент, высокую квалификацию, креативный подход к выполнению работ и совершенствовать мастерство. Резьба производилась в виде косиц, прямых линий, зубчиков, маковиц, грибков и т.д. Конечный результат работы резчиков зависит от множества факторов. Важную роль также играет качество материала, который используется для обработки заготовок из древесины. В данной статье рассматривается выбор древесных пород и их подготовка к резным работам.

Ключевые слова: резьба, качество, заготовка, липа, береза, дуб.

Состав и строение древесины. Древесина представляет собой сложный композиционный материал. При рассмотрении структуры древесины принято различать макро-(наблюдаемая невооруженным глазом) и микро-(различимая с помощью электронной или оптической микроскопии) структуры.

Вокруг сердцевины располагаются концентрические годовые кольца, что видны на поперечном разрезе ствола. Каждое концентрическое годовое кольцо имеет два слоя:

- ранней древесины;
- поздней древесины.

Современная резьба. Современная резьба не имеет строгой классификации, но все же условно выделяют следующие типы:

1. Глухая резьба
    - рельефная
    - плосковыемчатая
2. Сквозная
    - прорезная
    - пропильная

3. Скульптурная
4. домовая
5. резьба бензопилой

Важность качества материала. Не каждая древесина подходит для резного искусства, так как материалы обладают разными свойствами: влажностью, гибкостью, прочностью, мягкостью и т. д. Поэтому от выбора конкретного варианта зависят:

- визуальная привлекательность изделия;
- простота и быстрота обработки заготовок;
- возможность выполнения мелких и сложных орнаментов;
- долговечность и надежность изделия (статуэтки, мебели и т. д.).

Скульптурная резьба подразумевает использование твердых пород, таких как дуб, кедр и другие. А геометрическая или рельефная резьба – мягких пород древесины, отличающихся хорошей гибкостью, например, березы, липы или ольхи (рис1).

Критерии качества

Рис.1. Типы заготовок при определении критериев качества

Так как материалы различаются по свойствам, при выборе важно учитывать:

1) состояние. Категорически не рекомендуется использовать древесину, которая имеет сучки, наросты и иные дефекты. Эти дефекты усложняют обработку материала из-за перекрученных волокон;
2) влажность. От этого показателя зависит долговечность готового изделия. Свежесрубленный древесный материал не подходит для обработки, так как избыточная влажность может привести к потере привлекательного внешнего вида, деформации, растрескиванию. Для создания орнамента или рельефа резчики выбирают сухие заготовки с влажностью ≈ 8%;
3) Вес. Чем тяжелее материал, тем выше его прочность. Для изделий, которым требуется деликатная обработка, резчики не используют древесину с большим весом. Тяжесть может указывать на высокую влажность.

Выбор породы. Выбор породы зависит от назначения, формы изделия и вида резьбы. Широкослойность говорит о рыхлости, непрочности древесины. Параллельность концентрических годичных колец - о том, что древесина имеет относительно прямолинейную внутреннюю структуру.

Вследствие скручивания древесных волокон под действием ветров и других внешних нагрузок одиночные деревья имеют косослойную древесину, смещение ядровой части к заболони, как правило, с северной стороны. Во время сушки такое дерево трескается и сильно коробится. Поэтому валить одиночные породы не рекомендуется.

Молодая древесина характеризуется мягкостью и рыхлостью, подверженностью механическим повреждениям, а старая древесина – неустойчивостью к гниению. Исходя из этого, для резных работ выбирают древесину среднего периода. Возраст дерева определяют по количеству годичных колец на поперечном срезе сваленного дерева или по толщине ствола. У различных пород этот период наступает в разное время, например, у ясеня – 60-70 лет, как и у березы, а у дуба – 80-150 лет.

Необходимо учитывать и влажность древесины. Термины для обозначения различной степени влажности древесины таковы:

1) мокрая – древесина, находящаяся в воде длительное время;
2) свежесрубленная - древесина с влажностью: хвойные породы – от 82 %, мягколиственные – от 60 до 93 %, твердолиственные – от 35 до 80 %;
3) воздушно сухая – древесина, хранившаяся на открытом воздухе, примерная влажность 15–20 %;
4) комнатно-сухая – древесина с влажностью 8–12 %;
5) абсолютно сухая – древесина, влажность которой около 0 %.

Для изделий для уличной эксплуатации влажность должна быть ≈ 15%. Сушка древесины для таких изделий проводится под навесом от трех месяцев до полугода. Если изделия предназначены для внутридомовой экспуатации, то древесину необходимо досушить в комнате.

Не рекомендуется использовать для резных работ свежесрубленную древесину, так как, высыхая, она сжимается в объеме и коробится. Пересушенная древесина в условиях нормальной влажности впитывает влагу из воздуха и разбухает, что неизбежно приведет к растрескиванию.

При выборе древесины для резьбы необходимо избегать таких пороков, как свилеватость, наклон волокон, прорость, сучки, трещины, гнили, червоточины и т.п.

Главным образом применяют древесину с однородным и равномерным строением, с невыразительным рисунком древесных волокон. Ручная резьба может осуществляться на заготовках из различных пород древесины. Самые предпочтительные породы древесины представлены ниже.

1. Берёза. Главный критерий – легкость обработки. Береза хорошо окрашивается и отделывается, но подвержена сильному короблению. Поэтому ее нельзя применять для изготовления деталей больших размеров. Из древесины березы преимущественно выполнять небольшие детали мебели, резные и точеные накладные декоративные элементы.

2. Липа. Главный критерий – ровный белый цвет, тонковолокнистая структура, которая позволяет выполнять сложные орнаменты. Заготовки из этой породы хорошо поддаются обработке резцами и стамесками, так как одинаково легко режется вдоль и поперек волокон. Недостатком является низкая твердость, что ограничивает область применения. Из древесины липы изготавливают небольшие предметы: резные игрушки, посуду, шкатулки, полки, настенные украшения.
3. Ольха. Главный критерий – смена цвета от белого к светло-розовому с течением времени. Она хорошо режется, окрашивается, мало коробится.
4. Дуб. Главный критерий - высокая прочность, устойчивость к повреждениям и долговечность. Он обладает однородной плотностью на темных и светлых участках годичных слоев несмотря на крупноструктурное полосатое строение. Но древесина дуба твердая и ломкая. Эту породу лучше применять для изготовления крупных декоративных элементов, накладных деталей, например мебель, кухонная утварь.
5. Клен. Главный критерий - привлекательная текстура и твёрдость. Древесина клена по цвету схожа с древесиной березы. Клён сложнее обрабатывать резцами, поэтому на заготовках создают крупный орнамент и сравнительно простые узоры.
6. Орех. Главный критерий - хорошо режется во всех направлениях, не дает сколов. Древесину ореха используют для изготовления мебели, высокохудожественных резных изделий малых форм.
7. Груша. Главный критерий - легко режется во всех направлениях. Из ее древесины делают небольшие сувениры с рельефной резьбой, накладные декоративные детали для мебели.
8. Кап – это нарост, который иногда встречается на стволе, ветвях и корнях многих пород деревьев. Преимущественно используется березовый кап, главным критерием которого является прочность и привлекательность

текстуры. Из этого материала изготавливалась посуда, табакерки и шкатулки.

При выборе хвойных пород необходимо учитывать плотность годичных колец как показатель однородности древесины. Так, при работе с сосной или лиственницей узоры выполняются достаточно крупными и глубокими. Этот факт обусловливается тем, что на срезах текстура выделяется яркими, четкими линиями, что непременно будет искажать глубину узоров, поэтому мелкие элементы теряются в рисунке древесины и резьба на ее фоне плохо просматривается, а также древесина хвойных пород очень хрупка и неравномерна по плотности, легко скалывается по слою.

Так в резном деле широкое применение находят сосна, кедр, тис и пихта. Этим породам необходима особая подготовка из-за высокого содержания смол.

Подготовка. Период наименьшего сокосодержания в стволе приходится на холодное время года, а именно с конца ноября до середины февраля. В этот период производят спиливание дерева. Сперва обрезают ветви и сучья, а затем валят ствол. После этого производят окаривание и распиловку на чурки требуемых размеров. Далее на поверхности заготовки требуется пометка, как правило, делается зарубка на краю торца комлевой стороны ствола (рис. 2).

Рис. 2. Строение ствола

Удаление внутриклеточного сока из древесины производят методом выварывания, оставшуюся жидкость используют как морилку. Существует и другой метод удаления внутриклеточной жидкости из древесины: брёвна

укладываются в водоём с проточной водой таким образом, чтобы комлевая часть стволов была развёрнута навстречу течению. Причина такого расположения заключается в строении и свойствах капиллярно–сосудистой системы деревьев.

Далее производится процесс сушки материала. Необходимо соблюдение условий протекания процесса: неотапливаемое, неосвещённое помещение, где исключено попадание солнечного света на поверхность древесины (во избежание возникновения трещин) наличие бетонного пола в помещении (бетон обладает свойством втягивания в себя влаги). Важно найти зарубки-метки и установить заготовки определенным образом: на бетон комлевой стороной вверх, а вершиной вниз. Данный метод способствует более интенсивному удалению влаги. Как известно, влага восходящим поступательным движением проходит по сосудам-капиллярам, расположенным в структуре древесного ствола, от корней к вершине. Перевернутые заготовки будут интенсивнее отдавать влагу бетону под действие силы тяжести. Вследствие этого коэффициент полезного действия повышается, сокращается время протекания процесса и исключается возможность возникновения трещин. В зависимости от размеров длительность процедуры в среднем составляет 2-3 недели.

В народных промыслах наиболее широко распространены два способа сушки древесины: атмосферный и камерный. При атмосферной сушке материалы сохнут в сарае или на открытом воздухе под навесом, при камерной – в сушильных камерах.

Отсутствие мелких лучевых трещин на торце говорит о хорошем качестве древесины, а большие трещины свидетельствуют о наличии пустых мест – полостей, которые дадут брак при распилке ствола. Непригодной считается древесина, на которой имеются трещины по годичным слоям.

Обязательна защита торцов. Существуют различные способы: закрашивание маслянистой краской, заклеивание бумагой, покрытие разогретым гудроном (предпочтительно).

Выбранное место должно находиться на открытом воздухе в тени или под навесом (для исключения попадания осадков и солнечных лучей). Заготовки укладывают «колодцем» (рис. 3).

Рис. 3. Сушка заготовок в помещении цеха

Продолжительность процесса занимает не менее месяца. Во избежание трещин в дальнейшем необходимо проводить естественный способ завяливания как можно дольше. Далее, изредка проветривая, сушку продолжают в помещении с жилым режимом отопления.

Заготовки распиливают на бруски нужной формы. Далее их взвешивают, а после производят сушку в духовке или печи при температуре примерно равной 100 C^o в течение 4–5 часов или на радиаторе центрального отопления в течение двух суток.

Затем производится повторное взвешивание бруска. Находят разницу между первым и вторым взвешиванием, полученный результат делят на массу древесины в сухом состоянии и умножают на 100%. В результате получается процентное содержание влаги.

Влажность древесины должна соответствовать влажности окружающей атмосферы, чтобы исключить возможность возникновения коробления. Для мебели и других внутренних работ следует использовать древесину с влажностью 6-12%, для внешних работ - до 25%.

Существует иной метод. На рейсмусовых и фуговальных деревообрабатывающих станках фрезеруются доски, предназначенные для

резьбовых работ, на заготовки и обрабатывают в размер. Срез доски имеет большое значение, он может быть радиальным или тангенциальным. По радиальному срезу резать легче, доска меньше коробится, но резьба получается не такой выразительной, как на тангенциальном. Для крупных резных деталей предпочтительнее применять доски радиального распила, а для небольших – тангенциального.

Заготовку получают путем склеивания отдельных брусков, если резные детали имеют большую ширину, где применяется поливинилацетатный клей. Бруски подбираются таким образом, чтобы срез и направление концентрических годичных слоев были одинаковыми, в противном случае резьба будет выполняться трудно, ухудшится внешний вид изделия. На рейсмусовом или фуговальном станке склеенную заготовку выравнивают по пласти.

Резьбу на крупных деталях нужно выполнять до их сборки в изделие, в таком случае детали должны быть тщательно обработаны и подогнаны.

Экологическое обоснование. Главной экологической проблемой является утилизация отходов. Из 100% произведенного человек может переработать только 50%, в свою очередь природа перерабатывает 98%, 2% остается в виде гумуса. Поэтому рациональное использование древесины – очень актуальная проблема.

Повторное использование пиломатериалов, полуфабрикатов, помогает сохранить леса и оставить чистыми водные ресурсы планеты.

Библиографический список

1. Банников Е. А. Резьба по дереву. 2006. 208 с.
2. Резьба по дереву : сайт. URL: shkatulka-rezba-po-derevu.jimdo.com (дата обращения 18.12.2018).
3. Строительная компания «Волга» : сайт о строительстве и ремонте. URL: https://stroyvolga.ru/какое-дерево-лучше-для-резьбы-по-де/ (дата обращения 23.12.2018).
4. Милюков С. В. Как научиться резьбе по дереву. М., 1958. 100 с.

Исследование современных конструктивных решений междуэтажных перекрытий

Пешнина И. В.[a], Булдакова А. С.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и машин [a]
магистрант кафедры строительных конструкций и машин [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a,b]
E-mail: usr313@vyatsu.ru[a], anna.buldakova.95@mail.rub

Аннотация: данная статья посвящена вопросам совершенствования отечественных конструктивных решений междуэтажных монолитных железобетонных перекрытий в целях повышения конкурентоспособности на мировом рынке в строительной отрасли России. Изучение инновационных конструктивных решений перекрытий за рубежом проведено с целью установления наиболее эффективных способов уменьшения массы и материалоёмкости монолитных конструкций перекрытия. Анализ облегчённых конструктивных решений перекрытий разных типов за рубежом позволил выявить достоинства и недостатки применяемых конструктивных систем, уменьшение материалоёмкости которых достигается путем использования неизвлекаемой опалубки и пустотообразователей, наметить пути и методы дальнейших исследований по разработке отечественных типовых конструктивных решений, которые на практике ускорят процессы проектирования и строительства зданий.

Ключевые слова: материалоёмкость и вес конструкций перекрытий, облегчённые монолитные междуэтажные перекрытия, неизвлекаемая опалубка, пустотообразователи.

Введение. Повышение конкурентоспособности на мировом рынке является целью ускорения инновационного развития строительной отрасли России. Перспективным направлением при этом остается совершенствование конструктивных решений зданий для нового строительства и реконструкции.

Монолитный железобетон, как наиболее часто применяемый в строительстве современных зданий материал, имеет бесспорные преимущества с точки зрения долговечности, огнестойкости, прочности и отвечает новым экономическим условиям. Железобетон доступен к применению на всей территории страны благодаря почти повсеместному наличию материалов для его изготовления. Однако одним из недостатков конструкций из железобетона, в том числе междуэтажных плит перекрытий, является их большая масса.

Изучение опыта проектирования и применяемых за рубежом современных способов снижения веса конструкций перекрытий позволяет определить наиболее перспективные пути совершенствования отечественных конструктивных решений перекрытий из железобетона.

Существуют различные способы выполнения облегчённых железобетонных перекрытий. Так, за рубежом для междуэтажных перекрытий широко применяются конструктивные решения по технологии «Built-in-Beam» – монолитного железобетонного перекрытия по профлисту и встроенным стальным балкам [Пешнина И. В., 2015], например, системы «ComFloor».

Другие типы облегчённых перекрытий, такие как сборно-монолитные системы «Bonolit», «Марко» [Теплова Ж. С., Виноградова Н. А., с. 48-59] и «Teriva» [Недвига Е. С., Виноградова Н. А., с. 87-102] имеют существенно меньший вес, по сравнению с традиционными решениями из железобетона.

В последние годы в Европе, как и в нашей стране, растет интерес к возведению на строительной площадке многопустотных плит перекрытия с использованием неизвлекаемой опалубки и пустотообразователей с целью уменьшения их массы.

Данная технология предполагает удаление из конструкции материала, который не принимает участие в работе, и позволяет уменьшить её вес на 20-40%, не ухудшив при этом прочностных характеристик перекрытия. Применение более лёгких междуэтажных перекрытий уменьшает нагрузку на несущие элементы (стены, колонны и фундаменты), дополнительно повышая эффективность конструктивного решения здания.

Изучение опыта проектирования междуэтажных перекрытий зданий показало, что к наиболее интересным современным зарубежным конструктивным решениям относятся такие инновационное системы, как «Airdeck», «BubbleDeck», «Cobiax», «U-Boot Beton» и «U-Bahn Beton» (Рис. 1).

Актуальность исследования по проблеме снижения массы перекрытия на основе анализа перспективных зарубежных решений не вызывает сомнений.

Цель – выявление наиболее эффективного способа пустотообразования для совершенствования отечественных конструктивных решений междуэтажных железобетонных перекрытий.

Рисунок 1. Системы с применением полимерных вкладышей:
а) «Airdeck»; б) «BubbleDeck»; в) «Cobiax»; г) «U-Boot Beton»; д) «U-Bahn Beton».

Задача исследования. Выявление конструктивных характеристик и особенностей различных типов перекрытий, оценка их достоинств и недостатков.

Методы исследования, ведущий подход. Изучение требований нормативных документов по проектированию конструкций и перспективных

зарубежных конструктивных решений междуэтажных перекрытий. Сравнительный анализ с отечественными решениями и количественная оценка массы одного квадратного метра перекрытия позволяют повысить достоверность полученных результатов.

Результаты исследований, их обсуждение. Выделяют несколько технологий устройства плит перекрытия с применением пустотообразователей [Мухаметрахимов Р. Х., Хузин А. Ф., Хамидуллина Д. Д., с. 228-235]. Помимо достоинств таких конструктивных решений, следует указать на проблемы, возникающие при устройстве перекрытий.

Анализируя технологии возведения плит перекрытия, можно сделать вывод, что в процессе бетонирования может произойти всплытие пустотообразователей, а это приведет к отклонению их от проектного положения. Использование специальных фиксаторов, которые обеспечат проектное положение пустотообразователей при их всплытии в процессе бетонирования, связано с необходимостью сверления отверстий в опалубке под фиксирующие скобы, что увеличивает трудоёмкость работ и приводит к быстрому изнашиванию опалубки перекрытия.

При использовании пустотообразователей нижний пояс плит перекрытий отличается относительно невысокой прочностью и трещиностойкостью в связи с её малой толщиной.

В нашей стране применение конструктивных решений междуэтажных перекрытий с использованием пустотообразователей ограничено, поскольку большинство таких систем для плит перекрытий производится не на территории Российской Федерации, что находит отражение в их стоимости. Также отсутствует нормативная база для расчёта и конструирования плит перекрытий данного типа.

Результаты сравнительного анализа конструктивных решений и эффективности снижения веса междуэтажных перекрытий разных типов приведены в Табл. 1.

Таблица 1

Характеристика конструктивных решений перекрытий

Наименование системы	Характеристика конструктивного решения	Снижение веса перекрытия
«Airdeck» [5]	изготовленная на заводе нижняя обшивка плиты перекрытия в виде сборной железобетонной конструкции с втопленными вкладышами из полипропилена.	до 30%
«BubbleDeck» [6]	· полые вкладыши сферической или эллиптической формы из переработанного пластика (полиэтилен, поливинилпропилен или поливинилхлорид); · вкладыши расположены внутри арматурного модуля и удерживаются в проектном положении благодаря специальной форме ячеек нижней и верхней сетки.	до 25%
«Cobiax» [7]	· два типа линейных арматурных модулей (длиной до 250 см) со вкладышами; · система «Slim-Line» в форме эллипсоида вращения; · система «Eco-Line» в форме шара сферической формы.	до 30%
«U-Boot Beton» (Daliform Group) [8]	· вкладыши блочной формы из рециклированного полипропилена; · расстояния между вкладышами выставляются с помощью распорных муфт с градуированной шкалой.	до 40%
«U-Bahn Beton» (Daliform Group) [9]	· вкладыши П-образной формы из рециклированного полипропилена; · система специально разработана для реализации однонаправленных плит перекрытия из монолитного железобетона.	до 30%

Выводы: Проведенные исследования показали, что целесообразнее использование системы с применением вкладышей типа «U-Boot Beton» компании «Daliform Group».

Разработка типовых технических решений междуэтажных перекрытий из монолитного железобетона с неизвлекаемой опалубкой и пустотообразователями позволит существенно снизить затраты на проектирование и ускорить строительство зданий.

Библиографический список

1. Пешнина, И. В. К вопросу о проектировании стальных балок / И. В Пешнина // Общество-наука-инновации (НПК-2015) : сб. материалов всерос. науч.-техн. конф. (13-24 апреля 2015 г. Киров). 2015. Т. 3. С. 464.
2. Теплова, Ж. С. Сборно-монолитные перекрытия системы «МАРКО» / Ж. С. Теплова, А. Н. Виноградова // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 8 (35). С. 48-59.
3. Недвига, Е. С., Виноградова Н. А. Системы сборно-монолитных перекрытий / Е. С. Недвига, Н. А. Виноградова // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №4 (43). С. 87-102.
4. Мухаметрахимов, Р. Х. Особенности технологии устройства и контроля качества монолитных сталефибробетонных перекрытий с использованием пустотообразователей / Р. Х. Мухаметрахимов, А. Ф. Хузин, Д. Д. Хамидулина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 3 (45). С. 228-235.
5. AirDeck System : официальный сайт. 2013. URL: http://www.airdeck.com/ (дата обращения: 13.02.19).
6. Bubble Deck System : официальный сайт. URL: http://www.bubbledeck-uk.com/design.html/ (дата обращения: 13.02.19).
7. CobiaxTechnologiesAG : официальный сайт. 2014. URL: https://www.cobiax.com/intl/produkte/ (дата обращения: 13.02.19).
8. DaliformGroup : официальный сайт. 2015. URL: https://www.daliform.com/ru/disposable-formwork-for-two-way-lightened-voided-slabs-ru/ (дата обращения: 13.02.19).
9. DaliformGroup : официальный сайт. 2015. URL: https://www.daliform.com/ru/one-way-lightened-voided-slabs-ru/ (дата обращения: 13.02.19).

Оценка содержания токсичных компонентов в отработавших газах дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при работе на этаноло-топливной эмульсии

Пляго А. В.
аспирант кафедры «технологии машиностроения»
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail:Tom.PAV@mail.ru

Аннотация: использование альтернативных топлив биологического происхождения следует считать делом уже самой ближайшей перспективы. К настоящему времени исследователями всего мира накоплено значительное количество данных, сопровождающих применение биоэтанола в виде добавки к нефтяному моторному дизельному топливу (ДТ). Исследовано значительное количество составов, объемов замещаемого этанолом дизельного топлива, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и других применяемых присадок. При этом основной акцент делается на создание все более новых, более высококонцентрированных составов топливных эмульсий, с применением ранее неиспользованных добавок к топливу. Получаемый эффект обосновывается объемами экономии ДТ и снижением уровня экологической опасности. Тем не менее, до настоящего времени не определены целесообразные пределы замещения ДТ этанолом. Целью настоящей работы явилась оптимизация состава этаноло-топливной эмульсии (ЭТЭ) на основе анализа целого комплекса ограничений.

С учетом глубины проблемы, в первую очередь, необходимо рассматривать создание ЭТЭ с целым рядом необходимых свойств, что возможно только в случае применения комплексной присадки. Присадка должна не только стабилизировать ЭТЭ, и воздействовать на процесс ее сгорания в цилиндре дизеля, но и сводить к минимуму свое влияние на процессы долговечности деталей дизеля. Анализируя работы Российских ученых, таких как Девянин С.Н., Марков В.А., Бирюков В.В., Лиханова В.А., по применению этанола как топлива для дизельных двигателей, видим, что никто не задавался вопросом о предельности замещаемого этанолом дизельного топлива.

Ключевые слова: альтернативное топливо, стендовые испытания, скоростная характеристика, токсические показатели.

Стендовые испытания предложенного нами состава топлива [1], проводились по ГОСТ 18509-88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний» на стенде фирмы «ELBTAEWERK HEIDENAU» с применением двигателя внутреннего сгорания Д-245.5S2. Испытания проводились на трех составах топлива:

– чистое дизельное топливо;
– ДТ 80% по массе + 19% этанол + 1% комплексная присадка;
– ДТ 50% + 49% этанол + 1% комплексная присадка. Согласно ГОСТ 18509-88 снимались регулировочная, нагрузочная, скоростная характеристики.

В данной статье рассмотрим скоростную характеристику – это определение влияния частоты вращения на основные показатели работы двигателя. На рассмотрение вынесены эффективные показатели и показатели токсичности отработавших газов. В статье рассмотрим показатели токсичности отработавших газов.

Анализ полученных опытных данных показывает, что применение ЭТЭ [2, 3] снижает количество всех токсичных компонентов при увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя. На графике видно, что при применении ЭТЭ имеет место незначительное увеличение CO, CO_2, и значительное увеличение CH_x, однако при увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя содержание этих компонентов значительно снижается.

Рассмотрев данные графика видим, что при применении ЭТЭ количественная доля сажи С в отработавших газах при частоте вращения КВ 1400 мин$^{-1}$ на чистом ДТ составляет 34%, а на ЭТЭ с 50% содержанием этанола в смеси, уже всего 6,5 %. Эта тенденция сохраняется и при увеличении частоты вращения коленчатого вала. Так при частоте 2000 мин$^{-1}$ на чистом ДТ 15% сажи С в отработавших газах, а при использовании ЭТЭ с 50% содержанием этанола в смеси, этот показатель подает до 2%. В процентном выражении это снижении составит 80,88% при частоте вращения 1400 мин$^{-1}$, 86,66% при частоте вращения 2000 мин$^{-1}$ соответственно. Имеет место значительное снижение этого токсичного компонента, и эта тенденция прослеживается как при увеличении вводимого в эмульсию этанола, так и при увеличении частоты вращения коленчатого вала.

Аналогичная ситуация обстоит и с оксидом азота NO_x. При увеличении вводимого в эмульсию этанола и увеличении частоты вращения прослеживается снижение этого токсичного компонента, хотя не так значительно, как в случае с сажей С, снижение составляет при частоте вращения коленчатого вала 1400 мин$^{-1}$ 18,75%, а при частоте вращения 2000 мин$^{-1}$ снижение составляет 29,52%.

Применение этанола в смеси вызывает незначительный рост угарного газа CO и оксида углерода CO_2. При увеличении частоты вращения коленчатого вала прослеживается та же тенденция по снижению этих токсичных компонентов в отработавших газах. При частоте вращения 1400мин$^{-1}$ рост CO составляет 18,81% по отношению к использованию чистого ДТ, а CO_2 - 12,5% соответственно. Увеличивая частоту вращения коленчатого вала до 2000 мин$^{-1}$ получаем рост CO на 50%, по отношению к использованию чистого ДТ, CO_2 – 39,02%.

Количество несгоревших суммарных углеводородов C_xH_y, при применении ЭТЭ увеличивается. При введении 20% этанола в эмульсию количество несгоревших суммарных углеводородов составляет 16,5 ppm, а при 50% этанола в эмульсии 20 ppm. При работе на чистом ДТ этот показатель составляет 3 ppm.

В результате горения в камере сгорания двигателя происходит повышенное образование молекул угарного газа CO и оксида углерода CO_2 вследствие присутствия спирта в смеси, это наглядно видно из представленных графиков.

Рисунок 1. График зависимости токсичных компонентов в отработавших газах от частоты вращения коленчатого вала.

Анализируя полученные результаты, можно заметить, что имеет место значительнее снижение сажи, но при увеличении вводимого в ЭТЭ этанола улучшения не пропорциональны, смеем предположить, что дальнейшее увеличение массовой доли этанола в смеси не приведет к значительному улучшению показателей токсичности отработавших газов дизельного двигателя.

Выводы:

1) относительное улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при его работе на топливах с ростом присутствия до 50% этанола [4-6] (в массовых долях) постепенно снижается в сравнении с показателями, полученными при работе на топливе с меньшей его концентрацией;

2) работа дизеля на топливах с содержанием этанола [7-8] свыше 50…60% в массовых долях потребует реализации дополнительных мероприятий, что может нивелировать полученный положительный эффект.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2668225. Топливная эмульсия. Российская Федерация МПК C10L 1/32 / Плотников С. А., Куимов Е. А., Пляго А. В., Карташевич А. Н., Втюрина М. Н. 3 с. ; 1 табл.
2. Эмульсии. / Под ред. Ф. Шермана. М. : Химия, 1972. С. 75-122.
3. Плотников С. А., Пляго А. В. О применении спирто-топливных эмульсий в ДВС // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017) : сб. статей всерос. ежегод. науч.-практ. конф. (1–29 апреля 2017 г.). Киров : Науч. изд-во ВятГУ, 2017. С. 1861-1868.
4. Льотко В., Луканин В. Н., Хачиян А. С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М. : МАДИ (ТУ), 2000. 311 с.
5. Веденеев В. И., Арутюнов В. С. Современные тенденции в использовании спиртов и спиртовых смесей. // Газовая промышленность. 1999. № 11. С. 39.
6. Карташевич А. Н., Плотников С. А., Гурков Г. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле : монография. Часть 1. Киров: Типография «Авангард», 2011. 116 с.: ил.
7. Карташевич А. Н., Плотников С. А., Смольников М. В. Исследование свойств новых топлив на основе этанола. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 2017. № 1. С. 114-117.
8. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды. М. : Наука, 1978. 368 с.

Параллельный алгоритм для проверки на изоморфность графов большой размерности

Подрезов Е.М.[a], Князькова Т.В.[b]
студент кафедры электронных вычислительных машин[a],
кандидат технических наук, доцент кафедры электронных вычислительных машин[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: jeggorius@gmail.com tv_knyazkova@vyatsu.ru

Аннотация: В статье рассматривается проблема изоморфизма графов и важность распознавания изоморфизма при решении многих прикладных задач, даётся обзор и анализ существующих алгоритмов проверки изоморфизма и поиска изоморфного подграфа. Отмечается, что особенностью реальных задач является большая размерность графа. В связи с этим время решения зачастую увеличивается экспоненциально при использовании обычных алгоритмов, поэтому для графов большой размерности становится очевидным необходимо разработать параллельный алгоритм. В статье представлен параллельный алгоритм проверки на изоморфизм двух произвольных графов на основе построения и сравнения кодовых таблиц. Кроме того, для эффективности алгоритма большое значение имеет кодирование и размещение информации в памяти. В статье предлагается оригинальное кодирование матрицы смежности, позволяющее значительно снизить затраты памяти на размещение данных.

Ключевые слова: теория графов, граф, изоморфизм, параллельный алгоритм.

Введение. Теория графов имеет широкое применение в современном мире. Графы удобно использовать как для постановки задачи, так и для её решения. Абстрактность графов позволяет использовать их в разных сферах экономики, дискретной математики, физики, социологии, статистики и др. Для решения многих прикладных задач оказывается полезным установить факт изоморфности двух графов. Алгоритмы распознавания изоморфизма и поиск изоморфного подграфа необходимы при решении многих прикладных задач, например, при разработке информационно-поисковых систем и систем логического вывода на основе сравнения с образцом, в синтаксическом и структурном распознавании образов, оптимизации вычислений в сети процессоров, идентификации структуры дискретных систем и исследовании топологии сетей ЭВМ и многопроцессорных систем. В настоящее время в связи с развитием средств хранения и обработки больших объёмов данных, возникает необходимость в алгоритмах проверки изоморфизма графов большой размерности.

Два графа $G = \langle V_G, E_G \rangle$ и $H = \langle V_H, E_H \rangle$ являются изоморфными, если существует такая биекция $f: V_G \rightarrow V_H$ между множествами вершин графов, что

две любые вершины из первого графа смежны тогда и только тогда, когда смежны вершины из второго графа. Если изоморфизм графов установлен, они называются изоморфными и обозначаются как G ≃ H. Таким образом, два изоморфных графа имеют одинаковую структуру, но при этом могут быть изображены различными способами.

Результатом проверки изоморфизма двух графов может являться положительный или отрицательный ответ, но некоторые алгоритмы позволяют задать искомую биекцию с помощью матрицы подстановки изоморфизма. Пример матрицы подстановки:

$$M = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \cdots & a_n \\ f(a_1) & f(a_2) & \cdots & f(a_n) \end{pmatrix},$$

где: - $a_1, a_2, \ldots, a_n$ – вершины одного из графов,

- *f(a)* – биекция, задающая изоморфизм взаимно-однозначно ставит в соответствие вершине *a* графа некоторую вершину *b* изоморфного графа.

Проблема изоморфизма графов состоит в нахождении наиболее эффективного алгоритма, распознающего, являются ли два заданных графа изоморфными. Проблема более актуальна для графов большой размерности, поскольку при увеличении размера графа требуемое время зачастую увеличивается экспоненциально, из-за чего становится невозможной проверка изоморфизма графов за приемлемое время, что осложняет применение алгоритмов на практике. Уменьшения времени работы алгоритма можно добиться за счёт разработки параллельного алгоритма.

Общая идея алгоритма. В статье Листровой С. В., Певнева В. Я., Тяжлова А. Г. рассматривается параллельный алгоритм проверки изоморфизма графов. Для проверки изоморфизма двух произвольных графов G = <V, E> и G’ = <V’, E’>, имеющих одинаковое число вершин N и рёбер и представленных с помощью матриц смежности C и C’, необходимо построить кодовые матрицы K(i) и K(i’) для всех i, i = 1…N. При этом необходимым условием изоморфизма графов является существование равных кодовых матрицы K(x) и K’(y) (x ∈ V, y ∈ V’). Достаточным

условием является существование подстановки из множеств подстановок $\{\sigma(z)\}$, соответствующих всем совершенным паросочетаниям $z \in Z$ графа соответствия $G^*(X, Y)$ двух равных кодовых матриц $K(x)$ и $K'(y)$ [Листровой С. В., Певнев В. Я., Тяжлов А. Г.]. Эта подстановка позволяет задать биекцию, отображающую вершины одного графа в вершины другого, с сохранением смежности соответствующих вершин.

Для введения *понятия кодовой* матрицы необходимо ввести понятие стянутого дерева путей. Стянутое дерево путей – это прямоугольная решётка, содержащая p столбцов и N строк, где p – число ярусов дерева путей графа. Вершины i-го ряда стянутого дерева путей соответствуют i-ой вершине графа, а j-ый столбец стянутого дерева путей соответствует j-ому ярусу дерева путей. Вершина a_{ij} стянутого дерева путей связана с вершиной b_{kj+1}, если i-ая вершина на j ярусе дерева путей связана с k-ой вершиной j+1 яруса дерева путей.

Для построения стянутого дерева путей необходимо сначала построить дерево путей. Дерево путей можно построить по следующему алгоритму [Листровой С.В., Дробот О.А., Тимочко А.И., с. 175]:

Выбираем вершину i и берём i-ю строку в матрице C.

По j-ой строке определяем вершины j_i, для которых и образуем множество вершин, имеющих от вершины i путь ранга r = 1 (вершины первого яруса).

Вершины r-го яруса с путями ранга r от вершины I находятся поочерёдным просмотром строк вершин j_{r-1} в r – 1 ярусе, не встречавшихся в пути от i к j_{r-1}.

Построение дерева продолжается до получения путей максимально допустимого ранга r = n – 1 либо до тех пор, пока для исследуемой вершины не окажется, что все вершины уже вошли в путь $\mu_{ij_{r-1}}$.

Для некоторого графа, изображённого на Рис. 1, представим пример дерева путей для вершины с отметкой «1» (рис. 2)

Рисунок 1. Произвольный граф

Рисунок 2. Дерево путей для вершины с номером 1

Построенное дерево путей легко преобразовать в стянутое дерево путей. Достаточно пройтись слева направо по ярусам дерева путей, и связать элементы в стянутом дереве путей, если между вершиной дерева путей на текущем и соседнем ярусе есть ребро.

Пример стянутого дерева, полученного преобразованием построенного ранее дерева путей, представлено на рис. 3.

Стянутое дерево путей удобнее всего представлять с помощью кодовых матриц.

Рисунок 3 – стянутое дерево путей

Кодовая матрица, это матрица N на p, где N – количество вершин графа, p – число ярусов дерева путей, состоящая из пар $<\rho_j^-(i), \rho_j^+(i)>$, где $\rho_j^-(i)$ степень входа, а $\rho_j^+(i)$ степень исхода i-ой вершины j-ого яруса стянутого дерева путей. Представление заданного стянутого дерева путей с помощью кодовой матрицы представлено на Рис. 4.

$$K(1) = \begin{vmatrix} 0,2 & 0,0 & 2,2 & 2,0 \\ 0,0 & 1,3 & 1,3 & 3,0 \\ 0,0 & 0,0 & 1,1 & 1,0 \\ 0,0 & 1,2 & 1,2 & 2,0 \end{vmatrix}.$$

Рисунок 4 – кодовая матрица.

Для алгоритма требуется сравнение кодовых матриц и строк кодовых матриц. Столбец $q_j(i)$ произвольной матрицы K(i) характеризуется вектором $\{k_{1j}, k_{2j},\ldots, k_{nj}\}$. Будем говорить, что два столбца $q_j=x(i)$ и $q_j=y(i)$ матриц K(i) и K'(i) равны между собой, если равны множества $\{k_{x0}, k_{x1},\ldots, k_{xn}\}$ и $\{k'_{y0}, k'_{y1},\ldots, k'_{yn}\}$, i = (1, n). Строки $\alpha = x$ и $\alpha' = y$ матриц K(i) и K' (i) равны между собой, если $k_{x1}= k'_{y1},\ldots, k_{xn}= k'_{yn}$. Определим теперь условие равенства двух матриц K(i) и K' (i), построенных для вершин x и y, принадлежащих соответственно графам G и G'. Матрицы K(i = x) и K(i = y) равны, если равны все одноименные столбцы $q_j(x)=q'_j(y)$, j = (0, n).

Описание алгоритма. Задача определения изоморфизма графов G и G' сводится к 4 основным операциям.

1. Выделение произвольной вершины x в графе G и построение кодовой матрицы K(x), формирование множества {K'(i)} всех кодовых матриц графа G' {K'(1), K'(2), …, K'(N)}.

2. Выделение в {K'(i)} q-пар одинаковых с K(x) кодовых матриц, построение q-графов соответствия G_1*, G_2*,…, G_q* (если ни одной пары кодовых матриц нет, то нарушается необходимое условие изоморфизма т.е. графы неизоморфны).

3. Определение произвольных совершенных паросочетаний z_1, z_2, …, z_q в графах G_1*, G_2*,…, G_q* соответствия. Для поиска паросочетаний можно применить венгерский алгоритм.

4. Проверка того, позволяют ли подстановки $\sigma(z_1)$, $\sigma(z_2)$,…, $\sigma(z_q)$, соответствующие совершенным паросочетаниям z_1, z_2, …, z_q, перенумеровать вершины графов G и G' так, чтобы их матрицы смежности стали равными. Если ни одна из проверок не оканчивается успешно, то графы G и G' неизоморфны, поскольку нарушается необходимое условие изоморфизма. Процесс останавливается. Если одна из проверок окажется успешной, то необходимость в продолжении проверки отпадает, так как графы изоморфны.

Таким образом, алгоритм проверки двух произвольных графов на изоморфизм состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Выбираем произвольную вершину x в G и строим кодовую матрицу K(x), формируем множество кодовых матриц {K'(1), K'(2), …, K'(N)} для графа G'. y ≔ 1.

Проверяем, равны ли матрицы K(x) = K'(y); если равны, то переходим к шагу 4, если нет – выполняем следующий шаг.

Проверяем y = N, если нет, то y ≔ y + 1 и переходим к шагу 2; если да, то алгоритм заканчивает работу, поскольку графы G и G' неизоморфны.

Строим граф соответствия G*(X, Y) на основе равных строк равных матриц K(x) и K'(y).

Выделяем в графе G*(X, Y) произвольное паросочетание z и на его основе формируем подстановку σ(z), с помощью которой проверяем, позволяет ли она получить одинаковые матрицы смежности. Если нет, то осуществляем шаг 3, если да, то алгоритм заканчивает работу, так как графы G и G' изоморфны.

Алгоритм позволяет распараллелить построение и сравнение кодовых матриц. Асимптотическая сложность алгоритма при параллельной реализации на N процессорах равна

$$O\left(max\left\{N^3, \frac{N}{\max(n_i)*\prod_i (n_i!)^{m_i}}\right\}\right)[1]$$

Представление графа в памяти ЭВМ. В соответствии с требованиями алгоритма, для представления графа в памяти ЭВМ используется матрица смежности. Матрицу смежности можно представить как массив указателей на массивы, представляющие строки матрицы смежности. Каждая строка содержит ровно V элементов. Поскольку каждый элемент строки может быть равен только нулю иди единице, то в целях экономии памяти, строки матрицы можно представить в виде последовательности байт, каждый байт при этом кодирует восемь элементов строки.

Основным преимуществом данного подхода является сокращение требуемого объёма памяти для представления строк в 8 раз. Кроме того, происходит более быстрое сравнение строк, поскольку нужно сравнить не V элементов, а $\left\lceil \frac{V}{8} \right\rceil$.

В качестве недостатка можно указать, что если V не кратно восьми, то для представления строки матрицы придётся добавить дополнительный байт, но для больших матриц это несущественно.

Процесс обращения к элементу матрицы усложняется незначительно: обращение к строке происходит, как и для обычной матрицы, а для обращения к элементу строки потребуется небольшое число дополнительных операций

(деление с остатком на 8, применение необходимой битовой маски для проверки значения в байте).

Для количества элементов V, не кратных 8, матрица перестаёт быть квадратной из-за добавления дополнительного байта, но это не приведёт к дополнительным трудностям, поскольку для корректной работы алгоритма не обязательно, чтобы матрица была квадратной.

Длины строк, даже после добавления дополнительного байта, совпадают, соответственно необходимо хранить только одну длину, вместо V длин для каждой строки. К тому же, реальный размер строки легко получить путём деления V на 8 с округлением вверх.

Обнаруженные недостатки, в целом, несущественны.

Для произвольного графа, изображённого на Рис. 5, представим пример описанной структуры (Рис. 6) Жирным курсивом выделены дополнительные биты.

Рисунок 5. Пример графа

Рисунок 6. Разработанная структура

Общие затраты памяти, требуемые для представления структуры, рассчитываются следующим образом:

$$TotalMem = V * sizeof(pointer) + V * \left\lceil \frac{V}{8} \right\rceil,$$

где - *sizeof(pointer)* – длина типа данных, представляющего указатель,

- V – количество вершин в графе.

Заключение. Предлагаемый алгоритм проверки двух произвольных графов на изоморфизм является параллельным, следовательно, открывает возможности для его программной реализации на многоядерной многопроцессорной структуре. Предложенные методы кодировки и размещения больших объемов данных в памяти позволяют использовать разработанный алгоритм для обработки графов большой размерности за приемлемое время.

Библиографический список

1. Листровой, С. В. Параллельный алгоритм определения изоморфизма графов, / С. В. Листровой, В. Я. Певнев, А. Г. Тяжлов URL: https://cyberleninka.ru/article/n/parallelnyy-algoritm-opredeleniya-izomorfizma-grafov (дата обращения 04.02.2019).
2. Листровой, С. В. Алгоритм для идентификации изображений работающий в режиме реального времени / С. В. Листовой, О. А. Дробот, А. И. Тимочко // Искусственный интеллект. Донецк : ИПИИ, 2003. С. 173-178.

Прогнозирование биржевого индикатора с применением нейронной сети

Пушкарёв И. А.[a], Сунцова А. А.[b]
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики[a]
студентка кафедры прикладной математики и информатики[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a, b]
E-mail: ia_pushkarev@vyatsu.rua, suntsovaanna@mail.ru[b]

Аннотация: в статье обсуждается построение архитектуры нейронной сети для задачи краткосрочного прогнозирования биржевого индикатора балансового рынка (БР), точный прогноз которого позволяет предприятию сформировать экономически выгодную стратегию конкурентной борьбы. Обосновывается актуальность применения данной технологии, а также описываются способы улучшения модели нейронной сети с целью повышения качества проводимого прогноза.

Выявляется список факторов, которые оказывают наиболее полное влияние на результат работы нейронной сети, а также приводятся причины, представляющие проблемы их выбора. В качестве признаков рассматриваются сезонные и исторические показатели.

В статье приводится пример использования популярных фреймворков, которые имеют большой функционал, а также позволяют создавать и обучать модель нейронной сети с применением современных параллельных технологий.

Ключевые слова: нейронная сеть, прогноз, топология, временные ряды, электроэнергия.

В современном обществе электроэнергия является важным и неотъемлемым ресурсом. С появлением в России оптового рынка электроэнергии и мощности (ОРЭМ) его участники ежедневно сталкиваются с проблемой формирования стратегии конкурентной борьбы и планирования будущих финансов [1-3]. В данных условиях задача прогнозирования биржевых индикаторов является значимой для многих участников рынка.

Прогнозирование индикатора БР является сложной задачей. Значение индикатора зависит от качества подаваемых планов покупки/продажи электроэнергии на рынке на сутки вперёд (РСВ), климатических условий, аварий энергосистем, выработке электроэнергии атомными предприятиями, стратегии конкурентов, политических, экономических, технологических и других факторов. Учесть все факторы, влияющие на значение индекса балансового рынка невозможно, в том числе потому, что часть из них является коммерческой тайной. А сложность выделения факторов, которые наиболее полно описывают данный индикатор, заключается в следующем: влияние факторов на прогнозную модель носит нелинейный характер, в совокупности они оказывают большее

влияние, чем по отдельности. Поэтому для решения данной задачи крайне эффективно будет применить технологию нейронная сеть, отличительной особенностью которой является установка нелинейных связей между будущими и фактическими значениями, а также возможность принимать на вход не только количественную информацию, но и качественную (день недели).

Как отмечалось выше, важным шагом решения задачи является подбор входных параметров. При разработке модели целесообразно выделить такие факторы, как день недели: рабочий, праздничный, выходной, так как потребление электроэнергии в эти дни различно. В рабочий день наибольшее влияние оказывают технологические процессы, а в выходные – социальные.

Так как торги на БР происходят после и вследствие проведения торгов на РСВ, то значение индикатора РСВ на текущий час является основой для формирования индикатора БР. Данный индикатор включается в список входных параметров.

Формирование цены РСВ зависит от количества поданных заявок на покупку/продажу электроэнергии. Качество поданных заявок зависит от стратегии участников рынка. Данный фактор является скрытым, поэтому необходимо выделить признаки, по которым нейронная сеть сможет предугадать стратегии конкурентов. В этот список следует включить объём потребляемой/продаваемой электроэнергии, который был подан в заявках на РСВ, фактические и прогнозные значения индикатора БР, спроса потребления, объёмы планируемой генерации, ценовой показатель выбора состава включённого генерирующего оборудования (ВСВГО). Данные показатели, кроме фактических, берутся на текущий час, час назад и неделю назад, они являются общедоступными и публикуются на сайте [2, 3].

Потребление электроэнергии напрямую зависит от сезонных и климатических факторов: час суток, день недели, номер месяца в году, среднесуточная температура окружающего воздуха, средняя скорость ветра.

Набор приведённых факторов обеспечит полное описание прогнозируемого индикатора БР.

В качестве исходных данных были взяты почасовые показатели за период с января 2014 по декабрь 2018 года. Достаточно большой объём тестовых данных обеспечит общность нейронной сети, но скажется на времени обучения. В настоящее время активно развивается архитектура видеокарт, которые позволяют параллельно выполнять различные операции. Одним из преимуществ технологии нейронная сеть является возможность распараллеливания обучения на CPU и GPU, поэтому проблема времени решаема.

Важным этапом прогнозирования является выбор топологии нейронной сети. Существуют три семейства архитектур: полносвязные, свёрточные и рекуррентные [4].

Специфика данной задачи состоит в том, что практически невозможно предугадать аварии в энергосистеме, учесть политические и экономические факторы, изменение стратегий или человеческий фактор. К тому же, как указывалось выше, важными факторами являются час суток и сезонность. Поэтому нет чёткого порядка следования данных в последовательности временных рядов. Следовательно, применение рекуррентного слоя не позволит получить точное прогнозное значение.

Свёрточный слой показывает хороший результат в решении задач классификации и распознавания изображений. Его использование в задачах регрессии менее популярно, к тому же выделение шаблонов не позволит в полной мере обеспечить нелинейность входных признаков, поэтому в данной статье этот подход рассматриваться не будет.

Для решения задачи прогнозирования применяется полносвязная архитектура нейронной сети.

Полносвязная топология нейронной сети представляет структуру из трёх слоёв: входной – набор исходных данных, скрытый слой, выходной – прогнозное значение [4]. Количество нейронов в скрытых слоях, количество самих слоёв и количество эпох обучения определяется экспериментальным путем и зависит от объёма тестовых данных. На рисунке 1 представлена полносвязная топология нейронной сети.

Рисунок 1. Полносвязная топология нейронной сети

Повышение точности прогноза на тестовых данных приводит к переобучению модели. Метод прореживания, который заключается в удалении случайно выбранного признака на этапе обучения, показывает хорошие результаты для данной задачи. Этот подход позволяет сохранить нелинейность факторов.

Одним из этапов разработки нейронной сети является выбор функции активации. Её вид во многом зависит от метода обучения сети. Для задач регрессии используется метод градиентного спуска и метод обратного распространения ошибки. При распространении ошибки от выходного слоя к входному происходит домножение результата на производную функции активации. Так, производная сигмоиды может привести к затуханию градиента, а гиперболического тангенса – к сильному увеличению ошибки, что приведёт к некорректному обучению сети [4]. В данной задаче применяется функция активации ReLU:

$$f(x) = \max(0, x)$$

$$f'(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ rand(0.01, 0.05), & x \leq 0 \end{cases}$$

Достоинством применения данной функции является быстрое обучение, отсутствие затухания/разрастания градиента, простые вычислительные операции.

Задача прогнозирования опирается на сложные методы поиска закономерностей в рассматриваемом временном процессе. Но со временем

причины этих закономерностей могут изменяться, данный факт был изложен выше. Необходимость процесса дообучения модели за адекватное время является основополагающим фактором при выборе метода обучения сети. В качестве метода обучения сети используется «Онлайн»-подход с размером пакета 64. Небольшой размер пакета позволит в процессе применения алгоритма градиентного спуска прийти к глобальному минимуму, а не остаться в локальном и сократит время обучения.

Входная последовательность имеет разные числовые диапазоны. Например, объём потребляемой электроэнергии в среднем в 100 раз больше, чем индикатор БР. Сеть, конечно, адаптируется к таким данным, но это значительно усложнит процесс и увеличит время её обучения. Поэтому к исходным данным, которые определяют количественный признак, была применена нормализация. Для каждого признака из значения вычитается среднее по признаку, разность делится на стандартное отклонение. В результате данные центрируются, а стандартное отклонение равно единице.

Для качественных признаков в соответствие ставится логическая переменная. А чтобы добиться независимости влияния каждого дня недели, используется подход, который преобразует один признак в семь и ставит в соответствие логическую переменную 0 или 1. Аналогичные преобразования применяются к часу суток и номеру месяца в году.

Для построения модели сети использовалась библиотека Keras [5]. Это мощная бесплатная библиотека с открытым исходным кодом, которая обеспечивает удобный способ создания и формирования навыков у моделей глубокого обучения. Её функционала достаточно для решения данной задачи. Keras не реализует низкоуровневые операции, связанные с дифференцированием. Для этого используется не менее популярный фреймворк TensorFlow, разработанный Google.

Рассмотренная модель краткосрочного прогноза индикатора БР позволяет приблизиться к формированию достаточно точного значения.

Библиографический список

1. Ассоциация «НП Совет рынка» : официальный сайт. URL: https://www.np-sr.ru/ru (дата обращения 10.02.2019).
2. Оптовый рынок электроэнергии и мощности : главная страница. URL: http://br.so-ups.ru/Public/MainPage.aspx (дата обращения 10.02.2019).
3. Суточные индексы и объемы РСВ // АО «АТС» : официальный сайт. URL: https://www.atsenergo.ru/results/rsv/index (дата обращения 10.02.2019).
4. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб. : Питер, 2018. 400 с.
5. Home – Keras Documentation : официальный сайт. URL: https://keras.io (date of appeal 10.02.2019).

Разработка информационной системы контроля качества стерилизации фабрикатов

Раздрогина Л. С.[a], Алферов Д. А.[b], Шмакова Н. А.[c]
студентка кафедры систем автоматизации управления[a]
студент кафедры систем автоматизации управления[b]
старший преподаватель кафедры систем автоматизации управления[c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: lina_250296@mai.ru[a], alferdan@rambler.ru[b], usr09554@vyatsu.ru[c]

Аннотация: любое производство сталкивается с проблемой обеспечения процесса контроля качества продукции. Качество необходимо контролировать на всех этапах жизненного цикла разработки продукции. Хорошее производство должно ориентироваться на удовлетворение ожиданий потребителей и быть хорошим конкурентом на рынке за счёт качественного продукта. В качестве производства рассматривается компания Food Zavod, производство которой направлено на изготовление фабрикатов: различных супов, вторых блюд, салатов, закусок, десертов и начинок для пирогов. В случае производства готовой продукции значимым процессом для соблюдения качества является стерилизация. При этом процессе фабрикаты подвергаются действию высоких температур, в результате чего обеспечивается долгая сохранность продукта. От качества проведения стерилизации зависит качество фабрикатов. Обсуждается разработка программного обеспечения, которое позволит контролировать процесс стерилизации фабрикатов в автоклаве. Обосновывается актуальность разработки, исходя из проблем в одном из предприятий по производству фабрикатов. Представлена uml-диаграмма вариантов использования разрабатываемой системы.

Ключевые слова: тепловая обработка, контроль качества, прогнозирование степени работоспособности, качество фабрикатов.

Введение. В настоящее время практически в каждом супермаркете можно найти отдел с готовой едой. Рынок данной продукции в России находится на стадии формирования, но активно развивается [1]. Связано это с интенсивным образом жизни больших городов и недостаточным количеством времени для приготовления еды дома. По данным Euromonitor [2] совокупный среднегодовой темп прироста рынка готовой еды в России ожидается на уровне 4% к 2022 году.

В нашей стране одним из ведущих производителей готовой еды является компания Food Zavod [3]. Её продукция представлена во всех основных супермаркетах России. Данный производитель представляет широкую продуктовую линейку. В таком производстве готовой продукции значимым процессом для соблюдения качества является стерилизация. Этот процесс представляет собой тепловую обработку фабрикатов, которая проходит при высоких температурах. Такая обработка обеспечивает долгое хранение

продуктов. В качестве аппарата, в котором происходит тепловая обработка, применяется автоклав.

Учитывая, что в автоклав помещается продукция разного вида, в период прохождения процесса стерилизации давление внутри упаковок различное. Из-за этого бывают случаи вскрытия упаковок с продукцией.

Ведущий подход. Была поставлена задача разработка информационной системы контроля качества стерилизации фабрикатов. Для обеспечения беспроводной связи был выбран микроконтроллер ESP32. В качестве среды для программирования данного модуля заказчиком была выбрана среда Arduino IDE.

Для получения данных с датчиков в реальном времени будет использоваться микроконтроллер ESP-WROOM-32. По данным источника [4] он представляет собой высокоинтегрированный чип, который совмещает в себе беспроводные передачи информации Wi-Fi и Bluetooth. Помимо того, что данный микроконтроллер позволяет обеспечить беспроводную передачу данных, в нём есть встроенная память. Эта возможность сильно поможет в случае обрыва передачи данных по двум выделенным способам выше и позволит сохранить данные во встроенную память до устранения обрыва.

Проектируемая система представляет собой приложение трёхзвенной клиент-серверной архитектуры, составные части которого располагаются на одной машине. Клиентская часть представляет собой web-ориентированное приложение.

Для наглядного представления всех функций разрабатываемой системы можно представить диаграмму вариантов использования, представленную на рисунке 1. Данная диаграмма предназначена для определения поведения системы с точки зрения пользователя [5]. Она состоит из таких элементов, как актёры, варианты использования и отношения между ними. В качестве пользователя рассматривается «оператор». Для данного пользователя рассмотрим варианты использования.

Рисунок 1. Диаграмма вариантов использования

Результаты исследований, их обсуждение. Вариант использования «контроль качества стерилизации» включает в себя такие функции, как:

- фиксирование данных и анализ о технологическом цикле;
- вывод информации о технологическом цикле.

В рамках функции «фиксирование данных о технологическом цикле» выделяются:

- фиксирование информации о фабрикатах и допустимых диапазонах – необходимо для фиксирования данных о том, какие типы фабрикатов будут помещены в автоклав и относительно каких диапазонов должны держаться значения температур и давлений;

- фиксирование данных с датчиков за цикл – необходимо для фиксирования данных с датчиков за цикл для наблюдения за этими данными. Помимо фиксации данных, их нужно сразу выводить на экран оператора;
- фиксирование результатов технологического цикла – необходимо для фиксирования результатов цикла, что позволит на основе зафиксированных циклов принять решения для следующих циклов;
- фиксирование действий оператора – необходимо для фиксирования информацию о том, что делал оператор в тех или иных случаях, и на основе такой информации сделать вывод для следующих циклов;
- сохранение в БД (база данных) – позволит сохранить в БД все вышеперечисленные данные и информацию.

В рамках варианта использования «анализ технологического цикла» выделяются:

- проверка значений на выход из диапазона – нужна для осуществления проверки значений на выход из допустимого диапазона для вывода о качестве стерилизации;
- поиск похожего цикла – позволит обеспечить поиск похожих циклов, и на основе этого поиска будут созданы рекомендации для оператора для следующих циклов;
- предложение рекомендуемых действий – нужно для помощи оператору. Создается за счёт сохранения его действий в прошлых циклах.

Функция «вывод информации о технологическом цикле» обеспечит вывод на экран оператора информации о технологическом цикле, что позволит ему контролировать процесс стерилизации.

Помимо всех перечисленных функций добавлен модуль прогнозирования работоспособности стерилизатора, что позволит более точно определять качество фабрикатов в случае, если был сломан какой-либо компонент стерилизатора. Мониторинг и прогнозирование состояния стерилизатора позволит выполнить идентификацию проблем и определить их решение прежде, чем они будут воздействовать на процесс стерилизации [6]. Оценка

появившихся проблем с оборудованием выполняется в реальном времени посредством отображения на экране оператора графиков, таблиц и сообщений. Кроме того, данный модуль позволит оповестить оператора о том, что сломалось и что необходимо сделать для устранения поломки.

Наличие данного модуля позволит снизить затраты на ремонт оборудования и минимизировать количество бракованной продукции. Таким образом, своевременное реагирование на возникающие проблемы с оборудованием позволит обеспечивать успешное проведение процесса стерилизации фабрикатов.

Выводы. В ходе работы была спроектирована информационная система контроля качества стерилизации фабрикатов. На основе построенных uml-диаграмм было разработано программное обеспечение, которое позволит выполнять контроль качества процесса стерилизации фабрикатов и прогнозирование степени работоспособности стерилизатора.

Библиографический список

1. Управление процессами тепловой обработки пищевых продуктов / С. А. Мокрушин, В. С. Хорошавин, Е. С. Филатова, Т. Л. Русяева // Современные проблемы науки и образования : электронный научный журнал. 2012. № 6. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=7935 (дата обращения 07.12.2018).
2. Кузьмина В. Ресторан дома // Эксперт. 2018. № 9. URL: http://expert.ru/expert/2018/09/restoran-doma/#_=_ (дата обращения 23.09.2018).
3. Представляем две продуктовые линейки. Ассортимент // Натурбуфет : официальный сайт. URL: http://naturbyfet.ru/assortiment/ (дата обращения 23.09.2018).
4. Описание микроконтроллера ESP32 // MicPic : официальный сайт. URL: http://micpic.ru/home/proekty-na-esp32/194-opisanie-mikrokontrollera-esp32.html (дата обращения 07.12.2018).
5. Орлов С. А. Технологии разработки программного обеспечения : учебник. СПб. : Питер, 2002. 52 с.
6. Система прогнозирования состояния оборудования ProSmart. URL: http://www.fluidbusiness.ru/production/control-management-systems/ProSmart/ (дата обращения 07.12.2018).

Исследование API-коммуникационных сервисов

Ревякина Д. А.[a], Рычкова А. А.[b]
студент группы ПИб-4301-01-00, факультет автоматики и вычислительной техники [a]
студент группы ПИб-4301-01-00, факультет автоматики и вычислительной техники [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: r.d.a.1997@yandex.ru[a], X23.targetx@gmail.com[b]

Аннотация: Проблема интеграции коммуникационных пространств существует давно. С ростом глобальных сетей происходит и рост количества коммуникационных пространств для взаимодействия с клиентами. Отсутствие единой интеграции в CRM-системе таких пространств приводит к потере информации о клиенте. В работе исследуется функционал коммуникационных сервисов для выявления оптимального набора информации о пользователе, необходимой для интеграции. В ходе исследования были построены диаграммы вариантов использования корпоративных мессенджеров и социальных сетей, популярных на территории России. Исследование проводилось методом экспертных оценок. В результате был выявлен общий востребованный функционал сервисов, и спроектировано API для интеграции данных функций в CRM-систему. Предложены методы интеграции выявленного функционала в CRM-систему с учетом трудоемкости работ.

Ключевые слова: API, социальная сеть, сервис, методы интеграции, веб-приложения

Введение. В настоящее время мессенджеры являются основным способом общения и передачи информации.

Мессенджерами называют программы обмена мгновенными сообщениями, которые сегодня чаще всего используются в виде приложений для смартфонов. Общение через программы-мессенджеры отличается от коммуникации по электронной почте тем, что в них скорость передачи сообщений значительно выше [Стефанова Н. А., Шматок К. О. с.127]. Они используются как рядовыми пользователями, так и целыми компаниями. Таким образом, сложилось разделение мессенджеров на 2 типа: клиентоориентированные и корпоративные.

Корпоративными называются мессенджеры, функционал которых ориентирован на использование в компаниях (то есть они обладают набором функций для общения внутри компании). Клиентоориентированные представляют соой их противоположность, они в основном используются для личного общения, однако могут применяться и компаниями для корпоративных нужд.

Большое количество мессенджеров требует расфокусировки внимания и времени переключения, которое тратится сотрудниками компании впустую. Поэтому проблема повышения эффективности работы с коммуникационными пространствами является особо актуальной. Одним из существующих методов решения проблемы организации единой информационной среды является интеграция коммуникационных пространств – мессенджеров.

Целью исследования является построение оптимальной схемы API-взаимодействия с мессенджерами.

Для достижения данной цели потребовалось решить следующие *задачи:*

- выявить и ранжировать варианты использования мессенджеров различными ролями;
- разработать метод формирования оптимального API-взаимодействия с мессенджерами корпоративной информационной системы.

Методы исследования. Для выявления общего функционала были рассмотрены 10 мессенджеров (5 корпоративных и 5 клиентоориентированных), которые наиболее популярны на территории России.

В качестве объектов исследования клиентоориентированных были выбраны следующие мессенджеры:

- ВКонтакте;
- ICQ;
- Telegram;
- Viber;
- Steam Chat.

В сегменте корпоративных приложений для коммуникации можно выделить следующие сервисы:

- RocketChat;
- Slack;
- iChat;

- ELMA chat;
- Zulip.

Основным методом исследования стал реверсивный инжиниринг, а также исследование кода и методов взаимодействия мессенджеров со сторонними приложениями, сторонними компонентами организации такого взаимодействия.

Для исследуемого объекта составлялась карта вариантов использования. Далее в процессе анализа реализаци в коде вариантов использования проектировался оптимальный API для реализации варианта использования на основе всех рассмотренных мессенджеров.

Результаты исследований, их обсуждение. В результате создания карты вариантов использования исследуемых объектов была сделана их сводная таблица для актера «Авторизованный пользователь» (таблица 1).

Таблица 1

Сводная таблица функций вариантов использования коммуникационных сервисов

Мессенджер Функция	ELMA	Rocket Chat	Slack	iChat	Zulip	Vk	Telegram	Viber	Steam chat	ICQ
Поиск пользователей		+			+	+			+	
Пригласить пользователя		+			+	+			+	+
Новая тема(беседа)	+			+	+	+	+	+	+	
Новое приватное сообщение				+	+	+				
Ответить	+		+	+	+	+				+
Просмотр всех сообщений	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Приватные сообщения				+	+	+				
Избранные	+	+			+	+	+			
Упоминания		+			+					
Настройки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поиск		+	+			+	+		+	+
Оповещения		+	+			+	+		+	+
Просмотр		+				+	+			+

прикрепленных файлов										
Добавить в избранное		+				+		+	+	
Прикрепить файл	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Добавить участника		+				+	+		+	+
Просмотр сообщения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Видео-чат		+				+		+		
Удалить группу		+				+	+			
Копировать сообщение	+	+	+	+		+				+
Цитировать сообщение		+	+	+		+				+
Пометить как непрочитанное		+				+	+	+		
Удалить сообщение	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Отправить сообщение	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Начать шифррованную беседу		+								
Обновить ключи в шифрованной беседе		+								
Закончить шифрованную беседу		+								
Поделиться контактом							+			+
Экспорт истории чата							+			
Закрепить чат							+	+		
Просмотр профиля	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Очистить историю	+		+	+		+	+			+
Заблокировать пользователя	+		+	+		+	+			+
Новый канал			+				+			
Ночной режим							+			
Звонки						+	+	+	+	
Перевод вызова								+		
Сортировка чат								+		
Убрать из избранного						+		+		

Подробности чата			+			+		+		+
Завершение вызова						+	+	+	+	
Изменение статуса				+		+			+	+
Изменение профиля	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Просмотр инвентаря									+	
Отправить предложение о торговле									+	
Заблокировать все коммуникации									+	
Подписка на группы и интересные страницы						+				
Добавление записи на свою страницу						+				
Удаление записи со своей страницы						+				
Восстановление доступа к учетной записи						+				
Скрыть альбомы с фотографиями						+				
Просмотр подарков						+				
Удаление подарков						+				
Добавление видео на страницу						+				
Удаление видео						+				
Вход в учетную запись						+				
Перевод денег						+				
Регистрация						+				
Отправка подарков						+				
Изменить сообщение						+				
Просмотр страниц друзей						+			+	
Удалить сообщения для						+				

всех										
Добавление аудиозаписей на страницу						+				
Отправка голосового сообщения						+				
Добавление друзей в группы						+				
Покинуть канал			+							
Преобразовать канал			+							
Превратить группу в закрытый канал			+							
Подключение сторонних сервисов			+							
Напоминания в сообществах			+							
Скрыть каналы без сообщений			+							
Разграничение каналов для общения			+							
Просмотр ленты новостей			+							
Ограничение права на сообщение			+							
Создать список дел			+							
Создать сниппет			+							
Настройки важности сообщений	+									
Просмотр общих информационных каналов	+									
Разграничение пользователей	+									
Архив	+									
Загрузить файлы из сообщений	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фильтры личных сообщений	+									
Выбор смайлов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Просмотр списка объявлений				+						
Вставка "быстрых"фраз при помощи "горячих" клавиш				+						

В итоге были выявлены функции, общие для всех рассмотренных мессенджеров. Так как было рассмотрено достаточное количество мессенджеров различных по назначению, специализации и типу, то можно предположить примерный базовый набор API-функций, общих для всех мессенджеров, который будет включать следующий набор вариантов использования:

• просмотр всех сообщений – данная функция позволяет просмотреть все диалоги;

• настройки – функция включает в себя общие настройки мессенджера, профиля и отображения;

• прикрепление файла – функция позволяет отправить выбранному пользователю файл, типы прикрепляемых файлов могут варьироваться от мессенджера к мессенджеру. Тем не менее, обязательно поддерживается прикрепление рисунков;

• просмотр сообщения – данная функция позволяет просмотреть все сообщения в конкретной беседе;

• отправка сообщения выбранному пользователю;

• просмотр профиля – просмотр личной информации, указанной в профиле;

• изменение профиля - изменение личной информации, указанной в профиле;

• загрузка файлов из сообщений – функция позволяет выгрузить прикрепленные файлы на устройство;

• выбор смайлов – позволяет отправить выбранному пользователю в беседу выбранный смайл.

Рассмотрим вариант универсального API для работы с диалогами. Для этого сначала необходимо понять, какие функции имеют разрозненные мессенджеры. Для этого были исследованы API внешнего доступа ко всем мессенджерам, у которых есть данный вариант использования. Многие мессенджеры имеют встроенное API и их описание приводится на сайте разработчика сервиса. Примерами таких мессенджеров являются ВКонтакте [VK Developers. Описание методов API] и Telegram [Telegram APIs. All methods – Telegram]. У других мессенджеров есть сторонние открытые библиотеки парсинга с реализацией необходимых вариантов использования. Примером такой группы мессенджеров является Steam Chat. Кроме того, наличие исходных кодов мессенджеров позволяет исследовать его API. Примером такого мессенджера является Rocket.Chat[Rocket.Chat]

В результате было выявлено, что названия этих методов и применяемые параметры не всегда совпадают. Поэтому для универсального API берутся те называния методов, для которых наиболее понятно их действие, а аргументы - те, которые есть только в обоих методах.

Список методов универсального API:

messages.getHistory(peer, max_id, limit) - возвращает историю сообщений чата;

messages.getById(messages_ids) - возвращает список сообщений по их идентификаторам;

messages.markAsRead(peer, start_message_id) – помечает сообщения как прочитанные;

messages.search(peer, q, max_date, offset, count) – поиск сообщений;

messages.sendMessage(user_id, random_id, message_id, message_attachment, forward_message) – отправление сообщения;

messages.setTyping(peer, typing) – отправляет событие печати текущего пользователя собеседнику\группе;

message.delete(message_ids) – удаляет сообщения.

Выводы. Таким образом, в ходе исследования были рассмотрены наиболее популярные мессенджеры, их варианты использования и на данной основе составлен список функций, обязательных для базового набора API-интеграции мессенджеров в корпоративную систему. Была выполнена карта вариантов использования мессенджеров, на основании которой проведено ранжирование вариантов использования.

Наличие базового функционала позволит облегчить быструю интеграцию любых коммуникационных сервисов на уровне плагинов.

Библиографический список

1. Стефанова Н. А., Шматок К. О. Мессенджеры как цифровой бизнес-инструмент // Карельмкий научный журнал. 2018. № 2 (23). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/messendzhery-kak-tsifrovoy-biznes-instrument (дата обращения: 01.02.2019).
2. VK Developers. Описание методов API. URL: https://vk.com/dev/methods (дата обращения 03.02.2019).
3. Telegram APIs. All methods – Telegram. URL: https://core.telegram.org/methods (дата обращения 03.02.2019).
4. Rocket.Chat. The Ultimate Open Source WebChat Platform. URL: https://github.com/RocketChat (дата обращения 03.02.2019).

Исследование способов изготовления сложнопрофильных тонкостенных изделий из стеклопластика

Русских А. В.[a]
магистрант кафедры технологии машиностроения[a]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: henrik.happa@gmail.com[a]

Аннотация: актуальность рассмотрения поднятых в статье вопросов обусловлена тем, что, хотя технология стеклопластика известна и применяется более ста лет, именно в последние десятилетия она приобретает всё большее распространение в различных сферах производства, от изготовления сантехники до корпусов самолетов и автомобилей. Полученные из стеклопластика изделия обладают рядом свойств, которые в сумме дают значительные преимущества перед традиционными материалами. Однако сложность данного материала заключается в том, что получение качественного изделия из стеклопластика требует качественных материалов и отлаженной технологии производства. Именно поэтому доля изделий из стеклопластика является небольшой по сравнению с традиционными материалами.

Целью статьи является анализ применяемых способов получения изделий из стеклопластика с точки зрения повышения качества изделий и снижения производственных затрат.

Ключевые слова: стеклопластик, технология, тонкостенные.

В настоящее время существует несколько способов получения тонкостенных деталей из стеклопластика. И у каждого из них есть как свои преимущества, так и свои недостатки. Ниже перечислены способы по возрастанию качества изделия, но вместе с тем и сложности его получения.

I. Ручное ламинирование. Суть способа заключается в ручной укладке и пропитке слоев стеклоткани в матрице, где каждый последующий слой прикатывается вручную валиком (рис. 1). Этапы ручного ламинирования: 1) нанесение разделительного состава на матрицу; 2) высыхание; 3) раскрой стеклоткани; 4) нанесение гелькоута (лицевого слоя изделия) на поверхность матрицы, 5) высыхание; 6) нанесение смолы; 7) нанесение необходимого количества слоев стеклоткани с последующим пропитыванием и прокаткой валиком для устранения воздуха между слоями; 8) полимеризация материала; 9) съем изделия с матрицы; 10) очистка и подготовка матрицы к последующей работе.

Как мы видим два главных недостатка этого способа – это длительность изготовления детали и низкое по сравнению с более технологичными способами качество ввиду скопления воздуха между слоями. Плюсами этого

типа являются минимальный набор оборудования, доступность и простота технологии, а также дешевизна производства детали.

Чаще всего такой способ применяется при единичном производстве, когда нужно изготовить деталь большого размера. Например, крыло автомобиля или корпус лодки.

Рисунок 1. Метод ручного ламинирования.

II. Изготовление стеклопластика методом инфузии. RIM (Resin Infusion Molding). Суть способа заключается в том, что пропитка стеклоткани смолой проходит в вакуумной среде.

Этапы производства изделий из стеклопластика методом вакуумной инфузии: 1) нанесение разделительного состава на матрицу; 2) время на высыхание; 3) раскрой стеклоткани; 4) нанесение гелькоута (лицевого слоя изделия) на поверхность матрицы; 5) время на высыхание; 6) укладка и склеивание слоев стеклоткани между собой; 7) укладка жертвенной ткани(нужна для получения ровной обратной поверхности); 8) укладка подводящей сетки; 9) укладка питательной системы (по ней подается смола); 10) укладка вакуумной систему (через нее удаляется воздух и излишки стеклоткани); 11) укладка вакуумного мешка, жестко закрепленного по периметру; 12) подсоединение вакуумной системы к вакуумному насосу через уловитель смолы; 13) полимеризация материала; 14) съем изделия с матрицы, очистка и подготовка матрицы к последующей работе.

Плюсами этого способа являются значительное уменьшение отходов производства, достижение оптимального соотношения смолы и армирующего материала, снижение вероятности деформации изделий за счёт уменьшения доли смолы и понижения температуры экзотермического пика, улучшение показателей лёгкости и прочности стеклопластиковых конструкций. Среди минусов можно назвать трудоемкость и длительность процесса, а также повышенные требования к квалификации рабочего и высокую наукоемкость разработки системы пропитки.

Этот способ можно отнести к единичному, либо мелкосерийному производству. Таким способом, например, изготавливают каркасы кресел спортивных автомобилей.

Метод вакуумной инфузии (рис. 2) можно усовершенствовать и ускорить с помощью применением контрматрицы (матрицы тыльной стороны изделия), изготовленной из стеклопластика. Для этого необходимо в матрице сделать отверстия с клапанами для съема готовой детали, а на контрматрице изготовить каналы подачи смолы и вакуумный контур для откачки воздуха и излишков смолы. Такое усовершенствование позволяет как сократить количество материалов и время на изготовления детали, так и её снизить себестоимость примерно в два раза.

Рисунок 2. Изготовление стеклопластика методом инфузии.

III. Метод инжекции в закрытую форму с помощью вакуума или метод VaRTM. Это усовершенствованный вариант предыдущего метода RIM (Resin Infusion Molding). При использовании этой технологии заготовку,

предварительно отформованную, помещают в матрицу, а затем поверх матрицы с заготовкой надевается вакуумный мешок для обеспечения герметичности. Когда в мешке создается вакуум, в него инжектируется (подается под давлением) через впускное отверстие в заготовку, а затем окончательно там полимеризуется. Технология VaRTM позволяет изготавливать крупные детали практически без дефектов (рис. 3). Эта технология также дешевле, чем RTM, поскольку не требуется изготовления ответной части оснастки, достаточно или матрицы, или пуансона в зависимости от изделия.

Рисунок 3. Метод инжекции в закрытую форму.

IV. Метод инжекции или RTM (RESIN TRANSFER MOULDING). Является наиболее технологичным и производительным методом получения композитных материалов. По данной технологии выкройки из стеклоткани укладываются в матрицу, к матрице прижимается пуансон, после чего в матрицу под давлением подается смола. Иногда для ускорения процесса в матрице создается вакуум. После того как материал полностью пропитался, инжекцию смолы останавливают. Для ускорения процесса полимеризации производится нагрев до полной готовности детали.

Плюсами этого метода являются хорошее качество пропитки, отсутствие включений воздуха, экономия материалов для получения лицевого слоя, значительное сокращение времени процесса, высокая производительность.

К минусам можно отнести высокие затраты на разработку и создание формы, а также высокую квалификацию рабочего.

Рисунок 4. Метод инжекции.

Библиографический список

1. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. 2004. 408 с.

2. Катарага К. Стеклопластик с нуля. Технология изготовления изделий из стеклопластика. 2014. 32 с.

3. Potter KD. The early history of the resin transfer moulding process for aerospace applications // Composites. Part I. Applied Science Manufacturing. 1999. № 30. С. 619-621. URL: http://dx.doi. org/10.1016/S1359-835X(98)00179-1.

4. Flow sensing and control strategies an address race-tracking disturbances in resin transfer molding-part ii: automation and validation // Composites Part I. Applied Science Manufacturing. 2005. № 36. С. 1581-1589. URL:http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2004.04.009.

Целесообразность применения симуляторов электрических цепей на практиках по электротехнике

Семёновых Л. В.
старший преподаватель кафедры электротехники и электроники
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: usr06239@vyatsu.ru

Аннотация: в статье поднята актуальная тема пересмотра содержания и методов обучения электротехнике, сформулированы цели практических занятий, направленных на вовлечение студентов в профессиональный контекст. Обоснована целесообразность применения компьютерных программ поддержки инженерных расчётов при проведении практических занятий, проанализирована критика консервативно настроенных преподавателей, показаны пути преодоления противоречий. Обобщён персональный опыт автора, рассмотрены примеры применения бесплатного симулятора электрических цепей Qucs для решения задач на стыке электротехники и метрологии.

Ключевые слова: программы поддержки инженерных расчётов, Qucs.

Организационными формами обучения электротехнике в вузе традиционно являются лекции и практические занятия. Сегодня при всей доступности и переизбытке информации предназначение лекций видится в экономной (в смысле умственных трудозатрат и времени) и аргументированной передаче основ электротехники студентам, создании некоего каркаса, на который нанизываются знания, умения и навыки в ходе самостоятельной работы. Причём для эффективности такой работы и мотивации студентов к профессиональной деятельности преподавателю необходимо постоянно актуализировать читаемый материал. Закрепление, анализ, расширение и углубление полученных знаний, формирование умений и навыков происходит на практических занятиях в аудитории: лабораторных работах, «практиках», где студенты вслед за преподавателем решают типовые задачи. Необходимо отметить, что существуют явные признаки неэффективности обучения современных студентов электротехнике традиционными методами [Семёновых, с. 920].

По мнению автора, целями «практик» должны быть поясняющие расчёты параметров сложных в теории физических явлений (численные задачи), аналитический расчёт моделей реальных устройств, начиная с создания этих моделей (необходимые навыки проектировщиков и наладчиков),

прогнозирование отклика электрической цепи при изменении её параметров. Указанные цели согласуются с компетенциями, требуемыми образовательным стандартом [ФГОС, п. 5.4].

Преподаванию общетехнических дисциплин (математики, механики, ТОЭ и др.) присущ некоторый консерватизм в силу как неизменности законов природы, теории, их описывающей, так и наблюдаемой тенденции старения преподавательского состава. Этот консерватизм проявляется в рабочих программах по электротехнике, которые, несмотря на переход высшего образования к бакалавриату, практически ничем не отличаются от прежних рабочих программ для специалистов. Лекторы стремятся дать теоретический материал того же объёма, что и ранее, но за более короткое время. При этом само содержание дисциплины не пересматривается, и чаще всего полностью игнорируются современные реалии, а именно: образование не успевает за прикладной наукой и высокотехнологичным производством, преподавание ведётся без учёта психологических особенностей современных студентов.

Естественно, любые перемены сопряжены со стрессом для преподавателей, чем они опытнее и старше, тем труднее идти на радикальные изменения в своей деятельности. Часто приходится слышать, что «ТОЭ – это не электротехника, в ТОЭ много высшей математики и абстрактного материала, в этом главное отличие вуза от училища». Такой аргумент приводится каждый раз, когда задаёшь вопрос о ценности какого-либо традиционного блока в устоявшейся рабочей программе. А современные студенты и выпускники на основные вопросы дидактики «чему и как учить?» отвечают, что вуз учит их «не тому и не так», что обучение совсем не приближает их к профессиональной деятельности, а их успеваемость говорит о том, что «вуз проигрывает училищу». И в чём-то они правы.

Практика по электротехнике – это чаще всего решение простых задач по расчёту токов, напряжений, сопротивлений, мощностей отдельных участков цепи. Так как время занятия ограничено, то у студентов и преподавателя нет возможности проводить анализ результатов, варьирование параметров цепи и

наблюдение её реакции, поэтому каждая задача сводится к расчёту ради расчёта, критерием успешности которого является получение «числа».

Ещё 25-30 лет назад (до массового вхождения компьютерной техники во все сферы жизни) использование простых абстрактных моделей объяснялось невозможностью ручного расчёта сложных многофакторных явлений, но сейчас расчёт цепи «4 узла, 6 ветвей» – это просто дань традициям. Преподаватели, воинственно воспринимающие критику «натаскивания» на использование частных методов расчёта цепей и болеющие за теоретическую подготовку, «отличающую вуз от училища», сами лукавят, ведь более честно было бы перед машинальным применением этих методов рассказать студентам о теоремах взаимности и компенсации, ознакомить с критериями рациональности при выборе метода расчёта и принципами оценочных расчётов, актуализировать понятие комплексного числа, обосновать символический метод и т.д. Вообще определение «машинальный» показывает, насколько нерационально делать вручную то, что гораздо быстрее и качественнее может сделать компьютер.

В настоящее время очевидно, что ни одно сложное техническое устройство не может быть создано без применения компьютерных программ автоматизированного проектирования, которые условно можно разделить на программы для создания конструкторской документации и программы поддержки инженерных расчётов. С момента своего появления такие программы постепенно проникали в образование, сначала из-за необходимости учить студентов-выпускников пользованию высокотехнологичными инструментами для их будущей профессиональной деятельности, а затем становясь неотъемлемой частью учебного процесса, так как с их помощью оказалось возможно генерировать новое знание (исследовать модели явлений). И если с использованием программ для создания конструкторской документации в вузе уже никто не борется, то у программ поддержки инженерных расчётов на сегодняшний день остаётся много критиков. Основные претензии касаются использования студентами продуктов чужого

труда (скопировал/вставил) без включения своего мыслительного процесса и рефлексии, а также непрозрачности автоматизированных инженерных расчётов, что может способствовать поверхностному изучению предмета без погружения в суть явления, и, в результате, воспитанию дилетанта. Критики указывают и на технологические ограничения, среди которых платная лицензия, потребность в оснащённых компьютерами аудиториях для практики, необходимость освоения программы как студентами, так и самим преподавателем.

Тем не менее, использовать программы поддержки инженерных расчётов при изучении электротехники, а, конкретно, симуляторы электрических цепей, можно и нужно. Уменьшение объёма рутинных вычислений высвобождает время для рассмотрения более сложных схем замещения и схем реальных устройств. Варьирование параметров элементов и моментальный пересчёт отклика цепи с представлением результата в виде графиков позволяет решать «качественные» задачи, лучше вникать в суть явлений. Более наглядная иллюстрация, чем просто «мелом по доске», сложных тем электротехники позволяет достичь лучшего понимания и запоминания студентами. Например, тема отклика цепи при несинусоидальном источнике электроэнергии воспринимается с большим трудом, так как аналитический расчёт гармоник, построение и суммирование их графиков – нетривиальная задача для современных студентов.

Учитывая конструктивную критику, можно сформулировать некоторые рекомендации для применения программ-симуляторов электрических цепей при проведении практик по электротехнике. Суть практики – научиться что-то делать самому, включить процесс мышления. Помимо конкретных результатов решения задачи важно и то, каким образом получен ответ, начиная с анализа условий, желаемого результата, пути решения, поиска информации.

Необходимо понимать, что программа-симулятор электрических цепей – это инструмент, «продвинутый» калькулятор. Целесообразно пересмотреть рабочую программу и вместо подмены анализа электротехнических явлений утомительным расчетом чисел, сосредоточиться на конкретных устройствах

(двигателях, трансформаторах, блоках питания, бытовых потребителях электроэнергии), так как законы электрических цепей универсальны. Это поможет вовлечь студентов в профессиональный контекст.

Хочется отметить общую проблему учебных задач – полное соответствие исходных данных единственно верному решению, но гораздо продуктивнее побуждать студентов искать информацию и потребные исходные данные самостоятельно (например, номинальные параметры элементов, характеристики двигателей, кривые намагничивания и пр.). Особое внимание следует уделять составлению схем замещения, с последовательностью и настойчивостью напоминать студентам о физическом смысле идеализированных пассивных (*R-L-C*) и активных (*E, J*) элементов.

Конечно, для использования программы-симулятора на практике нужен компьютер. Однако на сегодняшний день существуют облачные сервисы (TINACloud, MultisimLIVE), оптимизированные для устройств с сенсорным экраном, то есть позволяющие работать с симулятором даже со смартфона. Схему чертить на маленьком экране не очень удобно, но можно использовать заранее подготовленные файлы, загруженные преподавателем в «облако».

Проблема с лицензионным программным обеспечением вполне решаема, так как есть полностью бесплатные симуляторы (Qucs) или симуляторы класса «education» с урезанными функциями для студентов (TINA-TI). Конечно, помимо бесплатности для снижения «порога вхождения», необходимо выбирать симулятор с дружественным, интуитивно-понятным интерфейсом.

Известно, что лучшие результаты даёт изучение проблемы при междисциплинарном подходе. Применительно к теме статьи кажется разумным сочетание: электротехника-метрология-симулятор. Когда студенты приступают к изучению метрологии, предполагается, что они хорошо умеют рассчитывать электрические цепи. Однако когда дело доходит до метода амперметра и вольтметра, градуировки электромеханического омметра, уравновешивая измерительного моста, то слабая электротехническая подготовка даёт о себе знать, так как на этот «шаткий фундамент» навешивается громоздкая теория

метрологии со всем своим разнообразием погрешностей, методов и средств измерений. Использование программы-симулятора для электротехнических расчётов позволило бы сосредоточиться именно на изучении понятий метрологии.

На рис. 1 показана схема цепи для косвенного измерения сопротивления методом амперметра-вольтметра (вариант *A-V-R*). Различие между измеренным и действительным значениями сопротивления объясняется неидеальностью амперметра и вольтметра (выделены рамками, имеют сопротивления, соответственно, 5 Ом и 30 кОм), причём методическая погрешность зависит от соотношения измеряемого сопротивления и сопротивлений приборов. Для наглядности в модели выполнена развёртка по параметру Rx (5-9985 Ом) и построен график методической погрешности d.

Рисунок 1. Изучение метода амперметра-вольтметра с помощью Qucs.

В первой лабораторной работе по метрологии студенты изучают электронно-лучевой осциллограф [Красных, с. 4], определяют его метрологические характеристики, учатся измерять параметры периодических сигналов, что в дальнейшем потребуется при выполнении лабораторного практикума уже по электротехнике. Изображение на экране осциллографа

является непрерывной функцией входного сигнала – это всегда напряжение, – а модель цепи в Qucs на рис. 2 показывает, каким образом с помощью осциллографа можно оценить форму тока в цепи. Кроме того, данная несложная по виду схема (схема дифференцирующей *RC*-цепи), являет собой отличный пример задачи на стыке разных тем – несинусоидальных периодических токов и переходных процессов, которые изучаются в самом конце курса электротехники, однако, с помощью симуляции в Qucs студенты могут быть вовлечены в так называемое «опережающее обучение».

Рисунок 2. Рабочее окно Qucs с моделью цепи для междисциплинарной задачи.

Необходимо иметь в виду, что программа-симулятор предоставляет избыточный инструментарий для ряда задач, зачастую цепь быстрее рассчитывается вручную (оценочные расчёты), особенно, если студент запросто оперирует законом Ома, методом двух узлов, методом пропорциональных величин и т.д. В учебных целях решаются прямая (определение токов по известным ЭДС и сопротивлениям) и обратная задачи (определение параметров элементов, необходимых для создания определённого напряжения и тока на участке цепи). Обратная задача требует хорошего знания теории, навыков

расчета цепей и владения продвинутыми инструментами оптимизации программы-симулятора.

Программа-симулятор считает именно то, что ей задали, поэтому, если допустить ошибку при составлении схемы (закоротить какой-либо элемент, соединить два узла с разным потенциалом, задать не те значения параметров), то «с точки зрения» программы формально будет все верно. Важно учить студентов критически относиться к результатам вычислений, так как им присуща особенность (взращённая традиционными упражнениями) – главное получить число, а о достоверности и задумываться не нужно.

Библиографический список

1. Семёновых Л. В. Освоение сложных разделов электротехники с помощью Qucs в рамках лабораторного практикума // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018)] : сб. статей XVIII всерос. науч.-практ. конф. (Киров 26-28 апр. 2018 г). Киров : Изд-во ВятГУ. URL: http://vestnik43.ru/ (дата обращения 04.02.2018). С. 919-926.
2. ФГОС ВО 15.03.06 Мехатроника и робототехника. URL: http://www.consultant.ru/ (дата обращения 04.02.2018).
3. Метрологические характеристики и поверка электронно-лучевого осциллографа : учебно-методическое пособие / А. А. Красных, Е. В. Косолапов, В. П. Мусинов, Е. А. Суслов. Киров : ВятГУ, 2018. 46 с.

Обзор технологий послеуборочной обработки семян трав

Симонов М. В.[a], Савин Е. И.[b]
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения [a]
аспирант [b]
Вятский Государственный Университет, Киров, Российская Федерация [a, b]
E-mail: simaksim@mail.ru [a], egorgg0@gmail.com [b]

Аннотация: в статье дан краткий обзор существующих технологий и технических средств для поточной послеуборочной обработки семян трав. Установлено, что важнейшим этапом послеуборочной обработки семян трав является первичная обработка, включающая в себя очистку семян от примесей и вытирание их на специальных машинах - терках. Процесс вытирания является одним из самых трудоемких в технологии и может включать в себя несколько технологических операций, таких как вытирание семян из оболочек, очистка семян от примесей, очистка отработанного воздуха. Выявлено, что терки применяются на различных этапах технологии. Обосновывается применение в технологии послеуборочной обработки семян трав терки, в составе которой применена система очистки семян, между этапами предварительной и первичной очисток.

Ключевые слова*:* технология, семена трав, клеверотерка, послеуборочная обработка семян трав.

Введение. Производство семян трав включает в себя сбор урожая, а также послеуборочную его обработку. Семена играют важную роль в сельском хозяйстве. Например, клевер широко используется в аграрной отрасли для корма скота, обогащения почвы биологическим азотом и органическим веществом. Клевер – важная аграрная культура для Евро-Северо-Восточного региона, где присутствует недостаток тепла и избыточное увлажнение почвы. В себестоимости производства семян значительную долю затрат составляет процесс послеуборочной обработки поступившего вороха. Он включает в себя сушку, очистку семян от примесей, вытирание семян с целью доведения сырья до состояния, отвечающего требованиям современных стандартов. Эффективная обработка семян трав производится на поточных линиях. Энергозатратность таких линии, особенно с большим количеством этапов, высока, при этом зимой машины могут простаивать, что негативно сказывается на экономике предприятия. В настоящее время оборудование для первичной обработки семян трав устарело, а новое отечественной промышленностью практически не производится. Потому исследования, направленные на изучение существующих технологий послеуборочной обработки семян трав,

для поиска места применения новых технических решений являются актуальными.

Цель исследования. Поиск в технологии первичной очистки семян места применения клеверотёрки новой конструкции, совмещающей в себе технологические операции вытирания и очистки семян трав.

Задачи исследования:

1) исследовать существующие технологические схемы послеуборочной обработки семян трав;
2) выявить направление совершенствования существующих технологических схем послеуборочной обработки семян трав;
3) определить оптимальное место этапа вытирания в технологической схеме послеуборочной обработке семян трав.

Результаты исследований, их обсуждение. Типовой техпроцесс послеуборочной обработки семян трав включает в себя процессы предварительной, первичной, вторичной очистки, сушки, специальной обработки [Рагулин М. С., с. 10; Перекопский А. Н., Николаева С. Ф., Филиппова М. А., с. 125-130].

Согласно нормам технологического проектирования предприятий послеуборочной обработки и хранения продовольственного фуражного зерна и семян зерновых культур и трав [НТП 16-93], технологическая схема состоит из 11 этапов (Рис. 1).

Перекопский А. Н. в своей работе [Перекопский А. Н., с. 67-73] рассматривает универсальную технологическую схему послеуборочной обработки семян трав (Рис. 2), а также предлагает альтернативную технологию на примере фацелии (Рис. 3).

Универсальная технологическая схема пункта послеуборочной обработки включает в себя поточно-пульсирующую обработку семян сушкой, очисткой и сортированием [Эрк Ф. Н., Лисовский И.В., Исаев Г. Е., с. 23]. В схеме предусмотрена клеверотёрка 3.

Рисунок 1. Технологическая схема послеуборочной обработки семян

Рисунок 2. Технологическая схема послеуборочной обработки семян трав: 1 – приёмный транспортёр сушилки; 2 – сушилка; 3 – клеверотёрка; 4 – бункер промежуточный; 5 – вороочиститель; 6 – семяочистительная машина; 7 – блок триерных колес

Альтернативная схема включала в себя этап предварительной очистки [Перекопский А. Н., с. 169-175, Перекопский А. Н., с. 66-70], исключающий сушку вместе с ворохом нежелательных примесей.

Рисунок 3. Вариант технологии обработки семян

Благодаря комплексной механизации возможно исключить тяжёлый труд и обеспечить высокую производительность (до 1 т/ч), а за сезон она достигала около 70 т семян, в том числе и бобовых трав [Иванов А. Е., Митрофанов Н. М., Эрк Ф.Н., с. 15]. Данная схема разработана в СЗНИИМЭСХ (ныне ИАЭП) и был внедрена в ГПЗ «Новоладожский» в 2005 г. Эту же схему с аналогичным оборудованием начали использовать в 2005 г. в ЗАО «Волховское» [2]. В

данной схеме используется терка К-310 аксиального типа высокой производительности. Тёрочное устройство К-310 не очищает семена от примесей. В процессе перемещения семенной материал перетирается между барабаном и декой. Дека имеет бугорчатую поверхность не технологичную в производстве. Отсутствие очистки семенного материала при вытирании семян в терке ведёт к повышенной нагрузке на последующие машины в линии.

Обширно рассмотрены технологии послеуборочной обработки семян трав, а также зерновых культур в монографии В. Ф. Федоренко [Федоренко В. Ф., с. 268].

Наиболее широко распространён семяочистительно-сушильный комплекс типа КОС [Полер Х., с. 76-78]. КОС-0,5 (Рис. 4). Производительность КОС-0,5 послеуборочной обработки клевера составляет 0,5 т/ч. Может использоваться для обработки (сушки, очистки, сортировки) семян трав, большинства овощных и лубяных культур при влажности исходного материала до 40% и любой степени засорённости. На выходе получается готовый продукт, соответствующий нормам и стандартам для семян на семенные цели.

Оптимальная влажность поступающего на линию вороха должна быть не выше 20%. В зависимости от качества вороха он может поступать сразу из машины предварительной очистки К-523/02 (7) в клеверотёрку К-310А (25) или в сушильную камеру и далее на вторую машину предварительной очистки К-523/01 (6). Из К-523/01 присутствует вариант отправки вороха на повторное вытирание в клеверотёрку. При отсутствии необходимости двойной первичной очистки семенной материал отправляется на машину основной К-546 (24) очистки из К-523/02. Из К-546 семена поступают в триерный блок К-231 (12). После этого на пневмосортировальный стол ПСС-2,5 (13) или в электромагнитные семяочистительные машины ЭМС-1А (17,20) либо на затаривание в мешки в весовыбойном аппарате ДВК-25. Возможна выгрузка семян в бункер (19) для загрузки в автомашину. Отходы отправляются в бункер для отходов, (27) обрабатываются в циклоне (28) и идут на повторную очистку.

Рисунок 4. Технологическая схема семяочистительно-сушильной линии для обработки семян трав КОС-0,5: 1-приёмный транспортёр; 2-ленточный транспортёр; 3-напольная сушилка; 4-вибролоток; 5-приёмная нория; 6-машина первичной очистки; 7-машина предварительной очистки; 8,11,15-нории; 9-сушилка; 10-транспортёр ленточный; 12-триер; 13-пневмосортировальный стол; 17,20-электромагнитные машины; 14,16,18,21-накопительные бункеры; 22-весовыбойный аппарат; 23-мешкозашивочная машина; 24-машина основной очистки; 25-клеверотёрка; 26-пневмотранспортёр; 27-бункер отходов; 28-циклон.

Также существуют более производительные линии типа КОС-2. Производительность линии на приёме и предварительной очистке вороха семян клевера составляет 20 т/ч, на сушке и очистке их – 2 т/ч, а установленная мощность – 527 кВт. Вместимость приёмного отделения – до восьми партий семян, каждая объемом до 250 м^3. Комплексы КОС обладают обширной вариативностью направления подачи вороха в зависимости от состояния материала. В настоящее время большую часть времени мощности комплексов простаивают, а для удовлетворения производственных потребностей небольших хозяйств достаточно небольших линий или универсальных машин не высокой производительности.

Линия обработки семян бобовых трав по проекту № 1/135А (Рис. 5).

Ворох поступает на предварительную очистку в машину К-523/02 (3), а отходы либо направляются в мешки, либо в клеверотёрку ВК-1100А и потом снова на очистку и досушивание в барабанную сушилку СЗПБ-2 или на семяочистительную машину К-218/1, если он сухой. Влажный ворох можно

отправлять на просушивание до тех пор, пока не будет достигнута кондиционная влажность. Комплекс включает в себя клеверотёрку ВК-1100А. С помощью штифто-дискового тёрочного аппарата этой машины осуществляется вытирание семян. Так как в линии имеется этап предварительной очистки семян, предшествующий вытиранию, в клеверотёрку не попадает часть примесей, которые могут оказывать негативное влияние на качество работы тёрочного устройства. Наличие в конструкции машины пневмосепаратора позитивно сказывается на качестве выходящего из клеверотёрки материала, а также существенно снижается объем материала, направляемого после вытирания на окончательную очистку. Однако, не высокая степень очистки отработанного воздуха от пыли негативно сказывается на удобстве использования клеверотёрки.

Рисунок 5. Технологическая схема линии обработки семян бобовых трав (экспериментальный проект № 1/1335А):1-приёмный бункер; 2-транспортёр; 3-машина предварительной очистки; 4,5,8,9-нории; 6-бункер-накопитель; 7-семяочистительная машина; 10,12,14-бункеры-накопители; 11-пневмосортировальный стол; 13-электромагнитная машина; 15-весы; 16-мешкозашивочная машина; 17-протравливатель семян; 18-триер; 19-сушилка;
20-клеверотёрка.

Завод очистки семян многолетних трав производительностью 0,5 т/ч (типовые проекты № 812-03-02, № 812-03-04) имеет схожую схему с линией типа КОС. Данная линия (Рис. 6) предназначена для окончательной очистки

предварительно высушенного и очищенного от листьев, частиц и части лёгких примесей семенного материала (засорённость бобовых трав не более 15%).

Рисунок 6. Технологическая схема завода очистки семян многолетних трав производительностью 0,5 т/ч по типовым проектам № 812-03-02 и 812-03-04:
1, 7 - приёмные транспортёры; 2, 8 - вибролотки; 3, 6, 9,11,13, 16 - нории; 4, 27 - ленточные транспортёры; 5 - бункеры-накопители; 10 - машина первичной очистки; 12, 23 - машины вторичной очистки; 14 - триерный блок; 15, 17, 18 - бункеры; 19 - электромагнитная машина; 20 - весовыбойный аппарат; 21 - мешкозашивочная машина; 22 - пневмосортировальные столы; 24 - клеверотёрка; 25 - пневмотранспортёр; 26 - бункер отходов

До этапа очистки семена хранятся в бункерах-накопителях сухого материала. В комплект не входят сушилка и машина предварительной очистки. Вместо клеверотёрки К-310А установлена клеверотёрка К-0,5, а вместо двух машин ЭМС-1А – одна СМЩ-0,4. Клеверотерка К-0,5 тангенциального типа содержит пневмосепарирующее устройство, очищающее ворох от лёгких примесей. Возможность использовать пневмозагрузчик исключает попадание в машину тяжёлых примесей (камни, куски земли, металлические предметы). В то же время тёрочный аппарат с неподвижными бичами и вращающейся вокруг них обечайкой является причиной высокого процента дробления семян (до 5%). В настоящее время клеверотёрка К-0,5 не производится.

Пункт предварительной очистки вороха, разработанный НИПТИМЭСХ НЗ РСФСР (1976 г.) имел однолинейный и двух линейный вариант исполнения (рис. 7).

Рисунок 7. Технологическая схема пункта предварительной обработки семян многолетних трав: 1 - площадка принудительного вентилирования; 2 - вентилятор; 3, 16 - зернопогрузчики ЗПС-60; 4, 13, 15, 18 - ленточные транспортёры; 5 - наклонный транспортёр; 6 - бункер-дозатор; 7, 9, 11, 14 - нория; 8 - машина предварительной очистки К-523; 10 - сушилка ССТ-1; 12 - бункер-накопитель; 17 - закром склада; 19 - пневмотранспортёр; 20 - бункер отходов; 21 – теплогенератор

В однолинейном варианте (производительность 1 т/ч) ворох разравнивался подвесным скребковым транспортёром и просушивался в секции напольной сушильной установки до влажности 20-22%. Далее семенной материал подавался на предварительную очистку. При двухлинейном варианте функционировало две сушилки (площадь вентилирования 400 м^2). При высокой влажности вороха присутствовала возможность направить его на повторную сушку в норию (9) и затем в сушилку (10). Материал кондиционной влажности подавался через норию (14) и транспортёр (18) в отсеки склада (17).

Пункт обработки вороха семян трав с механизированными напольными сушилками (рис. 8).

Рисунок 8. Технологическая схема пункта предварительной обработки семян многолетних трав: 1 - загрузчик вороха агрегата АВМ-1,5; 2 - наклонный транспортёр; 3, 7, 8 - ленточные транспортёры; 4 - подвесной скребковый транспортёр: 5 - напольная сушилка; 6 - теплогенератор ВПТ-600; 9 - нория; 10 - бункер для затарки в мешки; 11 - ворохоочиститель ОВП-20; 12 - бункер-накопитель

Ворох посредством ленточного транспортёра, сбрасывающей тележки и скребкового транспортёра (4), перемещающегося вдоль сушилки, расстилался и сушился. При разгрузке сушилки, подвесной скребковый транспортёр опускался и подавал ворох на ленточный транспортёр (7), установленный ниже уровня поверхности сушилки. Также в ворохоочистительной машине ОВП-20 (производительность 20 т/ч) присутствует механизм самопередвижения.

Данные пункты использовались колхозами и совхозами коллективно, но в настоящее время из-за снижения объемов производства, узкой направленности применения (только для первичной очистки) и условий рыночной экономики, оказались не актуальны. В настоящее время становятся все более актуальными универсальные машины невысокой производительности, выполняющие несколько операций технологического процесса одновременно. Учитывая нужды рынка в универсальных, простых в использовании и не высокопроизводительных устройствах появляется необходимость в создании оборудования,

удовлетворяющего этим требованиям и производящего конечный продукт, соответствующий стандартам.

Выводы.

1. Практически все рассмотренные технологические схемы и линии послеуборочной обработки семян трав включают обязательные операции: очистка семян (в том числе от лёгких примесей воздушным потоком) и вытирание семян на специальных машинах – тёрках.

2. С целью снижения объёма материала, направляемого после вытирания на последующие машины, тёрочная машина должна иметь в своем составе устройство для очистки семян от примесей.

3. Тёрочная машина в технологической схеме послеуборочной обработки семян трав должна находиться между этапами предварительной и первичной очистки.

Библиографический список

1. Рагулин М. С. Очистка, сушка и хранение семян трав. М., 1980. 160 с.
2. Перекопский А. Н., Николаева С. Ф., Филиппова М. А. Технологические особенности производства семян трав в ЗАО «Волховское» Ленинградской области // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. № 92. С. 125-130.
3. НТП 16-93 Нормы технологического проектирования предприятий послеуборочной обработки и хранения продовольственного фуражного зерна и семян зерновых культур и трав. Прин. 23.12.93 г.; действ. с 01.01.94 г. М., 1999.
4. Перекопский А. Н. Технологические варианты послеуборочной обработки семян медоносных трав в системе органического земледелия // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 89. С. 67-73.
5. Эрк Ф. Н., Лисовский И. В., Исаев Г. Е. Сушка и очистка семян трав. М. : Россельхозиздат, 1969. 112с.
6. Перекопский А. Н. Технологические проекты послеуборочной обработки семян трав заключительных этапов семеноводства // Современные проблемы и стратегия развития аграрной науки Европейского Севера России : междунар. науч. конф. Петрозаводск : ПИН, 2015. С. 169-175.
7. Перекопский А. Н. Технологическое проектирование послеуборочной обработки семян трав // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн.

конф. Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. Т. 2. С. 66-70.
8. Иванов А. Е., Митрофанов Н. М., Эрк Ф. Н. Механизация производства семян многолетних трав. Л. : Колос, 1981. 192с.
9. Федоренко В. Ф. Уборка и послеуборочная обработка семян трав. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 268 с.
10. Полер Х. Поточная линия для послеуборочной обработки семяно-кормовых культур // Международный сельскохозяйственный журнал. 1981. № 5. С. 76-78.

Связь между автоматами при автоматном программировании

Скворцов А. А.
кандидат технических наук, доцент кафедры электронных вычислительных машин
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: aa_skvortcov@vyatsu.ru

Аннотация: В статье обсуждаются способы связи автоматов при автоматном программировании объектов со сложным поведением. Целью исследования является выбор оптимального способа связи автоматов. Проводится проектирование и автоматное программирование устройства со сложным поведением двумя способами. В первом способе работа устройства моделируется автоматами, связанными через состояния, а во втором способе – автоматами, связанными через входные и выходные сигналы. Первый способ связи между автоматами более выгоден, так как программа, построенная по данной модели, занимает меньший объем памяти. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и автоматном программировании пользовательского интерфейса, а также различных устройств управления промышленными объектами.

Ключевые слова: автоматное программирование, switch-технология, связь между автоматами, система управления.

Введение. Автоматное программирование имеет большую историю развития. Различные аспекты и понятия этой парадигмы рассматривались в работах различных авторов с различных точек зрения и применительно к разным вопросам. Программирование от состояний в книге [Непейвода Н.И., с. 23] рассматривается в качестве одного из основных стилей программирования. Суть автоматного программирования более подробно изложена в учебном пособии [Поликарпова Н.И., Шалыто А.А.] и в книге [Шалыто А.А.].

По мнению многих авторов, применимость автоматного подхода программирования лучше всего выразить через понятие «сложное поведение» [Поликарпова Н.И., Шалыто А.А., с.10]. Сущность (объект, подсистема) имеет сложное поведение, если на некоторое входное воздействие она может ответить одним из нескольких выходных воздействий (Рис. 1). При этом реакция на входное воздействие может зависеть как от самого входного воздействия, так и от текущего состояния сущности, которое в свою очередь содержит входную предысторию. Поэтому сложное поведение также называют поведением, зависящим от состояния. Следовательно, простое поведение будет поведением,

не зависящим от состояния. У сущностей с простым поведением реакция на любое входное воздействие зависит только от этого входного воздействия (см. Рис. 1).

Согласно работе [Поликарпова Н.И., Шалыто А.А., с.15], автоматное программирование будет выгодно во всех случаях, когда программируемый объект имеет сложное поведение.

Рис. 1. Сущности с простым (слева) и со сложным (справа) поведением

Сущность со сложным поведением можно смоделировать как одним, так и несколькими управляющими автоматами [Нечаев А.А., Мельцов В.Ю., с. 607]. В сложных задачах обычно сущность со сложным поведением удобнее моделировать несколькими взаимодействующими управляющими автоматами [Meltsov V.Y., Tarasov A.V., Karavaev M.A., с. 126]. Вопрос взаимодействия автоматов при автоматном программировании в указанных источниках рассматривается недостаточно подробно. Данное исследование частично восполнит этот пробел.

Целью исследования является сравнение и выбор оптимального способа связи автоматов при автоматном программировании объектов со сложным поведением.

Метод исследования. Сравнение способов взаимодействия автоматов рассматривается на примере системы управления светофором. В данном исследовании проводится проектирование и автоматное программирование

системы управления светофором двумя способами. В первом способе сущность со сложным поведением моделируется автоматами, связанными через состояния (вложенными автоматами). Во втором способе сущность со сложным поведением моделируется автоматами, связанными через входные и выходные сигналы.

Проектирование и автоматное программирование системы выполняется в следующей последовательности [Скворцов А.А., с.7].

Составляется структурная схема системы управления светофором, в которой управляющий автомат изображается в центре в виде прямоугольника.

Слева от автомата изображаются источники входных воздействий. Для каждого входного воздействия между его источником и автоматом проводится линия, помеченная уникальным идентификатором и словесным описанием этого воздействия.

Справа от автомата располагают его объекты управления, которыми могут быть и подчиненные автоматы. Для каждого выходного воздействия между автоматом и объектом управления проводится линия, помеченная уникальным идентификатором и описанием этого выходного воздействия. Если объект управления является также источником информации, то он также изображается справа, а линия, соответствующая входному воздействию автомата, изображается в виде обратной связи объекта управления со входом автомата. На основе анализа условия задачи и структурной схемы выбираются состояния автомата.

Также на основе условия задачи и структурной схемы формируются условия перехода между состояниями и соответствующие выходные сигналы.

В виде таблиц составляются матрицы переходов и выходов главного и подчиненных автоматов. В столбцах и строках этих таблиц указаны состояния, а в ячейках – условия перехода между состояниями (в скобках) и соответствующие выходные сигналы.

На базе матриц переходов составляется код программы на языке Си.

Программа собирается и отлаживается в компиляторе, а затем – на реальном устройстве (в данном случае – модуле управления светофором).

Допустим, по техническому заданию светофор должен работать следующим образом. В начальном состоянии у светофора горит красный свет. На индикаторе пульта управления светофором отображается слово «красный». Через время $\mathbf{t_к}$ включается желтый свет. На индикаторе – «желтый». Через две секунды красный и желтый сигналы гаснут, включается зеленый на время $\mathbf{t_з}$. На индикаторе – «зеленый». Затем три секунды зеленый сигнал мигает с частотой 1 Гц (один раз в секунду) и скважностью 50% (время включения сигнала равно времени выключения). По окончании мигания зеленый свет выключается, включается желтый, на индикаторе – «желтый». Через две секунды желтый свет выключается и включается красный, на индикаторе – «красный». Далее работа светофора повторяется.

Если в состоянии горения красного сигнала нажата кнопка «**Н**», светофор входит в режим настройки и включается мигающий желтый свет с той же частотой и скважностью. На индикаторе – «tк=XXс». При следующем нажатии на эту кнопку значение $\mathbf{t_к}$ сохраняется в памяти светофора и на индикаторе появляется другое сообщение – «tз=XXс». После настройки времени горения зеленого света и нажатия на кнопку «**Н**» значение $\mathbf{t_з}$ сохраняется и светофор переходит из режима настройки в состояние горения красного света. Значения $\mathbf{t_к}$ и $\mathbf{t_з}$ можно изменить с помощью кнопок «◄» и «►» в интервале от 5 до 30 секунд с шагом в одну секунду.

Примеры, рассмотренные ниже, показывают два способа моделирования сущности со сложным поведением несколькими автоматами.

Способ 1. Автоматы связаны через состояния (вложенные автоматы).

При этом способе структурной схеме (Рис. 2) только один главный автомат, некоторые состояния которого разбиты на подсостояния. Данные подсостояния обрабатывает вложенный автомат, работающий только в

определенном состоянии главного автомата (в данном случае «Мигающий желтый»).

При таком моделировании есть особенность: при переходе главного автомата из состояния, в котором вызывается вложенный автомат, в другое состояние, вложенный автомат остается в том же состоянии!

Рис. 2. Структурная схема системы управления светофором

Ниже представлены матрицы переходов и выходов главного (Табл. 1) и подчиненного автоматов (Табл. 2).

Таблица 1

Матрица переходов и выходов главного автомата

State_1	Красный	Красный-желтый	Зеленый	Мигающий зеленый	Желтый	Мигающий желтый
Красный	«Красный»	(T){Z_7(10$t_ж$), Z_{10}}	-	-	-	(S) Z_9
Красный-желтый	-	«Кр.-желтый»	(T) {Z_7(10$t_з$), Z_9, Z_{11}, Z_{12}}	-	-	-
Зеленый	-	-	«Зеленый»	(T) Z_7(3)	-	-
Мигающий зеленый	-	-	-	Z_{12}, П(0,5) Z_{13}, П(0,4)	(T) {Z_7(10$t_ж$), Z_{13}, Z_{10}}	-
Желтый	(T) {Z_7(10$t_к$), Z_{11}, Z_8}	-	-	-	«Желтый»	-
Мигающий желтый	(S&(State_2=3)) {Z_7(10$t_к$), Z_{11}, Z_8}	-	-	-		Z_{10}, П(0,5) Z_{11}, П(0,4) A2

Таблица 2

Матрица переходов и выходов вложенного автомата

State_2	Настр. tк	Настр. tж	Настр. tз
Настройка tк	«tк=XXc» (key=D) Z_1 (key=U) Z_2	(key=S)	–
Настройка tж	–	«tж=XXc» (key=D) Z_3 (key=U) Z_4	(key=S)
Настройка tз	(key=S)	–	«tз=XXc» (key=D) Z_5 (key=U) Z_6

Способ 2. Автоматы связаны через входные и выходные сигналы.

На структурной схеме (рис. 3) главный автомат «Пульт управления светофором» управляет автоматом «Светофор-автомат» с помощью выходного сигнала Z_5 «Пуск/стоп».

Рис. 3 – Структурная схема системы управления светофором

При этом для более надежной взаимосвязанной работы автоматов добавим к главному автомату входной сигнал от подчиненного автомата «Команда принята». Сам главный автомат переходит в другое состояние только в том случае, когда получит от «Светофора-автомата» сигнал подтверждения приема команды Pi.

В Табл. 3 и Табл. 4 представлены матрицы переходов и выходов главного и подчиненного автоматов, а ниже – код автоматов на языке Си.

Таблица 3

Матрица переходов и выходов пульта управления светофором

State_1	Работа	Настр. tк	Настр. tз
Работа	(key=S) !P	(!Pi)	-
Настр. tк	-	«tк=XXc» (key=D) Z_1 (key=U) Z_2	(key=S)
Настр. tз	(Pi)	-	«tз=XXc» (key=D) Z_3 (key=U) Z_4 (key=S) P

Таблица 4

Матрица переходов и выходов светофора-автомата

State_2	Красный	Красный-желтый	Зеленый	Мигающий зеленый	Желтый	Мигающий желтый
Красный	«Красный»	(T){Z_9(20), Z_7}	-	-	-	(!P) !Z_6, Z_{10}
Красный-желтый	-	«Красный-желтый»	(T) {Z_9(10$t_з$), !Z_6, !Z_7, Z_8}	-	-	-
Зеленый	-	-	«Зеленый»	(T) Z_9(3)	-	-
Мигающий зеленый	-	-	-	Z_8, П(0,5) !Z_8, П(0,4)	(T) {Z_9(20), !Z_8, Z_7}	-
Желтый	(P) {Z_9(10$t_к$), !Z_7, Z_6}	-	-	-	«Желтый»	-

Результаты исследования, их обсуждение. После сборки программ в компиляторе HITECH PICC объем памяти программ, занимаемый первой программой, оказался немного меньше (на 12 байт), чем у второй. Следовательно, применимы оба способа связи между автоматами. Способ связи через входные и выходные сигналы занимает больше памяти программ, так как требует введения дополнительных входных и выходных сигналов. Таким образом, среди способов взаимодействия автоматов при автоматном программировании объектов со сложным поведением более оптимальным является первый способ – связь автоматов через состояния.

Библиографический список

1. Непейвода Н.И. Стили и методы программирования. М.: Интернет университет информационных технологий, 2005. 316 с.
2. Поликарпова Н.И., Шалыто. Автоматное программирование: Учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2007. 108 с.
3. Шалыто А. А. SWITCH-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПб.: Наука, 1998. 628 с.
4. Нечаев А.А., Мельцов В.Ю. Формальный язык описания правил игр и игровых задач реального мира // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018). Сборник статей XVIII Всероссийской научно-практической конференции: в 3 томах. ВятГУ. 2018. С. 606-614.
5. Meltsov V.Y., Tarasov A.V., Karavaev M.A. Development of the instruction processor of specialized logic inference machine // Modern informatization problems. Proceedings of the XIX-th International Open Science Conference. Editor in Chief: Dr. Sci., O.Ja. Kravets. 2014. С. 125-130.
6. Скворцов А.А. Автоматное программирование: учебное пособие. Киров: ВятГУ, 2017. 58 с.

Уменьшение объема вычислений в процессе логического вывода делением дизъюнктов

Страбыкин Д. А.
доктор технических наук, профессор кафедры электронных вычислительных машин
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: strabykin@mail.ru

Аннотация: Рассматривается процедура, позволяющая уменьшить объём вычислений, выполняемых в процессе логического вывода делением дизъюнктов в логике предикатов первого порядка. Данная процедура занимает важное место в процессе моделирования рассуждений. Обрабатываемые знания представляются в виде литералов-фактов, исходных посылок-правил и заключения. Приводятся результаты анализа логического вывода на знаниях. Предлагается модифицированная процедура полного деления дизъюнктов, использующая базовую операцию частичного деления дизъюнктов, что при определенных формальных описаниях задач позволяет существенно уменьшить объем необходимых вычислений. Главное отличие ускоренной процедуры частичного деления дизъюнктов состоит в том, что только первый литерал дизъюнкта-делимого делится на все литералы дизъюнкта-делителя. Объем вычислений оценивается общим числом выполняемых унификаций предикатов. Приводится пример решения задачи логического вывода известной и предлагаемой процедурой полного деления дизъюнктов, иллюстрирующий содержание и отличия выполняемых преобразований.

Ключевые слова: обработка знаний, моделирование рассуждений, дизъюнкты, объем вычислений.

Введение. Моделирование рассуждений относится к одному из разделов искусственного интеллекта, связанному с представлением, пониманием и управлением поведением различных систем. При помощи моделирования рассуждений формулируются и решаются различные виды задач логического вывода [Вагин, с.32, Strabykin, с.203]. В настоящее время разработано большое число различных методов машинного обучения, в том числе методов логического вывода. Одним из таких механизмов является метод деления дизъюнктов, который позволяет моделировать рассуждения в виде дедуктивного и абдуктивного логического вывода на знаниях [Страбыкин, с. 85, Dolzhenkova, Meltsov, Strabykin, с. 2]. Знания представляются формулами исчисления предикатов, обычно, первого порядка, являющимися дизъюнкциями литералов (предикатов или их инверсий).

Метод ориентирован на параллельные вычисления и содержит процедуры деления дизъюнктов, предполагающие полный перебор сочетаний литералов дизъюнкта-делимого и дизъюнкта-делителя, что во многих случаях приводит к значительному увеличению объема вычислений. В то же время можно выделить классы задач, особенность формального описания которых позволяет модифицировать процедуры деления дизъюнктов и сократить объем необходимых вычислений.

Метод исследования. Метод деления дизъюнктов базируется на процедуре полного деления дизъюнктов (ПДД). Эта процедура, в свою очередь, сводится к выполнению серии более простых операций частичного деления дизъюнктов (ЧДД). При этом дизъюнкт посылки делится на дизъюнкт заключения. Для уменьшения объема вычислений предлагается ввести ускоренную операцию (процедуру) ЧДД, с помощью которой модифицировать базовую процедуру полного деления.

Ускоренная процедура ЧДД. Частичное деление выполняется с помощью специальной операции (Рис. 1), исходные данные для которой представляются в виде дизъюнктов специального формата [Долженкова, Страбыкин, с. 29]:

<table>
<tr><td rowspan="2">$\omega =$</td><td>b</td><td rowspan="2">q</td><td rowspan="2">n</td><td>b_t</td></tr>
<tr><td>d</td><td>d_t</td></tr>
</table>

ω – процедура частичного деления дизъюнктов

b – остаток-делимое (дизъюнкт посылки), используемый для получения остатков

d – остаток-делитель (дизъюнкт заключения), участвующий в образовании остатков

q – частный признак решения, имеющий три значения:

«0» – получен хотя бы один нулевой остаток

«1» – все полученные остатки равны единице

«g» – получено более одного остатка неравного единице при отсутствии нулевых остатков

$n = \{<b_t,d_t>, t=1,...,T\}$ – множество пар, состоящих из:

b_t – нового остатка-делимого

d_t – соответствующего ему нового остатка-делителя

Рисунок 1. Процедура частичного деления дизъюнктов

Следует отметить, что остатки b_t *и* d_t формируются в результате применения процедуры ω. Кроме того, в дальнейшем через n^ будем обозначать множество новых остатков-делимых: n^={b_t, t=1,...,T}.

Основным этапом в процедуре ЧДД является этап вычисления матрицы «производных» дизъюнкта b по дизъюнкту d. Матрица определяется следующим образом:

$$\mu[b,d] = \left|\frac{\partial b\left[L_j\right]}{\partial L'_k}\right| = \left|\Delta_{jk}\right|,$$

где j=1,...,J и k=1,...,K, причем, J – число литералов в дизъюнкте b, а K – в дизъюнкте d.

Допустим, дизъюнкт $b[L]$ содержит литерал L, а дизъюнкт d содержит литерал L'. Тогда «производная» $\Delta = \frac{\partial b[L]}{\partial L'}$ вычисляется следующим образом:

– если литералы L и L' не унифицируются, то Δ=1;

– если литералы L и L' унифицируются и дизъюнкт $b[L]$ содержит только литерал L, то Δ=0;

– если литералы L и L' унифицируются и дизъюнкт $b[L]$ содержит более одного литерала, то Δ=b_a .

Остаток b_a=λ$b[L]$÷λL' получается из дизъюнкта $b[L]$ после применения к нему унифицирующей подстановки λ и исключения литерала L.

Предлагается ускоренная процедура частичного деления дизъюнктов ω′, которая имеет следующие отличия от известной процедуры ω:

– матрица «производных» превращается в столбец Δ_{1k}, соответствующий первому литералу дизъюнкта-делимого;

– производится деление только первого литерала дизъюнкта-делимого на литералы дизъюнкта-делителя: b_k=$\lambda_k b[L_1]$÷$\lambda_k L'_k$ (k=1,...,K), остаток b_k дизъюнкта-делимого формируется путем исключения из дизъюнкта-делимого литерала L_1, совпавшего после применения унифицирующей подстановки λ_k, с литералом L'_k дизъюнкта-делителя;

– литералы исключаются только из дизъюнкта-делимого b, а дизъюнкт-делитель d остается неизменным и продолжает использоваться при формировании последующих остатков дизъюнкта-делимого: $n=\{<b_k,d>, k=1,...,K\}$ – множество пар, состоящих из нового остатка-делимого b_k и делителя d, сформированных в результате применения процедуры ω'.

Модификация процедуры полного деления дизъюнктов. Полное деление дизъюнктов выполняются на основе частичного деления дизъюнктов с учетом фактов (однолитеральных исходных дизъюнктов).Процедура известного полного деления дизъюнктов $\Omega=<D,d,Q,N>$ формирует множество N остатков от деления дизъюнкта D посылки на дизъюнкт d заключения, а также вычисляет значение признака решения Q («0» – решение найдено, «1» –нет остатков отличных от единицы, «G» – получены остатки, отличные от единицы). Формирование множества остатков производится путем многократного применения ω-процедур и состоит из ряда шагов. На каждом шаге ω-процедуры применяются к имеющимся остаткам-делимым и остаткам-делителям, образуя новые остатки-делимые и новые остатки-делители, которые используются в качестве исходных данных на следующем шаге. Процесс заканчивается, когда на очередном шаге обнаруживается ω-процедура, в которой получены нулевые остатки (q=0), или во всех ω-процедурах данного шага будут сформированы признаки, свидетельствующие о получении конечных остатков (q=1) [Страбыкин, с. 89].

В Ω-процедуре выделяется три типа шагов: подготовительный, основной и заключительный. Подготовительный и заключительный шаги модифицированной процедуры полного деления дизъюнктов Ω' совпадают с аналогичными шагами Ω-процедуры. Отличие основных шагов процедуры Ω' состоит в том, что в ней вместо обычных процедур ω выполняются ускоренные процедуры ω' частичного деления дизъюнктов.

Пример логического вывода. Применение известной и предлагаемой процедуры полного деления дизъюнктов рассмотрим на примере (Табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные для задачи логического вывода

Знания	Посылки / заключение	Формулы
Факты	1) нравится(джилл,вино)	$P(a,b)$
	2) нравится(джон,еда)	$P(d,e)$
	3) нравится(джон,вино)	$P(d,b)$;
	4) мужчина(джон)	$Q(d)$
Правило	5)нравится(y,вино)&мужчина(y)→провожатый(x,y)	$P(y,b)Q(y)\rightarrow G(x,y)$
Заключение	6) провожатый(мери,z) «есть ли провожатый у Мэри, кто он?»	$G(m,z)$

Посылки и заключение преобразуются в дизъюнкты. В примере производится полное деление дизъюнкта правила (посылки 5) $D=\neg P(y,b)\vee\neg Q(y)\vee G(x,y)$ на дизъюнкт заключения $d=G(m,z)$. Полное деление дизъюнктов с помощью известной Ω-процедуры состоит из следующих шагов (Рис. 2).

ω	$\neg P(y.b)$	$\neg Q(y)$	$G(x,y)$	
$G(m,z)$	1	1	Δ_{13}	$\lambda_{13}=\{m/x,z/y\}$, $\Delta_{13}=\neg P(z,b)\vee\neg Q(z)=b_1$; $d_1=\neg G(m,z)$.

а)

ω_1	$\neg P(z.b)$	$\neg Q(z)$	
$\neg P(a,b)$	Δ_{11}	1	$\lambda_{11}=\{a/z\}$, $\Delta_{11}=\neg Q(a)=b_{1.1}$, $d_{1.1}=\neg P(d,b)\vee\neg Q(d)$;
$\neg P(d,e)$	1	1	
$\neg P(d,b)$	Δ_{13}	1	$\lambda_{13}=\{d/z\}$, $\Delta_{13}=\neg Q(d)=b_{1.2}$, $d_{1.2}=\neg P(a,b)\vee\neg Q(d)$;
$\neg Q(d)$	1	Δ_{24}	$\lambda_{24}=\{d/z\}$, $\Delta_{42}=\neg P(d,b)=b_{1.3}$, $d_{1.3}=\neg P(a,b)\vee\neg P(d.b)$.

б)

$\omega_{1.1}$	$\neg Q(a)$
$\neg P(d,b)$	1
$\neg Q(d)$	1

$\omega_{1.2}$	$\neg Q(d)$
$\neg P(a,b)$	1
$\neg Q(d)$	0

$\omega_{1.3}$	$\neg P(d,b))$
$\neg P(d,b)$	0
$\neg Q(d)$	1

в)

Рисунок 2. Процедура Ω полного деления дизъюнктов:
подготовительный шаг (а); основные шаги (б, в)

Подготовительный шаг. Выполняется процедура частичного деления дизъюнктов $\omega=<D,d,q,n>$ (Рис. 2а). В результате выполнения процедуры получается одна новая пара дизъюнкт-делимое b1 и дизъюнкт-делитель d1: $n=<b1,d1>$ для следующего шага, признак продолжения вывода q=g (продолжение вывода возможно).

Основной шаг (h=1). Выполняется процедура частичного деления дизъюнктов $\omega_1=<b_1,d_1,q_1,n_1>$ (Рис. 2б). Формируется множество пар $n_1=\{<b_{1.1},d_{1.1}>,<b_{1.2},d_{1.2}>,<b_{1.3},d_{1.3}>\}$, состоящих из нового остатка-делимого и соответствующего ему остатка-делителя. Продолжение вывода возможно: $q_1=g$.

Основной шаг (h=2). При данном выполнении основного шага для каждой пары дизъюнктов $<b_{1.t},d_{1.t}>$ множества n_1 выполняется ω-процедура (Рис. 1в):

$\omega_{1.t}=<b_{1.t},d_{1.t},q_{1.t},n_{1.t}>$, t=1,2,3.

В процедурах $\omega_{1.2}$ и $\omega_{1.3}$ получаются остатки, равные нулю. Поскольку $q_{1.2}=q_{1.3}=0$, то принимается Q=0, и логический вывод успешно завершается.

Заключительный шаг. Фиксируются результаты выполнения процедуры Ω. Вывод успешно завершен (Q=0). В процессе логического вывода при унификации литералов переменная z получила значение d: «у Мэри есть провожатый, это Джон».

В рассматриваемом примере полное деление дизъюнкта посылки $D=\neg P(y,b)\vee\neg Q(y)\vee G(x,y)$ на дизъюнкт заключения d=G(m,z) с учетом заданных фактов обеспечивает успешный логический вывод и требует в общей сложности пять процедур частичного деления дизъюнктов, включающих 17 унификаций литералов.

Полное деление дизъюнктов с помощью модифицированной Ω′-процедуры состоит из следующих шагов.

Подготовительный шаг. Содержание подготовительного шага модифицированной процедуры Ω′ полностью совпадает с содержанием

подготовительного шага Ω-процедуры полного деления дизъюнктов. Выполняется процедура частичного деления дизъюнктов $\omega=<D,d,q,n>$ (Рис. 2а).

Основной шаг (h=1). Выполняется процедура частичного деления дизъюнктов $\omega'_1=<b_1,d_1,q_1,n_1>$ (Рис. 3а). Формируется множество пар $n_1=\{<b_{1.1},d_{1.1}>,<b_{1.2},d_{1.2}>\}$, состоящих из нового остатка-делимого и соответствующего ему остатка-делителя. Продолжение вывода возможно: $q_1=g$.

Основной шаг (h=2). Для каждой пары дизъюнктов $<b_{1.t},d_{1.t}>$ множества n_1 выполняется ω'-процедура: $\omega'_{1.t}=<b_{1.t},d_{1.t},q_{1.t},n_{1.t}>$, t=1,2 (Рис. 3б). Поскольку $q_{1.2}=0$ принимается Q=0, и логический вывод успешно завершается.

ω_1	$\rceil P(z.b)$	
$\rceil P(a,b)$	Δ_{11}	$\lambda_{11}=\{a/z\}$, $\Delta_{11}=\rceil Q(a)=b_{1.1}$;
$\rceil P(d,e)$	1	
$\rceil P(d,b)$	Δ_{13}	$\lambda_{13}=\{d/z\}$, $\Delta_{13}=\rceil Q(d)=b_{1.2}$; $d_{1.1}=d_{1.2}=P(a,b)\vee P(d,e)\vee P(d,b)\vee Q(d)$.
$\rceil Q(d)$	1	

а)

$\omega'_{1.1}$	$\rceil Q(a)$
$\rceil P(a,b)$	1
$\rceil P(d,e)$	1
$\rceil P(d,b)$	1
$\rceil Q(d)$	1

$\omega'_{1.2}$	$\rceil Q(d)$
$\rceil P(a,b)$	1
$\rceil P(d,e)$	1
$\rceil P(d,b)$	1
$\rceil Q(d)$	0

б)

Рисунок 2. Модифицированная процедура Ω′ полного деления дизъюнктов: первый основной шаг (а); второй основной шаг (б)

Заключительный шаг. Вывод успешно завершается (Q=0) при $z=d$.

В примере требуется четыре процедуры частичного деления дизъюнктов, включающих 15 унификаций литералов.

Выводы. Модифицированная процедура полного деления дизъюнктов применима, когда порядок деления литералов дизъюнкта-делимого на литералы дизъюнкта-делителя в процедурах частичного деления дизъюнктов не имеет значения, и может в несколько раз уменьшить объем вычислений, выраженный суммарным числом унификаций литералов.

Библиографический список

1. Вагин В.Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах – М. : ФизМатЛит, 2008. 712 с.
2. Strabykin, Dmitry. Formal Verification and Accelerated Inference. Artificial Intelligence Perspectives in Intelligent Systems, Vol 1, T. 464. Pp. 203-211. 2016.
3. Страбыкин Д.А. Логический вывод в системах обработки знаний. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ. 1998. 164 с.
5. Dolzhenkova M.L., Meltsov V.Y., Strabykin D.A. Method of Consequences Inference From New Facts In Case Of An Incomplete Knowledge Base // Indian Journal Of Science And Technology. Volume 9, Issue 39, October 2016, P.100413. URL: https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i39/100413 (date of the application 05.02.2019).
6. Долженкова М.Л., Страбыкин. Метод вывода следствий из новых фактов делением дизъюнктов в исчислении предикатов / Современные наукоемкие технологии. 2016. № 9-1. С. 28-35.

Расчётная модель ГТУ с энергетическим впрыском водяного пара

Суворов Д. М.[a], Сущих В. М.[b], Содикзода Т. Х.[c]
кандидат технических наук, заведующий кафедрой теплотехники и гидравлики[a]
доцент кафедры теплотехники и гидравлики[b]
студент кафедры теплотехники и гидравлики[c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
E-mail: dmilar@mail.ru[a], vimis608@gmail.com[b], tima-ti.97@mail.ru[c]

Аннотация: целью исследования является разработка математической модели газотурбинной установки, работающей с энергетическим впрыском воды и водяного пара в камеру сгорания. В модели реализован порядок и принцип теплового расчета основных элементов ГТУ, основанный на уравнениях массового и энергетического баланса с учётом процессов химического окисления элементов топлива, а также с учётом последовательного перемещения рабочего тела по элементам схемы: воздушный компрессор, камера сгорания, куда может производиться дополнительная подача (впрыск) воды или водяного пара, и газовая турбина, работающая на привод электрогенератора. Разработанная математическая модель позволяет производить энергетический расчёт ГТУ с впрыском пара при различных исходных данных с точным учётом влияния температуры на теплоёмкость компонентов газовых смесей. На данном этапе исследований осуществлена разработка расчётных моделей процессов в отдельных элементах схемы, а также выполнены пробные расчёты на модели, определившие пути ее доработки.

Ключевые слова: математическое моделирование, ГТУ с впрыском пара, камера сгорания; эффективность работы.

Введение. Несомненным достоинством ГТУ является более простая тепловая схема, требующая меньших капитальных затрат, чем для ПТУ, и достаточно высокий коэффициент использовании тепловой энергии топлива, особенно в когенерационном режиме. Немаловажным преимуществом ГТУ, выполненных по простой схеме, являются небольшие сроки и объёмы строительства, приемлемый срок окупаемости вложенных капитальных затрат [Energy and economic efficiency of gas turbine units and heat pumps in power-supply systems in the Arctic regions of Russia, с. 73]. Перспективным вариантом ГТУ является установка с впрыском пара в газовый тракт, а конкретно – в камеру сгорания. Такой цикл получил название STIG (steam injection in gas) [Содикзода Т. Х., Суворов Д. М., с. 420]. При расчёте ГТУ, работающих по такому циклу, предполагается, что все химические процессы и процессы энергообмена происходят в камере сгорания, а рабочее тело представляет собой однородную газопаровую смесь, подчиняющиеся законам идеального газа.

Постановка цели и задач исследования. Целью исследования является разработка и апробация математической модели ГТУ, работающей с энергетическим впрыском воды и водяного пара в камеру сгорания.

В качестве задач работы можно выделить разработку расчётных моделей процессов в отдельных элементах схемы и сопряжение этих элементов между собой. Рассматриваемая математическая модель ГТУ должна позволять произвести сравнительный (в разных граничных условиях) анализ эффективности при работе по обычному циклу ГТУ с использованием вторичного воздуха в качестве охладителя, а также с использованием впрыска водяного пара либо впрыска воды в жидком состоянии [2].

Методы исследования. В рассматриваемой математической модели реализован следующий порядок и принцип теплового расчета основных элементов ГТУ, основанный на уравнениях массового и энергетического баланса с учётом процессов химического окисления элементов топлива, а также с учётом последовательного перемещения рабочего тела по элементам схемы [Костюк А. Г., с. 376-378].

1. Расчёт процессов сжатия в компрессоре. На входе в компрессор воздух имеет заданную температуру и давление, причём атмосферный воздух рассматривается как смесь сухого воздуха и водяных паров. Очевидно, что влагосодержание атмосферного воздуха может меняться в широких пределах, и при расчёте должно быть задано. В данном случае, как обычно, принимают $d = 10$ г/кг сухого воздуха.

Энтальпия воздуха на входе в компрессор определяется как энтальпия газовой смеси при заданной температуре, причём энтальпии компонентов определяются по данным справочника [Ривкин С. Л., с. 28].

Теплоёмкость компонентов смеси зависит от температуры, а ее значение может быть найдено по очевидной формуле $c_{p\text{в}} = \dfrac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}$. Температура воздуха в конце процесса сжатия $T_2 = T_1[1 + (\varepsilon^{m_\text{в}} - 1)]$ зависит от параметра $m_\text{в} = \dfrac{k-1}{k}$,

который определяется через среднюю теплоёмкость. Первоначально принимаем $k = 1{,}4$ с последующим уточнением. В результате расчёта определяются температура и энтальпия после компрессора, что позволяет найти мощность компрессора, затрачиваемую на сжатия 1 кг влажного атмосферного воздуха.

2. Расчет теплового баланса камеры сгорания. Состав газообразного топливо, подаваемого в ГТУ, в общем случае должен быть задан, однако, для упрощения считается, что «стандартный углеводород», то есть газ содержащий по массе 85% углерода и 15% водорода. При сгорании такое топливо выделяет $Q_н^р = 44300$ кДж/кг. По стехиометрическим соотношениям легко может быть получен теоретический объем сухого воздуха при нормальных условиях, необходимый для полного сгорания 1 кг топлива $V_o = 0{,}0889 \cdot C + 0{,}265 \cdot H = 11{,}53 \frac{\text{н.м}^3}{кг}$. В дальнейших расчётах используется величина L_o - количество воздуха, минимально необходимое для сжигания одного килограмма топлива, $L_o = V_o \cdot p_o = 11{,}53 \cdot 1{,}293 = 14{,}905$ кг/кг.

Фактически через компрессор проходит больше воздуха. Отношения действительного количества воздуха, подаваемого в камеру сгорания для сжигания 1 кг топлива, к минимально необходимому его количеству – коэффициент избытка воздуха α. Обычно принимают $\alpha = 1{,}05$. Такое значение заложено в расчёт в случаях, если охладителем являются вода или водяной пар, впрыскиваемые непосредственно в камеру сгорания. Если охладителем выступает атмосферный воздух, то количество подаваемого воздуха увеличивается и определяется необходимостью поддержания заданной температуры газов на входе в газовую турбину.

Тепловой баланс камеры сгорания (последние два слагаемых учитываются только при охлаждении водой или паром) $G_г h_г = G_в h_в + BQ_н \eta_{к.с} + Bh_г + G_{вод} h_{вод} + G_п h_п$.

Энтальпия газов на выходе из камеры сгорания определяется как энтальпия газовой смеси известного состава при заданной температуре. Компоненты этой газовой смеси: сухой воздух, не вступивший в реакцию горения; водяной пар из атмосферного воздуха и продукт окисления водорода топлива; углекислый газ – продукт окисления углерода топлива; атмосферный азот, остающийся после вступления кислорода воздуха в реакцию горения. Из теплового баланса камеры сгорания определяется количество охладителя (воздуха, воды или водяного пара).

3. Расчёт процесса расширения в газовой турбине. На входе в газовую турбину газы имеют заданную температуру. Степень снижения давления в турбине определяется при известном давлении на входе давлением на выходе, которое принимается равным атмосферному. В перспективе планируется произвести модернизацию программы и внести в нее расчёт котла-утилизатора, что приведёт к корректировке этого давления.

Температура на выходе из газовой турбины определяется как $T_4 = T_3[1-(1-\delta^{-m_{\text{г}}})\eta_{\text{т}}]$. Уточнение фактической теплоёмкости смеси газов производится аналогично расчёту компрессора.

4. Суммарные показатели работы ГТУ.

В результате расчёта определяются расход топлива, требуемый для выработки электрической мощности, внутренние мощности компрессора и газовой турбины, электрический КПД ГТУ (под которым понимается коэффициент преобразования теплоты топлива в мощность генератора).

Модель допускает независимое задание следующих переменных: электрической мощности; температур газов перед турбиной, воздуха на входе в компрессор, топлива; давлений на входе в компрессор и на выходе из турбины. Вид охладителя, подаваемого в КС (воздух, вода или пар) задаётся, а его расход определяется из условия обеспечения заданной температуры газов на входе в газовую турбину (рис. 1). В качестве топлива выбран стандартный углеводород, близкий по составу к метану.

Рис. 1 – Принципиальная расчётная схема ГТУ

Результаты исследований, их обсуждение. Предварительные результаты расчёта электрического КПД ГТУ при использовании в качестве окислителя исходного воздуха при стандартных технических условиях на основе разрабатываемой модели в зависимости от степени повышения давления и при различных способах охлаждения газов в камере сгорания (паром, водой и воздухом) представлены на рис. 2.

Рис. 2 – Предварительные результаты расчёта

η – электрический КПД ГТУ, π – степень повышения давления

Несколько завышенный КПД ГТУ при впрыске водяного пара объясняется тем, что при его определении не учтены в полной мере затраты теплоты на производство этого пара. Полученные результаты подлежат более тщательной верификации с учётом показателей реальных ГТУ, на основании чего будет произведена коррекция модели. Представленная математическая модель будет позволять производить энергетический расчёт ГТУ с впрыском пара при различных исходных данных с точным учётом влияния температуры

на теплоёмкость компонентов газовых смесей. Предполагается расширение модели путём введения модуля расчёта котла-утилизатора, использующего теплоту уходящих газов для производства тепловой энергии и, в частности, для получения охлаждающего пара.

Выводы. Представленная модель создана для оценки эффективности ГТУ в широком диапазоне изменения исходных данных. Она может быть использована как в научных исследованиях, так и в учебном процессе по специальности промышленная теплоэнергетика. На данном этапе осуществлена разработка расчётных моделей процессов в отдельных элементах схемы и произведено сопряжение этих элементов между собой, а также выполнены пробные расчёты на модели, определившие пути ее доработки.

Список литературы

1. Energy and economic efficiency of gas turbine units and heat pumps in power-supply systems in the Arctic regions of Russia / Suvorov D. M. et al. // Проблемы региональной энергетики. 2017. № 1 (33). С. 66-76
2. Содикзода Т. Х., Суворов Д. М. Исследование эффективности циклов газотурбинных установок с энергетическим впрыском пара // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Данилова Н. И. Екатеринбург: УрФУ, 2018. С. 419-422.
3. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Г. Костюк, В. В. Фролов, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний / под ред. А. Г. Костюка. М. : Издательский дом МЭИ, 2016. С. 372-399.
4. Ривкин С. Л. Термодинамические свойства газов : справочник. 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с.: ил.

Синтетический этиленпропиленовый каучук, как основа для композитных радиационно-защитных материалов

Сунцов Д. Л.[a]
Аспирант кафедры строительных конструкций и машин[a]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация,
E-mail: dmitr.suncov@gmail.com

Аннотация: в статье анализируются сложившиеся методы по защите от ионизирующего излучения и указаны наиболее часто используемые материалы для решения данной задачи. В ходе работ автор статьи провёл сопоставление современных требований к радиационно-защитным материалам и характеристик существующих материалов. Описаны материалы, отвечающие текущим требованиям к радиационно-защитным материалам. Даны рекомендации по применению синтетического этиленпропиленового каучука (СКЭПТ) в качестве основы для создания радиационно-защитного материала и даны примеры наполнителей. Статья будет полезна для тех, кто занимается изучением проблем радиационной защиты и разработкой композитных радиационно-защитных материалов.

Ключевые слова: радиационная защита, радиационно-защитный материал, синтетический этиленпропиленовый каучук (СКЭПТ).

Введение. Современное развитие медицинской техники, а именно применение в диагностических целях аппаратов, которые являются источниками ионизирующего излучения (рентгеновские аппараты, томографы), требует особых мер по защите от их воздействия, как на персонал, так и на пациентов. Данные аппараты являются источником наиболее жёстких электромагнитных излучений: рентгеновского и γ-излучений. Данные излучения характеризуются высокой проникающей способностью, а также являются источником вторичного ионизирующего излучения, что приводит к устройству дополнительных мер защиты, и тем самым росту массы и цены защитных экранов [1]. Таким образом, возникает весьма актуальная задача поиска современных материалов для защиты от ионизирующего излучения.

Постановка цели и задач исследования. Определение материала на роль основы для создания полимерного радиационно-защитного материала и эффективных наполнителей.

Ведущий метод. Анализ современной научной литературы с целью систематизации данных по теме композитные радиационно-защитные материалы.

Результаты исследований. На данный период выделяют несколько основных способов снижения доз ионизирующего облучения: во-первых, объёмно-планировочные мероприятия (увеличение расстояния от источника излучения до человека); во-вторых, организационные (уменьшение времени возможного пребывания человека в радиационном поле, снижение мощности дозы излучения); в-третьих, конструктивные мероприятия (создание защитных экранов между источником и человеком, применение специальных отделочных материалов) [2].

Основной проблемой применения защитных экранов является ограниченный выбор материалов для их изготовления. Для защиты от гамма-излучений наиболее часто применяют экраны, изготовленные из химических элементов, обладающих большим зарядовым числом атомного ядра, а соответственно и удельным весом. Среди таких элементов наиболее часто используются железо, свинец, вольфрам. Но применение металлов в качестве защитных экранов имеет ряд отрицательных качеств: сложность изготовления, неудобство использования, ограниченность формообразования, проблематичность установки и демонтажа. [3, 4].

В качестве традиционных отделочных материалов может быть применена баритовая штукатурка, представляющая собой смесь цемента и барита. Она отличается невысокой стоимостью, но трудоемка в изготовлении в виду высокой плотности раствора и толщины нанесения.

Неудобство в применении традиционных средств защиты, является причиной для поиска новых материалов. Существующий опыт защиты от ионизирующего излучения диктует следующие требования к новым материалам: радиационная стойкость, низкий удельный вес, экономичность, гибкость. Современные полимерные материалы удовлетворяют большинству этих требований. В связи с этим наиболее перспективной считается разработка радиационно-защитных материалов, представляющих собой полимерный композит, наполненный микро/наночастицами [5].

Изменение свойств полимеров при воздействии на них ионизирующего излучения связаны со следующими радиационно-химическими процессами:

укрупнением макромолекул из-за возникновения поперечных химических связей между линейными макромолекулами; распадом, деструкцией макромолекул, с образованием летучих продуктов и макромолекул меньшей длины, вплоть до превращения полимеров в вязкие жидкости; изменением числа и характера двойных связей; окислением при наличии доступа кислорода; другими реакциями, инициируемыми излучением при соответствующих условиях.

У многих полимеров наблюдается одновременное протекание всех перечисленных выше процессов. Исследования показали, что полимеры, содержащие хотя бы один атом водорода на каждый атом углерода главной цепи, под действием излучения преимущественно «сшиваются»; полимеры же, содержащие в главной цепи атомы углерода, не связанные с атомами водорода, в основном деструктируются [6].

На роль полимеров, которые могут являться основой для создания композитного радиационно-защитного материала, могут претендовать полиэтилен, полипропилен, синтетические этиленпропиленовые каучуки (СКЭПТ). Эта их особенность обуславливается отсутствием в их структуре двойных связей, разрыв которых под действием ионизирующих излучений при достаточно длительном облучении полностью преобразует вещество и может вызывать его деструкцию.

Наибольший интерес у исследователей вызывают синтетические этиленпропиленовые каучуки (химическая формула [-CH2CH2-]n-[-CH(CH3)CH2-]m). Этот выбор основан на ряде факторов: высокая прочность 1,1 МПа, высокая плотность 850–870 кг/м3, низкая остаточная деформация при растяжении около 20%, низкая температура стеклования от -55 до -70°С, высокая теплостойкость до 150°С, химическая и атмосферная стойкость. Кроме того синтетические этиленпропиленовые каучуки легки в обработке, обладают большой гибкостью, отлично формуются и удерживают заданную форму [7].

Несмотря на высокие физико-механические свойства, самостоятельно этилен пропиленовые каучуки не могут выступать в качестве радиационно-

защитных материалов. Линейный коэффициент поглощения чистого каучука при энергии излучения, соответствующей энергии рентгеновской трубки, составляет около 15% [8].

По данной причине при создании радиационно-защитного материала чистый каучук наполняют микро – и наночастицами. Наполнение может происходить при помощи смешении компонентов на экструдере, также существуют методы внесения наполнителя в расплав полимера. Внесение наполнителей в полимер обычно приводит к изменению его первоначальных свойств. При внесении наполнителя происходит повышение модуля упругости при растяжении, прочности при разрыве и твердости. Из отрицательных изменений выделяют снижение паро – и газопроницаемости. В качестве наполнителей для композитных радиационно-защитных материалов выступают порошки металлов и их оксидов, а также измельчённые горные породы. Наибольше распространение получили железо, вольфрам, висмут, барит [9]. Наиболее эффективным, с точки зрения ослабления ионизирующего излучения, является применение вольфрама, это позволяет создать материал с высоким коэффициентом поглощения при достаточно небольшой толщине материала. Но его использование при производстве радиационно-защитных материалов ограничивается его высокой стоимостью. Для снижения стоимости радиоционно-защитного материала целесообразно производить двухнаполненые композиты с комбинированием дорогих и более дешевых наполнителей (вольфрам+барит; вольфрам+железо).

Выводы. Создание современного композитного радиационно-защитного материала является актуальной проблемой для науки. Применение в качестве связующего вещества полимеров позволяет решить ряд проблем, возникающих при использовании металла. Не только снизить стоимость и толщину, но и повысить срок службы, увеличить области применения, упростить процесс изготовления, отказавшись от литейных и механических процессов при изготовлении. К числу прочих перспектив применения синтетического этиленпропиленового каучука стоит отнести то, что его использование требует

создания научных групп, состоящих не только из специалистов по строительным материалам, но так же химиков и физиков.

Библиографический список

1. Денисов А. В., Дубровский В. Б., Соловьев В. Н. Радиационная стойкость минеральных и полимерных строительных материалов : справочное пособие. М. : Издательский дом МЭИ, 2012. 384 с.: ил. URL: https://b-ok.org/book/2911154/d18060 (дата обращения 04.02.2019)
2. Машкович В. П., Кудрявцева А. В. Защита от ионизирующих излучений : справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 1995. 496.: ил. URL: http://www.studmed.ru/mashkovich-vp-kudryavceva-av-zaschita-ot-ioniziruyuschih-izlucheniy-spravochnik_99002cb9a81.html (дата обращения 04.02.2019)
3. Расчетно-экспериментальное исследование гомогенных защит от гамма-излучения / Ташлыков О. Л и [др.] // Ядерная и радиационная безопасность. 2015. № 3. С. 1–8.
4. Noor Azman N. Z. Design of Nanostructured Polymeric Materials for Radiation Shielding of Ionizing Radiations : thesis for the degree of doctor of philosophy: Curtin University, 2013. 174 с.
5. Nambiar S., Yeow John T. W. Polymer-Composite Materials for Radiation Protection // ACS Applied Materials & Interfaces. 2012. Vol. 4. P. 5717-5726. URL: https://pubs.acs.org/doi/ipdf/10.1021/am300783d (date of the application 25.01.2019).
6. МЭИ : официальный сайт. Воздействия радиации на высокомолекулярные соединения. URL: http://ftemk.mpei.ru/ctlw/pubs/etm_re/radiationf/06.04.htm (дата обращения 06.02.2019).
7. Studfiles.net : сайт. Физико-механические свойства полимерных смесей спб-скэпт. URL: https://studfiles.net/preview/3925236/page:4/ (дата обращения 06.02.2019).
8. ГОСТ 20426-82 Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения. Прин. 05.02.1982 ; действ. с 01.07.1983. М. : Издательство стандартов, 1991. Доступ из норматив.-техн. системы «Техэксперт».
9. Poltabtim W., Wimolmala E., Saenboonruang K., Properties of lead-free gamma-ray shielding materials from metal oxide/EPDM rubber composites // Radiation Physics and Chemistry. 2018. Vol. 153. P. 1–9. URL: https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2018.08.036 (date of the application 25.01.2019).

Проблемы эффективности учета тепловой энергии с использованием программно-аппаратных средств

Сучок С. И.
аспирант первого курса направления подготовки
«Системный анализ, управление и обработка информации»,
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация
E-mail: serj-43@yandex.ru

Аннотация: в статье рассмотрены подходы к построению теплофикационных систем, рассмотрены основные проблемы, связанные с диспетчеризацией приборов теплового учёта, выявлены узкие места при передаче данных от прибора теплового учёта к контролирующим органам, изучены проблемы регулирования температуры теплового носителя.

В статье поставлены основные цели исследования эффективности учёта теплового снабжения с применением компьютерных технологий, к которым относятся – централизация систем учёта тепловой энергии, повышение информативности данных, предоставляемых контролирующим органам, введение надёжной обратной связи для оперативного регулирования температуры теплового носителя.

В статье рассмотрены существующие системы учёта тепловой энергии, выявлены их недостатки и факторы, воздействие на которые приведёт к улучшению существующих систем, предложен альтернативный вариант системы учёта, основанный на сенсорных сетях.

Ключевые слова: компьютерные сети, интернет вещей, сенсорные сети, теплоснабжение, теплосчетчики, системы диспетчеризации приборов учёта.

Введение. Стремительный прогресс компьютерных технологий оказывает непосредственное влияние на повседневную жизнь человека, охватывая те сферы, в которых ранее помыслить о цифровизации и компьютеризации было невозможно. Одной из таких стала сфера городского теплоснабжения, потребовавшая существенных изменений. В условиях всеобщего повышения эффективности использования природных ресурсов, увеличения прозрачности отчетности и экономии бюджетных средств, актуальным стал вопрос диспетчеризации приборов теплового учёта.

Система городского отопления состоит из теплогенераторов – теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) и котельных, тепловых пунктов, получающих теплоноситель (воду под высоким давлением) от теплогенераторов, преобразующих и распределяющих его по конечным потребителям – отапливаемым помещениям [1].

Тепловые пункты, распределяющие теплоноситель по конечным потребителям, в настоящий момент в городах в основном являются

автоматизированными. Это позволяет использовать встроенную в них аппаратуру для снятия данных о качестве и количестве теплоносителя, а также о состоянии самого теплового пункта дистанционно [2]. Однако далеко не все тепловые пункты являются автоматизированными, особенно остро эта проблема встает вдали от крупных городов.

Проблема централизации диспетчеризации приборов теплового учёта заключается в том, что данные, получаемые с автоматизированных тепловых пунктов, имеют различные форматы, зависящие от производителя оборудования. Кроме того, нет единого информационного пространства, которое бы объединяло данные с каждого прибора теплового учёта, для того чтобы контролирующие органы имели полную и прозрачную информацию о расходе теплоносителя, а компании, производящие тепловой носитель оперативно реагировали на изменения в системе теплоснабжения, уменьшая потери и издержки [4].

Цель исследования. Исходя из сказанного выше, целями исследования проблем диспетчеризации приборов теплового учёта с применением компьютерных технологий являются:

1) снижение времени передачи данных от тепловых пунктов к устройствам регулирования температуры теплоносителя, предотвращение утечек теплоносителя, повышение эффективности ремонтных мероприятий;

2) повышение прозрачности отчетности перед потребителем и контролирующими органами, создание единого информационного пространства для приборов теплового учёта.

В настоящее время вопрос централизованной диспетчеризации приборов теплового учета актуальным в России считают многие компании. К ним относятся: «ПУЛЬСАР», АСКУЭ «СТРИЖ», АРМ «Учёт тепла», ИИС «Пирамида» и др. Наиболее функциональными системами являются: «САДКО-ТЕПЛО», система диспетчерского учёта «Архивист» (НПО Тепловизор), «ЛЭРС-учет». Среди них наиболее перспективной является система «ЛЭРС – учёт», предоставляющая наиболее широкий функционал [5].

Системы учёта тепла делятся на три уровня: 1-ый – прибор учёта или тепловой пункт, 2-ой – централизованный учёт тепловых пунктов на муниципальном уровне, 3-ий – учёт тепловой энергии в масштабах страны [6].

Системы диспетчеризации предоставляют пользователю доступ к данным, получаемым с тепловых пунктов, позволяют систематизировать, анализировать и накапливать их. Системы диспетчеризации стремятся к унификации формата передачи данных, что так же стоит отнести к их плюсам.

Однако система «ЛЭРС-учёт» и подобные ей системы обеспечивают только первый уровень диспетчеризации и частично второй. Кроме городской коммунальной системы на втором уровне существуют системы учёта тепла, производимого на ТЭЦ, по которым также производится взаиморасчёт с городской коммунальной системой [7]. ТЭЦ поставляет теплоноситель городской тепловой сети, а на выходе стоит прибор учёта, по которому ТЭЦ определяет качество производимого теплового носителя. Рядом с этим прибором, как правило, расположен второй прибор учёта, принадлежащий тепловым сетям. С помощью второго прибора идёт контроль качества теплоносителя, поставляемого ТЭЦ. Массовый расход и давление теплоносителя поддерживается ТЭЦ на определённом, почти одинаковом уровне, а вот температура зависит от графика отопления и внешней температуры на улице. Если тепловые сети, закупающие теплоноситель у ТЭЦ, фиксируют явное нарушение режима топления, они сообщают об этом на ТЭЦ. По сути прибором контроля здесь является только теплосчетчик на входе тепловых сетей. То есть ТЭЦ ничего не знает о реальных потребителях и поставляет тепло в соответствии с температурным графиком. Тепловые сети, в свою очередь, получают информацию от городских ЦТП и ИТП. Так как далеко не все тепловые пункты автоматизированы и подключены к системам удалённого слежения, передача показаний происходит ежемесячно на бумаге. Любые мелкие расхождения в отчётах с нормальными условиями отопления списываются на управляющие компании, а те, в свою очередь, списывают это на жильцов.

Такая система контроля показаний приборов теплоучёта заведомо несёт в себе недостатки и отсутствие «прозрачности». Поэтому возникает необходимость всеобщей автоматизации и централизации систем теплоучёта.

Методы исследования. Для обеспечения третьего уровня диспетчеризации и единой системы учёта тепловых приборов, необходимо создать единое информационное пространство, в которое поступали бы данные с каждого зарегистрированного прибора учёта тепла в стране. Единый программно-аппаратный комплекс предполагает прозрачную обработку информации, её длительное хранение и оперативную передачу данных поставщикам тепла и ремонтным бригадам.

В качестве модели управления системой учёта тепла в рамках страны хорошо подойдёт сенсорная сеть [3]. В настоящий момент сенсорные сети активно внедряются в медицину и системы контроля пассажирских перевозок. В качестве сенсора выступает устройство, осуществляющее контроль одного определённого параметра и передающее данные о нём в сеть. В случае системы учёта тепловой энергии сенсором становятся датчики расхода, температуры, давления. Отличительными особенностями такого подхода должны стать: унификация протоколов обмена данными, единое информационное пространство для хранения и обработки данных, снижение вычислительной нагрузки на локальные узлы сети, превращённые в передатчики информации.

Выводы. Для достижения цели всеобщей автоматизации учёта тепла потребуется разработка единой информационной среды, которая позволит следить за состоянием объектов потребления и генерации тепла, а также за распределительными пунктами, обеспечивающими работу системы.

Наиболее актуальным может стать вопрос автоматизации управления районных тепловых узлов, удалённых от центральных городов, так как там потери эффективности теплоснабжения во много раз превышают городские показатели.

Неизбежность внедрения системы централизованной диспетчеризации продиктована эпохой компьютеризации и предполагает несколько вариантов

решения. Одним из них является внедрение интернета вещей для приборов теплового учёта, как единого информационного пространства, берущего на себя основную роль в анализе, учёте и регулировании теплоснабжения. Система предполагает уменьшение роли человека в работе с массивами данных, снижение риска ошибок, выработку правил оперативного регулирования на изменения в системе теплоснабжения и как результат, снижение потерь и повышение эффективности теплоснабжающих систем.

Библиографический список

1. Технологии повышения надежности городских теплофикационных систем / В. И. Шарапов, М. Е. Орлов, П. Е. Чаукин, В. А. Мордовин // Промышленная энергетика. 2014. № 3. С. 45-48.
2. Орлов М. Е. Повышение эффективности ТЭЦ и подключенных к ним городских теплофикационных систем за счет структурно-технологической модернизации. Ульяновск, 2017. 337 с.
3. Корпоративный портал ТПУ: сайт. Тепловые пункты : лекция № 5. URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/l/LBA/learning/system/Tab2/L13 (дата обращения 03.02.2018).
4. Электронный научный архив УРФУ : сайт. Автоматизированные системы коммерческого учета тепловой энергии. URL: http://vzljot.ru/files/publications/GKH_10_2010 (дата обращения 03.02.2018).
5. Электронный научный архив УРФУ : сайт. Стандартизация систем диспетчеризации и автоматизированного коммерческого учета тепла и воды. URL: https://aqua-therm.ru/articles/articles_285.html (дата обращения 03.02.2018).
6. Электронный научный архив УРФУ : сайт. Системы теплоснабжения. URL: https://energoworld.ru/blog/sistemy-teplosnabzheniya/ (дата обращения 03.02.2018).

Переход к цифровой трансформации предприятия лесопромышленного комплекса

Суя Н. Н.[a], Петров И. Е.[b]
Магистрант кафедры прикладной информатики [a]
Доцент кафедры экономики [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: nataliasuya@gmail.com [a], soft.rosko@mailru [b]

Аннотация: цифровизация порождает новых победителей и проигравших быстрее, чем предыдущие технологические сдвиги. Она значительно повышает производительность и охват компании и уже стала одним из главных приоритетов для руководителей предприятий и ИТ организаций по всему миру. В статье описаны основные бизнес-процессы предприятия деревоперерабатывающий отрасли. Выявлены процессы, требующие цифровой трансформации. За счёт введения новых технологий: повышается эффективность труда, достигается уменьшение брака готовой продукции, ускоряется процесс передачи информации от заготовительного участка в производственный отдел, упрощается процесс планирования производства. За счёт изменений происходит переход к новой стадии управления производством. Цифровая эпоха уже наступила, и бизнес меняется быстрее, чем когда-либо ранее. Следуя принципам цифровой экономики, предприятие добьётся большей лояльности заказчиков и сможет оставить конкурентов позади.

Ключевые слова: цифровизация, информационные технологии, деревопереработка, производство, бизнес-процесс, совершенствование.

Введение. В эпоху цифровых технологий для достижения успеха необходима высокая скорость работы. Цифровизация – это не технология и не продукт. Это, скорее, подход к использованию цифровых ресурсов для преобразования работы организации. Он подразумевает переопределение технологий и бизнес-процессов для усовершенствования рабочей среды сотрудников, взаимодействия с заказчиками и другими участниками деятельности предприятия. [Керравала З., с.1]

Цель исследования. Целью исследования являются анализ цифровых технологий и разработка стратегии цифровизации предприятия лесопромышленного комплекса.

Методы исследования. Объектом исследования являются цифровые технологии автоматизации, предметом исследования методы применения цифровых технологий на предприятии лесопромышленного комплекса. На начальном этапе производится анализ деятельности предприятия. Второй этап – изучение методов цифровой трансформации предприятий. В результате исследования выявлена стратегия цифровизации данного предприятия.

Результаты исследований. В сложных экономических условиях рынка лесопродукции, в условиях стремительного усовершенствования технических средств заготовки для поддержания конкурентоспособности и сокращения издержек связанных с управлением производством, необходимо широко использовать информационные технологии.

Рассмотрим основные процессы предприятия деревопереработки и лесозаготовки:

- управление заготовкой;
- заготовка древесины;
- финансирование деятельности и развитие;
- планирование производства;
- переработка древесины;
- складирование;
- транспортировка сырья;
- отгрузка готовой продукции;
- учёт затрат;
- формирование отчётности;
- управление продажами.

Для выделения процессов, требующих цифровизации, использован архитектурный подход. Архитектурный подход обеспечивает высокую производительность комплексной сетевой инфраструктуры, а также возможность оптимизировать бизнес-приложения, при этом значительно снижая совокупную стоимость владения. [Ефремова Н., Игнатова Г., с. 2]

В качестве направлений цифровизации для предприятия лесопромышленного комплекса выделяются:

- отслеживание за деятельностью работника (на базе kpi), передача данных посредством ИТ технологий (отметки входа/выхода с рабочего места, оперативные данные о количестве произведённого продукта);

– отчётность, доступная руководителю в разрезе работников и каждого работника в разрезе дат, использование видео – контроля (для контроля за исполнителями, составлением отчётности необходимой для производственных нужд, улучшение планирования);

– тослеживание брака по сотруднику и времени (для улучшения распределения времени для труда и отдыха).

Данная система позволит сократить расходы на заработную плату и сократить брак. Введение цифровизации позволит улучшить показатели и выйти на большие объёмы.

На рисунке 1 представлена карта предлагаемых архитектурных изменений для предприятия деревопереработки и лесозаготовки.

Рисунок 1. Архитектурные изменения

На основе оперативных данных от заготовительного отдела (данные по сортиментам), имея перечень заявок потребителей, происходит процесс формирования заявки в отдел переработки древесины, так называемый переход к новой стадии управления производством.

Использование видеофиксации процесса и системы аналитики учёта рабочего времени появляется возможность анализа работы каждого сотрудника, позволяет: скорректировать нагрузку на сотрудника для достижения максимальной эффективности от труда; сократить число брака

продукции, за счет контроля слабых мест в процессе и замены сотрудников, допускающих значительное превышение по браку готовой продукции; провести анализ качества готовой продукции, выделить этапы, требующие дополнительного контроля или повышения квалификации сотрудников.

Для повышения конкурентоспособности предприятия необходимо уделять внимание обучению и непрерывному совершенствованию, мотивировать сотрудников к улучшению качества своей работы. [Яшин Н., Попова Л., Бочарова С., с. 6]. А методы цифровизации помогают повысить эффективность этих мероприятий.

Процесс цифровизации приводит к непрерывному изменению социально экономической парадигмы общества. В современных условиях предприятия деревопереработки и лесозаготовки сталкивается с огромным рядом трудностей. Для совершенствования отдельных бизнес-процессов данных предприятий применима цифровизация, что позволяет предприятиям данного спектра деятельности оставаться на рынке и поддерживать конкуренцию.

Вывод. В результате исследования был проведён анализ цифровых технологий и разработана стратегия цифровизации предприятия лесопромышленного комплекса.

Библиографический список

1. Керравала, З. 10 главных принципов построения сети для цифровизации / З. Керравала // ZK Research. Подразделение Kerravala Consulting. – февр., 2016 URL: https://www.cisco.com/c/dam/global/ru_kz/solutions/enterprise-networks/digitalnetwork-architecture/pdf/nb-04-dna-zk research_10_networking_priorities-cte-ru.pdf. (дата обращения 19.11.2018).
2. Ефремова Н. А., Игнатова Г. В. Особенности цифровизации Российских предприятий в современных условиях // Вестник СГСЭУ. 2018. № 3(72). С. 20-22.
3. Яшин Н. С., Попова Л. Ф., Бочарова С. В. Развитие методологии анализа результативности системы менеджмента качества промышленных предприятий // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2016. № 4(63). С. 51-56.

Сравнение действия твёрдого и жидкого пластификатора в виде битума и индустриального масла на динамические свойства композитов на основе бутилкаучука

Тарасова О. И.[a], Юркин Ю. В.[b], Фокин А. А.[c]
ассистент кафедры строительных конструкций и машин[a]
кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительных конструкций и машин[b]
аспирант кафедры строительных конструкций и машин[c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b,c]
E-mail: tarasovaolga63@yandex.ru[a], yurkin@vyatsu.ru[b], aleksandr_fokin93@mail.ru[c]

Аннотация. Целью данного исследования является изучение влияния твёрдого пластификатора, в качестве которого принят битум, и жидкого пластификатора, в качестве которого принято индустриальное масло, на динамические характеристики бутилкаучука в широком диапазоне температур от -80ºс до +40 ºС. В публикации приведён детальный анализ и сделаны выводы на основе сравнительного анализа температурно-частотных зависимостей тангенса угла механических потерь и модуля упругости при различном процентном содержании битума и масла, полученных методом DMA.

Установлено, что введение в бутилкаучук жидкого пластификатора в виде индустриального масла с различными соотношениями сдвигает максимум коэффициента механических потерь в сторону уменьшения температуры. Температура стеклования понижается, а значение максимума тангенса угла механических потерь увеличивается. Введение мела в маслонаполненную смесь приводит к обратному эффекту, а именно к движению точки максимума механических потерь в сторону увеличения температуры. Тангенс угла механических потерь несколько падает от значения 1,35 до 1,1.

Введённый в бутилкаучук твёрдый пластификатор в виде битума, с различными соотношениями, производит незначительное влияние на пиковое значение коэффициента механических потерь, он остаётся практически не изменяемым, а температура стеклования равна стабильной отметке – 40 □С. Поведение битум наполненной смеси по сравнению с масло наполненной отличается тем, что тангенс угла механических потерь уменьшается от значения 1,18 до 0,52. Увеличение содержания мела не приводит к температурному сдвигу точки максимума механических потерь.

Выявлена и обоснована необходимость введения в наполненную мелом смесь, и жидкого и твёрдого пластификаторов на том основании, что они удерживают высокое значение тангенса угла механических потерь, битум – в диапазоне положительных температур, а индустриальное масло – в диапазоне отрицательных температур. Результаты испытаний показывают потенциал совместного использования жидкого и твёрдого пластификаторов путем выбора подходящей смеси БК/масло/битум/наполнитель для оптимальных вибропоглощающих свойств.

Ключевые слова: модуль упругости, тангенс угла механических потерь, температура, битум, бутилкаучук, индустриальное масло.

Введение. В настоящее время ведётся разработка новых совершенных материалов для строительства, различные добавки в материалы, позволяющие регулировать свойства получаемой конструкции такие, как теплопроводность шумо- и звукоизоляция, коррозионная устойчивость, огнеупорность, водонепроницаемость и морозостойкость [1]. Одной из актуальных задач

строительного материаловедения является получение материалов с высокими демпфирующими свойствами. Для количественной оценки демпфирующих свойств полимерных материалов используют тангенс угла механических потерь (tgδ), коэффициент механических потерь (η), компоненты комплексного модуля упругости – динамический модуль упругости (E'), коэффициент относительного рассеивания (Ψ) и динамический модуль механических потерь (E''). Эти характеристики связаны между собой соотношением (см. уравнение 1) [2]:

$$tg\delta = \eta = \frac{E''}{E'} = \frac{\Psi}{2\pi} \qquad (1)$$

Многолетний опыт борьбы с шумами и вибрациями показал, что наиболее эффективными вибропоглощающими материалами являются полимерные композиционные материалы с дисперсными наполнителями, обладающие способностью к демпфированию, обусловленному особенностями их молекулярного и надмолекулярного строения [3, 4, 5].

Полимерные композиционные материалы производятся из синтетических или природных полимеров с добавлением пластификаторов, мягчителей (твердых пластификаторов), наполнителей и прочих функциональных добавок.

Патентный обзор составов вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука показал, что с большим потенциалом имеются композиты, в которых совместно используются жидкие и твёрдые пластификаторы. В качестве жидких пластификаторов используются: индустриальное масло [6], соевое масло [7], полибутен [8]. В качестве твёрдых пластификаторов используется: битум [9, 10, 17], различные смолы [11, 12, 13], полиизобутилен [14]. По отдельности влияние указанных компонентов исследованы в [15, 16, 17, 18, 19]. Однако отсутствуют исследования, посвящённые сравнительному анализу твёрдых и жидких пластификаторов на динамические свойства композитов.

Цель исследования. Изучение влияния твёрдого пластификатора, в качестве которого принят битум, и жидкого пластификатора, в качестве которого принято индустриальное масло, на динамические характеристики

композита на основе бутилкаучука в широком диапазоне температур (от -80 □С до +40 □С).

Задачи исследования. 1) Изучение влияния концентрации битума на тангенс угла механических потерь бутилкаучука. 2) Изучение влияния концентрации индустриального масла на тангенс угла механических потерь бутилкаучука. 3) Изучение влияния концентрации мела на тангенс угла механических потерь и модуль упругости бутилкаучука при различных частотах.

Ведущий подход. Материалы. В качестве объекта исследования для получения композиционных материалов выбран бутилкаучук марки БК-1675Н (ООО ПКФ «Арсенал Кама», РФ. В качестве наполнителя использовали мел технический как инертный наполнитель марки КМ-1 (ОАО «Стройматериалы», РФ), средний диаметр частиц – не более 45мкм, ТУ 5743-001-54653514-05. В качестве твёрдого пластификатора использовался строительный битум БН-90/10 ГОСТ 6617-76, глубина проникания иглы от 0,5до 2,0мм, температура размягчения 90-105°С. В качестве жидкого пластификатора использовали индустриальное масло И-40 ГОСТ 20799-88.

Методы. Смешение материалов проводилось на лабораторном смесителе периодического действия с тангенциальными роторами. Температура смешения составляла 120°С, время – 0,5 часа. Динамический анализ образцов проводили на динамическом механическом анализаторе NetzschDMA242 (Netzsch, Германия) с использованием образцов в виде дисков толщиной 2мм. Температурный интервал испытаний составлял от -80 до +40°С при скорости нагревания 2°/мин. Часта испытаний 1, 10, 100Гц.

Результаты исследований, их обсуждение.

1. Влияние концентрации битума на тангенс угла механических потерь бутилкаучука при частоте 10 Гц.

Для исследования влияния концентрации битума на tgδ приготовлены образцы в следующих объёмных соотношениях БК/битум:100/0, 80/20, 70/30, 60/40. Результаты экспериментов представлены на рис.1 и в табл. 1.

Чистый бутилкаучук, ненаполненный битумом, при частоте деформации 10 Гц имеет максимум tgδ при -46ºС и равен 1,23. С концентрацией битума от 0% до 20% по объёму, температура стеклования смещается в сторону увеличения температуры всего на 6ºС, а максимум тангенса угла механических потерь равен значению 1,4. С дальнейшим увеличением концентрации битума в бутилкаучуке температура стеклования равна отметке -40ºС и не изменяется до концентрации 60/40. Пиковое значение коэффициента механических потерь (tgδ) заметно снижается до отметки 1,18.

Рис. 1 Зависимость tgδв смеси БК/битум
с различными объёмными соотношениями: 100/0, 80/20, 70/30, 60/40 %,
при частоте деформации 10 Гц.

Рис. 2 Зависимость tgδ в смеси БК/масло
с различными объёмными соотношениями: 100/0, 90/10, 80/20, 70/30 %
при частоте деформации 10 Гц.

Таблица 1

Теоретически полученные результаты - максимальные значения тангенса угла механических потерь в зависимости от концентрации битума и масла в смесях

Модификатор	100 /0%	80/20%	70/30%	60/40%
битумtgδ/ °C	1,23/-46°C	1,4/-40°C	1,28/-40°C	1,18/-40°C
маслоtgδ/ °C	1,35/-46°C	1,45/-59°C	1,60/-60°C	1,64/-69°C

2. Влияние концентрации индустриального масла на тангенс угла механических потерь бутилкаучука при частоте 10 Гц.

Для исследования влияния концентрации индустриального масла на tgδ приготовлены образцы в следующих объёмных соотношениях БК/масло: 100/0, 80/20, 70/30, 60/40. Результаты экспериментов представлены на Рис.2 и в Табл. 1. Действие жидких пластификаторов всегда выражается в понижении T_c полимеров. С увеличением концентрации пластификатора до 40% по объёму, температура стеклования данного композиционного материала понижается на 23°C, пик сдвигается в сторону уменьшения температуры и увеличивается значение тангенса угла механических потерь с 1,35 до 1, 64.

Эти процессы можно связать с тем, что бутилкаучук превращается из жесткого материала в эластичный, что способствует понижению температуры стеклования полимера БК, что видно из графиков на Рис. 2. С теоретической точки зрения сущность пластификации состоит в изменении вязкости системы, увеличении гибкости молекул и подвижности надмолекулярных структур. Введённые в полимер пластификаторы оказывают влияние на все его физико-механические свойства. Молекулы пластификатора проникают между макромолекулами полимера и влияют на такое свойство материала, как эластичность. Происходит изменение вязкости полученного материала, увеличивается гибкость молекул [20].

3. Влияние концентрации мела на тангенс угла механических потерь и модуля упругости бутилкаучука при различных частотах.

Для изучения влияния различной концентрации мела на динамические свойства композитов на основе бутилкаучука, пластифицированного разными типами пластификаторов изготовлены следующие составы (Табл.2):

Таблица 2

Номенклатура исследуемых образцов с процентным содержанием по объёму

Обозначения	Состав материала	Отношение: бутилкаучук/ пластификатор	Общее содержание наполнителя мел, %
ВВ4М1	БК/битум	60/40	15
ВВ4М2	БК/битум	60/40	30
ВВ4М3	БК/битум	60/40	40
ВВ4М4	БК/битум	60/40	50
ВМ4М1	БК/инд. масло	60/40	15
ВМ4М2	БК/инд. масло	60/40	30
ВМ4М3	БК/инд. масло	60/40	40
ВМ4М4	БК/инд. масло	60/40	50

Результаты испытаний приведены на Рис. 3. Можно отметить, что модуль упругости у наполненного мелом композита с модификатором битумом намного больше, чем у наполненного композита с пластификатором маслом на всех частотах.

а) ВВ4М1(ВК/бит/60/40)85% +мел15%

б) ВМ4М1(ВК/масло /60/40)85% +мел15%

в) ВВ4М2(ВК/бит/60/40)70% +мел30%

г) ВМ4М(ВК/масло /60/40)70% +мел30%

д) ВВ4М3(ВК/бит/60/40)60% +мел40%

е) ВМ4М3(ВК/масло /60/40)60% +мел40%

ж) ВВ4М4(ВК/бит/60/40)50% +мел50%

з) ВМ4М4(ВК/масло /60/40)50% мел50%

Рис. 3 (а, в, д, ж) Зависимость tgδ и модуля упругости в смеси БК/битум с различными соотношениями мела:15, 30, 40, 50 % по объёму, при различных частотах.
(б, г, е, з) Зависимость tgδ и модуля упругости в смеси БК/масло с различными соотношениями мела:15, 30, 40, 50 % по объёму, при различных частотах.

Сравнивая пиковые значения тангенса угла механических потерь у композитов на данных рисунках – видим, что у композита с битумом он меньше, чем у композита с маслом, а температура стеклования у композита с битумом практически не меняется с увеличением концентрации битума и находится в пределах 35–30 ˚С, а композит с маслом отличается тем, что смещает температуру стеклования с увеличением концентрации мела в сторону увеличения температур. В высокоэластической зоне (при температуре выше -20°С) наблюдается увеличение значения tgδ у маслонаполненных композитов, а у композитов с битумом такого подъёма не наблюдается. Например, при тепмературе +40°С композит с содержанием масла (БК/масло 60/40) и мела 50 об% (Рис. 10) имеет tgδ=0,29.

Изменение состава, связанное с введением в наполненный мелом композит и масла и битума, приводит очевидно к тому, что масло в композите будет смещать температуру стеклования в сторону уменьшения температуры (в минус), а битум смещает Тс в сторону увеличения (ведёт в плюс). Можно предположить, что с увеличением в битумной композиции мела, в матрице образовываются более жесткие связи, возможно переходный слой полимера у поверхности частиц наполнителя, становится более протяжённым.

Выводы. Эта работа была сосредоточена на исследовании влияния модификатора битума, пластификатора индустриальное масло и наполнителя мел на свойства полимера бутилкаучука. Экспериментальным путём установлена зависимость изменения основных характеристик полимерных смесей от концентрации вводимых материалов для смесей (БК/пластификатор, БК/пластификатор + наполнитель).

1. Установлено, что введение в бутилкаучук твёрдого пластификатора, в виде битума не значительно сдвигает пиковое значение коэффициента механических потерь, данный коэффициент остаётся практически не изменяемым. При всех использованных в работе концентрациях, было отмечено, что температура стеклования равна стабильной отметке -40˚С.

2. Установлено, что введение в бутилкаучук жидкого пластификатора в виде индустриального масла сдвигает максимум коэффициента механических потерь в сторону уменьшения температуры. При концентрации данного пластификатора равного 40% по объёму, температура стеклования понижается на 20-30 градусов, а значение максимума тангенса угла механических потерь увеличивается, в среднем, на 6,23 %.

3. Установлено, что введение мела в маслонаполненную смесь, приводит к обратному эффекту, а именно к движению точки максимума механических потерь в сторону увеличения температуры. Тангенс угла механических потерь несколько падает от значения 1,35 до 1,1, но это очень высокий показатель демпфирующих свойств композиционного материала. Поведение смеси наполненной битумом по сравнению с масло наполненной смесью отличается тем, что тангенс угла механических потерь уменьшается от значения 1,18 до 0,52 (удерживает высокое значение, более 0,3). Характерно, что увеличение содержания мела не приводит к температурному сдвигу точки максимума механических потерь, температура равна 35–30˚С. Из этого следует, что в бутилкаучук следует вводить и жидкий пластификатор масло и твёрдый пластификатор битум для проявления положительного эффекта демпфирующих свойств в широком диапазоне температур. Диаграммы показали, что имеются предпосылки для возможности дальнейшей оптимизации масляно-полимерно-битумных смесей. Эта процедура служит для получения необходимого количества каждого полимерного модификатора в многокомпонентных смесях для достижения точных значений конкретных свойств. Эта процедура может быть полезна для промышленности по производству новых виброизоляционных материалов для получения наилучших смесей с более высоким показателем динамических свойств.

Библиографический список

1. Основные направления научно-технического прогресса в строительном комплексе современной России // Материалы IX междунар. студ. науч. конф. Москва, 2017. С. 123

2. Нильсен Л. Перевод с английского П. Г. Бабаевского. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. Химия. Москва, 1978. 587 с.
3. Черкасов В. Д., Савченкова В. В, Авдонин В. В. Влияние наполнителя на физико-механические свойства герметизирующих материалов на основе неполярных каучуков // Материалы XV междунар. научн.-технич. конф. «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии». Казань, 2010. С. 564–568.
4. Соломатов Н. В., Черкасов В. Д., Фомин Н. Е. Вибропоглощающие композиционные материалы // Мордовского университет. Саранск, 2001. 95 с.
5. Мэнсон Д., Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты, пер. с англ. Коробко А. П., Вакулы А. В. Химия. Москва, 1979. 440 с.
6. Patent – 4822834 US,C08L 9/02 Vibration damping composition suitable for outer space temperature variations / Blevins, Creed E. (Orange, CA) – N 07/183200; Filing Date 04/19/1988; Publication Date 04/18/1989
7. Effects of soy-based oils on the tensile behavior of EPDM rubber / *Wonsuk K., Argento A., Flaniga C., Mielewski D. F. //* Polymer Testing. 2015. С. 33-40.
8. Patent 6828020 US, B32B 15/08 Self-adhesive vibration damping tape and composition / D.K.Fisher, S.Asthana; Adco Products, Inc. (Michigan Center, M I) – N 10/218992; Filing Date 08/14/2002; Publication Date 12/07/2004
9. Патент № 2355723. RU (11) C08L95/00 (2006.01) Заявка 2007116390/04 Публикация 20.05.2009
10. Ahsan Q., Hui W. T., Othman I. S., Jun L. P., Putra A. Preparation and Characterization of Natural Fiber Filled Asphalt Based Damping Material // Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences 47. 2018. С. 8-15.
11. Zhang F., He G., Xu K., Wu H., Guo S., Zhang C. Damping Mechanism and Different Modes of Molecular Motion Through the Glass Transition of Chlorinated Butyl Rubber and Petroleum Resin Blends // Journal of Applied Polymer. 2013.
12. Liu Q., Zhang H., Yan X. Preparation of High-performance Damping Materials Based on Carboxylated Nitrile Rubber: Effects of Organic Fillers // Journal Polymer/ Journal volume 18. Number 5. 2009
13. Zhu J., Zhao X., Liu L., Yang R., Song M., Wu S. Thermodynamic analyses of the hydrogen band dissociation reaction and their effects ondamping and compatibility capacities of polar small molecule/nitrile-butadiene rubber systems: Molecular simulation andexperimental study. Polymer 155. 2018. С. 152-167.
14. Патент № - 5840797 US, C08K 3/04 Light weight, high performance vibration-damping system / R.V.Singh; H.B. Fuller Licensing & Financing, Inc. (USA) – N 08/714657; Filing Date 09/16/1996; Publication Date 11/24/1998
15. US 5094318, B32B 07/02, Publication Date 03/10/1992
16. Патент 522916 US,F16F 9/30 Vibration damping sheet/W. Yoshiaki, S.Hideo, T. Masataka; Nihon Tokushu Toryo Co., Ltd.(Tokyo, JP) – N 07/784602; Filing Date 10/24/1991; Publication Date 07/20/1993
17. Patent Application 2009/0127490 US, E04B 1/74 Sound deadener meltpad composition / B.R. Ridzuan, B.B. Wahid Mohd, B.A. Bakar Nasrin; Malaysian

Palm Oil Board – N 12/275261; Filing Date 11/21/2008; Publication Date 05/21/2009
18. Patent 5260367 US, C08K 3/22 Vehicle damping sheet/T.Tetsuro, K.Atsunori; Toda Kogyo Corp. (Hiroshima, JP) – N 07/744575; Filing Date 08/13/1991; Publication Date 11/09/1993
19. Patent 4838939 US, C08K 07/02 Composition particularly adapted todamping sheets for vehicles/S. Kanda, M.Shibata, M. Ono, M. Okano; Nihon Tokushu Toryo Co., Ltd. (JP). - N 07/134182; Filing Date 12/17/1987; Publication Date 06/13/1989
20. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Перевод с английского канд. физ.-мат. наук Корнейчука Л. Г. Демпфирование колебаний. – М.: Мир, 1988. 448 с.

Влияние влажности древесины на показатели качества прессованных заготовок

Тарбеева Н. А.[a], Рублева О. А.[b]
магистрант кафедры «Машины и технология деревообработки»[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология деревообработки»[b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a,b]
E-mail: nataly.ntar534@yandex.ru[a], olga_ru@vyatsu.ru[b]

Аннотация: при поиске оптимальных режимов пьезотермической обработки декорированных заготовок из древесины, основной задачей является определение влияния многоступенчатой обработки на эксплуатационные свойства изделий. В связи с тем, что прессование – наиболее существенный этап данной обработки, целесообразным является определение влияния ряда факторов на показатели качества заготовок из древесины непосредственно в процессе прессования. Целью данного исследования является установление значимости влияния фактора влажности на показатели качества декорированных заготовок на этапе обработки давлением. Эксперимент проводили по двухуровневому плану. За параметры отклика выбраны величины бокового расширения, степени восстановления и уплотнения древесины. В результате установлено, что влажность является наиболее значимым фактором. Нежелательное влияние влажности на степень уплотнения древесины может быть минимизировано сушкой заготовок под действием нагрузки.

Ключевые слова: прессование древесины поперёк волокон, планируемый эксперимент, уплотнение древесины.

Введение. Процессы декорирования (обжиг, брашированиe) древесины и её упрочнения (прессование, термическая обработка) находят широкое применение в технологии деревообработки независимо друг от друга. Их соединение в единый технологический процесс позволяет создавать продукцию из древесины, в том числе малоценной, с уникальными свойствами. Для определения оптимальных технологических режимов обработки необходимы исследования, направленные на изучение совокупного влияния факторов процесса на физико-механические свойства заготовок. Но в связи с тем, что операция прессования является ключевой в изучаемом многоступенчатом процессе обработки и в большей степени, нежели другие, направлена на изменение структуры и свойств древесины, наиболее целесообразным является установление влияния ряда факторов непосредственно на процесс прессования. Одним из определяющих факторов прессования, как установлено ранее, является влажность древесины [1].

Цель и задачи исследования. Целью данного исследования является установление значимости влияния фактора влажности на показатели качества

декорированных заготовок на этапе прессования. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1) определить влияние наиболее значимых факторов на процесс прессования декорированных заготовок;
2) установить влияние влажности древесины в процессе обработки давлением на свойства полученных заготовок;
3) обосновать необходимость сушки уплотнённых заготовок;
4) определить оптимальные технологические режимы обработки давлением заготовок с учётом сушки.

Методы исследования. Проводимое исследование основывается на эмпирических методах. Эксперимент проводили по дробному двухуровневому четырёхфакторному плану, матрица которого представлена в таблице 1.

Таблица 1

Матрица плана эксперимента

№ опыта	Факторы			
	X_1	X_2	X_3	X_4
1	–	+	+	+
2	+	+	–	+
3	+	–	+	+
4	+	+	+	–
5	–	–	–	+
6	+	–	–	–
7	–	–	+	–
8	–	+	–	–

Варьируемые факторы эксперимента – угол наклона волокон древесины в заготовке α (X_1), начальная влажность W (X_2), степень прессования ε (X_3) и температура термической обработки (ТО) заготовок t (X_4). План эксперимента представлен в таблице 2.

Таблица 2

План эксперимента

№ опыта	α, ° (X_1)	W, % (X_2)	ε, % (X_3)	t., °C(X_4)	№ образцов
1	45	7	55	180	1.1, 1.2
2	45	17	50	180	1.3, 1.4
3	30	17	55	180	2.1, 2.2
4	45	17	55	150	1.5, 1.6

5	30	7	50	180	2.3, 2.4
6	30	17	50	150	2.5, 2.6
7	30	7	55	150	2.7, 2.8
8	45	7	50	150	1.7, 1.8

Эксперимент ставили на образцах из древесины сосны шириной 38±1 мм, длиной 18±1 мм и толщиной 14,5±0,5 мм, выпиленных из заготовок с плотностью 450,3 (образцы № 2.1-2.8) и 512,2 кг/ м^3 (образцы № 1.1-1.8), начальной влажности 7 %. Общее количество образцов –16. Опыты проводили с двукратным повторением в случайном порядке для исключения влияния систематических ошибок.

Декорированные с лицевой стороны обжигом и брашированием заготовки, часть из которых предварительно увлажнили до W=17%, прессовали поперёк волокон в тисках «Зубр 100» с плоскими металлическими плитами до толщин 7,2 и 6,5 мм с выдержкой в сжатом состоянии 2 мин. Затем образцы термически обрабатывали в течении 1 ч при температуре 150 и 180° С, после чего проводили замеры массы, влажности и габаритных размеров образцов. Измерения влажности проводились влагомером Hydromette Compact. Замеры габаритных размеров образцов на каждом этапе обработки производились электронным штангенциркулем с точностью 0,1 мм, массы – весами бытовыми с ценой деления 0,1 г. За результаты измерения принималось среднее арифметическое трех замеров. Исследуемые отклики: боковое расширение β, степени восстановления δ и уплотнения древесины γ. Числовые значения показателей определяли расчётным путем. Статистическую обработку результатов эксперимента осуществляли в программном продукте STATISTICA [2].

Дополнительно на аналогичных образцах исследовали влияние сушки заготовок под действием нагрузки. Образцы, обработанные на аналогичных режимах (опыты 2, 3 согласно таблице 2) сушили до влажности 10 % в сжатом состоянии (2*, 3*).

Результаты исследований, их обсуждение. Важной операцией многоступенчатой обработки декорированных заготовок является операция

прессования. В процессе обработки заготовок давлением можно наблюдать боковое расширение образцов. Результаты расчётов относительной величины бокового расширения β, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Боковое расширение заготовок в процессе прессования

α, °	ε, %	W, %	t., °C	β, %	№ образца
15-30°	50	17	150	0,75	2.5 2.6
	55	17	180	1,30	2.1 2.2
	50	7	180	1,90	2.3 2.4
	55	7	150	2,8	2.7 2.8
30-45°	50	17	180	5,25	1.3 1.4
	55	17	150	10,8	1.5 1.6
	50	7	150	11,6	1.7 1.8
	55	7	180	11,65	1.1 1.2

Для определения наиболее значимых факторов, влияющих на боковое расширение образцов, во время статистической обработки данных использован принцип Парето, согласно которому установлено, что величина бокового расширения, в первую очередь, зависит от угла наклона волокон древесины в заготовке (рисунок 1). Влажность заготовок W, степень прессования ε и режим термообработки t оказывают меньшее влияние на данный показатель.

Таким образом, по данным таблицы 3 наиболее предпочтительными режимами обработки, где боковое расширение образцов минимально, можно считать режимы № 2, 3, 5-7 (№ опытов в таблице) согласно плану эксперимента.

Рисунок 1. Карта Парето влияния факторов процесса на боковое расширение образцов

Восстановление исходных размеров заготовок за счёт сил упругости, наблюдаемое после снятия нагрузки, является одним из факторов, определяющих эффективность процесса прессования. Как известно, влажность в древесине выполняет роль межмицеллярной смазки [1], поэтому является наиболее значимым фактором, оказывающим влияние на степень восстановления древесины, что также доказывает карта Парето, представленная на рисунке 2а. Вместе с тем, данные таблицы 4 свидетельствуют, что уменьшение степени восстановления декорированных заготовок не всегда приводит к увеличению степени их уплотнения. Это объясняется совокупным влиянием всех варьируемых факторов эксперимента на степень уплотнения (рисунок 2 б).

а)

б)

Рисунок 2. Карты Парето влияния факторов процесса на степень восстановления и уплотнения

Таблица 4

Степени восстановления и уплотнения заготовок после прессования

№ опыта	№ образцов	W, %	δ, %	γ, %
6	2.5, 2.6	17	68	1,19
3	2.1, 2.2	17	68	1,27
2	1.3, 1.4	17	58	1,22
4	1.5, 1.6	17	58	1,22
1	1.1, 1.2	7	48	1,34
7	2.7, 2.8	7	38	1,53
5	2.3, 2.4	7	33	1,46
8	1.7, 1.8	7	32	1,25

Сопоставлением данных таблиц 3 и 4 установлено, что наиболее благоприятными режимами обработки по комбинации показателей бокового расширения, степени восстановления и уплотнения оптимальными можно считать режимы обработки образцов № 2.3, 2.4, 2.7, 2.8 (опыты 5, 7). Однако режимы обработки увлажненных образцов № 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6, (опыты 2, 3, 6 согласно таблице 2) благоприятны по величине бокового расширения, но не обеспечивают достаточного уплотнения древесины за счёт упругого восстановления.

Сушка декорированных образцов под действием нагрузки до влажности 10 % снижает величину упругого восстановления, обеспечивая лучшее уплотнение. Результаты эксперимента по исследованию влияния сушки на параметры отклика β, δ, γ представлены в таблице 5.

Таблица 5

Параметры отклика образцов после сушки

№ опыта	№ образцов	W, %	β, %	δ, %	γ, %
2	1.3, 1.4	17	5,25	58	1,22
2*	12.1, 12.2	17→10	10,0	4,2	1,77
3	2.1, 2.2	17	1,3	68	1,27
3*	22.1, 22.2	17→10	5,8	14,0	1,68

* *Режимы с сушкой*

Данные таблицы свидетельствуют, что сушка благоприятно влияет на степень уплотнения декорированных образцов, уменьшая степень упругого восстановления. Вместе с тем, наблюдается увеличение показателя бокового расширения.

Выводы. Результаты экспериментов по исследованию влияния ряда факторов режима прессования на показатели качества декорированных пьезотермообработанных заготовок показывают, что влажность является наиболее значимым фактором. Повышение влажности заготовок позволяет уменьшить величину бокового расширения, но способствует значительному восстановлению древесины после снятия нагрузки. Результаты экспериментов по влиянию сушки на степень уплотнения древесины доказывают ее

эффективность. Главным образом она направлена на уменьшение упругого восстановления древесины и увеличение фактической степени упрессовки заготовок. Несмотря на возросшую величину бокового расширения плотность древесины увеличивается, а, следовательно, увеличиваются прочностные свойства. Таким образом, наиболее предпочтительными выбрать режимы обработки № 5, 7, 2*, 3*, характеризующиеся оптимальными комбинациями рассмотренных параметров.

Библиографический список

1. Хухрянский П. Н. Прессование древесины. М. : Лесная промышленность, 1964. 348 с.
2. Электронный учебник по статистике / Компания StatSoft. URL: http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stexdes.html (дата обращения 11.01.2019).

Перспективные композитные материалы, применяемые в резиновых опорных частях (РОЧ)

Торощин А. С.[a].
аспирант кафедры строительных конструкций и машин[a]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a]
E-mail: dark_knight_alex@mail.ru[a].

Аннотация. В статье рассматривается структура РОЧ, их состав, области применения и перспектива использования композитных материалов для улучшения свойств РОЧ, а также представлено исследование возможности применения резиновых частей в других областях строительства.

Ключевые слова: резиновые опорные части (РОЧ), композитные материалы, деформации.

Введение. Части опорные резиновые армированные (РОЧ) представляют собой несущие элементы сооружения или здания, которые передают давление констуктивов здания или сооружения на его опоры. РОЧ обеспечивают линейные и угловые перемещения конструкций за счет сдвига резины и ее внецентренного обмятия. РОЧ применяются в строительстве (мостостроение, вибропоглощение в гражданском и промышленном строительстве, в железнодорожной сфере и др), их доработка и модификация является перспективным направлением.

Цель исследования: рассмотреть структуру РОЧ, их состав, области применения, определить перспективы развития применения новых композитных материалов в составе РОЧ или модификацию уже существующих, найти наиболее удачный состав резиновых опорных частей.

Современные армированные резиновые опорные части производят из твердой синтетической резины, путем вулканизации натурального или синтетического каучука. В перспективе возможно производство РОЧей из термоэластопласта, что хорошо скажется на экологической обстановке, так как резиновые опорные части из данного материала на 99% могут быть переработаны в процессе утилизации.

Резина армируются стальными листами, соединяющимися в процессе термической вулканизации со слоями резины, полностью их покрывающими, что защищает их от коррозии (рис.1).

1 – волны резины; 2 – стальные листы

Рисунок 2. Структура РОЧ.

Металлические листы препятствуют суммарной выпуклости опорной части по высоте Т так, что деформация сводится на боковые выпуклости промежуточных слоев t (рис. 2) .

Рисунок 3. Схема деформаций РОЧ под нагрузкой

В зависимости от величины опорных реакций Р и горизонтальных перемещений Δ в настоящее время обычно применяют следующие типы опорных частей: резиновые опорные части РОЧ для продольных сил Р≤150тс и деформаций Δ≤±50мм; стаканные опорные части СОЧ и шаровые сегментные ШСОЧ для Р> 150тс и Δ≥±50мм. Так как стоимость РОЧ в 2-3 раза ниже стаканных и 3-4 раза ниже шаровых опорных частей, то их применение более

выгодно с точки зрения экономической эффективности [Александров В. Д., с. 127].

Опорные части допускается применять при температуре от минус 40ºС до плюс 40ºС, для умеренного климата и от минус 55ºС до плюс 40ºС для северных районов [Белуцкий И. Ю. с. 58].

Резиновые опорные части существуют стандартные и нестандартные (по размеру и составу). Из РОЧей создают длинные температурно-неразрезные плети в сооружениях. Отсутствие резких перепадов температуры между соседними деталями способствует их сохранности. Конструкции меньше деформируются, в них не попадает излишняя влага, крайне вредная при замерзании и оттаивании.

Наружные слои **РОЧ**ей содержат свето-озоностойкую резину (слой около 6 см). Она не деформируется при длительном пребывании на открытом воздухе, устойчива к ультрафиолетовому излучению. При высоком качестве РОЧей, соблюдении технологий монтажа и правильной эксплуатации их проектный срок службы достигает 100 лет. Выступающие наружу металлические части следует защищать от коррозии — необходима их оцинковка толщиной не менее 60 мкм с последующим окрашиванием. Контактирующие с бетоном стальные элементы дополнительно защищать не нужно. Арматуру и листы делают из прочной углеродистой стали, не допускается наличие на её поверхности окалины и ржавчины.

По составу большинство РОЧ можно разделить на 3 большие подгруппы: изопреновый с дивииловым, хлоропреновый с нитрильным и бутилкаучук с этиленпропиленом.

В состав полимерного материала РОЧей входят наполнители, пластификаторы, стабилизаторы и другие добавки, придающие специфические свойства композиции в целом.

Наполнители – это органические и неорганические вещества, добавляемые в термо- и реактопласты для направленного изменения их технологических и эксплуатационных свойств, а также с целью уменьшения

стоимости изделий на их основе. От химической природы и химической активности поверхности, строения и формы наполнителя зависят механические, электрические и химические свойства, водо- и теплостойкость полимеров. В производстве могут использоваться порошкообразные (дисперсные), волокнистые и листовые наполнители. Наиболее применимы порошкообразные наполнители. Наполнители классифицируют по характеру взаимодействия с полимером на инертные (не изменяющие свойств полимера) и активные (упрочняющие). К упрочняющим относят армирующие волокнистые наполнители.

Общие требования к наполнителям: хорошее совмещение с полимером или хорошее диспергирование в нем с образованием однородных композиций, хорошая смачиваемость расплавом или раствором полимера, стабильность свойств при хранении, переработке, эксплуатации.

Пластификаторы — это органические вещества, добавляемые в полимеры для придания или повышения пластичности в условиях переработки и эксплуатации. Они облегчают диспергирование в полимерах сыпучих ингредиентов, уменьшают температуру переработки, а в отдельных случаях придают полимерным материалам термо- и светостойкость, негорючесть.

Стабилизаторы —это соединения, повышающие устойчивость полимеров к действию кислорода, особенно при повышенных температурах в условиях производства, переработки, хранения и эксплуатации полимерных материалов и изделий [Крыжановский В. К. с. 125].

Именно процентное и качественное соотношение данных групп даёт множество вариантов свойств РОЧей. В целом задачей дальнейших исследований в данной отрасли является нахождение оптимального соотношения наполнителя, пластификатора, стабилизатора и др. для наиболее подходящего под технические задание свойств РОЧей, а также для удешевления производства.

С точки зрения возможности использования в более широком диапазоне температур, а также наиболее выгодном соотношении «цена-качество»

выглядит использование резиновых опорных частей на основе хлоропреновых каучуков.

Перспективам изучения композитных материалов для РОЧ мешает насколько проблем. Во-первых, РОЧи в основном используются в капитальных зданиях и сооружениях (таких, в которых нет легкого доступа к резиновым опорным частям для их ремонта или замены). Так как срок эксплуатации здания превосходит срок эксплуатации РОЧей, ремонт(замена) опорных частей стоит больших денег. Таким образом, нужно увеличить срок экспуатации РОЧей, чтобы он был равен (или больше) срока эксплуатации здания или сооружения. Решением проблемы может стать как новый состав РОЧей, так и усовершенствованная технология их производства. Во-вторых, в настоящее время РОЧи чаще используются в специальных и вспомогательных сооружениях и устройствах (СВСиУ), а не в капитальных сооружениях ввиду их недостаточной прочности или малой относительной деформации. Для решения этой проблемы необходимо модифицировать состав уже существующих опорных частей, либо создать новый состав резиновых опорных частей. Также возможно изыскание новых способов применения РОЧей в других областях строительства (и не только), где резиновые части могут быть использованы в качестве вибро- шумо- изолируещего материала.

Вывод. Обобщая вышесказанное можно сделать вывод, что изучение и усовершенствование РОЧей на основе новых композитных материалов очень перспективно, определение закономерностей в применении тех или иных материалов для состава РОЧ ведет к решению проблем в нескольких отраслях строительства и смежных с ним (мостостроение, вибропоглащение в заводских условиях), а также, возможно, к удешевлению их производства.

Библиографический список

1. Александров В. Д., Карманный справочник производителя работ ПАО «Мостотрест». М., 2016. 368 с.

2. Белуцкий И. Ю., Иовенко В. В., Лапин А. В. Определение значений собственного периода колебаний пролетных строений, опертых на резино-металлические опорные части приближенными методами // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2017. Т. 6 С. 91–96.
3. Производство изделий из полимерных материалов / Крыжановский В. К. [и др.] СПб. : Профессия, 2004. 464 с.

Анализ применения холодных эмалей при изготовлении художественных изделий

Теребихина И. Н.
преподаватель кафедры технологии и дизайна
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: Ira112012@yandex.ru

Аннотация: в современных условиях появления новых материалов актуальным является вопрос их применения в известных ранее технологиях для получения дополнительных возможностей и решения нестандартных задач. В статье рассматривается технология эмалирования, широко применяемая в настоящее время при создании декоративных изделий из металла и в ювелирном деле. Целью статьи является выявление необходимости применения новых материалов в технологии эмалирования. Исследование проводится методом сравнительного анализа. Охарактеризованы основные виды эмалей, выявлены преимущества и недостатки холодного эмалирования в сравнении с другими видами. Обосновано применение определённого вида эмалирования в зависимости от назначения и вида изделия. Приведены результаты сравнительного анализа холодных эмалей. Рассмотрены особенности и сложности получения декоративных эффектов. Результаты могут быть применены для формирования направления дальнейших разработок в области художественного материаловедения и в учебном процессе.

Ключевые слова: технология эмалирования, холодные эмали, материалы для эмалирования, изготовление художественных изделий.

Введение. Эмалирование – это процесс, при котором металл и стекло – два совершенно различных материала – соединяются друг с другом. При этом возникают исключительные художественные возможности, но также и сложные технические проблемы [Бреполь Э., с. 9].

Эмаль – это образовавшаяся посредством частичного или полного расплавления стекловидная застывшая масса неорганического, главным образом окисного, состава, иногда с добавками металлов, нанесённая на металлическую или керамическую основу. Эмаль, несмотря на свои особенности, относится к группе стёкол.

Искусство художественного эмалирования имеет более чем трехтысячелетнюю историю. История развития техники эмалирования обуславливалась временем и модой, потребностью цветового оформления изделий и техническими возможностями, предоставляемыми уровнем развития производительных сил [Бреполь Э., с. 26].

Актуальность темы связана с появлением современных материалов, их применении в новом качестве в различных технологиях, требованием уменьшения цены изделий при сохранении высоких декоративных и эксплуатационных характеристик.

Цель исследования. Произвести анализ применения холодных эмалей в современных условиях с целью дальнейшей их разработки и изучения.

Задачи исследования. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить особенности технологии нанесения холодных эмалей, их достоинства и недостатки в сравнении с другими видами эмалей;

- произвести сравнительный анализ по различным показателям имеющихся холодных эмалей;

- выявить особенности декоративных эффектов, получаемых с помощью холодных эмалей.

Методы исследования. Исследование проводится методами сравнительного анализа изученного материала. В результате классификации материал разделён на группы по общим признакам.

Результаты исследования. В зависимости от техники нанесения эмали подразделяются на:

- перегородчатые эмали – изготавливаются с применением перегородок, которые по орнаменту припаивают к основанию и создают лунки для разделения разных цветов расплавленного стекла (Рис. 1);

Рисунок 1. Изделие с перегородчатой эмалью

- выемчатые эмали – изготавливаются путем нанесения эмали в заранее подготовленные лунки в металле, полученные граверной техникой, штамповкой или чеканкой;

- живописные эмали – миниатюрная живопись эмалевыми красками на металлической основе. Это самый трудоёмкий и кропотливый вид эмалирования, требующий от исполнителя не только мастерства, но и больших художественных способностей. Основа, сплошь покрытая эмалью, по которой производят роспись, изготавливается из меди, серебра и золота и может иметь любую форму. Этот вид эмалирования отличается большим разнообразием эмалей, различных по цвету и температуре плавления [Марченков В. И., с. 241]. Живописная эмаль появилась в начале 15 века. В процессе своего развития миниатюра на эмали стала самостоятельным видом живописи, полностью отделившись от ювелирного искусства [Бреполь Э., с. 39-40].

В отдельную группу можно выделить промышленную эмаль, к которой относятся техническая и бытовая эмаль на чугуне и стали. Применяется в основном для бытовой посуды, химических аппаратов и приборов, корпусов машин и в строительстве [Бреполь Э., с. 41].

В зависимости от температуры обработки эмали подразделяются на горячие, теплоотверждаемые, светоотверждаемые и холодные.

Горячие эмали требуют обжига при температуре 700-900°С и продаются в виде плиток или порошка. Плитки необходимо предварительно перетирать в ступке, разбавлять водой для отделения пыли и примесей, а затем высушивать [Бреполь Э., с. 23].

Для создания изделия с горячими эмалями разных цветов и применения цветовых переходов необходимо применять многократный обжиг, учитывать изменения цвета и свойств эмали в процессе обжига, что требует от мастера большого опыта, а также применения печей с высокими температурами нагрева (Рис. 2). Таким образом, к преимуществам горячих эмалей относится высокая долговечность, износостойкость и декоративные свойства, возможность полирования.

Рисунок 2. Декоративные изделия в технике горячей эмали (автор – Дина Дубиня, Латвия)

Таким образом, к преимуществам горячих эмалей относится высокая долговечность, износостойкость и декоративные свойства, возможность полирования.

Недостатки горячих эмалей: необходимость применения специального оборудования, ограниченное число материалов, на которые можно наносить эмаль, необходимость подготовки поверхности перед эмалированием, сложности технологического процесса, изменение свойств и цвета в процессе обжига, что требует большого опыта мастера.

Теплоотверждаемые эмали затвердевают при температуре 160°С.

Светоотверждаемые эмали затвердевают при воздействии ультрафиолетового облучения. По декоративным показателям, прочности и твёрдости считаются средними между горячими и холодными эмалями.

С развитием научно-технического прогресса и появлением новых материалов возникла возможность создать эмали, не требующие обжига при высоких температурах и обладающие хорошим комплексом эксплуатационных характеристик, а также декоративными свойствами – так называемые «холодные эмали». В этом случае эмаль смешивается с катализатором в определённой пропорции, затем наносится на поверхность металла и отверждается при комнатной температуре в течение 24 часов. Для ускорения

отверждения температуру можно поднимать до 70…80°С в зависимости от производителя [Лебедева Т.В., Музыкантова М.Э., Галанин С.И., с. 21]. Таким образом, процесс не требует применения дорогостоящего оборудования.

Преимущества холодных эмалей:

- простота и технологичность применения;

- не требуют специального оборудования и подготовки поверхности;

- хорошо накладываются на любые металлические, а также на неметаллические (Рис. 3) поверхности, требуют минимальных профессиональных навыков мастера;

- пластичны, редко скалываются;

- обладают хорошей ремонтопригодностью: дефекты и сколы, которые могут появиться со временем, достаточно легко устраняются.

Недостатки холодных эмалей: невысокие декоративные свойства (ощущение пластмассы), низкая твердость и прочность, невозможность идеальной полировки, потускнение изначально блестящего эмалевого покрытия. Однако изделия с холодной эмалью можно покрыть полимерной смолой для предохранения от царапин и в декоративных целях.

Рисунок 3. Картина с холодной эмалью на деревянном основании

В настоящее время двухкомпонентные эмали выпускаются рядом производителей: Cavallin, Ceramit, KROHN, Nicem, Novagum, Bright и др. Эмаль Cavallin является предпочтительной по различным показателям.

Холодная двухкомпонентная эмаль позволяет получать разнообразные и интересные живописные изображения, которые можно использовать для декорирования ювелирно-художественных изделий. Однако повторить тонкое изящество и колористическую гармонию финифти этот способ не в состоянии [Лебедева Т.В., Смоленская М.Э., с. 110].

Результаты. В ювелирном деле при создании эксклюзивных изделий из драгоценных металлов, а также для того, чтобы изделие сохранилось «на века», более целесообразно применение горячих эмалей. Такие изделия, соответственно, отличаются и высокой ценой.

В условиях массового производства декоративных изделий, бижутерии и сувениров, а также при постановке задачи снижения цены и доступности изделий для большого числа покупателей, является целесообразным применение холодных и светоотверждаемых эмалей.

В зависимости от техники нанесения эмали применяется тот или иной материал. В большинстве случаев при нанесении перегородчатой, выемчатой эмали, когда материал помещается в отдельные ячейки, не ставится задача смешиваемости цветов и проникновения их друг в друга на определённую толщину. Когда же речь идёт о техники эмалевой росписи, то получение заданных декоративных эффектов при смешивании цветов, которые находятся в изделии рядом, и линий определённой толщины, выходит на первый план. Литературный обзор по этой проблеме показал, что, применяя холодные эмали, можно достичь определённых декоративных эффектов, но из-за особенностей этого материала все они требуют опыта мастера и его способности предвидеть результат. Отдельной проблемой является получение декоративных эффектов финифити и тонких линий при использовании холодных эмалей.

Выводы. Таким образом, применение холодных эмалей для создания декоративных изделий из металла и других материалов в настоящее время является актуальным и востребованным. Поиск, разработка и опробование новых составов в сравнении с имеющимися, применяемыми для конкретных целей и условий эксплуатации, также является целесообразным.

Библиографический список

1. Бреполь Э. Художественное эмалирование. М. : Машиностроение, 1986. 127 с.
2. Марченков В. И. Ювелирное дело : практ. пособие. 3-е изд., перераб и доп. М. : Высш. шк., 1992. 256 с.
3. Лебедева Т.В., Музыкантова М.Э., Галанин С. И. Формирование покрытий холодной эпоксидной эмалью // Дизайн. Теория и практика. 2016. № 25. С. 15-24.
4. Лебедева Т. В., Смоленская М. Э. Получение декоративных эффектов на поверхности холодных двухкомпонентных эмалей // Технология художественной обработки материалов : сборник трудов XVIII всероссийской научно-практической конференции и смотра-конкурса творческих работ студентов, аспирантов и преподавателей по направлению ТХОМ. Кострома : КГТУ, 2015. С. 105-112.

Учет деформаций сдвига при расчете изгибаемых плит методом конечных элементов в напряжениях

Тюкалов Ю. Я.
доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и машин
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: yutvgu@mail.ru

Аннотация. Решение задачи расчета изгибаемых плит с учетом деформаций сдвига получено на основе принципов минимума дополнительной энергии и возможных перемещений. Для аппроксимации полей моментов используются кусочно-постоянные функции. Поперечные силы могут быть аппроксимированы постоянными или кусочно-постоянными функциями. Получены необходимые соотношения для треугольных конечных элементов. Показано, что перемещения от сдвигающих деформаций определяются независимо от перемещений, связанных с изгибом, поэтому предлагаемый метод может использоваться в сочетании с традиционными конечными элементами для тонких пластин, разработанными на основе метода конечных элементов в перемещениях. Приведено сравнение решений, полученных по предлагаемому методу, с другими известными решениями для изгибаемых плит с учетом сдвига. Дана численная оценка точности и сходимости предлагаемого метода при измельчении сетки конечных элементов.

Ключевые слова: изгиб плит, деформации сдвига, дополнительная энергия.

Введение. Изгибаемые плиты широко применяются в качестве несущих конструкций различных объектов гражданского и промышленного строительства. Часто в современном строительстве применяются толстые, в том числе многослойные плиты. При расчете таких толстых плит необходимо учитывать, кроме изгибных деформаций, деформации сдвига, которые могут существенно влиять на величины перемещений плиты. Классическая теория изгиба плит Кирхгоффа основывается на гипотезе прямых нормалей и поэтому не позволяет учесть деформации сдвига. Конечные элементы, разработанные на основе теории Кирхгоффа, применяются только для расчета тонких пластин [1-2]. Поэтому широкое применение для расчета толстых плит нашла теория изгиба Тимошенко-Миндлина [3-4]. Как показали исследования, прямое использование теории Тимошенко-Миндлина для построения конечных элементов в перемещениях приводит к эффекту «заклинивания» или невозможности использования данных конечных элементов для расчета тонких пластин. Таким образом, актуальным остается построение моделей учета сдвигающих деформаций при расчете изгибаемых плит, альтернативных методу конечных элементов в перемещениях.

Цель исследования. Построение решения задачи изгиба плит с учетом сдвига методом конечных элементов на основе функционала дополнительной энергии и принципа возможных перемещений [5-8].

Задачи исследования. Получение разрешающих уравнений для конечных элементов изгибаемых плит с учетом сдвига в напряжениях. Сравнение полученных результатов расчетов с аналитическими решениями.

Ведущий подход

Для решения используем Функционал дополнительной энергии в матричной форме:

$$\Pi^c = \frac{1}{2}\int \{M\}^T [E]^{-1} \{M\} \mathrm{d}\Omega + \frac{1}{2}\int \{Q\}^T [E_{sh}]^{-1} \{Q\} \mathrm{d}\Omega \to \min. \quad (1)$$

В выражении (2) введены следующие обозначения:

$$\{M\} = \begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{Bmatrix}, \quad \{Q\} = \begin{Bmatrix} Q_x \\ Q_y \end{Bmatrix}, \quad [E]^{-1} = \frac{12}{E \cdot t^3} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & 0 \\ -\nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2(1+\nu) \end{bmatrix}, \quad [E_{sh}]^{-1} = \frac{12(1+\nu)}{5E \cdot t} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

В функционале (1) первое слагаемое связано с деформациями изгиба плиты, второе – с деформациями сдвига поперечными силами. В соответствии с принципом минимума дополнительной энергии, функции моментов M_x, M_y, M_{xy} и поперечных сил Q_x, Q_y должны удовлетворять соответствующим дифференциальным уравнениям равновесия и статическим граничным условиям. Так как в общем случае подобрать такие функции практически невозможно, поступим следующим образом. Разделим плиту на прямоугольные или треугольные конечные элементы. По области конечного элемента поля моментов и поперечных сил аппроксимируем кусочно-постоянными функциями. Ниже покажем, что поперечные силы можно аппроксимировать как кусочно-постоянными, так и постоянными по области конечного элемента функциями. Тогда функционал (2) можно записать в следующем виде:

$$\Pi^c = \frac{1}{2}\{M\}^T [D] \{M\} + \frac{1}{2}\{Q\}^T [D_{sh}] \{Q\} \to \min. \quad (3)$$

$\{M\}$ – вектор неизвестных узловых моментов для всей системы; $[D]$ – матрица податливости для всей системы при изгибе; $[D_{sh}]$ – матрица податливости для всей системы при сдвиге. Далее, используя принцип возможных перемещений, составляются алгебраические уравнения равновесия узлов сетки конечных элементов. При этом независимо рассматриваются возможные перемещения, вызывающие только изгибное состояние, и возможные перемещения, вызывающие только сдвиг.

При изгибе уравнения равновесия выражаются через узловые моменты и могут быть представлены в следующей матричной форме:

$$\{C_i\}^T\{M_i\}+\overline{P}_i=0, \quad i\in\Xi_z. \tag{4}$$

Статические граничные условия запишем в следующем виде:

$$M_{n,i}=M_{x,i}\cos^2\varphi_i+M_{y,i}\sin^2\varphi_i-2M_{xy,i}\sin\varphi_i\cos\varphi_i-\overline{M}_{n,i}=0,$$
$$M_{ns,i}=\left(-M_{x,i}+M_{y,i}\right)\sin\varphi_i\cos\varphi_i+M_{xy,i}\left(\cos^2\varphi_i-\sin^2\varphi_i\right)-\overline{M}_{ns,i}=0, \quad i\in\Xi_\Gamma$$

При сдвиге уравнения равновесия выражаются только через поперечные силы и представляются в аналогичной форме:

$$\{C_{sh,i}\}^T\{Q_i\}+\overline{P}_i=0, \quad i\in\Xi_z. \tag{5}$$

Статические граничные условия для поперечных сил имеют следующий вид:

$$Q_{n,i}=Q_{x,i}\cos\varphi_i+Q_{y,i}\sin\varphi_i-\overline{Q}_{n,i}=0, \quad i\in\Xi_\Gamma,$$

φ_i – угол между касательной к границе в узле i и осью X; $\overline{M}_{n,i}$, $\overline{Q}_{n,i}$ – величины заданных, нормальных к границе, момента и поперечной силы; $\overline{M}_{ns,i}$ – величина заданного, касательного к границе, момента; $M_{x,i}, M_{y,i}, M_{xy,i}$ – неизвестные узловые моменты; $Q_{x,i}$, $Q_{y,i}$ – неизвестные узловые поперечные силы; $\{M_i\},\{Q_i\}$ – векторы неизвестных узловых моментов и поперечных сил всех конечных элементов, примыкающих к узлу i; Ξ_z – множество узлов, которые имеют незакрепленное перемещение вдоль вертикальной оси Z; Ξ_Γ – множество узлов, лежащих на границе; $\overline{P}_i$ – обобщенная сила, соответствующие потенциалу внешних нагрузок при единичных возможных

перемещениях узла i вдоль оси Z; $\{C_i\},\{C_{sh,i}\}$ – векторы, содержащие коэффициенты при неизвестных узловых моментах и поперечных силах в уравнениях равновесия узла i вдоль вертикальной оси Z. Тогда получим следующее выражение расширенного функционала:

$$\begin{aligned}
&\Pi^c = \frac{1}{2}\{M\}^T[D]\{M\} + \frac{1}{2}\{Q\}^T[D_{sh}]\{Q\} + \\
&\sum_{i\in\Xi_z} w_i\left(\{C_i\}^T\{M_i\} + \overline{P}_i\right) + \sum_{i\in\Xi_z} w_{sh,i}\left(\{C_{sh,i}\}^T\{Q_i\} + \overline{P}_i\right) + \\
&\sum_{i\in\Xi_\Gamma} \alpha\left(M_{x,i}\cos^2\varphi_i + M_{y,i}\sin^2\varphi_i - 2M_{xy,i}\sin\varphi_i\cos\varphi_i - \overline{M}_{n,i}\right)^2 + \\
&\sum_{i\in\Xi_\Gamma} \alpha\left(\left(M_{y,i} - M_{x,i}\right)\sin\varphi_i\cos\varphi_i + M_{xy,i}\left(\cos^2\varphi_i - \sin^2\varphi_i\right) - \overline{M}_{ns,i}\right)^2 + \\
&\sum_{i\in\Xi_\Gamma} \alpha\left(Q_{x,i}\cos\varphi_i + Q_{y,i}\sin\varphi_i - \overline{Q}_n\right)^2 \to \min.
\end{aligned} \tag{6}$$

w_i – вертикальное перемещение узла i, связанное с изгибом плиты; $w_{sh,i}$ – вертикальное перемещение узла i, связанное со сдвигом сечений плиты; α – параметр штрафа (большое число).

Приравнивая к нулю производные функционала Π^c по векторам $\{M\}$ и $\{w\}$, получим систему уравнений, состоящую из уравнений совместности деформаций и уравнений равновесия при изгибе:

$$\begin{bmatrix} [D^\Gamma] & -[L]^T \\ -[L] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{M\} \\ \{w\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\{F^M\} \\ -\{F\} \end{Bmatrix}. \tag{7}$$

Для определения вектора перемещений $\{w_{sh}\}$ и вектора поперечных сил $\{Q\}$, связанных с деформациями сдвига, приравняем к нулю производные функционала Π^c по векторам $\{Q\}$ и $\{w_{sh}\}$. Тогда получим следующую систему уравнений, аналогичную системе уравнений (9):

$$\begin{bmatrix} [D_{sh}^\Gamma] & -[L_{sh}]^T \\ -[L_{sh}] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{Q\} \\ \{w_{sh}\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\{F^Q\} \\ -\{F\} \end{Bmatrix}. \tag{8}$$

Результаты исследований, их обсуждение. В таблице 1, для оценки сходимости предлагаемого решения, представлены результаты для плиты толщиной 0.6 м., с модулем упругости $E = 10000\,kN/m^2$ и коэффициентом Пуассона $\nu = 0.3$ для различного количества конечных элементов вдоль сторон

n_a *и* n_b. Рассматривались кусочно-постоянные и постоянные аппроксимации поперечных сил, а также прямоугольные и треугольные конечные элементы. Сетка треугольных конечных элементов формировалась путем деления прямоугольных конечных элементов на два треугольных элемента.

Таблица 1. Перемещение центра шарнирной плиты $a = 6m$ под действием равномерно распределенной нагрузки $q = 10\,kN/m^2$.

b/a	n_a	n_b	Постоянные Q		Кусочно-постоянные Q	
			4-х уз. к. э.	3-х уз. к. э.	4-х уз. к. э.	3-х уз. к. э.
1	5	5	0.28875	0.28610	0.28842	0.28534
	10	10	0.28214	0.28184	0.28205	0.28155
	20	20	0.28049	0.28050	0.28047	0.28042
	30	30	0.28020	0.28021	0.28019	0.28017
2	5	10	0.69531	0.69810	0.69515	0.69724
	10	20	0.68753	0.68869	0.68749	0.68840
	20	40	0.68559	0.68539	0.68558	0.68531
	30	60	0.68523	0.68544	0.68523	0.68536

Для квадратной шарнирно опертой плиты (*b/a=1*) получено аналитическое решение для перемещения центра изгибаемой плиты с учетом деформаций сдвига:

$$w = 0.00406\frac{a^4 q\left(1 + 4.6\left(\frac{t}{a}\right)^2\right)\cdot 12\left(1-\nu^2\right)}{Et^3} = 0.2785m. \qquad (9)$$

Сравнение с данными из таблицы 1 показывает, что решение по предлагаемому методу отличается от аналитического решения менее чем на 1% для мелкой сетки и примерно на 4%, при самой грубой сетке. Отметим, что результаты отличаются незначительно как при использовании прямоугольных, так и треугольных конечных элементов. Также незначительно влияние выбора вида аппроксимации поперечных сил: кусочно-постоянной или постоянной.

Выводы. Предложен метод учета сдвигающих деформаций при расчете изгибаемых плит методом конечных элементов. Метод основывается на фундаментальных принципах минимума дополнительной энергии и возможных перемещений и применим для расчета как тонких, так и толстых плит. Для аппроксимации поперечных сил могут быть использованы кусочно-постоянные

и постоянные аппроксимации по области конечного элемента. Перемещения от сдвигающих деформаций определяются независимо от перемещений, связанных с изгибом, поэтому предлагаемый метод может использоваться в сочетании с традиционными конечными элементами для тонких пластин, полученными методом конечных элементов в перемещениях. Сравнение решений, полученных по предлагаемому методу, с другими известными решениями для изгибаемых плит с учетом сдвига показывает его хорошую точность и сходимость при измельчении сетки конечных элементов.

Библиографический список

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. М.: Мир, 1984. 428 с.
2. Секулович М. Метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1993. 664 с.
3. Katili I., Batoz J. L., Maknun I. J., Hamdouni A., Millet O. The development of DKMQ plate bending element for thick to thin shell analysis based on the Naghdi/Reissner/Mindlin shell theory // Finite Elements in Analysis and Design. 2015. Vol. 100. Pp. 12-27.
4. Харви Д., Килси С. Изгибные элементы в виде треугольных пластинок с принудительной совместностью // Ракетная техника и космонавтика. 1971. Т. 9. № 6. С. 38-42.
5. Тюкалов Ю. Я. Конечно-элементные модели в напряжениях для задач плоской теории упругости // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 1(77). С. 23–37.
6. Тюкалов Ю. Я. Функционал дополнительной энергии для анализа устойчивости пространственных стержневых систем // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 2(70). С. 18–32.
7. Тюкалов Ю. Я. Определение частот свободных колебаний методом конечных элементов в напряжениях // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 7(67). С. 39–54.
8. Тюкалов Ю. Я. Конечно элементные модели в напряжениях для изгибаемых пластин // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 6(82). С. 170–190.

Цифровая трансформация традиционной бизнес-модели предприятия на примере магазина игрушек

Тюрикова К. Н. [a], Петров И. Е. [b]
студент кафедры систем автоматизации управления [a]
кандидат технических наук, доцент кафедры экономики [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация [a, b]
E-mail: lisi4ka_kirov@mail.ru [a], soft.rosko@mail.ru [b]

Аннотация: цифровая трансформация в России идёт полным ходом, программа «Цифровая экономика Российской Федерации» была утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р [1] и постепенно меняет привычные модели отраслевых рынков. В статье рассмотрена цифровизация магазина игрушек. Данное исследование может послужить примером цифровой трансформации традиционной модели бизнеса других предприятий, занимающихся розничной торговлей. При исследовании был использован программный продукт Archi. Внедрение цифровых технологий в традиционную модель магазина игрушек позволило увеличить количество каналов взаимодействия с клиентами, повысить ценность предоставляемых услуг, сократить затраты и оптимизировать существующие бизнес-процессы.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, традиционная бизнес-модель.

Введение. В настоящее время технологические изменения стремительно охватывают все сферы деятельности, ввиду этого традиционная модель бизнеса подвергается технологическому давлению и становится недостаточно эффективной. Цифровизация стала неотъемлемым инструментом решения данной проблемы. Теперь внедрение цифровых технологий является важнейшим условием развития бизнеса.

Несмотря на то, что игрушки являются товаром постоянного спроса, и розничная торговля традиционно ориентирована на покупателей, руководству магазина игрушек необходимо уделять особое внимание клиентоориентированности, так как современные клиенты более информированы, имеют уникальные потребности и ожидают персонализированного поведения. Для того чтобы соответствовать новым реалиям, магазину игрушек следует провести цифровую трансформацию, к тому же трансформация традиционной бизнес-модели магазина игрушек предоставит новые возможности получения дохода и создания стоимости, принесет новую ценность потребителям, а также радикально изменит организацию труда.

Цель исследования. Целью данного исследования является применение цифровизации к традиционной бизнес-модели магазина игрушек.

Задача исследования. Для достижения цели необходимо всесторонне исследовать бизнес.

Метод исследования. Объект исследования — магазин игрушек, основной метод научного исследования — моделирование.

Результаты исследований, их обсуждение. Взаимодействие магазина игрушек с внешней средой, в частности, с клиентами и их потребностями, ценностями представлено в виде бизнес-модели (см. Рис.1).

Рисунок 1. Традиционная бизнес-модель магазина игрушек

Далее перейдем к исследованию бизнес-процессов магазина игрушек. Трансформация процессов постепенно приведёт к трансформации всего бизнеса. Основные бизнес-процессы в компании таковы. Процесс «Продвижение» состоит из подпроцессов «исследование и анализ рынка», «проведение рекламных мероприятий», «осуществление рассылок и “звонков вежливости”», «составление маркетингового плана», «ценообразование» и «формирование ассортимента товаров». Отдел маркетинга и рекламы

отслеживает цены на игрушки, анализирует их конкурентоспособность, собирает информацию о текущем состоянии рынка, анализирует спрос на каждую товарную группу. Также подвергает анализу данные о производителях, поставщиках, потенциальных конкурентах. По итогам анализа составляет маркетинговый план и направляет менеджеру по рекламе план рекламных акций. Маркетолог помогает сформировать ассортимент товаров и назначить на них цены. Менеджер по рекламе руководит всем комплексом рекламных действий и обеспечивает поддержку отдела продаж в привлечении клиентов. Следующий процесс «продажи товаров» включает в себя консультацию по каждому товару, контроль наличия товара в торговом зале, оформление продаж. Отдел продаж непосредственно взаимодействует с клиентом для заключения сделки купли-продажи, предоставляет покупателю характеристики игрушки, возрастные ограничения и принципы работы. По окончанию рабочего дня отдел предоставляет отчетность о клиентской активности, о количестве совершённых продаж по каждой группе товаров, в то время как отдел снабжения по данной отчётности осуществляет контроль за наличием товара в компании. В случае отсутствия недостающего товара на складе, отдел осуществляет связь с поставщиками и оформляет документы на отгрузку и получение товаров. Процесс «закупка товаров» состоит из четырёх ключевых процессов: «определение потребности в товаре», «выбор поставщиков», а после «обработка заказа» и «контроль выполнения условий закупки». Складская служба осуществляет приём товара на склад, маркировку, хранение товара и выдачу его со склада, при этом проверяет соответствие принимаемых ценностей сопроводительным документам. Также составляет акты списания на бракованные изделия, обеспечивает соблюдение правил оформления и сдачи приходно-расходных документов, составление установленной отчётности. Следовательно, процесс «складирование» состоит из: «разгрузка и приём товаров», «внутрискладское перемещение товаров», «хранение товаров», «отпуск товаров», «проведение инвентаризации». Все операции, связанные с денежными средствами («управление денежными потоками», «расчёт доходов

и расходов», «расчёт заработной платы»), проводит отдел бухгалтерии. Бухгалтерия также осуществляет учёт и контроль хозяйственных операций, путём составления бухгалтерской, статистической, налоговой и другой отчётности. Административно-хозяйственный отдел занимается уборкой товарного зала и складского помещения, то есть осуществляет поддержку процесса хранения товара.

В магазине в качестве технологий используется система 1С и программа MS Excel, связь программных продуктов с функциями компании представлены на рисунке 2.

Рисунок 2. Информационные системы магазина игрушек

Цифровые решения должны быть заточены на выполнение бизнес-стратегий магазина игрушек. Стратегические цели, выделенные на каждом уровне управления магазина игрушек, представлены в виде стратегической карты (см. Рис. 3).

Рисунок 3. Стратегическая карта магазина игрушек

На основе стратегий были созданы проекты развития (см. Табл. 1) и построена схема архитектурных изменений магазина игрушек (см. Рис. 4).

Таблица 1

Проекты развития магазина игрушек

Этап	Описание этапа	Проект	Описание проекта
1	*Создание интернет-магазина.* Смысл этапа в «переносе розничной точки» в сеть интернет в виде сайта и мобильного приложения, поддержка omni-channel	Внедрение сайта интернет-магазина	Создаётся сайт интернет-магазин, все товары размещаются и продаются на сайте
		Внедрение мобильного приложения интернет-магазина	Создаётся мобильное приложение интернет-магазина, все товары продаются в приложении
		Использование площадки Aliexpress	Размещаются товары в Aliexpress
2	*Интеграция с интернет-магазином* Замена решения 1С: Розница 8 на 1С: Управление нашей фирмой, автоматизация работ по планированию, перенос планирование из Excel в 1С.	Внедрение 1С: Управление нашей фирмой	Все базы и документы, которые велись в Excel и 1С: Розница, переносятся в 1С: Управление нашей фирмой с добавлением новых функций для интеграции с интернет-магазином

3	*Фулфилмент на аутсорсинг* Для сокращения издержек по обслуживанию складских помещений, для осуществления доставки используется функционал фуфилмент-центра	Передача бизнес-процессов фулфилмент-центру	Процессы складирования, доставки товара осуществляются фулфилмент-центром
4	*Использование новых технологий*	Внедрение технологий iBeacon	iBeacon — канал мобильного маркетинга
		Внедрение RFID решений	RFID — отображают перемещение товаров и позволяют следить за наличием и сроком годности товаров
5	*Расширение зоны продаж*	Установка пунктов выдачи Click & Collect	Автоматизированные мобильные пункты выдачи покупок
		Использование доставки «до двери»	Использование функционала фулфилмент-центра

Рисунок 4. Архитектура изменений магазина игрушек

Цифровизация бизнеса по продаже игрушек произведена с помощью следующих ресурсов:

– интернет-магазин и мобильное приложение связывают цифровую экономику и реальный сектор путём предоставления сервисов по выбору

и отслеживанию доставки реальных товаров, а также осуществления оплаты товаров банковской картой или электронными деньгами;

– iBeacon — Технология iBeacon, работающая внутри помещений, позволяет дополнить традиционные сервисы определения местоположения (GPS, сигналы вышек сотовой связи и т. п);

– omni-channel — это подход, позволяющий собирать актуальную базу клиентов, сохранять персонифицированный подход взаимодействия с клиентом, а также позволяет клиенту переключаться между каналами, например, ноутбуком, мобильным устройством, социальными сетями;

– пункт выдачи товаров Click & Collect — это технологическое решение предназначено для получения клиентом товаров, купленных в интернете. Пункты выдачи представлены в виде специальных боксов, расположенных в ближайшей доступности от клиента;

– IoT — RFID-решения, отображающие перемещение товаров в цепочке поставок;

– 1С: Управление нашей фирмой для интеграции системы компании с интернет-магазином;

– фулфилмент-центр для интернет-магазина предоставляет услуги по складированию и доставке товара клиенту.

Наличие омниканальности и мобильной версии 1С системы позволяет сотрудникам продуктивно работать в любом месте, деятельность сотрудников не привязана к традиционному офису. Также омниканальность сайта и мобильного приложения позволит адаптироваться к существующей культуре потребления и коммуникаций клиента.

«Интернет вещей» предоставляет широкие возможности для трансформации в цифровой формат, применение радиочастотной индификации RFID, служащей основой «интернета вещей», оптимизирует и автоматизирует процессы, связанные с хранением товара на складе. С помощью RFID-меток и специальных считывающих устройств на полках склада, взаимодействующих друг с другом, отправляют информацию о сроке хранения и количестве

наличия позиций на складе, что позволит эффективно управлять остатками на складе.

Результат трансформации в виде классификатора информационных систем и бизнес-процессов магазина игрушек представлен на рисунке 5.

Рисунок 5. Информационные системы интернет-магазина игрушек

Бизнес-модель после применения цифровизации представлена на рисунке 6. Процесс продажи состоит из нескольких этапов: заказчик делает заказ по одному из каналов: сайт, Aliexpress или мобильное приложение, заказ автоматически отправляется фулфилмент-центру и начинается комплектация и упаковка заказа на складской зоне, принадлежащей интернет-магазину. Далее подбирается оптимальная схема доставки в зависимости от выбранного срока доставки и типа доставки «до двери» или до «пункта выдачи товаров Click & Collect». После осуществляется доставка до клиента, производится расчётно-кассовое обслуживание или обрабатывается возврат. Планирование состоит из проведения анализа статистики Omni-channel и посещения магазина в Aliexpress, статистики продаж и заказов, также анализа сезонов и приближающихся праздничных дней, составления планов закупок и проведения

акций. Процесс закупок состоит из составления списка необходимых товаров и их покупки у оптовиков и производителей (обговаривается доставка фулфилмент-центром до склада, если другое не предусмотрено услугами оптовиков). Фулфилмент-центр осуществляет приём, обработку и хранение товара, возможность обеспечения особых условий хранения. Если заказывается новый вид товара, сообщается фулфилмент-центру, центр осуществляет описание и 3d съёмку товаров, устанавливается датчик RFID, а также размещение товара на Aliexpress. Процесс финансового обеспечения состоит из осуществления бухгалтерией расчёта с фулфилмент-центром, ответа за составление бухгалтерской, статистической, налоговой и другой отчётности. Процесс продвижения состоит из применения технологии iBeacon, установки их на детских площадках, в торговых центрах и других местах, которые будут предоставлять сообщения об индивидуальных скидках и акциях. Также будет заключен договор на взаимную рекламу с магазинами, осуществляющими продажи для аналогичных потребительских сегментов. Пункты выдачи товаров Click & Collect также служат объектом рекламы магазина. Подготавливаются акции, прорабатывается содержание функции «шоппинг по подписке».

Рисунок 6. Бизнес-модель магазина игрушек после цифровой трансформации

Выводы. Исследование показало, что, внедрив цифровые технологии в традиционную модель магазина игрушек, становятся доступными новые способы взаимодействия с клиентами через несколько каналов. Интернет позволяет полностью изменить работу с клиентами, а также повысить ценность предоставляемых услуг. Применение цифровой трансформации может привести к колоссальному сокращению затрат и оптимизировать существующие бизнес-процессы. Для поддержания цифровой бизнес-модели необходимы компетентные сотрудники, которые обладают потребностью к цифровому общению и настроены к выполнению должностных обязанностей с помощью цифровых технологий.

Библиографический список

1. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации : официальный сайт. URL: http://ac.gov.ru/projects/otherprojects/014091.html (дата обращения 20.10.18)

Проявление принципа симметрии при горении смесевых систем

Фролов В. М.
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной физики Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: usr00437@vyatsu.ru

Аннотация. Принципы симметрии пронизывают все разделы современной науки, все отрасли производства. Упорядоченности или симметрии противостоит асимметрия, которая определяет хаотическое проявление явлений действительности. Симметрия и асимметрия – это две взаимосвязанные философские категории. Наука моделирует исследуемые явления, широко используя при этом метод аналогий между кажущимися разнородными явлениями. В статье впервые проанализировано проявление симметрии при горении смесевых ракетных топлив, для чего рассматривается симметричная элементарная ячейка топлива, с помощью которой рассчитывается локальное анизотропное распределение связующего и его влияние на процесс горения смесевой системы.

Ключевые слова: симметрия, структура, анизотропное распределение, аппроксимация.

Понятие симметрии прочно вошло в современные физические теории и гипотезы, без него мы не мыслим ни один крупный шаг теоретической физики [Вейль Г.]. Исследуя новый объект или явление, надо, прежде всего, выявить факторы, сохраняющиеся при тех или иных преобразованиях [Тарасов Л. В.]. Герман Вейль отмечает, что «всякий раз, когда приходится иметь дело с некоторым объектом, наделенным структурой, попытайтесь определить преобразования, оставляющие без изменения структурные соотношения. Вы можете рассчитывать на то, что на этом пути вам удастся глубоко проникнуть во внутреннее строение объекта».

Понятие симметрии включает в себя некоторый объект, наделенный структурой, при некоторых изменениях или преобразованиях элементов структуры получается первоначальный элемент в неизменном или сохраненном виде. Такая инвариантность каких-либо свойств объекта к преобразованиям рассматривается как проявление симметрии.

Симметрию можно обнаружить почти везде, она пронизывает весь окружающий нас мир. Научный мир от непосредственно видимой симметрии положений, форм и структур окружающих предметов перешел к физической симметрии – к симметрии физических явлений и законов природы.

Принципы симметрии лежат в основе современной физической теории: в основе теории относительности, квантовой механики, атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц. Эти принципы ярко выражаются в свойствах инвариантности основных законов новейших физической, биологической и других естественнонаучных теорий. Принципы симметрии управляют законами природы, а законы природы управляют неисчерпаемой картиной явлений окружающего нас мира. В широком смысле симметрия лежит в основе современной естественнонаучной картины мира.

Симметрия ограничивает число возможных вариантов поведения различных систем, которые подчиняются определенным законам. Существует только 5 правильных многогранников (платоновых тел), ограниченное число кристаллических структур (решеток Браве), 12 истинно фундаментальных элементарных частиц (6 кварков и 6 лептонов), ограниченное число химических элементов и букв в алфавите. Все многообразие цветущей палитры окружающего нас мира состоит из 7 цветов радуги, любая симфония и наша разговорная речь содержит всего 7 нот, 7 дней в неделе и так далее. Любая научная классификация основана на выявлении свойств симметрии классифицируемых объектов. Смена времен года – это особый вид симметрии как неизменность определенной последовательности явлений относительно смещения во времени на определенный период. В соответствии с этим предположением, в любом периодическом процессе проявляется принцип симметрии.

На принципе симметрии основан метод аналогий. Этот метод предполагает отыскание общих свойств в различных явлениях и объектах и распространение этой общности на другие явления. На основе аналогий создаются физические модели тех или иных объектов, различные процессы описываются одинаковыми общими уравнениями. Единое математическое описание различных процессов и явлений позволяет считать их аналогичными, указывает на наличие между ними глубокой симметрии.

На практике между аналогичными явлениями и объектами в каждом конкретном случае всегда существуют отклонения от строгой симметрии, которая определяет основу, центральную сущность рассматриваемых явлений, основную структуру аналогичных объектов. Эти отклонения делают каждый объект отличным от подобных объектов, подчеркивают его индивидуальность, его неповторимость, оригинальность. Такая асимметрия конкретных аналогичных объектов делает окружающий нас мир разноликим, гармоничным, красивым. Мир существует благодаря единству симметрии и асимметрии.

Данные термины тесно взаимосвязаны. Это две стороны единого понятия, представляющие собой диалектическое единство взаимоисключающих противоположных категорий, они не могут существовать одна без другой. Симметрия и асимметрия есть одна из форм проявления общего закона диалектики – единства и борьбы противоположностей. Единство симметрии и асимметрии обнаруживается во всем: в живой и неживой природе, в науке, в искусстве. Симметрия проявляется в ритмике, упорядоченности, совершенстве, целесообразности. Асимметрия противостоит этому, с одной стороны, она вносит хаос и беспорядок в окружающий мир, с другой – создает ощущение свободы и раскованности, придает явлениям и объектам неповторимую индивидуальность, самостоятельность, придает очарование чувственным эмоциональным восприятиям действительности.

Статистический метод рассмотрения явлений подразумевает деление системы на множество одинаковых структурных элементов. Таким элементом для смесевой системы является вводимая в рассмотрение элементарная ячейка топлива (рис. 1), состоящая из тринадцати сферических частиц окислителя, которая сохраняет все его свойства. В соответствии со статистическим подходом элементарные ячейки расположены по объему беспорядочно (рис. 1.*в*), каждое положение и ориентация ячейки заданы с некоторой вероятностью. Тем самым проявляется связь симметричного и асимметричного строения смесевой системы, представляется связь диалектически взаимосвязанных противоположностей.

Рис 1. Элементарные ячейки топлива.
а) гексагональная упаковка шаров;
б) кубическая гранецентрированная упаковка
в) хаотическое расположение элементарных
ячеек по объему.

Элементарные ячейки позволяют рассмотреть новый подход к процессу горения смесевого твердого ракетного топлива, в рамках которого создана модель горения с учетом локального анизотропного распределения связующего (ЛАРС) около зерна окислителя [Решетников С. М., Решетников И. С.].

В модели ЛАРС произведен расчет структуры газовых пламен, реализующихся при горении (рис. 2) [Решетников С. М., Фролов В. М.]. Для упрощения расчета тепловых потоков от параболоидного диффузионного пламени произведена его аппроксимация плоской моделью, которая, в отличие от существующих моделей, впервые учитывают влияние массовой скорости горения (а через нее давления и температуры поверхности) и условий диффузии реагентов в газовой фазе на эффективную высоту отхода плоского диффузионного пламени от поверхности топлива [Фролов В. М., Бобров А. С., Овсянников Д.Л.].

При статистическом подходе произведено математическое моделирование процесса горения смесевой системы, в котором показаны варианты учета локальной анизотропности главных компонентов топлива. ЛАРС позволяет учесть взаимодействие соседних частиц окислителя друг с другом, качественно объяснить стериометрию поверхности погашенных

образцов топлива. Анизотропность компонентов позволяет отказаться от вводимых в существующих моделях горения некоторых формальных параметров. Например, от силового метода перераспределения тепла в конденсированной фазе, поступающего из газовой фазы теплопроводностью.

Рис 2. Расчетное пламя в сечении топлива

Предлагаемое распределение учитывается при рассмотрении двухпламенной сложной структуры газовых пламен, потоков тепла от этих пламен отдельно на поверхность окислителя и связующего, явлении реакционной диффузии внутри конденсированной фазы связующего паров окислителя, параллельно протекающих и конкурирующих между собой процессов сублимации и пиролиза компонентов топлива с поверхности раздела фаз.

Изменение локальных соотношений основных компонентов топлива вызывают изменения локальных параметров пламени. Тепловые потоки из газовой фазы в конденсированную отличаются друг от друга до 20%, а локальные скорости горения – до 10%. При выгорании каждого зерна окислителя отклонение локальных скоростей горения могут отличаться от средних скоростей на 30%. Уменьшение диаметра частиц окислителя уменьшает различие параметров горения, что сглаживает локальные скорости

горения и вызывает их небольшой рост (рис. 3) [Решетников С. М., Фролов В. М., 2012].

Рис. 3. Локальные скорости горения окислителя:

1. $D_0 = 100$ мкм; $\frac{h}{D_0} = 0.5$; 2. $D_0 =$ 50 мкм; $T_s = 900\ K$;

1*a*. $D_0 = 100$ мкм; $\frac{h}{D_0} = 0.067$; 3. $D_0 = 100$ мкм; $T_s = 700\ K$.

Выводы.

1. В статье рассмотрена роль принципа симметрии в современной физической картине мира.

2. Впервые применен принцип симметрии к моделированию процесса горения смесевого ракетного топлива, что позволило рассчитать локальное анизотропное распределение связующего около зерна окислителя.

3. Приведены методы учета локальных соотношений главных ингредиентов топлива при расчете параметров горения.

Библиографический список

1. Вейль Г. Симметрия / Г. Вейль ; пер. с англ. Б. В. Бирюкова, Ю. А. Данилова ; под ред. Б. А. Розенфельда. – 3-е изд. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 192 с.
2. Тарасов Л. В. Этот удивительно симметричный мир. М. : Просвещение, 1982. 176 с.
3. Решетников С. М., Решетников, И. С. Анатомия горения. – М. : НГСС-2014. 247 с.
4. Решетников С. М., Фролов В. М. Расчет структуры смесевого топлива // Всероссийская ежегодная научно-техническая конференция “Общество, наука, инновации” НТК-2012 : сборник материалов. Киров : Изд-во ВятГУ. С. 1967-1971.

5. Фролов В. М., Бобров А. С., Овсянников Д. Л. Плоская модель диффузионного пламени // Материалы всероссийской ежегодной научно-практической конференции “Общество, наука, инновации” НТК-2017. Сборник материалов. Киров: ФГБОУ ВПО “ВятГУ”, 2017. С. 567-571.
6. Решетников С. М., Фролов В. М. Современные подходы к моделированию процесса горения смесевого твердого топлива. Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 30. № 6. С. 1-25.

Термическое разложение горючесвязующих смесевой системы

Фролов В. М.
кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной физики
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: usr00437@vyatsu.ru

Аннотация. В смесевых твердых топливах окислителя содержится намного больше, чем других компонентов. Образование поверхности горения должно зависеть от испарения и диспергирования окислителя, определяющего глубину разложения этого вещества. При горении смесевых составов в поверхностном слое, кроме указанных процессов, происходят также эндотермическая газификация горючего (разложение и испарение) и экзотермическое окисление горючего продуктами разложение окислителя. В статье приведены результаты исследования термического разложения связующего компонента смесевой системы и двойной смеси окислитель/связующее, получены кинетические параметры разложения, которые необходимы для моделирования процесса горения смесевой системы.

Ключевые слова: связующее, термическое разложение, полимеры, нитрат аммония.

В качестве горючесвязующих обычно используются различные вещества органического происхождения: это в основном полимеризующие вещества, такие как полиэфирные, фенольные и эпоксидные смолы, пластмассы (поливинилхлорид, полиамид и др.), синтетические каучуки (полисульфидный, полиуретановый, полиизобутиленовый и др.). Выбор связующего в основном определяется требованиями получения необходимых энергетических характеристик, физикомеханических свойств, а также технологией изготовления.

Среди многообразия применяемых наполнителей СТТ менее термостойким веществом (чем окислитель) является полимерное связующее. Изучению разложения этого класса компонентов посвящено довольно большое число работ и монографий [1-5]. В работах [6-8] приведены исторический обзор развития полисульфидных, полибутадиеновых и полиуретановых связующих веществ.

Экспериментальное терморазложение полимеров рассмотрено в работе [9]. Получены кинетические уравнения:

бутилкаучука (БК) – $K = 10^{18,4\exp}\left(-\frac{26000}{T}\right)$, мин$^{-1}$;

этиленпропиленового каучука (КЭПТ) –$K = 10^{18,4}\exp\left(-\frac{34000}{T}\right)$, мин$^{-1}$.

Значение энергии активации разложения [2] цис-полиизопрена равно 220 – 240 кДж/моль, цис-полибутадиена – 240 – 250 кДж/моль.

Кинетика термораспада полибутадиена описывается [10] уравнениями для двух стадий:

$$K_1 = 10^{13,1}\exp(-\frac{21200}{T}),\ \text{мин}^{-1} \qquad \text{при } \varepsilon \leq 0,29,$$

$$K_2 = 10^{18,7}\exp(-\frac{31000}{T}),\ \text{мин}^{-1} \qquad \text{при } \varepsilon > 0,29.$$

Экспериментальные исследования структуры зоны горения смесевых твердых топлив на основе перхлората аммония [11, 12] показывают, что химические свойства связующего оказывают большое влияние не только на скорость реакции в газовой фазе, но и на выделение тепла на поверхности горения. В качестве связующего использовались полибутадиен с концевыми гидроксильными группами – HTPB и полиэфир с концевыми гидроксильными группами – HTPE.

Первое связующее имеет условную химическую формулу

$C_{7,075}H_{10,647}O_{0,223}N_{0,063}$, его химической структуре характерны двойные связи C = C, энтальпия образования – 58 кДж/моль (при 298 К), кислород составляет 3,6 % от веса.

Условная формула второго связующего $C_{4,763}H_{7,505}O_{2,131}N_{0,088}$, энтальпия образования – 550 кДж/моль, кислорода – 34,1 %, химической структуре характерные эфирные связи и единичные

C – C связи. Оба типа твердых топлив имеют почти одинаковую

температуру поверхности горения, приблизительно 900 °С при давлении 0,3 атм и 500°С при 0,8 атм. Адиабатические температуры пламени при 0,5 атм соответственно 2557 К и 2546 К. Скорость горения у топлива с HTPB больше, чем с HTPE – 0,6 см/с и 0,5 см/с при давлении 30 атм. Исследования показали, что, так как кислорода больше, скорость реакции в газовой фазе у топлив с HTPE больше, чем с HTPB, поэтому у него так же больше и обратное поступление тепла из газовой фазы в конденсированную. Однако скорость его горения оказалась ниже, чем у топлив с HTPB при давлениях ниже

атмосферного. С другой стороны, результаты измерений реакции в конденсированной фазе показывают, что выделение тепла у поверхности горения у топлив с НТРВ больше. Это различие вызывается экзотермическим разложением связующего НТРВ, в то время как НТРЕ разлагается эндотермически. Таким образом, более высокая скорость горения топлива с НТРВ обусловлена большим выделением тепла у поверхности горения.

Полимеры газифицируются при горении. Они имеют температуру разложения ниже температуры кипения и образуют газообразные продукты горения в результате разложения. Расчетные температуры диффузионных пламен полимеров лежат в интервале 2100 ÷ 2800 К, а реально замеренные 1500 ÷ 2000 К [13]. Результаты экспериментов по замеру температуры поверхности горящих полимеров имеют большой разброс, обусловленный методическими трудностями замера температуры при больших градиентах, и получены для полиэтилена – 503 – 813 К [13], для полиметилметакрилата – 500 – 530 К [14]. Процесс горения полимеров [1] лимитируется массообменном диффузионного пламени, а газификация полимера – теплообменом от пламени к полимеру. Основное количество энергии передается конвективным и кондуктивным теплообменом. Излучательная способность пламен полимеров незначительная: 0,03 для полиэтилена, и 0,09 для пропилена [1, 3].

На рис. 1 и 2 приведены результаты исследования некоторых смесей горючесвязующих:

Рис. 1. Кинетика разложения ГСВ1: *а)* зависимость скорости разложения от температуры; *б)* аррениусовская анаморфоза константы скорости разложения.

ГСВ1 – смесь ацетилцеллюлоза: ацетилтриэтилцитрат: динитрофеноксиэтанол – 1:1:1;

ГСВ2 – динитрофеноксиэтанол (ДНФЭ) + медь|| хромIII окись (МХО);

ГСВ3 – синтетический каучук изопрена (СКИ-НЛ′М′ 51/83): трасформаторное масло (ТМ) – 35:65 + 1% лецитина.

Разложение ГСВ1 идет в две стадии: первая стадия при температуре 490 К, вторая стадия при 595 К (Рис. 1).

Максимум скорости разложения ГВ2 приходится на 500 К – это менее термостойкое связующее (кривая 1 на рис 2), более термостойкое связующее – ГСВ3 – наибольшее газовыделение происходит при 615 К.

Рис 2. Кинетика разложения ГСВ2 и ГСВ3:
1) ДНФЭ + МХО при темпе нагрева 10 К/мин; 2) СКИ – НЛ/ТМ при темпе нагрева 5К/мин.

Исследованы двойные смеси нитрата аммония и связующих (рис. 3-5).

Рис 3. Терморазложение НА и ГСВ1:
1 - ○ - НА; 2 - □ - НА + ГСВ1; 3 - ▽ - ГСВ1.

Окислитель и горючесвязующие разлагаются независимо друг от друга. Разложение смеси практически равно сумме газовыделениея компонентов.

Рис 4. Терморазложение НА и ГСВ2 при темпе нагрева 10 К/мин:
1 - ○ - НА; 2 - ◇- ДНФЭ + МХО;
3 - ☆ - НА/(ДНФЭ + МХО – 96/4)

Рис 5. Терморазложение НА и ГСВ3 при темпе нагрева 5 К/мин:
1 - ○ - НА + СКИ-НЛ/ТМ - 80/20;
2 - ☆ - НА + СКИ/ТМ + МХО + лецитин
– 80 + 18 + 2 + 1%;
3 - ◇ - НА + СКИ/ТМ + (ДНФЭ + МХО)
+ лецитин – 80 + 16 + 4 + 1%.

Эксперименты по термическому анализу, проведенные с модельными составами на основе нитрата аммония говорят о зависимости термораспада смесей от дисперсности окислителя и от природы горючесвязующего. Составы на мелком нитрате аммония имеют автокаталитический пик при 460 К и основной пик при 480 К (см. Рис. 6. б). Эти пики наблюдаются при любой массовой доле мелкого НА-1. Составы на крупном нитрате имеют пик скорости газовыделения, который с увеличением содержания окислителя смещается с

480 К на 497 К (Рис 6. а). Очень существенно измеряется закон реакции распада при замене ГСВ – процесс из одностадийного переходит в двухстадийный (Рис. 7).

Рис 6. Зависимость скорости разложения смеси НА + ГСВ1:

а) крупный нитрат аммония НА-4 (240 – 360 мкм);
б) мелкий нитрат аммония НА-1 (менее 50 мкм);
массовое соотношение компонентов: 1 - △ -75/25;
2 - □- 80/20; 3 -○ 85/15.

Рис 7. Терморазложение модельных составов НА/ГСВ – 80/20,
ГСВ – СКИ – НЛ/ТМ (35/65);
а) влияние дисперсности НА: 1 ○ - мелкий НА-1 (менее 50 мкм);
2 - □ крупный НА-4 (240-360 мкм);
б) влияние ГСВ на распад смесей: 1○ - ГСВ – СКИ – НЛ/ТМ (35/65);
2 - □- ГСВ – АЦ – АТЭЦ – ДНФЭ (1:1:1).

Более подробно исследовано разложение смеси ультрадисперсного (УДП) НА-1 и горючесвяэующего. В качестве ГСВ использована смесь ацетилцеллюлоза – ацетилтриэтилцитрат – динитрофеноксиэтарол в соотношении 1 : 1 : 1. На рис. 8 и 9 приведены кинетические кривые термического разложения смесей.

Рис. 8. Кинетика разложения смесей НА: ГСВ: 1 - □ 10 : 90;
2 ▽ 20 : 80; 3 – □ 30 : 70; 4 - ○ 40 : 60;
5 ◇ 50 : 50; 6 - ▯ 80 : 20; 7 - △ 90 : 10.

Кинетическое уравнение разложения смеси имеет вид:

$$\frac{d\varepsilon}{d\tau} = k_1 * \exp(-\frac{E_1}{T})(\varepsilon_{ср} - \varepsilon) + k_2 * \exp(-\frac{E_2}{T})(1 - \varepsilon)$$

Параметры данного уравнения приведены в таблице.

Рис. 9. Аррениусовская анаморфоза кинетики скорости разложения смесей НА:ГСВ
1 - ✧ 10 : 90; 2 - ▽ 20 : 80; 3 – □ 30 : 70;
4 - ○ 40 : 60; 5 - ◇ 50 : 50; 6 - ▯ 80 : 20;
7 - △ 90 : 1

Таблица 1

Параметры уравнения разложения смеси

Образец	НА/ГСВ	k_1,мин$^{-1}$	E_1, К	$\varepsilon_{ср}$	T_{max1}, К	k_2,мин$^{-1}$	E_2, К	T_{max2}, К
1	10/90	$3{,}83*10^{10}$	13200	0,39	445	$1{,}67*10^{4}$	7400	610
2	20/80	$1{,}25*10^{10}$	12900	0,42	465	$3{,}33*10^{7}$	12800	605
3	30/70	$3{,}17*10^{9}$	12100	0,50	475	$7{,}00*10^{4}$	8400	610
4	40/60	$1{,}67*10^{10}$	12000	0,63	475	$1{,}67*10^{7}$	11400	615
5	50/50	$2{,}50*10^{9}$	12600	0,66	470	$2{,}35*10^{8}$	14900	600
6	80/20	$1{,}06*10^{16}$	19600	1,00	470			
7	90/10	$1{,}90*10^{16}$	16800	1,00	475			

Библиографический список

1. Асеева Р. М., Заиков Г. Е. Горение полимерных материалов. М. : Наука, 1981. 280 с.
2. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. М. : Мир, 1967.328 с.
3. Коэн Н. С., Флеминг Р., Дерр Р. Л. Роль связующих веществ в горении твердых топлив. // Ракетная техника и космонавтика. 1974. Т. 12. № 2. С. 108-117.
4. Гришин А. М., Синицын С. П. Теория пиролиза композиционных полимерных материалов // Физика горения и взрыва. 1984. Т. 20, № 6. с. 67-79.
5. Формально-кинетическое описание процесса окисления полимеров. / Н. М. Эмануэль, А. П. Марьин, С. Г. Кирюшкин, Ю. В. Моисеев, Ю. А. Шляпников // Физическая химия. ДАН СССР, 1985, т. 280, №2. С. 416-419.
6. Sutten E. S. From polysolfides to CTPB binders – a majer transition in solid propellant binder chemistry. // AIAA Pap., 1984, №1236. 10 pp.
7. Klaqer K. Polyurethants, the Most Versatile binder for solid Composite propellants. //AIAA Pap., 1984, №1239. 8 pp.
8. Helmy A. M. Investigation of new energetic ingredients for minimum signature propellants. // AIAA Pap., 1984, №1434. 13 pp.
9. Мальков Ю. Е., Бакин А. И., Израилит И. С. Исследование кинетики разложения простых полиэфиров и жидких каучуков. // Высокомолекулярные соединения. Сер. Ф., т. 16. № 12, 1974. С. 2738-2750.
10. Катионная полимеризация. Л ; М. : Мир, 1969. 305 с.
11. Combustion Ware Structures of Ammonium Perchlorate Composite Propellants. / Kubota N., Kuwahara T., Miyazaki S., Uchiyama K., Hirata N. // AIAA Pap., 1984, №1435. 7 pp.
12. Combustion Ware Structures of Ammonium Perchlorate Composite Propellants. / Kubota N., Kuwahara T., Miyazaki S., Uchiyama K., Hirata N. // Journal of Propulsion and Power. 1986. Vol. 2. № 4. PP. 296-300.
13. Смаль Ф. В., Чулков А. З. Стационарное горение твердых ракетных топлив // Ракетные топлива. М. : Мир, 1975. С. 24-56.
14. Алексеев Ю. И., Королев В. П., Кнежицкий В. П. Измерение температур при линейном пиролизе полиметилметакрилата. // Горение и взрыв : материалы III всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. М. : Наука, 1972. С. 459-463.

Требования к методике расчета размера экономии электроэнергии при выполнении энергосервисного контракта в сетях уличного освещения городов

Шаповалова В. В.[a], Ожегов А. Н. [b]
студент кафедры электроснабжения[a]
кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения [b]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a, b]
E-mail: stud070845@vyatsu.ru[a], ano.kirov@gmail.com[b]

Аннотация: одним из актуальных вопросов современной России является энергосбережение и повышение энергетической эффективности. Энергосервисный контракт наиболее часто применяется при внедрении энергосберегающих мероприятий по замене светильников (ламп) в сетях уличного освещения городов. Одной из важных и актуальных задач при выполнении энергосервисного контракта является правильный расчёт размера экономии электроэнергии. При неверном определении размера экономии одна из сторон несёт материальные и репутационные потери.

Формулы для расчёта размера экономии электроэнергии приведены в приложении к энергосервисному контракту, однако они применимы только в идеальных условиях, но оказываются неработоспособны в случае неполного выполнения плана энергосберегающих мероприятий. Целью данной статьи является разработка требований к методике, позволяющей рассчитать размер экономии электроэнергии в этом случае.

Применены методы анализа и синтеза.

В результате исследования в статье разработаны требования к методике расчёта размера экономии электроэнергии, применимой в случае неполной реализации всех заявленных энергосберегающих мероприятий. Приведена основная формула, основанная на применении корректировок с учётом влияющих факторов. Областью применения данных результатов являются случаи неполного выполнения плана энергосберегающих мероприятий энергосервисного контракта.

Ключевые слова: энергосервисный контракт, размер экономии электроэнергии, план энергосберегающих мероприятий.

Введение. Вопросы повышения энергоэффективности национальной экономики в настоящее время рассматриваются в нормативной [1] и научной литературе, как один из наиболее важных аспектов энергетической безопасности России и привлекают внимание все большего числа учёных различных отраслей знания. Результаты многочисленных исследований российских и зарубежных учёных, выполненных за последние годы в области экономики энергетики, свидетельствуют о том, что наиболее важным позитивным социально-экономическим эффектом развития энергоэффективных технологий является не просто сбережение определенного объёма энергии и даже не снижение негативных воздействий на экологию, а стимулирование инновационного развития промышленности в целом. Однако, несмотря на то,

что в теории повышение энергоэффективности экономики признаётся одним из основных направлений инновационного развития, на практике внедрение энергоэффективных технологий зачастую сдерживается наличием целого ряда барьеров, среди которых наиболее сильными на первых этапах диффузии технологий являются экономические.

В этом случае особое значение приобретают экономические механизмы, целью которых является повышение энергоэффективности и энергосбережения при ограниченных возможностях финансирования и рентабельности. Одним из таких механизмов, доказавших свою эффективность в мировой практике, является энергосервисный договор (контракт).

Энергосервисные контракты, нацеленные на энергосбережение в сетях уличного освещения городов, получили в России широкое распространение.

Города потребляют более 75% энергии, из которых 60% приходятся на освещение зданий, а 15% — на уличное освещение [2]. И это очень важная позиция для экономии и возможность для существенного пополнения городского бюджета.

Энергосервисные контракты направлены на создание условий для энергосбережения и повышения эффективности использования энергетических ресурсов, в том числе электрической энергии. При этом, финансирование энергосервисных мероприятий возлагается на Исполнителя (инвестора), которому впоследствии Заказчик компенсирует произведенные затраты за счет сумм экономии, полученных в результате снижения потребления энергетических ресурсов.

Таким образом, применение энергосервисных контрактов позволяет внедрять энергосберегающие мероприятия без использования прямого бюджетного финансирования. Бюджетные ассигнования на энергопотребление фиксируются в момент заключения энергосервисного контракта на период, необходимый для возмещения затрат Исполнителя (инвестора) из сумм экономии. После расчётов с Исполнителем (инвестором), на сумму экономии от

внедрения энергосберегающих мероприятий сокращаются непосредственно текущие бюджетные расходы.

Ключевым вопросом, как для Заказчика, так и для Исполнителя является правильный расчёт энергосервисного контракта и, в первую очередь, определение размера экономии электроэнергии, поскольку от его величины зависит размер вознаграждения энергосервисной компании. При возникновении споров стороны обращаются в суд.

Для расчёта размера экономии электроэнергии от выполненных мероприятий энергосервисный контракт обязательно содержит приложение, в котором указана методика расчёта, приведены необходимые формулы.

Проблема заключается в том, что эти формулы применимы только в идеальных условиях, при отклонении от этих условий возможны различные трактовки и, как результат, различные оценки размера экономии электроэнергии Заказчиком и Исполнителем контракта, что в конечном итоге приводит к длительным судебным процессам.

Постановка цели и задач исследования. Целью данной статьи является разработка требований к методике расчёта размера экономии электроэнергии, применимой в случае неполной реализации всех заявленных энергосберегающих мероприятий. В целях настоящего исследования требуется выполнение следующих задач:

1) выявить особенности уличного освещения как объекта энергосервисного контракта;
2) перечислить и проанализировать факторы, которые должна учитывать методика определения размера экономии электроэнергии;
3) разработать основную формулу методики.

Ведущий подход. Объектом данного исследования является проведение энергосервисных мероприятий в сетях уличного освещения городов. Для проработки первой и второй задачи исследования использовалась методика анализа, а также метод синтеза для выполнения третьей задачи.

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе исследований на основе влияющих факторов и особенностей уличного освещения разработаны требования к методике определения размера экономии электроэнергии, которые выражены в основной формуле.

В соответствии с энергосервисным контрактом, требуется достижение необходимого эффекта по экономии энергоресурсов. Не содержится требования по выполнению Плана энергоэффективных мероприятий. Только Исполнитель Контракта решает, реализации каких мероприятий достаточно для достижения необходимого эффекта. Поэтому ситуация, когда реализованы не все запланированные мероприятия, встречается достаточно часто.

Особенностью уличного освещения с точки зрения энергосбережения являются следующие обстоятельства:

- светильник уличного освещения либо работает и потребляет номинальную (с учётом потерь в ПРА) мощность, либо не работает и потребляемая им мощность равна нулю;

- светильники включаются и отключаются централизованно и одновременно в соответствии с утвержденным и действующим на данный момент графиком горения. График горения указывает время включения и отключения светильников, которые являются различными для каждого дня года, поэтому расчёт экономии ведётся для каждого дня года;

- часть светильников может не работать («негорящие светильники») в один расчётный период и быть отремонтированными в другой расчётный период;

- город растёт и развивается, появляются новые улицы, для которых вводятся в действие дополнительные светильники. Это обстоятельство необходимо учитывать, поскольку эти светильники не должны оказывать влияния на энергетический эффект контракта.

С учётом этих факторов необходимо разработать требования к новой методике расчёта экономического эффекта энергосервисного контракта с

учётом возможности неполной реализации Плана энергоэффективных мероприятий.

Разрабатываемая методика расчёта в любом случае должна учитывать:

- действующий график горения. Методика должна корректно обрабатывать ввод новых графиков горения;

- как в базовом, так и в расчетном периоде должен учитываться коэффициент горения, который отражает количество и мощность «негорящих» светильников;

- мощность светильников с лампами ДРЛ с учётом потерь в ПРА;

- ввод новых светильников и вывод светильников из эксплуатации;

- диммирование светильников.

Кроме того, дополнительно с учётом сценарных условий методика должна учитывать:

- неполную замену светильников;

- неопределённость количества и мощности «негорящих» заменённых светильников.

Разработанная методика должна основываться на подходе ГОСТ Р 56743-2015, который вступил в силу с 1.01.2017 г.

Определение экономии электроэнергии, достигаемой в ходе реализации проекта по энергосбережению, должно выполняться по следующей формуле:

$$Э = W_{БП} - W_{ОП} \pm Кор, \quad (1)$$

где $Э$ - экономия электроэнергии;

$W_{БП}$ - расход электроэнергии в базовый период (определяется по счётчику);

$W_{ОП}$ - расход электроэнергии в отчётный период (определяется по счётчику);

$Кор$ - корректировка.

В свою очередь, корректировка имеет несколько составляющих, каждая из которых обусловлена некоторым фактором:

$$Кор = Кор_1 + Кор_2 + Кор_3 + Кор_4 + Кор_5 + Кор_6 + Кор_7 + Кор_8, \quad (2)$$

где $Кор_1$ - учёт не горящих в базовом периоде светильников;

$Кор_2$ - учёт потерь в светильниках в базовом периоде;

$Кор_3$ - учёт светильников, установленных дополнительно;

$Кор_4$ - учёт светильников, отремонтированных Заказчиком к отчётному периоду (данная корректировка принимается со знаком «минус»);

$Кор_5$ - учёт светильников, демонтированных до отчётного периода;

$Кор_6$ - учёт изменения графика работы светильников;

$Кор_7$ - учёт времени ремонта светильников в отчётном периоде;

$Кор_8$ - учёт светодиодных светильников, не горевших в отчётном периоде (данная корректировка принимается со знаком «минус»).

При отсутствии влияния фактора или, если это влияние признано незначительным, соответствующая корректировка принимается равной нулю.

Формулы расчёта корректировок являются целью дальнейшего исследования.

Выводы. В ходе выполнения работы были сделаны следующие выводы:

1) выявлены особенности уличного освещения как объекта энергосервисного контракта;

2) перечислены и проанализированы факторы, которые должна учитывать методика определения размера экономии электроэнергии;

3) разработаны требования к методике расчёта размера экономии электроэнергии, применимой в случае неполной реализации всех заявленных энергосберегающих мероприятий, получена основная формула методики.

Библиографический список

1. Фед. Закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ: ред. От 23.11.2009 // Российская газета. 2009. № 5050 (226). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_93978/. Доступ из справ.-поиск. системы «КонсультантПлюс».
2. Компания «АтомСветЭнергосервис» : официльный сайт. URL: https://www.kommersant.ru/doc/2469191 (дата обращения 03.02.2019)

Опыт оптимизации параметров схемы замещения частотно-управляемого асинхронного двигателя

Шестаков А. В.[a],
кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и аппаратов[a]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a]
E-mail: shestakov@vyatsu.ru[a]

Аннотация: Задача оптимального проектирования асинхронных двигателей, питаемых от преобразователей частоты, по-прежнему остается актуальной. В данной статье излагается опыт применения метода полного факторного эксперимента к определению оптимальных значений параметров схемы замещения трехфазного асинхронного частотно-управляемого двигателя. В качестве целевых функций выступали значения КПД и коэффициента мощности асинхронного двигателя. Для проведения полного факторного эксперимента использованы созданные автором ранее модели гармонического анализа импульсного напряжения питания и расчета рабочих характеристик асинхронного двигателя с учетом высших гармоник питающего напряжения. Зависимости КПД и коэффициента мощности от параметров схемы замещения трехфазного асинхронного двигателя были получены в виде уравнений регрессии. Задача оптимизации названных параметров при условии максимума энергетических показателей при ограничениях тока и суммарных потерь была решена графически в двухмерном пространстве. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о применимости метода полного факторного эксперимента к решению оптимизационной задачи для асинхронного двигателя, питаемого от преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией.

Ключевые слова: частотно-управляемый асинхронный двигатель, энергетические показатели, полный факторный эксперимент, параметры схемы замещения, оптимизационные расчеты

Введение. Частотно-управляемые асинхронные двигатели (ЧУАД) все более широко распространяются в современной технике благодаря как возможностям получения любого закона изменения частоты вращения, так и снижению стоимости преобразователей частоты [Шрейнер Р., с. 273-281]. Одновременно не теряет актуальности задача оптимального проектирования ЧУАД, решение которой позволяет снижать их энергопотребление без ущерба для массогабаритных показателей и возможностей управления. В настоящее время разработано и применяется на практике множество методик оптимизации геометрических размеров и обмоточных данных электрических машин [Ивоботенко Б. А., Ильинский Н. Ф., Копылов И. П., с. 30, 38, 44]. Эти методики позволяют получить решение поставленной задачи в широком диапазоне целевых функций и ограничений. В то же время многие из этих методов отличаются трудоемкостью, что на этапе предварительного проектирования не всегда является приемлемым. Наименьшими

трудозатратами отличается план полного факторного эксперимента (ПФЭ) [Ивоботенко Б. А., Ильинский Н. Ф., Копылов И. П., с. 30] и метод графического решения оптимизационной задачи в двухмерном пространстве факторов [Копылов И. П., с. 246]. Однако методики, изложенные в перечисленных источниках, не позволяют учесть влияние дополнительных потерь, возникающих в ЧУАД от высших гармоник напряжения при импульсном питании. Поэтому **целью** данной статьи является разрешение вопроса о применимости метода ПФЭ для решения задачи оптимизации параметров схемы замещения ЧУАД с учетом названных факторов при ограничениях суммарных потерь и потребляемого тока ЧУАД.

Объектом исследования выступал асинхронный двигатель АИР56А2У3 со следующими номинальными данными: мощность $P_{2\text{ном}} = 180\ \text{Вт}$; напряжение $U_{1\text{ном}} = 220/380\ \text{В}$; частота сети $f_1 = 50\ \text{Гц}$; синхронная частота вращения $n_1 = 3000\ \text{мин}^{-1}$. По методике [Проектирование электрических машин, с. 306] нами были определены геометрические размеры активной части, обмоточные данные, параметры схемы замещения и потери названного двигателя при синусоидальном напряжении.

Первым этапом решения представленной оптимизационной задачи было составление уравнений регрессии, которые связывают параметры схемы замещения ЧУАД с его энергетическими показателями, потерями и потребляемым током. В качестве факторов (варьируемых величин) нами были приняты активное сопротивление статорной обмотки R_1, приведенное активное сопротивление роторной обмотки R_2', индуктивное сопротивление рассеяния статорной обмотки X_1 и приведенное индуктивное сопротивление рассеяния роторной обмотки X_2'. В качестве функций отклика (выходных величин) в проведенном нами вычислительном ПФЭ выступили потребляемый ток I_1, суммарные потери ΣP ЧУАД и его энергетические показатели – КПД η и коэффициент мощности λ.

В соответствии с имеющимися исследованиями [Ивоботенко Б.А., Ильинский Н.Ф., Копылов И.П., с. 30] нами была составлена матрица планирования полного факторного эксперимента вида 2^4, приведенная в табл. 1. Интервал варьирования факторов был принят равным $\Delta x = 20\%$. Факторы, выраженные в кодированных единицах, имеют следующие условные обозначения:

x_1 – активное сопротивление статорной обмотки R_1; x_2 – приведенное активное сопротивление роторной обмотки $R_2^{'}$; x_3 – индуктивное сопротивление рассеяния статорной обмотки X_1; x_4 – приведенное индуктивное сопротивление рассеяния роторной обмотки $X_2^{'}$.

В левой части табл. 1 приводятся значения названных факторов и их произведений в кодированных единицах, в правой части табл. 1 приведены значения варьируемых факторов в физических единицах (омах). В колонках η, λ, I_1 и ΣP представлены значения коэффициента полезного действия, коэффициента мощности, потребляемого тока, суммарных потерь ЧУАД в каждом из 16 проведенных опытов. Символами $b_0 \ldots b_{34}$ обозначены коэффициенты уравнений регрессии, символами $Z_1 \ldots Z_{11}$ – вспомогательные переменные.

При определении энергетических показателей, потребляемого тока и мощности исследуемого двигателя нами была использования методика, изложенная в трудах Шестакова А. В., Желнина В. В., Исмиеав Р. Н. [5, с. 38], которая позволяет учесть влияние высших гармоник широтно-импульсного напряжения на расчет рабочих характеристик ЧУАД. Действующие значения основной и высших гармоник были получены нами с помощью программы [Шестаков А.В. с. 1137], позволяющей формировать кривую импульсного напряжения с широтно-импульсной модуляцией для различных частот и рассчитывать спектр гармоник с помощью формул гармонического анализа. Все расчеты выполнялись для частоты основной

гармоники $f_1 = 50$ Гц. Несущая частота импульсов принималась равной $f_И = 4000$ Гц.

Во всех 16 опытах ПФЭ (табл. 1) значение частоты вращения ротора подбиралось таким, чтобы полезная мощность была равна номинальной (180 Вт).

Таблица 1

Матрица планирования ПФЭ и его результаты

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	η	λ	I_1	ΣP	R_1	R_2'	X_1	X_2'
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	о.е.	о.е.	А	кВт	x_1	x_2	x_3	x_4
1	+	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	**0,7494**	**0,6938**	**0,5472**	**0,0602**	40,832	25,560	20,405	23,880
2	+	+	–	–	–	–	–	–	+	+	+	**0,6833**	**0,7512**	**0,5544**	**0,0834**	62,248	25,560	20,405	23,880
3	+	–	+	–	–	–	+	+	–	–	+	**0,7290**	**0,7037**	**0,5546**	**0,0669**	40,832	38,340	20,405	23,880
4	+	+	+	–	–	+	–	–	–	–	+	**0,6583**	**0,7639**	**0,5659**	**0,0935**	62,248	38,340	20,405	23,880
5	+	–	–	+	–	+	–	+	–	+	–	**0,7447**	**0,6894**	**0,5544**	**0,0617**	40,832	25,560	30,607	23,880
6	+	+	–	+	–	–	+	–	–	+	–	**0,6760**	**0,7461**	**0,5644**	**0,0863**	62,248	25,560	30,607	23,880
7	+	–	+	+	–	–	–	+	+	–	–	**0,7231**	**0,6995**	**0,5627**	**0,0689**	40,832	38,340	30,607	23,880
8	+	+	+	+	–	+	+	–	+	–	–	**0,6492**	**0,7592**	**0,5776**	**0,0973**	62,248	38,340	30,607	23,880
9	+	–	–	–	+	+	+	–	+	–	–	**0,7469**	**0,6892**	**0,5530**	**0,0610**	40,832	25,560	20,405	35,850
10	+	+	–	–	+	–	–	+	+	–	–	**0,6790**	**0,7460**	**0,5621**	**0,0851**	62,248	25,560	20,405	35,850
11	+	–	+	–	+	–	+	–	–	+	–	**0,7263**	**0,6988**	**0,5607**	**0,0678**	40,832	38,340	20,405	35,850
12	+	+	+	–	+	+	–	+	–	+	–	**0,6235**	**0,7584**	**0,5744**	**0,0954**	62,248	38,340	20,405	35,850
13	+	–	–	+	+	+	–	–	–	–	+	**0,7418**	**0,6844**	**0,5608**	**0,0627**	40,832	25,560	30,607	35,850
14	+	+	–	+	+	–	+	+	–	–	+	**0,6710**	**0,7406**	**0,5731**	**0,0883**	62,248	25,560	30,607	35,850
15	+	–	+	+	+	–	–	–	+	+	+	**0,7200**	**0,6942**	**0,5696**	**0,0700**	3,1984	38,340	30,607	35,850
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	**0,6436**	**0,7534**	**0,5873**	**0,0997**	62,248	38,340	30,607	35,850
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{23}	b_{24}	b_{34}								

Дополнительно к опытам ПФЭ (табл. 1) нами был проведен контрольный опыт, при котором значения факторов равнялись номинальным. В результате контрольного опыта получены следующие значения функций отклика:

$$\eta_{ном}=0{,}7014;\quad \lambda_{ном}=0{,}7217;\quad I_{1,ном}=0{,}5623\,А;\quad \Sigma P_{ном}=0{,}0766\,кВт.$$

После расчета коэффициентов $b_0 \ldots b_{34}$ для упомянутых выше функций отклика, проверки значимости и исключения незначимых коэффициентов нами были получены следующие уравнения регрессии:

- для коэффициента полезного действия ЧУАД

$$y_\eta = 0{,}69968 - 0{,}03546 \cdot x_1 - 0{,}01182 \cdot x_2 + 0{,}00352 \cdot x_3 + 0{,}00193 \cdot x_4; \quad (1)$$

- для коэффициента мощности ЧУАД

$$y_\lambda = 0{,}72323 + 0{,}02912 \cdot x_1 + 0{,}00564 \cdot x_2 - 0{,}00239 \cdot x_3 - 0{,}00263 \cdot x_4; \quad (2)$$

- для потребляемого тока ЧУАД

$$y_{I1} = 0{,}56397 + 0{,}00601 \cdot x_1 + 0{,}00523 \cdot x_2 + 0{,}00486 \cdot x_3 + 0{,}00373 \cdot x_4; \quad (3)$$

- для суммарных потерь ЧУАД

$$\begin{aligned} y_{\Sigma P} &= 0{,}07801 + 0{,}0131 \cdot x_1 + 0{,}00443 \cdot x_2 + 0{,}00134 \cdot x_3 + \\ &+ 0{,}00074 \cdot x_4 + 0{,}00092 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0{,}00042 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0{,}00027 \cdot x_1 \cdot x_4. \end{aligned} \quad (4)$$

На заключительном этапе нами была решена задача определения оптимальных значений факторов $x_1 \ldots x_4$ для получения максимальных значений коэффициента полезного действия η и коэффициента мощности λ ЧУАД при ограничениях его потребляемого тока $I_1 \le I_{1,\text{ном}}$, коэффициента мощности $\lambda \ge cos\varphi_{\text{ном}}$ и суммарных потерь $\Sigma P \le \Sigma P_{\text{ном}}$. Для решения поставленной задачи нами была использована графическая интерпретация целевых функций и ограничений в двухмерном факторном пространстве [Копылов И. П., с. 246]. Для целевых функций $\eta \to max$ и $\lambda \to max$ оптимизационная задача решалась поочередно: в начале при $x_1 = x_2 = const = 0$ (то есть при номинальных значениях активных сопротивлений статора $R_{1,\text{ном}} = 51{,}04$ Ом и ротора $R'_{2,\text{ном}} = 31{,}95$ Ом); затем при $x_3 = x_4 = const = 0$ (то есть при номинальных значениях индуктивных сопротивлений рассеяния статора $X_{1,\text{ном}} = 25{,}506$ Ом и ротора $X'_{2,\text{ном}} = 29{,}85$ Ом); после этого полученные значения факторов усреднялись. Алгоритм графического решения оптимизационной задачи был следующим:

- в неравенства ограничений ($\lambda \ge cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_1 \le I_{1,\text{ном}}$ или $\Sigma P \le \Sigma P_{\text{ном}}$) в левые части подставлялись соответствующие уравнения регрессии (2) – (4), в правые части соответствующие численные значения $cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_{1,\text{ном}}$ или $\Sigma P_{\text{ном}}$;

- знак неравенства заменялся знаком равенства, и один фактор выражался через другой ($x_2 = f(x_1)$ или $x_4 = f(x_3)$); полученные зависимости строились на соответствующей координатной плоскости;

- определялась область допустимых решений, для чего в неравенства ограничений ($\lambda \geq cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_1 \leq I_{1,\text{ном}}$ или $\Sigma P \leq \Sigma P_{\text{ном}}$) подставлялись значения факторов, равные нулю; если неравенство было верным, то центр плана (точка с координатами (0; 0)) принадлежал к области допустимых решений; в противном случае область допустимых решений не содержала центра плана; определялись границы области допустимых решений и вершины этой области;

- координаты вершин поочередно подставлялись в уравнения регрессии (1) или (2) и выяснялось, в какой точке выполнялось условие $\eta \to max$ или $\lambda \to max$; таким образом устанавливались оптимальные значения факторов на данном этапе решения задачи.

После этого выполнялось усреднение полученных значений факторов.

Результаты графического решения оптимизационной задачи при $\eta \to max$, ограничениях $\lambda \geq cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_1 \leq I_{1,\text{ном}}$ и $x_1 = x_2 = 0$ приведены на рис. 1. Оптимальная точка D (–1; –1).

Результаты решения для случая $\eta \to max$ при ограничениях $\lambda \geq cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_1 \leq I_{1,\text{ном}}$ и $x_3 = x_4 = 0$ приведены на рис. 2. В этом случае оптимальной была точка B (0,14; –1).

Рисунок 1. Область допустимых решений при $\eta \to max$; $\lambda \geq cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_1 \leq I_{1,\text{ном}}$ и $x_1 = x_2 = 0$

Рисунок 2. Область допустимых решений при $\eta \to max$; $\lambda \geq cos\varphi_{\text{ном}}$, $I_1 \leq I_{1,\text{ном}}$ и $x_3 = x_4 = 0$

Для задачи при $\lambda \to max$, ограничениях $\Sigma P \le \Sigma P_{\text{ном}}$, $I_1 \le I_{1,\text{ном}}$ и $x_1 = x_2 = 0$ решение приведено на рис. 3. Оптимальной выступила точка B (–1; –1).

Результаты решения оптимизационной задачи для $\lambda \to max$ при ограничениях $\Sigma P \le \Sigma P_{\text{ном}}$, $I_1 \le I_{1,\text{ном}}$ и $x_3 = x_4 = 0$ приведены на рис. 4. В этом случае оптимальной точкой была C (0,23; –1).

Рисунок 3. Область допустимых решений при $\lambda \to max$; $\Sigma P \le \Sigma P_{\text{ном}}$, $I_1 \le I_{1,\text{ном}}$ и $x_1 = x_2 = 0$

Рисунок 4. Область допустимых решений при $\lambda \to max$; $\Sigma P \le \Sigma P_{\text{ном}}$, $I_1 \le I_{1,\text{ном}}$ и $x_3 = x_4 = 0$

Усредненные значения факторов для задачи $\eta \to max$:

$$x_{1,cp} = \frac{0 + 0{,}14}{2} = 0{,}07;\ x_{2,cp} = \frac{0+(-1)}{2} = -0{,}5;$$

$$x_{3,cp} = \frac{-1+0}{2} = -0{,}5;\ x_{4,cp} = \frac{-1+0}{2} = -0{,}5.$$

Усредненные значения факторов для задачи $\lambda \to max$:

$$x_{1,cp} = \frac{0 + 0{,}23}{2} = 0{,}115;\ x_{2,cp} = \frac{0+(-1)}{2} = -0{,}5;$$

$$x_{3,cp} = \frac{-1+0}{2} = -0{,}5;\ x_{4,cp} = \frac{-1+0}{2} = -0{,}5.$$

Окончательно определены оптимальные значения факторов одновременно для задач $\eta \to max$ и $\lambda \to max$:

$$x_{1,опт} = \frac{0{,}07 + 0{,}115}{2} = 0{,}0925;\ x_{2,опт} = \frac{-0{,}5 - 0{,}5}{2} = -0{,}5;$$

$$x_{3,опт} = \frac{-0{,}5 - 0{,}5}{2} = -0{,}5;\ x_{4,опт} = \frac{-0{,}5 - 0{,}5}{2} = -0{,}5.$$

Оптимальные значения параметров схемы замещения ЧУАД в физических единицах определялись по формуле:

$$X_{i,опт} = X_{i,ном} + \frac{\Delta x}{100\%} \cdot X_{i,ном} \cdot x_{i,опт}, \qquad (5)$$

где $X_{i,ном}$ – номинальное значение соответствующего фактора в омах; $x_{i,опт}$ – значение соответствующего фактора в кодированных единицах.

Оптимальные значения параметров схемы замещения исследуемого АД:

$R_{1,опт} = 51{,}984$ Ом; $R'_{2,опт} = 28{,}775$ Ом; $X_{1,опт} = 22{,}955$ Ом; $X'_{2,опт} = 26{,}865$ Ом.

Результаты исследований. Расчет рабочих характеристик ЧУАД при найденных оптимальных значениях сопротивлений по методике Шестаков А. В., Желнин В. В., Исмиев Р. Н. подтвердил полученные решения, в результате чего достигнуты максимальные значения КПД и коэффициента мощности при ограничениях потребляемого тока и суммарных потерь ЧУАД.

Вывод: модели первого порядка, полученные с помощью метода ПФЭ, вполне позволяют решать задачи оптимизации параметров схемы замещения ЧУАД. Дальнейшие исследования предполагают включение в число рассматриваемых факторов частоты основной гармоники напряжения и способа формирования кривой напряжения при широтно-импульсной модуляции.

Библиографический список

1. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование приводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. УРО. Екатеринбург, 2000. 654 с.
2. Ивоботенко Б. А., Ильинский Н. Ф., Копылов И. П. Планирование эксперимента в электромеханике. М. : Энергия, 1975. 184 с.
3. Копылов И. П. Применение вычислительных машин в инженерно-экономических расчетах. М. : Высшая школа., 1980. 256 с.
4. Проектирование электрических машин / Под ред. И. П. Копылова, М. : Юрайт, 2015. 766 с.

5. Шестаков А. В., Желнин В. В., Исмиев Р. Н. Экспериментальное исследование рабочих характеристик асинхронного двигателя при импульсном питании // Электротехника. 2016. № 6. С. 38–44.
6. Шестаков А.В. Моделирование и гармонический анализ импульсного напряжения при синусоидальной широтно-импульсной модуляции // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018) : сб. статей. Т. 2. Технические и физико-математические науки. Киров : Изд-во ВятГУ, 2018. – с. 1137 – 1144.

Использование отходов чёрной металлургии в качестве связующей добавки в строительный материал

Шульгина С. С.[a], Девятерикова С. В.[b], Имамалиев Э. А.[c]
кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной и прикладной экологии[b]
студент группы РСПб-4501-01-00 Института химии и экологии[a, c]
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация[a, b]
E-mail: usr01730@vyatsu.ru[a], stud070867@vyatsu.ru[b]

Аннотация: применение отходов металлургических производств в строительстве позволяет экономить первичные минеральные ресурсы. Целью работы является определение возможности применения окалины чёрной металлургии в качестве связующей добавки в строительный материал, а также нахождение оптимального содержания окалины в заготовке из цементно-песчаной смеси, которое позволит утилизировать отход и улучшить свойства строительного материала.

Проведены исследования влагоёмкости, влагостойкости, прочности, вымываемости, термостойкости, прочности образцов из цементно-песчаной смеси с содержанием окалины в них 0, 1, 5, 10, 15 и 20%.

Образец с 20 % содержанием окалины в составе начал раскрашиваться после нахождения в муфельной печь при температуре 105 °С в течение 2 часов, поэтому в дальнейших экспериментах данный образец не участвовал.

Выявлено, что оптимальное соотношение цементо-песчаной смеси и окалины составляет 99:1.

Ключевые слова: строительный материал, первичные минеральные ресурсы, связующая добавка, окалина, цементно-песчаная смесь.

Введение. Отходы производств целесообразно, экологически грамотно и экономически выгодно использовать вторично в этом же производстве либо в других. Металлургические предприятия производят большое количество различных по своему составу шламов и пылей, и лишь часть из них используется повторно. Применение этих материалов в строительстве позволяет экономить первичные минеральные ресурсы (песок, известь, глину, щебень).

В данной работе предложен вариант применения отходов чёрной металлургии (окалины) в качестве связующей добавки в строительный материал.

Цель исследования. Определить оптимальное содержание окалины в образце из цементно-песчаной смеси, которое позволит утилизировать отход и улучшить свойства строительного материала.

Задачи исследования. Приготовить образцы из цементно-песчаной смеси с различным процентным содержанием окалины;

- провести испытания образцов на влагоёмкость, влагостойкость, термостойкость, вымываемость, прочность и др.;
- определить оптимальное содержание окалины в образце.

Методы исследования.

Приготовление образцов

Приготовить цементно-песчаную смесь с содержанием окалины в ней 0, 1, 5, 10, 15 и 20, залить в силиконовые формы, выдержать до затвердевания.

Испытание на жаропрочность

Образцы поместить в муфельную печь при температуре 105-110 °С. По истечении времени оценить внешний вид образца на наличие трещин и раскрашивания.

Испытания на влагоёмкость и вымываемость

Образцы взвесить, поместить в воду на 24 часа, после чего снова взвесить и по привесу определить влагоёмкость. Определить вымываемость по массе взвешенных частиц в воде, отнесённой к исходной массе образца.

Методика биотестирования по гибели ракообразных daphnia magna straus [Фукс С. Л., Горностаева Е. А., с. 20, с. 30-45]

Методика основана на установлении различия между количеством погибших дафний в анализируемой пробе (опыт) и культивационной воде (контроль).

Результаты исследований, их обсуждение. В соответствии с методикой были приготовлены образцы с содержанием окалины в них от 0 до 20 %. Образцы поместили на 2 часа в муфельную печь при температуре 105 °С. Образец с 20 % содержанием окалины в составе начал раскрашиваться, поэтому в дальнейших экспериментах он не участвовал.

Остальные образцы поместили в дистиллированную воду на 20 час, после чего рассчитали их влагоёмкость. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения влагоёмкости

Содержание окалины, %	Исходная масса образца, г	Масса образца после выдерживания в воде, г	Влагоемкость, %
0	92,4	103,6	12
1	92,1	104,8	14
5	92,3	104,8	14
10	91,6	104,0	14
15	92,2	104,6	13

Как видно из таблицы, влагоёмкость образцов с окалиной в составе несколько выше, чем без неё, и практически не зависит от процентного её содержания.

Далее определили вымываемость (табл. 2).

Таблица 2

Результаты определения вымываемости

Содержание окалины в заготовке, %	Исходная масса образца, г	Масса взвешенных в воде частиц $\cdot 10^2$, г	Вымываемость $\cdot 10^2$, %
0	92,4	9	10
1	92,1	3	3
5	92,3	5	5
10	91,6	7	8
15	92,2	10	11

Результаты показали, что вымываемость при включении окалины в состав цементно-песчаной смеси уменьшается по сравнению с контрольным образцом. Тем не менее, она увеличивается с ростом содержания окалины в образце и минимальна при содержании окалины 1%.

Результаты биотестирования водных вытяжек из образцов с включением окалины приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты биотестирования водных вытяжек из заготовок с включением окалины

Процентное содержание окалины в образце, %	Количество подсаженных дафний, шт.	Количество живых дафний после четырех суток, шт.
0	10	9
1	10	9
5	10	7
10	10	6
15	10	8

Оптимальным содержанием окалины в образце также является 1 %. Именно это содержание окалины в цементно-песчаной смеси не изменяет токсические характеристики вытяжки.

В конечном итоге образцы прошли испытание на прочность на пресс-машине (табл.4).

Таблица 4

Результаты определения прочности образцов на пресс-машине

Процентное содержание окалины, %	Сила, кг
0	1100
1	3000
5	2530
15	1400

Как видно из таблицы, образец с 1 % содержанием окалины в составе выдержал максимальную нагрузку, практически в 3 раза превышающую прочность контрольного образца.

Выводы. В работе были проведены исследования влагоёмкости, влагостойкости, вымываемости, термостойкости, прочности образцов из цементно-песчаной смеси с различным процентным содержанием окалины. При проведении опытов было выявлено, что оптимальное соотношение цементо-песчаной смеси и окалы составляет 99:1.

Библиографический список

1. Фукс С. Л., Горностаева Е. А. Химия окружающей среды. Киров : ВятГУ, 2017. 57 с.

Современные методы исследования рабочего процесса ДВС

Шулятьев И. П.
магистрант кафедры технологии машиностроения
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация
E-mail: shulyatev_ip@mail.ru

Аннотация. В статье описывается новый способ записи индикаторной диаграммы двигателя внутреннего сгорания, который позволит увеличить точность измерений и сократить время, а также трудозатраты на их получение. В настоящее время существует множество методов, которые используются для снятия индикаторной диаграммы, но они не обладают достаточной точностью измерения, и для реализации таких методов необходимо потратить немало времени и сил.

Целью данной работы является упрощение методики получения индикаторной диаграммы, с параллельным повышением точности измерений.

Основные области применения – СТО автомобилей и наука, изучающая процессы ДВС.

Ключевые слова: индикаторная диаграмма, действительный цикл ДВС, измерение, давление, датчик.

Действительным циклом двигателя внутреннего сгорания называется набор цикличных тепловых, газодинамических и химических процессов, протекающих в цилиндре реального двигателя. Результатом протекания этих процессов является преобразование термохимической энергии в механическую работу. [Кухаренок Г. М., с. 17]

В связи с тем, что не представляется возможным учесть все потери во время протекания каждого процесса проблемным становится аналитическое определение работы, совершаемой за действительный цикл ДВС.

Для оценки отдельных данных, характеризующих действительный цикл, необходимо иметь индикаторную диаграмму. Для ее получения используется специальный прибор, который называется индикатором. С его помощью регистрируют изменение давления по углу поворота коленчатого вала или ходу поршня.

Для снятия многоцикловых диаграмм в быстроходных двигателях применяют пневмоэлектрические индикаторы. Схема, поясняющая устройство и принцип действия такого индикатора типа МАИ-2 показана на рис.1.

На барабан 16 натянута бумага, на которой искра, «проскакивающая» между искровым штифтом 15 и барабаном 16, прожигает отверстие. В момент

выравнивания давления в цилиндре и над мембраной 2 электрическая цепь размыкается из-за прогибания мембраны. В это время тиратронный блок 11 подает импульс высокого напряжения на шину 14, вследствие чего зажигается искра.

Рисунок 1. Принципиальная схема электропневматической индикаторной установки типа МАИ-2:

1 - цилиндр дизеля; 2 – мембрана приемника; 3 – приемник давления; 4 – электрод; 5 – поршень дизеля; 6 – манометр; 7 – воздухопровод; 8,9 – краны; 10 – баллон; 11 – тиратронный блок; 12 – плунжер подвижный; 13 – пружина; 14 – шина импульса высокого напряжения; 15 – искровой штифт; 16 – барабан; 17 – кулачковая муфта; 18 – плунжер неподвижный; 19 – гильза; 20 – бачок; 21 – шатунная шейка коленчатого вала.

При вращении коленчатого вала двигателя, соединенного с барабаном, подвижный плунжер с искровым штифтом перемещается вдоль барабана прожигая отверстие в бумаге в тот момент, когда в пневматической системе возникает определенное давление, создаваемое в цилиндре двигателя, и соответствующий ему угол поворота коленчатого вала. Таким же образом происходит замыкание мембраной электрической цепи. [Пойда А. А., Хуторянский Н. М., Кононов В. Е., с. 49]

Комплекс НК-5 фирмы «Аутроника» (рис. 2.) также используется при оценке данных действительного цикла дизеля. При использовании нескольких датчиков различного типа контролируются давление газов на выходе, давление наддува, давление топлива, угол поворота вала. Результаты измерения – индикаторная диаграмма, отображаются на цветном мониторе, либо выводятся

на печатающее устройство. Диаграмма может быть построена для мгновенных значений давления, получаемых за один действительный цикл, либо для усредненных значений за определенное количество циклов.

Рассмотренные выше методы имеют существенные недостатки. К числу их относится большая трудоемкость проведения измерений, большая погрешность получения индикаторной диаграммы.

Рисунок 2. Схема комплекса НК-5 фирмы «Аутроника»

Для упрощения и увеличения точности измерений было решено использовать новый метод. Для снятия показаний использовалась схема, показанная на рис.3.

Рисунок 3. Схема подключения датчика динамического давления PS01

В качестве измерителя использовался датчик динамического давления с зарядовым выходом PS01 (рис. 4), обладающий такой особенностью, как регистрация высокоскоростных импульсных процессов при долговременной стабильности и широком динамическом диапазоне.

Рисунок 4. Датчик PS01, ввернутый в головку двигателя

Датчик, от которого данные через кабель АК04 передавались на усилитель заряда AQ02-001, через переходник ввертывался в головку ДВС. Усилитель заряда предназначен для преобразования высокоимпедансного сигнала заряда пьезоэлектрических преобразователей в низкоимпедансный сигнал напряжения.

Преобразованные данные с усилителя заряда поступали на модульную систему сбора данных NI CompactDAQ, которая позволяет реализовать быстрые, точные измерения с помощью небольшой, простой системы.

После USB системы сбора данных в схему подключался ноутбук с утановленным программным обеспечением National Instrument. Данное ПО фиксировало данные, получаемые во время проведения испытания (рис. 5).

Рисунок 5. Индикаторная диаграмма, полученная в результате испытания

В результате проведения испытаний по схеме, представленной в данной статье, выявлено два существенных достоинства, отличающих данный метод от более старых:

- простота измерения – для реализации метода необходимо только установить датчик в головку двигателя, который заранее подключен к схеме, запустить этот двигатель и снимать показания с ПК;
- повышение точности измерения – датчик обладает чувствительным монокристаллическим элементом с чувствительностью 20 пКл/бар и измеряемым диапазоном от 0,1 до 250 бар.

Библиографический список

1. Кухаренок Г. М. Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания : методическое пособие для студентов заочной формы обучения специальностей 1-37.01.0. Минск : БНТУ, 2011. 62 с.
2. Пойда А. А., Хуторянский Н. М., Кононов В. Е. Тепловозы. Механическое оборудование. Устройство и ремонт. М. : Транспорт, 1988. 320 с.
3. Плотников С. А., Карташевич А. Н. Разработка числовых методов определения свойств новых топлив / Вестник машиностроения. 2018. № 3. С. 7-10.
4. Плотников С. А., Зубакин А. С. Анализ процесса сгорания генераторного газа и его смеси с бензином в поршневом двигателе // Двигателестроение. 2018. № 3. С. 14-18.