

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

СПЕЦВЫПУСК



БАЛАКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (БИТИ НИЯУ МИФИ)

I Региональная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий»

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал

New Look at Evolution



Heterochromatin
Euchromatin

Ribosome

Nuclear pore

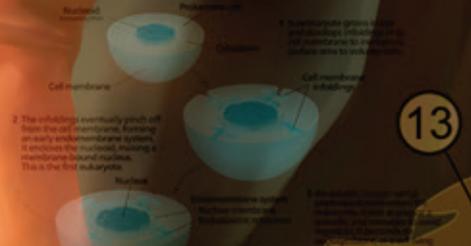
Rough endoplasmic reticulum Nucleus

Nuclear envelope
Nuclear pore
Ribosomes
Smooth endoplasmic reticulum

Secretory Vesicle

Lysosome

Plasma membrane



14.2
2015

Understanding Global

Change,

Symbi

Eukaryote

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 14.2 (94.2) / 2015

Спецвыпуск

Балаковский инженерно-технологический институт - филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (БИТИ НИЯУ МИФИ)

I региональная научно-практическая конференция

«Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, *кандидат географических наук*

Алиева Тарана Ибрагим кызы, *кандидат химических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Данилов Олег Евгеньевич, *кандидат педагогических наук*

Дёмин Александр Викторович, *кандидат биологических наук*

Дядюн Кристина Владимировна, *кандидат юридических наук*

Желнова Кристина Владимировна, *кандидат экономических наук*

Жуйкова Тамара Павловна, *кандидат педагогических наук*

Жураев Хуснидин Олтинбоевич, *кандидат педагогических наук*

Игнатова Мария Александровна, *кандидат искусствоведения*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Кузьмина Виолетта Михайловна, *кандидат исторических наук, кандидат психологических наук*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических наук*

Матроскина Татьяна Викторовна, *кандидат экономических наук*

Матусевич Марина Степановна, *кандидат педагогических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенцов Аркадий Эдуардович, *кандидат политических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Титова Елена Ивановна, *кандидат педагогических наук*

Ткаченко Ирина Георгиевна, *кандидат филологических наук*

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, *кандидат химических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ячинова Светлана Николаевна, *кандидат педагогических наук*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 26

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

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Ответственные редакторы:

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображена Линн Маргулис (1938—2011) — американский биолог, создатель современной версии теории симбиогенеза.

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

СОДЕРЖАНИЕ

01. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

| | |
|---|----|
| Барановская Л. В., Кучер А. В. Исследование успеваемости студентов с использованием метода наименьших квадратов | 1 |
| Зубова Н. Г., Малкина К. А., Хмелькова Е. С. Высокотемпературная обработка гидратцеллюлозного волокна | 3 |
| Лебедев С. В. Оптимизация стального винтового анкера глубокого заложения ВАС-50 | 5 |
| Миляева Н. В. Сетевизация институтов хозяйственного механизма..... | 8 |
| Таганова В. А., Красовская Т. А., Пичхидзе С. Я. Способы подготовки металлических поверхностей | 11 |
| Щербина Н. А. Влияние СВЧ обработки на эффективность модификации полиакрилонитрильного волокна | 13 |

02. ЭНЕРГЕТИКА И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Самсонов А. В. Гашение шумов и вибраций в производстве сборного железобетона | 16 |
| Стельмах И. В. Анализ способов разрушения материалов с точки зрения ресурсосбережения | 18 |
| Терёшин Ю. В. Пространственное представление энергетических состояний атома средствами компьютерной техники | 20 |
| Фролова М. А., Куркина А. А. Использование энергосберегающих технологий в детском саду | 22 |
| Фролова М. А. Использование имитационного моделирования для анализа деятельности предприятий энергетического комплекса | 24 |

Хречков Н. Г.

| | |
|--|----|
| Обоснование структурной схемы системы управления перекосом козлового крана..... | 26 |
|--|----|

03. IT-ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ, НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

| | |
|---|----|
| Варгина Е. В. Информационные технологии как ресурс подготовки специалистов технических направлений | 29 |
| Виштак Н. М., Степанова А. В. Анализ программного обеспечения для разработки информационных систем мониторинга учебной деятельности студентов . | 30 |
| Виштак О. В., Фролов Д. А. Проектирование графического интерфейса интерактивной компьютерной обучающей системы для подготовки персонала предприятия..... | 32 |
| Лазарева А. А. Особенности подготовки специалистов в современных условиях | 34 |
| Фролов Д. А., Самойлов А. А. Обзор SDK при разработке приложений дополненной реальности | 37 |
| Штырова И. А., Бызова Ю. А. Разработка объектно-ориентированной модели образовательного интерактивного приложения | 39 |

| | |
|--|----|
| 04. НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОВОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ | |
| Бойчук С. В. Моделирование металлической ребристой панели с помощью ПК ЛИРА | 43 |
| Вертынский О. С., Ольховатова Я. О. К вопросу проектирования фундаментов объектов АЭС | 45 |

| | |
|--|----|
| Голова Т. А., Рыбаков Д. В. Особенности проектирования трубобетонных колонн для машзала АЭС | 47 |
| Магеррамова И. А., Лысенкова Н. Н. Грамотная звукоизоляция | 50 |
| Меланич В. М., Лысенков Н. Н. Определение динамических характеристик волновых процессов в линейных регулярных системах | 52 |
| Ращепкина С. А., Сафонова Е. В. Проектирование арочного покрытия склада АЭС | 55 |

05. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

| | |
|--|----|
| Кобзев А. П., Ковригин С. В. Оптимальное проектирование механизмов подъема грузоподъемных кранов | 57 |
| Кобзев А. П., Коротков А. С. Оптимальное проектирование механизма передвижения методом динамического программирования..... | 59 |
| Кобзев А. П., Папушкина А. В. Оптимальное проектирование металлоконструкции моста крана полукозловой грузоподъемностью 20 тонн | 62 |
| Чернова Н. М. Методика проектирования равнопрочных планетарных зубчатых передач грузоподъемных машин при заданных габаритных размерах передачи | 64 |

06. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

| | |
|---|----|
| Костин Д. А., Разуваев А. В., Кочеваткина Э. Ф. Эффективность сооружения малой ТЭЦ как инвестиционного проекта | 66 |
| Костин Д. А., Разуваев А. В. Оптимизация количества газопоршневых энергоустановок в энергетическом комплексе | 68 |
| Кудашева И. О., Марьина Н. Л., Селифонов С. К. Релаксация начальных технологических остаточных напряжений в поверхностном слое КШМ после технологического поверхностного пластического деформирования | 70 |

| | |
|--|----|
| Кудашева И. О., Меликов Э. М. Технологическая ультразвуковая обработка прецизионных деталей форсированных дизелей | 73 |
| Перельгина Т. А., Фролова А. В. Влияние сил, действующих в технологической системе на точность обработки нежестких валов | 75 |

07. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И САПР В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

| | |
|--|----|
| Бирюков В. П. Обеспечение эффективности автоматизированной системы управления продольным профилем нежестких валов при токарной обработке | 79 |
| Емельянов Е. А., Кожанова Е. Р., Захаров А. А. Автоматизированная многофункциональная установка измерения магнитных полей систем различного назначения | 81 |
| Мостовой В. Д., Сорокин В. А., Бирюков В. П. Автоматизированная система исследования частотных характеристик металлорежущих станков..... | 84 |
| Мурин С. В., Кобелев М. Р. Разработки метода управления процессом формообразования при токарной обработке нежестких валов | 86 |
| Мурина А. С., Бирюков В. П. Математическая модель структуры полиакрилонитрильного волокна в производстве углеродного волокна | 89 |

08. УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

| | |
|--|----|
| Барабанова А. П., Скоробогатова Т. Н. Моделирование распределения нагрузок по лопасти гидротурбины как системы с распределенными параметрами | 92 |
| Гевлич А. О., Грицюк С. Н. Программируемое устройство на базе МК AVR | 94 |
| Ефремова Т. А., Игнатова О. Н. Разработка виртуальной модели процесса приготовления магнитных жидкостей электроимпульсным способом | 96 |

| | |
|---|--|
| Козлова Т. Д. Реализация экспертной системы в составе системы мониторинга технологического процесса.....99 | Зименкова Л. Д. Усадебные комплексы купцов старообрядцев Мальцевых в Балаково 113 |
| Мерзлякова А. Ю., Мефедова Ю. А. Анализ распределения напряжений по толщине гидравлического рукава..... 101 | Кашаева Е. О. Купеческая архитектура Балаково XIX – начала XX века 116 |
| Шумарова О. С., Утюмов А. А. Распознавание дефектов деталей с помощью нейронной сети определенного типа 104 | МиLINEвич А. Д. «Белокаменный феникс» Шехтеля в современности 120 |
| 09. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ ИСТОРИКО- АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ | Незванкина М. В. Влияние инженерно-геологических условий города на сохранность памятников истории и культуры 123 |
| Закирова Т. Т., Молодчикова А. А. Черты национально-романтической ветви в творчестве Бондаренко И. Е. 108 | Попова Н. А., Плотникова Т. А. Древнерусские черты и архитектурные формы в архитектуре свято-троицкого храма архитектора Ф. О. Шехтеля 124 |

01. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Исследование успеваемости студентов с использованием метода наименьших квадратов

Барановская Лариса Вакифовна, кандидат технических наук, доцент;
 Кучер Андрей Владимирович, студент
 Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
 ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Для исследования успеваемости студентов были собраны экспериментальные данные, представленные в таблице 1:

— баллы, полученные студентами группы на ЕГЭ (едином государственном экзамене) по математике,

— средние оценки по высшей математике за 1 семестр обучения в институте.

Найдем с помощью метода наименьших квадратов функцию, которая как можно ближе располагалась к экспериментальным точкам таблицы 1.

Таблица 1

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Балл по ЕГЭ (x_i) | 34 | 40 | 40 | 40 | 48 | 56 | 60 | 60 | 62 | 70 | 73 |
| Ср.балл в институте (y_i) | 3,7 | 2,7 | 3 | 3,7 | 4 | 3,3 | 3,3 | 4,7 | 3,7 | 4,7 | 5 |

Исследование с помощью метода наименьших квадратов происходит в два этапа:

1) подбор вида функции; 2) вычисление параметров функции.

Первая задача не имеет строгого решения. Здесь может помочь опыт и интуиция исследователя, характер расположения на координатной плоскости точек, соответствующих экспериментальным значениям.

На рисунке 1 представлены точки из таблицы 1, по которым видно, что искомую функцию можно искать в виде линейной функции $y = ax + b$.

На втором этапе нужно подобрать параметры функции (a и b) так, чтобы функция располагалась как можно ближе к экспериментальным точкам.

В методе наименьших квадратов рассматривают сумму квадратов разностей значений y_i , даваемых экспериментом, и функции $ax + b$ в соответствующих точках x_i :

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2.$$

Задача сводится к нахождению значений параметров a и b , при которых функция $F(a, b)$ имеет минимум. Находим частные производные функции и приравняем их к нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(a, b)}{\partial a} = 0, \\ \frac{\partial F(a, b)}{\partial b} = 0. \end{cases}$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i x_i - a \sum_{i=1}^n x_i^2 - b \sum_{i=1}^n x_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i - nb = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Для удобства вычисления параметров a и b заполним таблицу 2.

Система (1) принимает вид:

$$\begin{cases} 2282 - 32669a - 583b = 0, \\ 41,8 - 583a - 11b = 0. \end{cases}$$

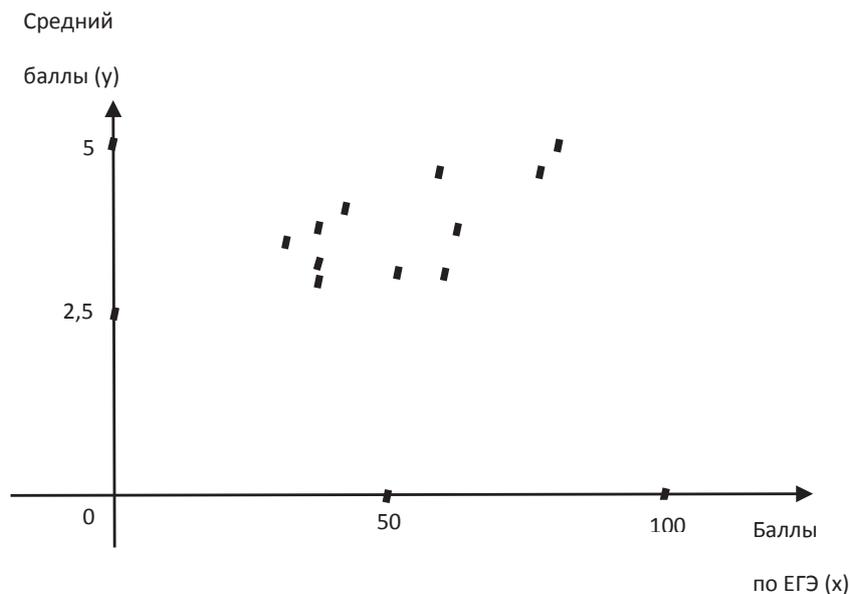


Рис.1. Изображение экспериментальных данных

Таблица 2

| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | $\sum_{i=1}^n$ |
|-----------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|----------------|
| x_i | 34 | 40 | 40 | 40 | 48 | 56 | 60 | 60 | 62 | 70 | 73 | 583 |
| y_i | 3,7 | 2,7 | 3 | 3,7 | 4 | 3,3 | 3,3 | 4,7 | 3,7 | 4,7 | 5 | 41,8 |
| $x_i y_i$ | 125,9 | 108 | 120 | 148 | 192 | 184,8 | 198 | 282 | 229,4 | 329 | 365 | 2282 |
| x_i^2 | 1156 | 1600 | 1600 | 1600 | 2304 | 3136 | 3600 | 3600 | 3844 | 4900 | 5329 | 32669 |

Решая полученную систему любым методом (Крамера, методом подстановки), находим параметры $a = 0,038$, $b = 1,806$.

Таким образом, искомая линейная функция, наиболее близко расположенная к экспериментальным точкам, будет иметь вид (рис. 2):

$$y = 0,038x + 1,806 \quad (2)$$

Проверим гипотезу о существовании связи между x и y . Вычислим значение произведения $|r_{xy}| \sqrt{n-1}$, используя формулы:

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad \text{— коэффициент корреляции;}$$

$$C_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n} - \bar{x} \bar{y} \quad \text{— корреляционный момент;}$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \bar{x}^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} - \bar{y}^2 \quad \text{— средние квадратичные отклонения;}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \text{— средние арифметические значения.}$$

Получаем следующие значения:

$$C_{xy} = 6,0545, \quad \sigma_x = 12,6846, \quad \sigma_y = 0,4918, \\ r_{xy} = 0,97.$$

В итоге получаем значение произведения:

$$|r_{xy}| \sqrt{n-1} = 3,067 > 3,$$

следовательно, связь между x и y достаточно вероятна.

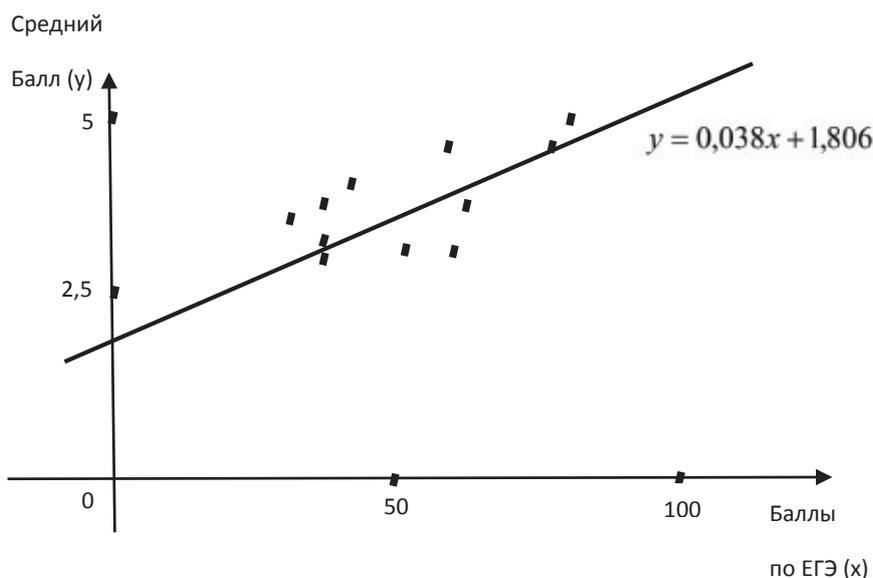


Рис.2. Искомая прямая

Таким образом, связь между баллами по ЕГЭ и средними оценками по математике в институте является линейной и определяется уравнением

$$y = 0,038x + 1,806 .$$

Литература:

1. Высшая математика в упражнениях и задачах: в 2 Ч.: учеб. пособие для вузов / Данко П. Е. [и др.]. — 7-е изд., испр. — М.: Мир и Образование: Астрель: Оникс, Ч. 2. — 2012. — 448 с.
2. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. — М.: Высшая школа, 2003. — 479 с.

Высокотемпературная обработка гидратцеллюлозного волокна

Зубова Наталья Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент
 Малкина Ксения Алексеевна, студент; Хмелькова Елизавета Сергеевна, студент
 Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
 ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Углеродные волокна (УВ) и углеродные волокнистые материалы (УВМ) получают путем высокотемпературных превращений без доступа воздуха (процесс пиролиза) исходных волокон-прекурсоров в основном из трех видов полимерных волокон, дающих наибольший выход углеродного остатка (кокса) при пиролизе: из гидратцеллюлозных волокон (ГЦВ), полиакрилонитрильных волокон (ПАН-волокон), нефтяных или каменноугольных пеков. Однако из-за специфики технологии переработки нефтяных и каменноугольных пеков, их канцерогенности и других причин для получения

УВ и УВМ используются в основном ГЦВ и ПАН-волокна — прекурсоры [1].

Процесс получения углеродных волокон из ГЦВ был одним из первых технологических процессов, реализованных в промышленном масштабе. Выбор ГЦВ обоснован, прежде всего, доступностью и воспроизводимостью исходного сырья — целлюлозы [2].

В ГЦВ содержатся неорганические примеси (авиаживые и замасливающие препараты), которые ухудшают свойства УВ. Поэтому большое внимание уделяют предварительной подготовке ГЦВ. Для удаления примесей

ГЦВ обрабатывают органическими растворителями или поверхностно-активными веществами (ПАВ). В качестве растворителей используется толуол, диэтиловый эфир и др. Содержание замасливателя не должно превышать 0,25%. Обработка растворами ПАВ с концентрацией 0,01–0,5% производится для удаления из ГЦВ солей, оставшихся после формования [3].

Для повышения выхода коксового остатка ГЦВ пропитывают катализаторами: фосфор-азотными соединениями, солями металлов, органосиланами, кислотами и основаниями Льюиса, антипиренами и другими веществами. При этом на подготовительной стадии регулируется и химическая структура; вводимые вещества регулируют процессы пиролиза [1].

Влага также относится к нежелательным примесям, так как в процессе карбонизации она способствует образованию смолистых продуктов, осаждающихся на материале, что способствует слипанию волокон, в результате чего повышается хрупкость и снижается прочность УВ. Поэтому волокно перед карбонизацией необходимо сушить при температуре не ниже 100°C в течение 15 часов.

По температурному режиму процесс высокотемпературной обработки ГЦВ подразделяется на следующие основные стадии: термическая деструкция (пиролиз целлюлозы), карбонизация и графитизация.

Термическая деструкция целлюлозы сопровождается большим числом последовательно и параллельно протекающих реакций, такими как: дегидратация, деметанирование, декарбонилирование, декарбонирование и деполимеризация [2, 3]. В результате этих процессов происходят глубокие превращения и образуются промежуточные продукты, часть которых в определенном температурном интервале превращается в углерод.

Реакции дегидратации и деполимеризации являются конкурирующими. Деполимеризация, протекающая при температурах выше 250°C и сопровождаемая выделением CO, CO₂ и H₂O, приводит к образованию левоглюкозана, а, следовательно, к увеличению выхода смолы и уменьшению выхода пека. Дегидратация препятствует реакции деполимеризации, подавляя образование левоглюкозана, и обеспечивает повышенный выход пека и в конечном итоге углерода. Реакция дегидратации начинается при более низких температурах — при 120°C. Поэтому при получении УВ процесс необходимо проводить в условиях, при которых происходит дегидратация целлюлозы.

Основные процессы термической деструкции целлюлозы завершаются при температуре 350°C. На этой стадии происходит наибольшая потеря массы целлюлозы, образуются многочисленные соединения и угольный остаток, содержащий 60–70% углерода.

Процессы карбонизации при термообработке ГЦВ протекают, в основном, при температурах 500–600°C. Начиная с этих температур можно проследить возникновение и развитие графитоподобных структур. При карбонизации, происходящей при температурах, достигающих

900–1550°C, продолжают химические процессы, обогащающие остаток углеродом.

Карбонизацию с целью получения УВ необходимо проводить в защитных средах, которые оказывают влияние на процесс пиролиза, выход углерода, свойства УВ. Инертные газы (аргон, азот) защищают ГЦВ от воздействия кислорода воздуха при карбонизации, вместе с этими газами удаляются продукты карбонизации целлюлозы.

Процесс графитизации протекает в пределах начальных температур 900–1500°C и конечных температур в интервале 2600–2800°C. В связи с тем, что процесс графитизации осуществляется с использованием сложного оборудования и с большими энергетическими затратами, стоимость графитизированного волокна возрастает по сравнению с карбонизованным. В процессе графитизации происходит обогащение волокна углеродом до содержания не менее 99% углерода. Потеря массы волокна на этой стадии составляет 5–15%. При графитизации происходит дальнейшая ароматизация углерода, увеличение размеров ароматических плоскостей и их взаимная ориентация, приводящая к увеличению кристаллических образований.

Графитизированное волокно представляет собой двухфазную систему, состоящую из кристаллического и аморфного углерода. Благодаря этому волокно характеризуется высокими механическими показателями и достаточной эластичностью.

Графитизация проводится в среде аргона. Образующиеся при графитизации углеводороды ухудшают свойства волокна. Поэтому рекомендуется подавать сильную струю инертного газа и удалять углеводороды. Оптимальная температура графитизации 2600–2800°C. УВ подвергают вытягиванию при карбонизации и графитизации, что позволяет повысить их механические свойства.

Вследствие глубоких химических превращений при высокотемпературной обработке и удаления летучих продуктов происходит уменьшения массы волокон. В результате выход волокна в виде углеродного остатка (кокса) составляет для волокон на основе ГЦ прекурсора — карбонизованных — 25–35%, графитизированных — 23–20%.

Химический состав, структура и свойства УВ зависят от состава исходных волокон-прекурсоров и условий их получения. С повышением температуры термообработки содержание углерода увеличивается от 80 до 99,5% [1].

По максимальной температуре термообработки и элементарному составу все УВ можно подразделить на три вида: частично карбонизованные (температура термообработки до 500°C, содержание углерода до 90%); карбонизованные (температура термообработки 500–1500°C, содержание углерода 91–99%); графитизированные (температура термообработки выше 1500°C, содержание углерода выше 99%).

Химическая структура УВ включает в основном ароматические карбо- и гетероциклические и, в меньшем количестве, линейные фрагменты, содержащие двойные

связи. В структуре УВ содержатся также атомы кислорода, азота, кремния, фосфора в зависимости от технологических добавок, а на поверхности — различные функциональные группы, преимущественно кислородсодержащие — гидроксильные, карбонильные, карбоксильные и др.

Термические свойства углеродных волокон и УВ существенно зависят от характера окружающей среды. На воздухе УВ способны окисляться при повышенных температурах. Поэтому их температура длительной эксплуатации на воздухе не превышает 300–400°C, в инертной среде — температура 400–600°C. В условиях кратковременного нагревания в инертной среде они выдерживают температуру 1500–2000°C и даже до 2500–3000°C.

УВ обладают полупроводниковыми свойствами и имеют значительную электропроводность. Варьируя условия высокотемпературной обработки, вводя легирующие добавки (бор, щелочные металлы) или образуя проводящие слои (карбидов металлов, ионов металлов), можно в широком диапазоне изменять электрические свойства УВ и УВМ.

УВ малогигроскопичны, но вследствие развитой поверхности происходит сорбция водяных паров до содержания влаги порядка 0,2–3,0%, не меняющей их механических свойств. Они обладают абсолютной фотохимической устойчивостью и атмосферостойкостью, вы-

сокой устойчивостью к действию проникающей радиации, хемостойкостью ко многим видам реагентов — концентрированным кислотам, щелочам, всем видам растворителей, умеренным окислителям. На них оказывают воздействие только сильные окислители при нагревании. УВ также абсолютно биостойки и биоинертны.

Углеродные волокна широко применяются в технике. Благодаря своим разнообразным свойствам, они могут быть использованы как непосредственно в виде волокон, так и в виде разнообразных волокнистых тканых и нетканых материалов [2].

На основе углеродных волокон созданы уникальные по своим свойствам волокнистые композиционные материалы с различными типами матриц — полимерными, керамическими, углеродными, металлическими.

Из углеволокнистых материалов изготавливают электроды, термодары, экраны, поглощающие электромагнитное излучение, и другие изделия для электро- и радиотехники [1, 4]. На основе УВ получают жесткие и гибкие электронагреватели, обогреваемую одежду и обувь. УВ служат высокотемпературной изоляцией технологических установок и трубопроводов. Благодаря химической инертности углеволокнистые материалы используют в качестве фильтрующих слоев для очистки агрессивных жидкостей и газов от дисперсных примесей, а также в качестве уплотнителей и сальниковых набивок.

Литература:

1. Перепелкин, К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, перспективы: монография / К. Е. Перепелкин. — СПб.: РИО СПбГУД, 2008. — 354 с.
2. Варшавский, В. Я. Углеродные волокна / В. Я. Варшавский. — М.: Варшавский, 2007. — 500 с.
3. Каданцева, А. И. Углеродные волокна: учеб. пособие / А. И. Каданцева, В. А. Тверской. — М.: МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2008. — 55 с.
4. Перепелкин, К. Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты: учебник / К. Е. Перепелкин. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 380 с.

Оптимизация стального винтового анкера глубокого заложения ВАС-50

Лебедев Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Винтовые анкеры (или якоря) являются одной из разновидностей заглубляемых в грунт устройств, применяемых для восприятия выдергивающих нагрузок в конструкциях опор ЛЭП, мачт, башен сотовой связи и др., предотвращения всплытия подземных трубопроводов, а также для стабилизации строительных машин на время выполнения работ.

В нашей стране на начальном этапе применялись преимущественно широколопастные стальные винтовые якоря с литой лопастью [1, 2; 3]. Одними из первых сварных

винтовых якорей были якоря (ЯС), разработанные ЦНИИЛесосплавом для лесонаправляющих и лесозадерживающих сооружений лесной промышленности [4]. После опыта использования якорей типа ЯС стали видны такие преимущества сварных якорей, как относительная простота конструкции и технологии изготовления, экономия металла.

Общим недостатком конструкций винтовых анкеров является значительное осевое усилие дополнительного пригруза для вдавливания наконечника ствола

в поверхностные слои грунта; в некоторых случаях дополнительный пригруз необходим на протяжении всего процесса погружения анкера, чтобы не допустить пробуксовки его в грунте. Эффективным способом уменьшения осевого пригруза является удлинение наконечника ствола винтового анкера и заведение на него дополнительных витков лопасти.

Одними из первых отечественных конструкций массового применения, в которых был реализован указанный способ, являются разработанные в середине 1980-х гг. специалистами института «Севзапэнергопроект» конструкции сварных металлических винтовых анкеров с плоскими лопастями диаметром от 500 до 1000 мм, начинающимися на конусе заострения ствола и переходящими на цилиндрическую часть, при этом их ширина (диаметр) постепенно увеличивается (рис. 1) [5].

Анкер содержит полый цилиндрический ствол с коническим наконечником и винтовой лопастью, заходящей на наконечник в пределах $2/3$ – $3/4$ витка. Остальная часть лопасти размещена на цилиндрическом стволе. Винтовая лопасть может быть одновитковой, двухвитковой; анкер может иметь несколько разнесенных по длине ствола лопастей. Для захвата анкера ключом при погружении на стволе предусмотрен рым-упор, с которым соединяется U-образный болт оттяжки.

Заведение части лопасти на конический наконечник на величину, большую $2/3$ ее витка, позволяет внедрить анкер в грунт без дополнительной осевой силы пригруза (практически во всех случаях достаточно пригруза, создаваемого массой анкера и механизма завинчивания) и, следовательно, значительно снизить необходимый момент завинчивания. Анкер такой конструкции имеет хорошее сцепление с грунтом благодаря описанной конфигурации винтовой лопасти, что сводит к минимуму вероятность его пробуксовки во время завинчивания [5].

Поскольку технология изготовления винтовых анкеров конструкции института «Севзапэнергопроект» достаточно проработана [5] и основательно доказана ее эффективность, данный тип винтовых анкеров и наконечников винтовых свай получает сейчас широкое распространение в различных областях строительства.

В затраты на возведение винтовых анкерных фундаментов входят затраты на завинчивание анкеров в грунт, которые в свою очередь определяются глубиной погружения, параметрами винтовых анкеров и механизма вращения, установленного на машине. Поскольку винтовые анкеры характеризуются большим числом взаимосвязанных геометрических параметров, при выборе которых необходимо учитывать значительное количество ограничений, проектирование анкеров выполняется, как правило, на базе известных конструкций с учетом рекомендаций, полученных на основе опыта эксплуатации.

Согласно [5], при конструировании металлических винтовых анкеров для обычных грунтов целесообразно придерживаться следующих диапазонов основных параметров:

— наружный диаметр металлической трубы ствола $d_{ст}$ от 168 до 325 мм при толщине стенки $s = 8...16$ мм;

— наибольший диаметр винтовой лопасти $D = (2,5...5,0) d_{ст}$; причем рекомендуются винтовые анкера с диаметром лопастей 500, 850 и 1000 мм;

— шаг винтовой лопасти: при $D = 850...1000$ мм следует принимать $a = (0,15...0,25) D$; при $D = 500$ мм — $a = (0,3...0,4) D$;

— число витков лопасти: для одновиткового анкера $n = 1,25...1,5$, а для двухвиткового $n = 2,25...2,5$;

— высота конуса заострения ствола $h = (1,5...2,0) d_{ст}$.

При использовании современных ЭВМ можно ставить задачу оптимального проектирования анкеров. С учетом сложности задачи для ее решения наиболее удобными и эффективными являются численные методы оптими-

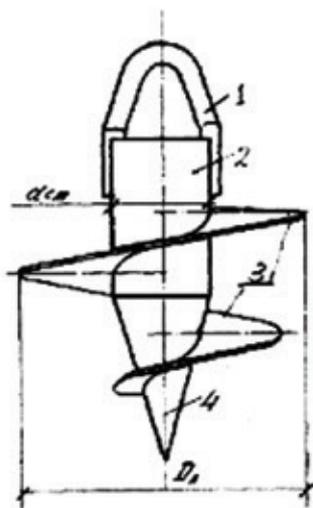


Рис. 1. Широколопастной анкер конструкции института «Севзапэнергопроект»: 1 — рым-упор; 2 — полый цилиндрический ствол; 3 — винтовая лопасть; 4 — конический наконечник ствола

зации 0-го порядка (методы прямого поиска), не требующие вычисления производных целевой функции [6]. В работе [7] подробно описан разработанный алгоритм автоматизированного оптимального проектирования винтовых анкеров по критерию минимума энергоемкости процесса завинчивания.

Исходными данными на проектирование винтового анкера являются:

- величина требуемой несущей способности;
- физико-механические характеристики грунта;
- глубина h погружения несущего витка лопасти анкера;
- материал винтового анкера и его свойства.

Общие ограничения при проектировании анкера следующие:

- обеспечение требуемой несущей способности винтового анкера;
- обеспечение прочности элементов конструкции анкера;
- обеспечение углов подъема винтовой лопасти, не превышающих угла трения поверхности винтовой лопасти о грунт.

Алгоритм выбора оптимальных параметров составлен по модульному принципу [7]. Основная программа *MP* является управляющей и строится по модифицированному методу Хука-Дживса исследующего поиска [8], отличающегося тем, что во избежание разрыва целевой функции проверка всех ограничений выполняется в подпрограммах. После того, как на основании исходных данных будут определены значения всех параметров и целевой функции в глобальной нулевой базовой точке в процедуре *FBP* и назначены шаги варьирования переменных

обращением к подпрограмме *FIS* проводится исследование поведения целевой функции в окрестности базовой точки путем варьирования трех безразмерных параметров. Оператором сравнения определяется убывание целевой функции по сравнению с ее базовым значением. Если убывания нет, то глобальная базовая точка не изменяется, вдвое уменьшаются шаги движения по всем параметрам, после чего снова производится исследование целевой функции на экстремум. Если функция уменьшилась, то значения параметров и целевой функции сохраняются и принимаются за новую глобальную базовую точку. Затем происходит исследование с уменьшенным вдвое шагом. Исследование прекращается, когда шаг исследования окажется меньше наперед заданной малой величины. Таким образом, в результате исследования получают значения геометрических параметров винтового анкера, обеспечивающие минимальную энергоемкость процесса завинчивания его в грунт.

В качестве примера, иллюстрирующего эффективность применения описанной методики оптимального проектирования винтовых анкеров, рассмотрен винтовой анкер с глубиной заложения винтовой лопасти 3 м, диаметрами лопасти и ствола соответственно 500 и 168 мм; при этом рассмотрена установка анкера в глинистый и песчаный грунт. Т.к. несущая способность винтового анкера по грунту определяется диаметрами его ствола d и винтовой лопасти D , при оптимизации оставляем их без изменения, для того чтобы оптимизированный анкер обеспечивал такую же несущую способность, что и базовый вариант ВАС-50 [9]. Параметры базового и оптимизированного винтовых анкеров, а также характеристики грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Грунт | Песок средней крупности, плотный, водонасыщенный ($w = 17\%$; $\rho = 1,92 \text{ г/см}^3$; $e = 0,45$; $c = 3 \text{ кПа}$; $\varphi = 40^\circ$; $f = 0,7$) | | Глина полутвердая ($I_L = 0,22$; $w = 19\%$; $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$; $e = 0,5$; $c = 115 \text{ кПа}$; $\varphi = 18^\circ$; $f = 0,4$) | |
|--|--|------------------|---|------------------|
| | Базовый ВАС-50 | Оптимизированный | Базовый ВАС-50 | Оптимизированный |
| Винтовой анкер | | | | |
| Диаметр лопасти D , мм | 500 | | 500 | |
| Диаметр ствола d , мм | 168 | | 168 | |
| Шаг винта t , мм | 200 | 225 | 200 | 210 |
| Уменьшение времени завинчивания, % | - | 12,5 | - | 5,0 |
| Толщина лопасти δ_l , мм | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Толщина ствола $\delta_{ст}$, мм | 8 | | 8 | |
| Угол конусности лопасти $2\alpha_l$, ° | 96 | 110 | 96 | 116 |
| Угол конусности наконечника ствола $2\alpha_{к}$, ° | 31,28 | 40 | 31,28 | 46 |
| Начальный радиус лопасти r_l , мм | 28 | 28 | 28 | 28 |
| Относит. параметры | D/d | 2,976 | 2,976 | 2,976 |
| | h/d | 1,786 | 1,374 | 1,786 |
| | t/d | 1,19 | 1,34 | 1,19 |
| | r_l/d | 0,167 | 0,167 | 0,167 |
| Число витков заходной части лопасти n_x | 0,88 | 0,69 | 0,88 | 0,66 |

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Число витков, заведенное на конусный нако- нечник ствола ПК ^к | 0,88 | 0,68 | 0,88 | 0,63 |
| Число витков несущей части лопасти $n_{\text{н}}$ | 1,0 | | 1,0 | |
| Энергоемкость процесса завинчивания, кДж | 573,7 | 503,2 | 534,0 | 457,6 |
| Снижение энергоемкости, % | - | 12,29 | - | 14,31 |
| Максимальный момент завинчивания, кН·м | 12,2 | 12,0 | 11,3 | 10,2 |
| Снижение момента завинчивания, % | - | 1,33 | - | 10 |

На основе сравнительного анализа оптимизированного и базового винтовых анкеров можно сделать вывод, что путем оптимизации параметров винтового анкера по критерию минимальной энергоемкости завинчивания в грунт можно добиться снижения энергоемкости на 12,29% в песчаном и на 14,31% в глинистом грунтах, сопровождающееся, кроме того, снижением максимального момента завинчи-

вания на 1,33% и 10% и снижением времени завинчивания одного анкера в грунт на 12,5% и 5,0% соответственно. Последнее положительно сказывается на производительности машины, обеспечивающей завинчивание винтовых анкеров в грунт. При этом следует ещё раз заметить, что оптимизированный винтовой анкер имеет такую же несущую способность по грунту, что и базовый вариант ВАС-50.

Литература:

1. Богорад, Л. Я. Винтовые сваи и анкеры в электросетевом строительстве. — М.: Энергия, 1967. — 200 с.
2. Пенчук, В. А. Винтовые сваи и анкеры для опор. — Киев: Будівельник, 1985. — 96 с.
3. Руководство по проектированию и устройству фундаментов мачт и башен линий связи из винтовых свай. — М.: Стройиздат, 1965. — 40 с.
4. Бейлин, И. Я. Винтовые якорные и анкерные опоры. — М., 1972. — 33 с.
5. Железков, В. Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства. — СПб.: Прагма, 2004. — 128 с.
6. Нинул, А. С. Оптимизация целевых функций: Аналитика. Численные методы. Планирование эксперимента. — М.: Издательство физ. — мат. лит., 2009. — 336 с.
7. Кобзев, А. П. Оптимальное проектирование винтовых анкеров строительных машин / А. П. Кобзев, С. В. Лебедев // Молодежь. Наука. Инновации: сборник трудов V международной научно-практической Интернет-конференции, г. Пенза, 30 апреля — 15 мая 2012 г. — Пенза, 2012. — с. 42–54.
8. Кобзев, А. П. Оптимальное проектирование тяжелых козловых кранов. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1991. — 160 с.
9. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 3.407.9–158. Унифицированные конструкции для закрепления опор ВЛ и ОРУ подстанций. Вып. 2. Винтовые анкеры и сваи. Стадия КМ. — утв. Минэнерго СССР прот. № 27 от 28.08.88 г. — Свердловск: СФ ЦИТП Госстрой СССР, 1988. — 31 с.

Сетевизация институтов хозяйственного механизма

Милеева Наталья Владимировна, кандидат экономических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Отличительной особенностью развития экономики является переход к постиндустриальной экономике. Построение постиндустриальной экономики основывается на создании информационного пространства с помощью всемирной сети интернет. При этом процессы информатизации, глобализации и виртуализации оказывают влияние на развитие институтов экономики, что подвергает модификационным изменениям хозяйственный механизм.

В экономической науке закрепился термин «инновационный тип развития»¹. В общем виде в экономике данный тип развития предстает совокупностью постоянного усложнения нововведений, отмечается их последовательность и реализуемость, используемость систематически. Неслучайно, при переходе на инновационный тип развития отмечается повышенная роль знаний, причем во всех формах и видах хозяйственной деятельности и общественном производстве.

¹ Кастельс М. Информационная эпоха. Экономика, общество и культура: пер. с англ. «Transtation Project». М.: 2000. С. 77-78.

Ученые «новой постиндустриальной волны» трактуют постиндустриальную экономику как синоним новой экономики, более высокую ступень развития человеческой цивилизации, отводящей сектору науки, знаниям и услугам производительную функцию. В постиндустриальной экономике система знаний и имманентных ей институтов становится определяющей в развитии хозяйственного механизма.

Все волны институциональных изменений выступают в S-образной форме, которая традиционна для любого жизненного цикла явлений. По мнению некоторых ученых, волны носят вероятностный характер и потому, строгая статистическая идентификация на сегодняшний день является сложной проблемой.

По мнению П. Дойля существует три волны экономических изменений.² Достаточно интересным является выделение волн в зависимости от уровня жизни населения. Уровень жизни в сельскохозяйственной эпохе определялся ручным трудом, машинным в индустриализме, а в информационную эпоху определяется информацией и знаниями, выступающие в качестве основы благосостояния, а также качественной характеристикой уровня жизни. Автор признает, что периоды существования данных витков или волн достаточны условны.

Основополагающими категориями «инновационного типа развития» выступают такие, как информация, знания и инновация (рисунок 1.).

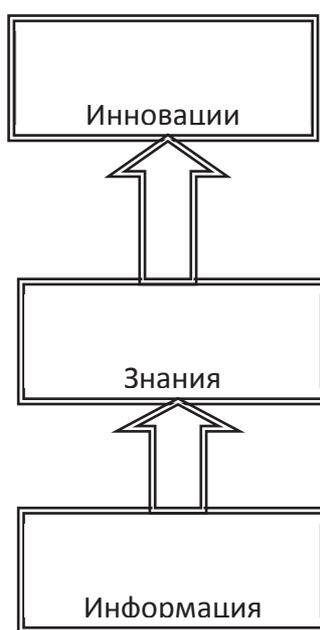


Рис. 1. Логическая схема категорий: информация, знания, инновации

Представляется, что постиндустриальную экономику отличает от информационной, сетевой и знаниевой емкость ее понятия, по сути это более развитая стадия развития общества, новая и зрелая хозяйственная система, вбирающая в себя все данные этапы.

Артикулируем понимание новой хозяйственной системы рисунке 2.

Выстраивание отношений в рамках сети происходят на рыночных началах: формируются так называемые «внутренние рынки», когда административные отношения уступают место цепи заказов на поставку продукции и развитие взаимодействия с другими фирмами.

Основной тенденцией институтов хозяйственного механизма постиндустриальной экономики является их сетевизация. Сетевой характер организации хозяйственного механизма постиндустриального общества, выступает

новым свойством данного механизма. В ключе сетевизации, рассмотрим более подробно институты знаний хозяйственного механизма постиндустриальной экономики (виртуальные корпорации, интеллектуальные организации, рыночно-интеллектуальные предприятия и т. И так, под виртуальными корпорациями, как правило, описывается временная сетевая структура независимых организаций, которая связана информационной технологией и объединенная для достижения совместного результата на основе эффективного использования своих ресурсов и ключевых компетенций.

Виртуальная корпорация выступает организационной формой многосторонней кооперации самостоятельных компаний. Таким образом, у нее нет ни головного офиса, ни организационного устава. Если же возможности партнерства исчерпали себя, то виртуальная кор-

² Дойль П. Маркетинг, ориентированный на стоимость: Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2011.

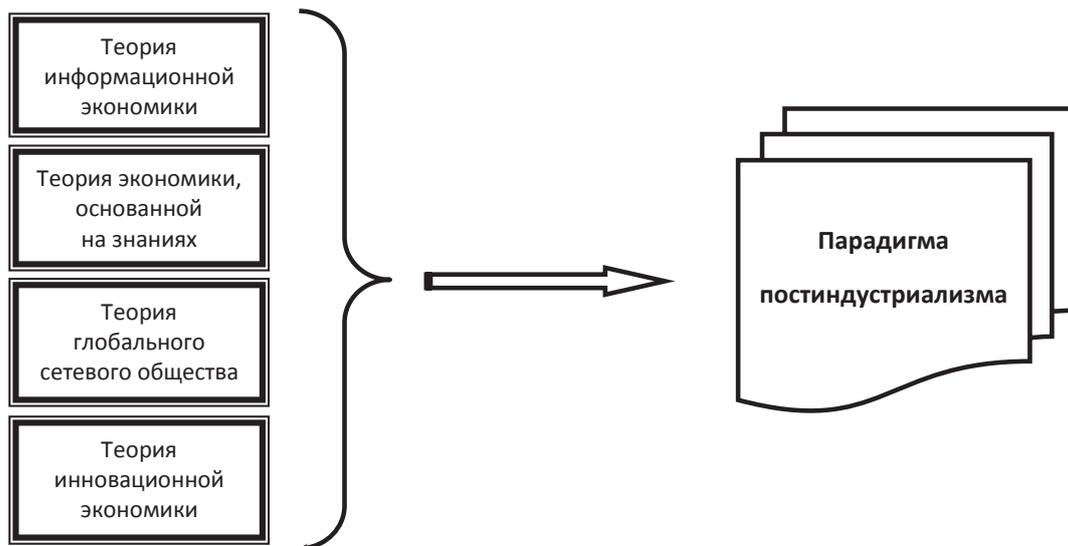


Рис. 2. Парадигма постиндустриальной стадии развития

порация прекращает свое существование. Отличием от других форм сетевой организации является модульная интеграция производимых услуг. Структурно данная корпорация представлена узловым центром (hub), которое окружено сетью партнеров, осуществляющие в качестве модулей определенные услуги. Именно на научных разработках и исследованиях сосредоточена основная деятельность узлового центра. В виртуальную корпорацию входят и компании-партнеры, которые осуществляют поставки, производят продукцию, организуют сбыт и ее сервисное обслуживание. Отличительные черты виртуальных корпораций:

- характер функционирования — непостоянный;
- на основе интегрированных и локальных информационных и телекоммуникационных систем осуществляются связи и управленческие действия;
- взаимоотношения строятся через соглашения, договоры, а также через взаимное владение собственностью (активами);
- в смежных областях деятельности образуются временные альянсы;
- частичная интеграция с центральной компанией и сохранение отношений совместной собственности только до тех пор, пока это является выгодным;
- договорные отношения работников с администрацией во всех звеньях сети.³

Выделим характерные черты, которые свойственны большинству таких организаций, как виртуальные организации.

Незначительная материальная структура. У виртуальных организаций материальные активы существенно меньше, в отличие от традиционных, а также разбросаны географически. Определение виртуальных корпораций

осуществляется не местоположением, а объединенными сетями.

Решающая роль коммуникационных технологий. Центральная роль в виртуальной организации отведена современным информационным и коммуникативным технологиям, которые обеспечивают и облегчают работу организации.

Мобильность. Использование не физических активов, а коммуникационных сетей показывает снижение значимости фактического места работы. К примеру, подбор проектных команд осуществляется из работников, которые проживают в разных странах.

Отсутствие границ и взаимная вовлеченность. В отличие от реальных организаций, границы виртуальных сознательно размываются. Вышеобозначенные особенности, обеспечивают ряд конкурентных преимуществ виртуальных организаций в постиндустриальной экономике. Ключевым их достоинством является способность выбирать и использовать наилучшие ресурсы компетенций и знаний с наименьшими временными затратами.

Следующей новой формой институтов хозяйственного механизма выступает рыночно-интеллектуальное предприятие, создающее знание о роли определенных категорий потребителей через сбор информации и формирование специальных баз данных, а также «супермаркет знаний», который консолидирует государственные интересы и независимость частного интеллектуального капитала, как национального, так и зарубежного. В итоге компании получают равноправный доступ на рынки ресурсов, инноваций, привлекают новейшие технологии и напрямую выходят на мировые рынки сбыта продукции и капитала. «Супермаркеты знаний» реализуются лишь в развитых европейских странах, традиционно занима-

³ Мильнер Б.З. Теория организации. — М.: ИНФРА-М, 2012. С. 475.

ющих первые места в рейтинге конкурентоспособности Всемирного экономического форума в Давосе.

Таким образом, сетевизация экономического пространства, свойственная современным институтам хозяй-

ственного механизма сопровождается распространением и пронизыванием действия института знания практически на все структурные и связующие элементы хозяйственного механизма и интеграцией институтов.

Способы подготовки металлических поверхностей

Таганова Виктория Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Красовская Татьяна Александровна, студент;

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)

ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Пичхидзе Сергей Яковлевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.», г. Саратов

Известно, что для получения качественных резинотехнических изделий с металлическим каркасом (арматурой) необходима удовлетворительная адгезия резины к металлу. Обычная подготовка металла перед стадиями нанесения адгезивного слоя и вулканизации резиновых смесей предполагает фосфатирование.

Этот метод включает 9 стадий:

1. Обезжиривание. Состав ванны: тринатрийфосфат, сода кальцинированная, натрий кремнекислый, окись алкилдиметиламина, конденсат.
2. Промывка в горячей воде.
3. Промывка в холодной воде.
4. Промывка. Состав ванны: нитрит натрия, конденсат.
5. Фосфатирование. Состав ванны: кислота азотная, кислота ортофосфорная, белила цинковые, конденсат
6. Пассивирование. Состав ванны: хромовый ангидрид, фосфорная кислота, конденсат.
7. Промывка в холодной воде.
8. Ингибирование. Состав ванны: параформальдегид, моноэтаноламин.
9. Сушка.

Основными недостатками известных способов подготовки металлических изделий перед нанесением адгезивных (клеевых) слоёв и изготовлением резинотехнических изделий являются большие энергозатраты на нагрев, использование дополнительных устройств для генерации перегретого пара, низкая адгезионная прочность [1].

Технический результат заключается в увеличении прочности сцепления изделий из черных металлов с резиной при вулканизации [2].

Указанный технический результат достигается тем, что в разработанном способе подготовки металлических изделий при производстве резинометаллических изделий перед нанесением адгезивного слоя, включающем обработку металлической поверхности, согласно предлагаемому решению, обработку металлической поверхности осуществляют путем окисления в среде воздуха при температуре 220...240°C в течение 20...30 мин. Технологическая схема подготовки металлических изделий приведена на рис.1.

Каркасы загружают в оборотные емкости (бочки) и транспортируют на участок подготовки арматуры.



Рис. 1. Технологическая схема подготовки металлических каркасов

Бочки с каркасами, с помощью крана, загружают в машину МР 150, где происходит их обезжиривание в перхлорэтилене при температуре 63...73°C, цикл составляет 30...40 минут.

Технологический процесс в установке происходит в следующей последовательности:

1. Промывка с одновременным сливом растворителя из рабочей камеры.
2. Ополаскивание чистым растворителем.
3. Обработка паром.
4. Сушка с конденсацией паров растворителя.
5. Вентиляция рабочей камеры в ручном режиме.

Процесс фильтрации и регенерации растворителя.

Для поддержания максимальной чистоты растворителя воздействующего на поверхности изделий и гарантии постоянства результата используется:

Процесс фильтрации — отделение механических загрязнений из растворителя, размер частиц более 40 мкм. Процесс работает в течении всего времени работы насоса.

Процесс регенерации (дистилляции) растворителя — отделение растворимых загрязнений из растворителя. Часть растворителя, параллельно процессу фильтрации, постоянно подается в регенератор (дистиллятор), где происходит дистилляция перхлорэтилена, а растворенная в нем органика остается в кубовом остатке. Дистиллированный и сконденсированный растворитель стекает в накопительный бак. Таким образом, уровень растворенной в перхлорэтилене органики не превышает 3%, что уже даже без ополаскивания позволяет, например, иметь высокий уровень адгезии при нанесении лакокрасочных покрытий. Процесс дистилляции должен работать постоянно при включении оборудования.

Кубовый остаток из дистиллятора и использованные фильтрующие элементы составляют по массе 0,01–1% от массы промытых изделий.

Замена рабочей жидкости — перхлорэтилена не требуется.

Обезжиренные каркасы извлекают из машины и пересыпают в прямоугольные металлические ящики, затем проводят процесс термоокисления, а именно: травление и высокотемпературное окисление. Термоокисление проходит в термощафах Е 240 фирмы «BINDER», при температуре 220...240°C с циклом 25...30 минут, где заготовки покрываются оксидным слоем (чем темнее цвет заготовки, тем лучше прошло термоокисление).

Для оценки усилия отрыва металлических образцов был проведен модельный эксперимент, в котором образцы из стали в виде пятаков диаметром 25 мм с плоской поверхностью с одной стороны и выступающей частью с отверстием с другой стороны для присоединения к испытательному стенду, окисляли в среде воздуха при температуре 220...240°C в течение 25...30 минут. Далее производилось нанесение грунта и адгезива.

К подготовленным таким образом образцам в специальной пресс-форме производилось крепление резины способом вулканизации при температуре 175°C в течение 7 минут и давлении в гидросистеме прессы вулканизационного 100 кг/см². Специальная пресс-форма устроена таким образом, что два образца устанавливались плоскими поверхностями друг к другу на расстоянии 2 мм. В процессе вулканизации расстояние между образцами заполнялось под давлением резиновой смесью К70–3060 на основе изопренового каучука СКИ-3.

Оценка адгезионной прочности соединений контрольных образцов из резины К70–3060 и металла выполнена на универсальной испытательной машине ИР 5082–100. При этом определялось усилие, необходимое для разделения слоев резины и металла, скорость перемещения подвижного захвата 100 мм/мин. Результаты исследования приведены на рис.2 и в табл. 1.

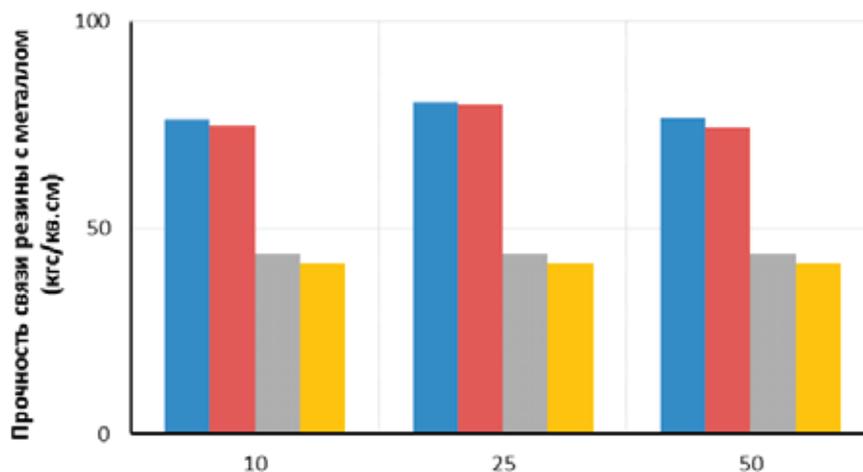


Рис. 2. Прочность связи резины с металлом: 0 — без термоокисления грунт и адгезив «Cilbond», 1 — без термоокисления грунт и адгезив «Chemosil», 2 — термоокисление, грунт и адгезив «Cilbond», 3 — термоокисление, грунт и адгезив «Chemosil»

Таблица 1. Результаты испытаний образцов на адгезионную прочность

| № п/п | Наименование показателя | Время термоокисления образца, мин | | | |
|-------|--|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Без термо-окисления | 10 | 25 | 50 |
| 1 | Усилие отрыва образцов с нанесением “Chemosil” (Кгс) | 215 | 375 | 395 | 376 |
| 2 | Усилие отрыва образцов с нанесением Cilbond (Кгс) | 203 | 368 | 393 | 365 |
| 3 | Площадь поверхности, см ² | 4,91 | 4,91 | 4,91 | 4,91 |
| 4 | Усилие отрыва, кгс | 215 | 375 | 395 | 376 |
| 5 | Характер разрушения | Частичное оголение металла | По резине | По резине | По резине |

Анализ приведенных результатов свидетельствует, что адгезионная прочность сцепления резины с металлом при разрыве повышается с 43,79 кгс/см² (без термоокисления) до 80,44 кгс/см² (с термоокислением). Таким образом, окисная пленка, получаемая на изделиях из черных металлов по предлагаемому способу, обладает высокой прочностью сцепления к основному металлу и адгезивному покрытию.

Время термоокисления в течение 20...30 мин является оптимальным для подготовки изделий перед нанесением покрытия, что подтверждено результатами испытаний, представленными в табл. 1. При меньшем или большем времени обработки качество подготовки металлической поверхности к нанесению специального

адгезивного (клеевого) слоя снижается, что видно по снижению прочности связи резины с металлом за заявляемыми границами, и наличию максимального усилия отрыва в середине заявляемого диапазона времени обработки. Приведенные в табл. 1 результаты получены при обработке изделий при температуре 240°С, однако близкие результаты были получены для диапазона температур 220...240°С.

Выводы:

- 1) предложена технологическая схема подготовки металлических каркасов методом термоокисления;
- 2) показано значительное увеличение прочности связи резины с металлом и усилия отрыва при использовании термоокисления.

Литература:

1. Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд. — 3-е изд., перераб. и доп. В 3-х т. Т. 1. Методы испытаний и исследования / Под ред. Бернштейна М.Л., Рахштадта А.Г. М.: Металлургия, 1983. — 352 с.
2. Заявка на изобретение № 2013134683/02 (051900), С23С 8/18 Способ подготовки изделий перед нанесением адгезивного слоя / Копыльцов В.В., Игнатов А.И.

Влияние СВЧ обработки на эффективность модификации полиакрилонитрильного волокна

Щербина Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Балаково

Проблема снижения пожарной опасности полимеров является одной из важнейших научных и практических задач. Это подтверждается принятием в Российской Федерации закона «О пожарной безопасности». Поэтому проблемы снижения горючести текстильных материалов остаются в центре внимания исследований. В современных методах снижения горючести ПАН волокна уделяется большое внимание поверхностной обработке тканей и волокон замедлителями горения или огнезамедлительными системами.

Целью настоящей данной работы является оценка влияния стадий модификации на эффективность взаимодействия волокна с огнезамедлительной системой.

В работе использовались следующие материалы кондиционное ПАН волокно, выпускаемое в промышленном масштабе: полиакрилонитрильное волокно на основе тройного полимера ПАН, содержащего 92,3% (масс.) основного продукта — акрилонитрила (АН), 6,2% метилметакрилата, 1,5% итаконата натрия; некондиционное ПАН гель-волокно с промежуточной стадии технологи-

ческого процесса. В состав огнезамедлительной системы входят: пирофосфат (ПФ) — органическое соединение, содержащее в своём составе одновременно Р-16–18% и N-6–8%; диамидометилфосфат (Т-2) — органическое соединение, содержащее в своём составе одновременно Р — 27–28% и N — 24–25%; мочевины (МО) — (карбамид) — диамид угольной кислоты, содержащий в своём составе N — 46%, полисахарид (ПСХД).

В лабораторных условиях кондиционное ПАН волокно и ПАН гель-волокно, модифицировали огнезамедлительной системой различного состава.

Процесс модификации волокна включал следующие стадии: пропитку кондиционного волокна водными огнезамедлительными растворами при различном соотношении компонентов при температуре 200С и модуле ванны $M_v = 5$; термообработку при температуре 1500С в течении 10 мин., для фиксации замедлителей горения на волокне; промывку при 400С, для удаления непрореагировавшего препарата; сушку до постоянной массы. С целью изменения поглотительной способности волокна, исходное волокно подвергалось СВЧ воздействию. Это предполагает облегчение конформационных изменения в аморфной структуре полиакрилонитрильного волокна.

В результате модификации огнезамедлительная система проникает в волокно, после термообработки или СВЧ воздействия фиксируется в структуре. Наличие химического взаимодействия сополимера полиакрилонитрила с ПФ и Т-2 доказано методами рентгеноструктурного анализа, методом ИК-спектроскопии, а также сохранением значения показателя горючести после мокрых обработок.

Наличие у ПАН гель-волокна несформировавшейся структуры и высокой пористости, способствует ускорению процессов диффузии в объёме волокна при обработке водными растворами, более равномерному распределению и более полному взаимодействию замедлителей горения с волокном с образованием химических и водородных связей, это повышает сохранность огнезащитного эффекта.

При создании ПАН волокон пониженной горючести, а также при получении на их основе углеродных волокон для предотвращения разрушения структуры ПАН сополи-

мера необходимо изменить ход процесса деструкции при температуре до 2500С.

Это возможно за счет: 1) снижения температуры начала реакции циклизации; 2) снижения интенсивности экзотермического пика в этой области температур.

Для снижения интенсивности экзотермического процесса используют добавки веществ, инициирующих реакции циклизации и способствующих образованию карбонизованного остатка (КО). При наличии сомономеров (метакриловая и итаконовая кислоты) реакция циклизации протекает по ионному механизму и передается вдоль полимерной цепи с невысокой скоростью.

Методом термогравиметрического анализа (ТГА) выявлено влияние замедлителей горения на процессы пиролиза волокон.

Для исходного немодифицированного ПАН волокна в интервале температуры 210–2650С начинаются процессы циклизации, обеспечивающие создание структуры полимера, способной формировать карбонизованный остаток (КО).

Инициирование процесса циклизации всеми исследованными составами замедлителей горения подтверждается уменьшением величины экзотермических пиков, соответствующих процессу циклизации в сравнении с исходным ПАН волокном. При пиролизе модифицированного волокна снижаются общий выход летучих продуктов, соответствующих процессу циклизации полиакрилонитрила и энергия процесса циклизации.

Подтверждением влияния ЗГ на процесс циклизации являются протекание деструкции с меньшими скоростями и больший выход КО при температуре 5000С, такие изменения в процессе пиролиза характерны для всех составов модифицирующих ванн.

Сформировавшийся кокс характеризуется большей термостойкостью, так как потери массы при температурах выше 6000С у модифицированных волокон меньше, что свидетельствует не только об инициирующем влиянии ЗГ на коксообразование, но и на структуру коксового остатка.

Анализ данных термогравиметрии СВЧ обработанных и термообработанных ПАН волокон показал, что термолиз модифицированных волокон после стадии термообработки, протекает с несколько меньшими скоростями.

Таблица 1. Влияние стадий модификации на процессы пиролиза ПАН волокна

| № п/п | Стадии модификации | Температура деструкции, °С интервал | Потери массы, % масс., при температурах, °С | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 1 | Пропитка | $\frac{200-245}{220}$ | 20 | 24 | 34 | 38 | 42 | 48 | 57 | 72 |
| 2 | Термообработка | $\frac{190-280}{240}$ | 16 | 22 | 30 | 34 | 40 | 45 | 55 | 69 |
| 3 | Мокрая обработка | $\frac{180-270}{235}$ | 14 | 19 | 27 | 34 | 54 | 70 | 82 | 91 |
| 4 | СВЧ + пропитка | $\frac{195-290}{230}$ | 16 | 21 | 29 | 33 | 39 | 43 | 49 | 61 |

Значения величин потерь массы при температурах выше 500 С для термообработанного модифицированного волокна самые низкие, в сравнении с исходным ПАН волокном. При этом формируется более термостойкий кокс.

Следовательно, СВЧ и термообработка позволяет повысить выход КО, что может иметь значение при получении из модифицированных ПАН волокон углеродного волокна, за счет повышения эффективности взаимодействия ОГЗС с полимером.

02. ЭНЕРГЕТИКА И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Гашение шумов и вибраций в производстве сборного железобетона

Самсонов Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

К основной группе источников шума на КПП относятся виброплощадки и виброформы. В свою очередь, на этих виброустановках источники следующие:

- подшипники на валу электродвигателей;
- подшипники дебалансных валов;
- дебалансы;
- вибраторы;
- металлические конструкции виброустановок (рамы, обшивка формы и т.д.) становятся шумоизлучающими поверхностями;
- соударения между формой с бетоном и виброплощадкой.

Для глушения шумов этих источников возможны следующие приложения известных методов. Предложен следующий план снижения звуковой мощности виброплощадки по основным направлениям шумоглушения: вибропоглощения, виброизоляции, звукопоглощения и звукоизоляции. Оценкой эффективности мероприятий служит уменьшение звуковой мощности источника по отношению к первоначальной (без акустической обработки).

Вибропоглощение

Боковые поверхности вибростолов, стальные плиты покрытия со стороны приямка покрываются листовым ВМ в два слоя с помощью клея № 88. Корпуса виброблоков, валы и балки опорных рам покрываются мастикой из битумного ВМ после его разогревания и разжижения бензином. После проведения мероприятия в пяти точках измеряются L_i и находится $L_{ср}$ на измерительной поверхности

$$L_{ср} = \sum_{i=1}^5 \frac{L_i}{5}$$

По найденному среднему уровню звукового давления определяется звуковая мощность источника до и после акустической обработки и находится снижение звуковой мощности $n_1 = W/W_1$

Виброизоляция

Пол виброплощадки контактирующий в процессе вибраций с опорной рамой опереть на упругую прокладку (резина, транспортерная лента). Аналогичные прокладки проложить в местах контакта вибростола и плиты формы опалубки. Под опорные пружины проложить шайбы толщиной 4–5 мм из пластика (ВТУ 3865–53). Провести замеры в пяти контрольных точках измерительной поверхности S_T и определить:

- 1) звуковую мощность источника W_2 ;
- 2) снижение звуковой мощности источника в результате вибропоглощения и виброизоляции $n_2 = W/W_2$

Звукопоглощение

Стены приямка, а также плиты покрытия со стороны приямка выложить минераловатными матами с мешковиной и сеткой-рабицей. Провести шумомером замеры в контрольных точках и определить:

- 1) звуковую мощность источника W_3 ;
- 2) снижение звуковой мощности виброплощадки в результате вибропоглощения, виброизоляции и звукопоглощения $n_3 = W/W_3$

Звукоизоляция

Звукоизоляции может быть проведена в два этапа. На первом этапе проводится звукоизоляция моторов, привода и виброблоков, для чего они укрываются одним звукоизолирующим кожухом. На втором этапе вся виброустановка покрывается шумоизоляционным кожухом, одним из вариантов которого может быть сдвигающийся кожух из гофрированного звукоизоляционного материала (см.рис.1). После осуществления мероприятия провести замеры в контрольных точках и определить:

- 1) звуковую мощность виброплощадки W_4 ;
- 2) снижение звуковой мощности в результате вибропоглощения, виброизоляции, звукопоглощения и звукоизоляции $n_4 = W/W_4$

Реализовать план по причинам финансового характера удалось лишь по пункту «вибропоглощение». Акустические измерения были проделаны до нанесения демпфирующего покрытия и после. Результаты представлены в табл. 1. Из таблицы видно, что демпфирующее покрытие более эффективно в высокочастотной области. На низких частотах после обработки вибропоглощающим покрытием происходит некоторое увеличение уровня звука, но его отрицательное воздействие невелико и практически укладывается в санитарные нормы.

Таблица1. Результаты акустических испытаний виброплощадки СМЖ-538 А

при различных значениях опорного радиуса. Микрофон устанавливается на высоте 1,5 м

| Место замера. Вид мероприятия | Уровни звукового давления в октавных полосах в дБ со среднегеометрическими частотами в Гц | | | | | | | | | Уровень звука в дБ |
|--|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1. С заполненной виброформой на расстоянии 1 м без демпфирующего покрытия | 101 | 111 | 106 | 117 | 120 | 109 | 103 | 100 | 98 | 111 |
| Превышение ПДУ | -6 | +6 | +19 | +35 | +42 | +34 | +30 | +29 | +29 | +31 |
| 2. С заполненной виброформой после нанесения демпфирующего покрытия. Расстояние 1 м. | 106 | 111 | 105 | 114 | 117 | 104 | 98 | 94 | 88 | 103 |
| Превышение ПДУ | 0 | +6 | +18 | +32 | +29 | +29 | +25 | +23 | +19 | +23 |
| 3. С заполненной виброформой на расстоянии 3 м без демпфирующего покрытия | 97 | 107 | 105 | 109 | 104 | 102 | 98 | 94 | 90 | 103 |
| Превышение ПДУ | -10 | +12 | +18 | +27 | +26 | +28 | +25 | +23 | +21 | +23 |
| 4. С заполненной виброформой на расстоянии 3 м после нанесения демпфирующего покрытия | 102 | 107 | 104 | 107 | 102 | 97 | 93 | 88 | 81 | 96 |
| Превышение ПДУ | -5 | +12 | +27 | +25 | +24 | +22 | +20 | +17 | +12 | +16 |
| 5. Без виброформы на расстоянии 3 м без демпфирующего покрытия | 92 | 97 | 101 | 109 | 100 | 111 | 110 | 109 | 104 | 116 |
| Превышение ПДУ | -11 | +2 | +14 | +27 | +32 | +36 | +37 | +38 | +35 | +36 |
| 6. Без виброформы на расстоянии 3м после нане- сения демпфирующего покрытия | 96 | 97 | 100 | 107 | 107 | 106 | 104 | 102 | 93 | 108 |
| Превышение ПДУ | +11 | +2 | +13 | +25 | +29 | +31 | +31 | +31 | +24 | +28 |
| ПДУ по СН 3223-85 | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Характеристиками виброплощадки являются:

$a = 8,75$ м — длина;

$b = 3,6$ м — ширина;

$h = 1,8$ м — высота измерительной поверхности опорного радиуса l ?

Общий объем цеха $V = 89040$ м³. Площадь измерительной поверхности S_r составляет

$$S_r = 8,75 \cdot 3,6 + 3,14 \cdot 1,8 (8,75 + 3,6 + 3,6) = 121,65 \text{ м}^2,$$

$$A = 698 \text{ м}^{2/3}.$$

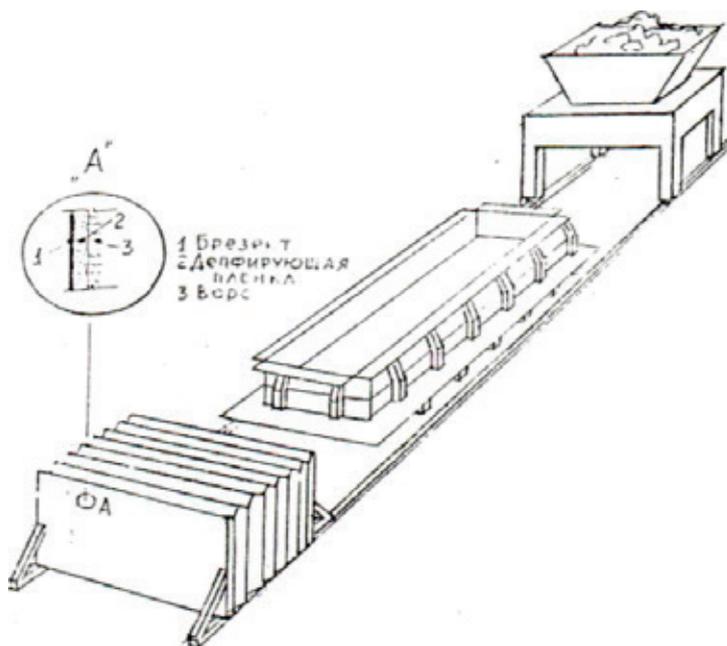


Рис.1 Раздвижной шумозащитный кожух для виброплощадки

Подставляя в выражение для F значения S_r и A, имеем

$$F = \frac{1}{121,65} + \frac{4}{698} = \frac{1185}{84912}$$

Значение звуковой мощности источника находим по формуле $W = \frac{10^{-12} L}{F}$

Для работающей виброплощадки с виброформой средний уровень звука на расстоянии 1 м от виброплощадки L_1 составляет 111 дБА. Для звуковой мощности источника находим

$$W_1 = \frac{10^{-12} \cdot 10^{11,1} \cdot 84912}{1185} = \frac{84912}{10^{0,9} \cdot 1185} = \frac{84912}{7,94 \cdot 1185} = 9 \text{ Вт.}$$

После нанесения демпфирующего покрытия средний уровень звука L_2 снизился до 103 дБА. Подставляя L_2 в выражение для W, получим

$$W_2 = \frac{10^{-12} \cdot 10^{10,3} \cdot 84912}{1185} = \frac{84912}{10^{1,7} \cdot 1185} = \frac{84912}{50,1 \cdot 1185} = 1,43 \text{ Вт.}$$

Таким образом, только от нанесения демпфирующего покрытия звуковая мощность виброплощадки уменьшилась в 6,3 раза.

Анализ способов разрушения материалов с точки зрения ресурсосбережения

Стельмах Ирина Валентиновна, кандидат технических наук, доцент
 Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Современный этап развития технологии машиностроения отличается использованием экстремальных параметров внешних воздействующих факторов. В качестве воздействующих факторов экстремальных параметров используют: химический взрыв, термическое и механическое действие лазерного излучения с импульсным

давлением в малых объемах до $(2-3) \cdot 10^{22}$ Па при температуре 10^6 К; высокочастотные магнитные и акустические излучения; высоковольтный электрический разряд до 10^9 Па [3, 5].

Для получения высоких давлений в больших объемах используют химический взрыв, так как у него высокая

плотность энергии (10^4 Дж/см³) и сравнительно высокий КПД (50–60%).

Импульс лазера как источник гидродинамического возмущения характерен исключительно высокой объемной плотностью энергии, которая может достигать 10^8 – 10^9 Дж/см³. В области малых энергий единичного воздействия (1–1000 Дж), особенно в случае необходимости применения очень коротких импульсов воздействия, несомненные преимущества имеет лазерная технология. Область средних энергий для лазеров в технологии недоступна ввиду низкого КПД (0,2–6%) [3].

Применение высокочастотных магнитных и акустических излучения ограничено технической возможностью получения излучения большой мощности, поэтому их используют для создания гидравлических импульсов малой мощности.

В ряду импульсных методов воздействия на объект электрический разряд имеет преимущества в области средних значений энергии в импульсе (1–10 кДж). Электрические разряды протекают обычно за время от десятков до сотен микросекунд, объемная плотность энергии их достигает 10^2 – 10^3 Дж/см³. Ввиду малой энергоемкости конденсаторов, составляющей около 0,1 дж/см³ трудно создавать разряды с большой энергией.

Электрические разряды сопровождаются большими потерями энергии, поскольку вещество в канале разряда имеет температуру несколько десятков тысяч градусов. Отношение энергии импульса сжатия к энергии электрических разрядов в воде равна 20%, энергия пульсации газового пузыря составляет 25–30% энергии разряда. Электрический разряд определяется проводимостью жидкости, небольшие примеси солей в воде способны повысить ее электропроводность на три порядка.

Электрический разряд в воде является управляемым, так как изменением параметров разрядной цепи, запасенной энергии и характеристик жидкой среды можно изменять параметры генерируемых возмущений. Его главным преимуществом является воспроизводимость процесса от импульса к импульсу, возможность автоматизации, менее жесткие требования к обеспечению безопасных условий эксплуатации оборудования.

Сущностью электрогидравлического эффекта является воздействие жидкой среды на помещенные в нее материалы избыточным давлением, как на фронте пер-

вичной волны (ударной волны), так и давлением волны запаздывания, путем схлопывания кавитационных полостей. Электрогидравлический эффект возникает благодаря быстрому преобразованию электрической энергии в механическую энергию без промежуточных звеньев. Основными достоинствами такого метода являются возможность относительно медленно накапливать энергию и в заданной точке пространства выделять ее за время порядка 10 мкс.

Электрогидравлические процессы имеют широкую область применения в технологии машиностроения (высокоскоростное деформирование материалов, разрушение, дробление и измельчение материалов).

Высокоскоростное деформирование материалов характеризуется рядом особенностей по сравнению со статическими методами обработки и в первую очередь на микроструктурном уровне. Электрогидравлический метод обработки основан на возбуждении высокоинтенсивных упруго-пластических волн, в поле которых состояние материала значительно отличается от состояния при статической нагрузке. Интенсивность ударного нагружения при электрогидравлической обработке имеет широкий диапазон. Слабые толчки могут вызвать давление порядка 10^2 Па, сильные взрывы — 10^{10} Па. Скорость нарастания давления также играет важную роль, так как она определяет вводимую в материал мощность [1].

Использование электрогидравлических процессов для снижения остаточного напряжения перспективно в сварочных соединениях, прежде всего из разнородных материалов, имеющих различный коэффициент линейного расширения, в отливках, имеющих заваренные дефекты, в наплавленных деталях, конструкциях, изготовленных из химически активных при повышенной температуре материалов [4].

Структурные изменения в металлах и сплавах приводят к заметному упрочнению, поэтому электрическим разрядом в воде осуществляют поверхностное упрочнение металлов и сплавов или их наклеп [2].

В области порошковой металлургии электрогидравлический эффект используется для получения тонкоизмельченных (коллоидных) частиц металлов и сплавов, прессования порошковых, гранулированных и других первоначально дискретных по структуре веществ, пресси-

Таблица 1.. Сравнительные характеристики источников высокочастотных гидравлических импульсов

| источники | давление, Па | энергетическая плотность, Дж/см ³ | КПД % | область применения |
|----------------------|-----------------------|--|-------|---|
| лазерное излучение | $(2-3) \cdot 10^{22}$ | 10^8 - 10^9 | 0,2–6 | малых значений энергии (1–1000 Дж) |
| химический взрыв | 10^{10} | 10^4 | 50–60 | больших значений энергии (до 1 мДж) |
| электрический разряд | до 10^9 | 10^2 - 10^3 | 50 | малых и средних значений энергии (1–10 кДж) |

вания металлокерамических деталей, прессования пустотелых деталей [6].

Электрические разряды в жидкостях ускоряют реакции окисления — восстановления, вызывают внутримолекулярные перегруппировки веществ, влияют на процессы поли- и деполимеризации, поэтому электрогидравлические процессы используются для эмульгирования, выделения газов из жидкостей и получения пены, очистки топливных жидкостей, отделения резины от корда, очистки и обеззараживания жидкостей и органических субстратов, очистки сточных вод, извлечения или удаления маслянистых веществ, разрушения древесины на отдельные волокна, обработки сельскохозяйственных продуктов [6].

Электрогидравлические процессы используются для создания инструментов воздействия. К таким инструментам относятся электрогидравлические молоты, вибраторы и буры, насосы и запорно-регулирующие устройства, форсунки, движители и транспортные устройства, приводы [6].

В электрогидравлических процессах, основанных на разрушении материалов, наиболее полно используются поля ударных волн, высокоскоростных струй жидкости и акустических излучений. Электрогидравлическое дробление и измельчение используется для материалов, труднообрабатываемых традиционными методами (например, тонкое измельчение сверхтвердых материалов). Особенно эффективно использование этой технологии для диспергирования материалов, для получения высококачественных суспензий, бурения различных пород, дроб-

ления твердых и хрупких материалов, очистки отливок и металлических поверхностей [1].

Ударные волны, гидропоток и кавитационные явления, сопутствующие электрогидравлической обработке, позволяют производить очистку металлических изделий от инородных наслоений, имеющих иные акустическое сопротивление или механические свойства. Также этим методом осуществляют очистку металлических изделий от грязи, краски, органических наслоений, ржавчины, окалины, нагара, накипи, горючесмазочных отложений, электролитических осадков. Электрогидравлическая обработка струей позволяет достигать на обрабатываемой поверхности наиболее высоких давлений при относительно высоком КПД процесса. Однако струйная электрогидравлическая обработка носит локальный характер воздействия и поэтому используется для обработки мелких изделий. Эффективен процесс очистки отверстий с малыми диаметрами и каналов малого сечения или с изогнутой осью [4].

Электрогидравлическая обработка представляет собой комплексное сочетание различных факторов — это высокое гидравлическое давление, механическое действие ударных волн, импульсное линейное перемещение жидкости, мощные кавитационные процессы, интенсивные световые и звуковые излучения, мощные импульсные электромагнитные поля разряда. Каждый из этих факторов оказывает на жидкость и объекты, помещенные в нее, самые разнообразные физические, механические и химические воздействия.

Литература:

1. Гаврилов, Т. Н. Разрядно-импульсная технология обработки минеральных сред / Т. Н. Гаврилов, Г. Г. Горюченко, П. П. Малюшевский, А. Г. Рябинин. Киев: Наук. думка, 1979. 165 с.
2. Гулый, Г. А. Электрический разряд в жидкости и его применение / Г. А. Гулый, В. А. Заварихин, Е. В. Кривицкий. Киев: Наук. думка, 1977. 175 с.
3. Малюшевский, П. П. Основы разрядно-импульсной технологии / П. П. Малюшевский. Киев: Наук. думка, 1983. 270 с.
4. Мериин, Б. В. Электрогидравлическая обработка машиностроительных изделий / Б. В. Мериин Л: Машиностроение, 1985. 119 с.
5. Наугольных, К. А. Электрические разряды в воде / К. А. Наугольных, Н. А. Рой. М.: Наука, 1951. 155 с.
6. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение / Юткин Л. А. Киев: Наук. думка, 1985. 253 с.

Пространственное представление энергетических состояний атома средствами компьютерной техники

Терёшин Юрий Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Нерелятивистская квантовая механика, составляет основу атомной физики. В настоящее время считается, что принципы и основные законы этой физической

теории окончательно сформулированы. В своей области применимости нерелятивистская квантовая механика является такой же законченной теорией, как и классическая

механика. Центр тяжести фундаментальных научных исследований в последние десятилетия перенесен на физику элементарных частиц высоких энергий.

Серьёзной проблемой остаются значительные интеллектуальные и временные затраты, необходимые для изучения основ квантовой физики. Поскольку высокие технологии интенсивно внедряются в нашу практику, эти проблемы становятся ещё более актуальными. Это связано не только с изучением, но и с практическим применением тех явлений микромира, которые являются основой всех современных высоких технологий. Достаточно назвать такие области нанотехнологий, как «спинтроника», «фотонные кристаллы», «квантовые компьютеры». Например, невозможно понять на каких принципах работает компьютер, если не иметь элементарных представлений о физике атомов и молекул. Одними из основных характеристик данных микрообъектов являются энергетические состояния и соответствующие им энергетические уровни. Изучение физики микромира на первых этапах

начинают, как правило, с модели датского ученого Нильса Бора для атома водорода, которая является своеобразным мостиком при переходе от классических представлений окружающего мира к квантовым представлениям. В дальнейшем идеи модели Бора получают свое развитие в теории австрийского ученого Эрвина Шредингера [1–5]. Применение идей Шредингера и других ученых позволило перейти к практической реализации современных высоких технологий.

В данной работе средствами компьютерной техники наглядно представлены модель Бора и теория Шредингера на примере таких понятий как уровни энергии и энергетические состояния. Кроме того, в теории Шредингера на основе волновой функции строятся не только орбиты Бора, но и более сложные энергетические состояния, определяемые соответствующими наборами квантовых чисел. Для этого применяются оригинальные программы, созданные на базе хорошо известной и достаточно простой для освоения системы MathCAD [6].

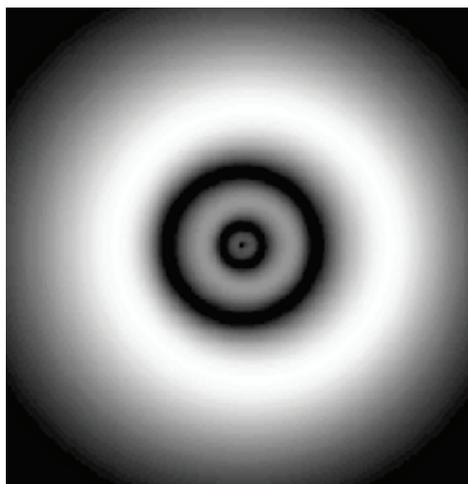


Рис. 1. Электронная конфигурация атома водорода: $n = 3, l = 0, m = 0$ (аналог орбит Бора)

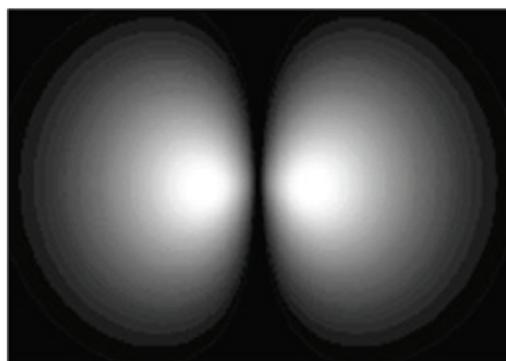


Рис. 2. Электронная конфигурация атома водорода: $n = 2, l = 1, m = 1$

Литература:

1. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики. — М.: «Наука», 1976. — 664 с.
2. Давыдов, А. С. Квантовая механика. — М.: «Наука», 1973. — 704 с.

3. Балашов, В. В., Долинов В. К. Курс квантовой механики. — М: Изд-во Моск. ун-та, 1982. — 280 с.
4. Пономарев, Л. И. Под знаком кванта. — М.: «Наука», 1989. — 368 с.
5. Бейзер, А. Основные представления современной физики. Перев. с англ. — М: Атомиздат, 1973, 548 с.
6. Дьяконов, В. П., Абраменкова И. В. Mathcad 7 в математике, физике и в Internet. — М.: «Нолидж», 1998. — 337 с.

Использование энергосберегающих технологий в детском саду

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Куркина Анна Андреевна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В наши дни проблема ресурсосбережения становится все более и более актуальной. Благополучие человечества в будущем во многом зависит от того, насколько эффективно используются природные ресурсы сейчас. Поэтому важнейшей составляющей энергосбережения является общая культура ресурсопотребления.

Энергосбережение в социальной сфере — приоритетное для Российской Федерации направление развития, реализация которого позволяет сэкономить до 10% бюджета России и даёт возможность получения дополнительного дохода до 500 млрд. рублей, а также от реализации упущенной выгоды по Киотскому протоколу — до 40 млрд. рублей.

Энергосбережение является актуальным и необходимым условием нормального функционирования детских дошкольных учреждений, так как повышение эффективности использования энергоресурсов, при непрерывном росте стоимости электрической и тепловой энергии, позволяет добиться существенной экономии как энергоресурсов, так и финансовых затрат на оплату ресурсов.

Основные пути повышения энергоэффективности в дошкольных образовательных учреждениях определены в подпрограмме «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в государственных (муници-

пальных) учреждениях и сфере оказания услуг» государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»

Основной целью реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в государственных (муниципальных) учреждениях является снижение удельного расхода энергии на 1 кв. метр площади объектов этих учреждений на 15 процентов на I этапе (2011–2015 годы) и на 27 процентов за весь срок реализации Программы (2011–2020 годы).

Основными организационными мероприятиями по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в государственных (муниципальных) учреждениях и сфере оказания услуг являются:

- организация учета используемых энергетических ресурсов
- проведение обязательных энергетических обследований дошкольных образовательных учреждений
- внедрение автоматизированных систем мониторинга потребления энергетических ресурсов

Для выработки рекомендаций по энергосбережению были проведены наблюдения за потреблением электроэнергии в детском саду за 2012–2014 гг. Результаты мониторинга представлены в таблице 1.

Таблица 1. Потребление энергии за 2012–2014 гг.

| Дата | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Январь | 518 | 560 | 573 |
| Февраль | 502 | 576 | 596 |
| Март | 526 | 540 | 570 |
| Апрель | 284 | 374 | 381 |
| Май | 201 | 278 | 291 |
| Июнь | 100 | 106 | 146 |
| Июль | 96 | 114 | 115 |
| Август | 112 | 156 | 273 |
| Сентябрь | 265 | 382 | 402 |
| Октябрь | 378 | 437 | 467 |
| Ноябрь | 462 | 542 | 602 |
| Декабрь | 582 | 625 | 653 |
| Среднее потребление | 275,56 | 390,83 | 422,42 |

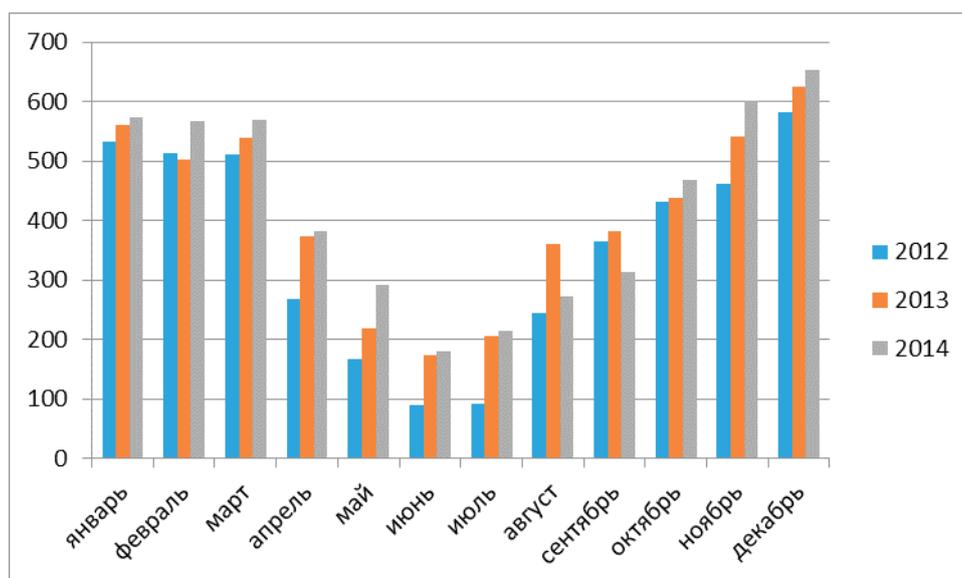


Рис.1. Диаграмма изменения потребления энергии

Результаты мониторинга можно представить в виде диаграммы изменения потребления энергии (рис.1).

Анализ диаграммы показывает наличие устойчивой циклической составляющей, обусловленной уменьшением количества детей, посещающих детский сад летом, увеличением светового дня в летние периоды.

Для оценки влияния временного показателя на трендовую составляющую был использован график изменения потребления энергии по среднегодовому потреблению (рис.2).

Анализ графика показал наличие устойчивой тенденции роста потребления электроэнергии.

Результаты мониторинга показали необходимость применения мер, направленных на снижение потребления энергии.

Для повышения энергоэффективности в детском саду было рекомендовано выполнение следующих мероприятий:

- установка приборов учета холодной и горячей воды, тепловой энергии;
- установка регулировочных кранов на отопительных приборах;
- утепление оконных конструкций и замена ветхих окон на новые окна из ПВХ;
- регулярная промывка и ремонт системы отопления с заменой теплоизолирующего слоя;
- установка автоматических доводчиков на двери;
- систематическая промывка светильников и окон;
- замена ветхой электропроводки;

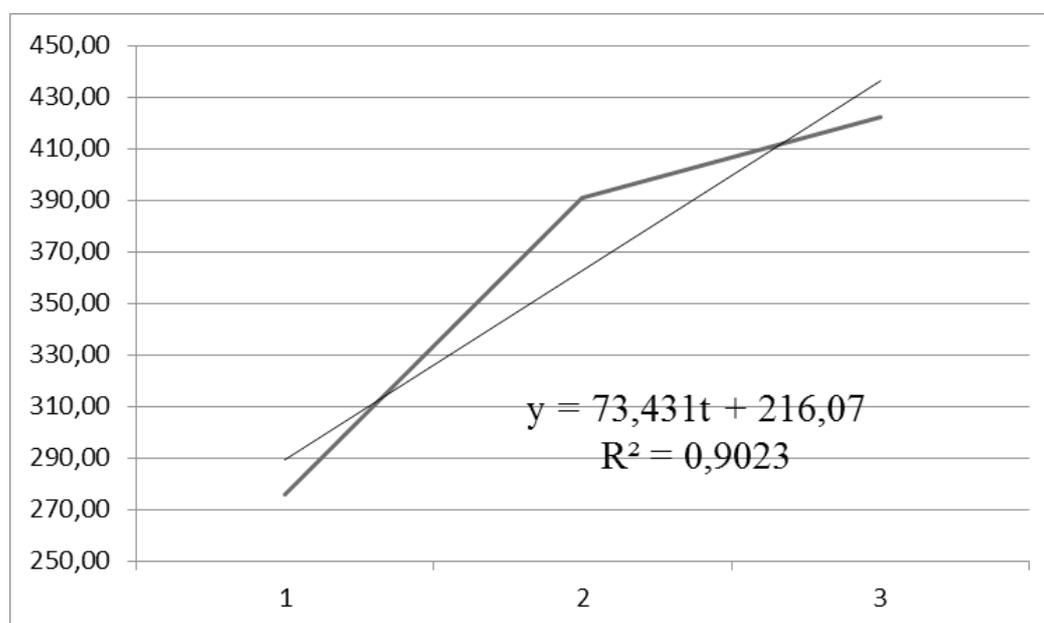


Рис.2. Изменение среднегодового потребления энергии

- удаление зеленых насаждений, которые затемняют окна;
- регулярное отключение неиспользуемых приборов;
- отслеживание случаев использования энергии на нужды, не соответствующие деятельности детского сада.
- использование энергосберегающих ламп в приборах освещения

Решение проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности носит долгосрочный характер, что обусловлено необходимостью как изменения системы отношений на рынках энергоносителей, так и замены и модернизации значительной части производственной, инженерной и социальной инфраструктуры и ее развития на новой технологической базе.

Использование имитационного моделирования для анализа деятельности предприятий энергетического комплекса

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

На современном этапе эффективность функционирования предприятий энергетического комплекса во многом зависит от своевременного принятия управленческих решений, от способности предприятий обеспечивать потребителей качественной энергией в необходимых объемах, от возможности обеспечить функционирование объектов снабжения энергией в нормальном, безаварийном режиме.

Построение и использование имитационных моделей позволяет оценить эффективность деятельности практически любого объекта. В современной ситуации модели используют в качестве одного из элементов системы компьютерной поддержки принятия решений по оценке эффективности ра-

боты предприятий и организаций. Модели позволяют оптимизировать деятельность отдельных структур.

В соответствии со ст. 13 Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года потребители энергии обязаны привлекать специализированные сервисные организации для регулярного обслуживания установленных приборов учета энергии.

Имитационное моделирование деятельности центра по обслуживанию приборов учета энергии позволило оптимизировать организационную структуру центра.

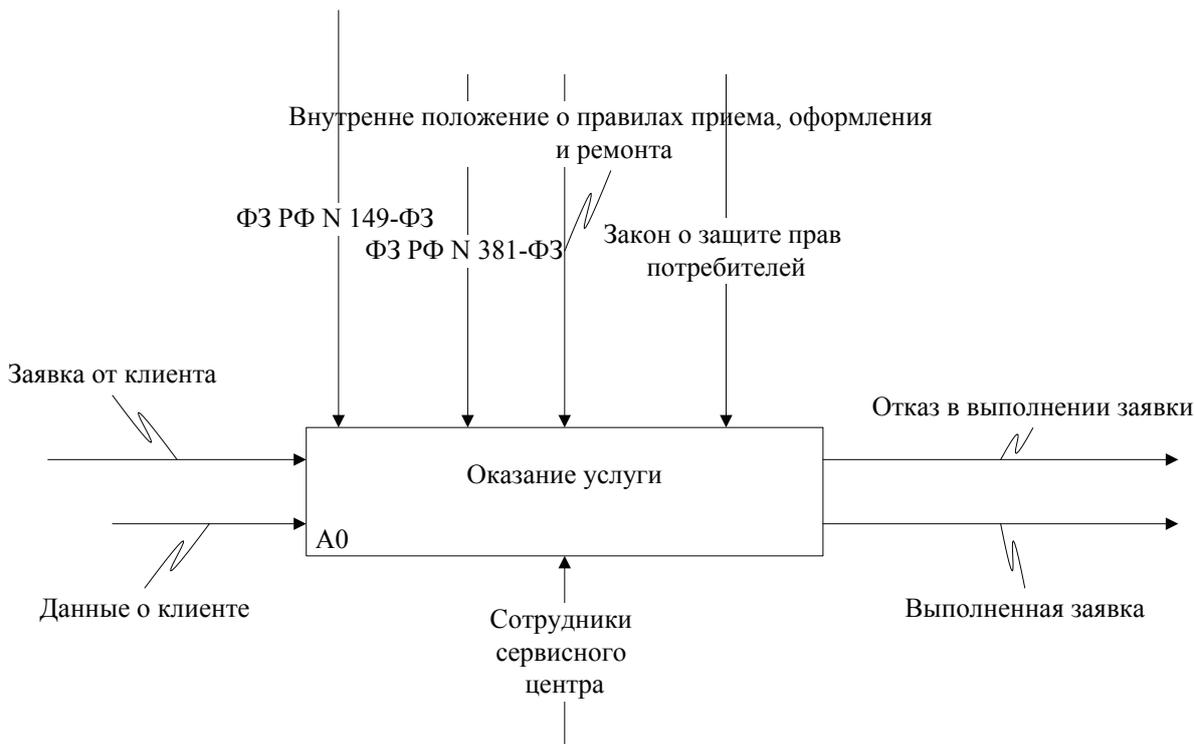


Рис.1. Контекстная диаграмма

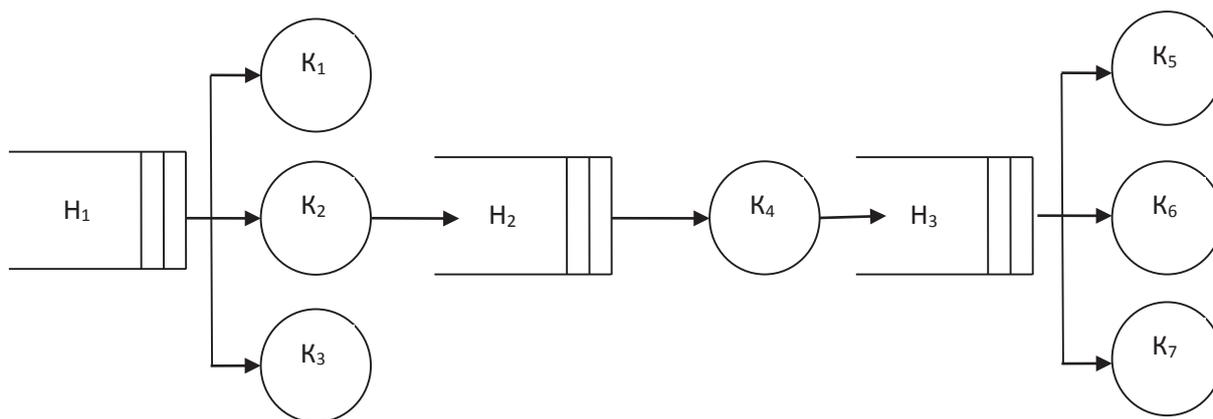


Рис. 2. Формализованная модель

Основным видом деятельности центра по обслуживанию приборов учета энергии является осуществление оказания услуг юридическим и физическим лицам. Для разработки имитационной модели деятельности сервисного центра проанализируем основную функцию методом функционального анализа и моделирования IDEF0 (рис. 1). Декомпозиция процесса представлена на рис.2 Дальнейший анализ функции позволил представить её с помощью системы массового обслуживания (рис. 3), в которой К — каналы обслуживания; Н — накопители, используемые для хранения заявок. Данная система позволяет представить процесс оказания услуги

в виде последовательности действий, выполняемых различными специалистами. Менеджер по работе с клиентами осуществляет прием и регистрацию заявки клиента на оказание услуги определенного вида. Затем вносит данные о полученной заявке и клиенте в базу данных центра. Рассмотрение заявки осуществляется главным сервисным инженером на основе заявления клиента и данных клиентской базы и базы заявок. Результатом рассмотрения заявки может быть отказ в её выполнении или оформление наряда на выполнение заявки. После чего сервисные инженеры приступают к исполнению заявки.

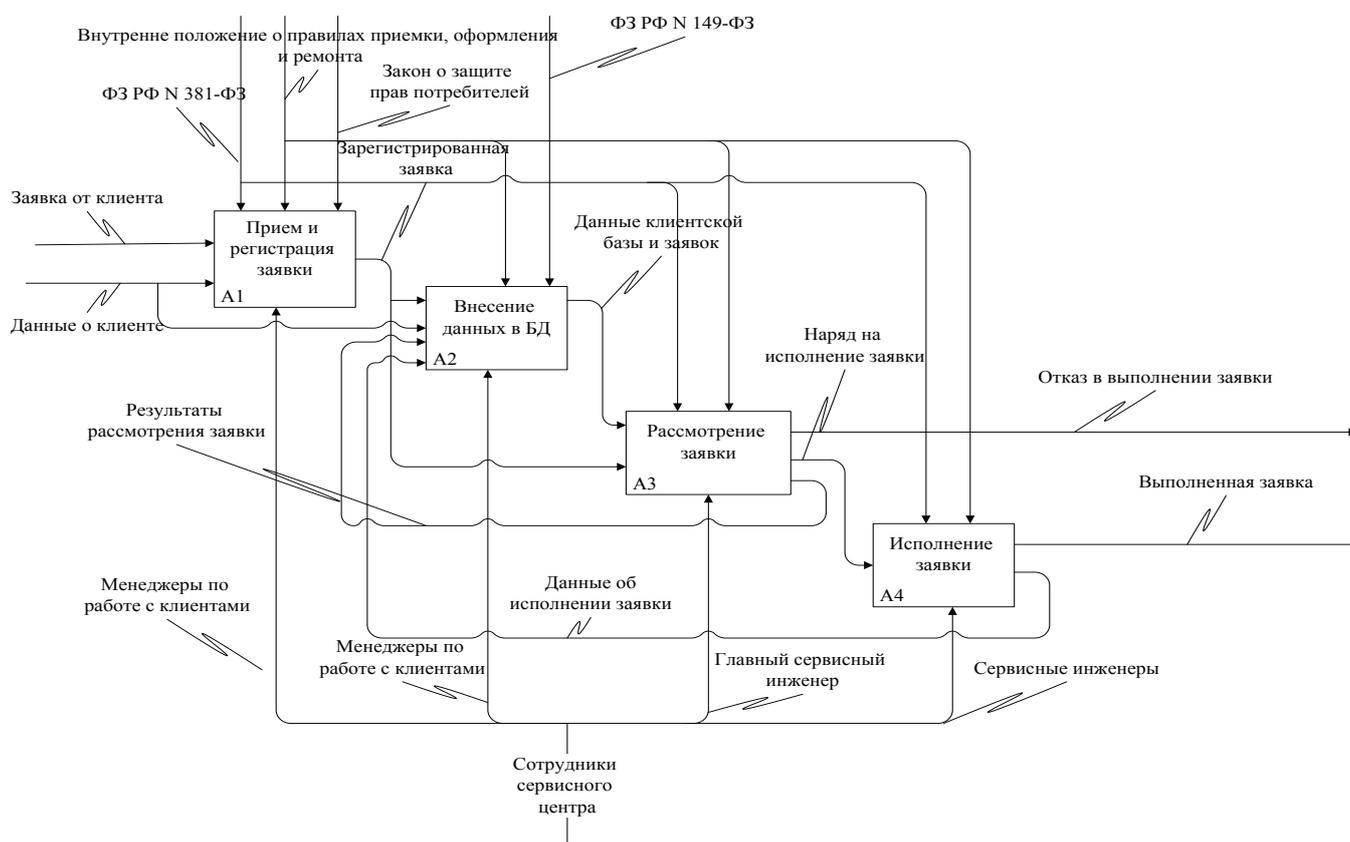


Рис.3. Диаграмма декомпозиции

| Канал | Коэффициент использования устройства | Среднее время выполнения работы |
|-----------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Men_1 | 0,51 | 9,1 мин |
| Men_2 | 0,29 | 10,04 мин |
| Men_3 | 0,30 | 8,9 мин |
| GL_SER_In | 0,96 | 14,86 мин |
| In_1 | 0,799 | 42,6 мин |
| In_2 | 0,668 | 35,6 мин |
| In_3 | 0,803 | 35,1 мин |

Для моделирования полученной системы массового обслуживания используем систему имитационного моделирования GPSS World. При моделировании необходимо учесть наличие различных типов заявок и специализацию сотрудников центра по обслуживанию приборов учета энергии. Моделирование работы центра по обслуживанию приборов учета энергии было проведено для входных условий, полученных на основе анализа данных о работе о центра по обслуживанию приборов учета энергии.

Результаты моделирования позволили определить основные временные показатели деятельности специалистов центра по обслуживанию приборов учета энергии:

Проведенный анализ деятельности специалистов центра показал, что специалисты по работе с клиентами заняты работой меньше половины рабочего времени. Этот результат позволил сделать вывод о необходимости оптимизации деятельности сотрудников центра по обслуживанию приборов учета энергии. Было предложено сократить количество менеджеров по работе с клиентами.

В результате моделирования были получены следующие показатели, характеризующие каждый канал:

Каналы MEN_1, MEN_2: коэффициенты использования устройств равны 0,552 и 0,395. Это означает, что выполнение работ, моделируемых этими каналами, составляют от 40 до 55% от всего времени работы. При этом среднее время выполнения работы составляет 8–10 минут.

Канал «GL_SER_IN»: коэффициент использования устройства равен 0,943. Это означает, что выполнение работы, моделируемой этим каналом, составляет 95,3% от всего времени работы. При этом среднее время выполнения работы составляет 15 минут.

Каналы IN_1, IN_2, IN_3: коэффициенты использования устройств равны 0,619, 0,548 и 0,549. Это означает, что выполнение работ, моделируемых этими каналами, составляют от 50 до 62% от всего времени работы. При этом среднее время выполнения работы составляет 30–45 минут.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что загрузка менеджеров по работе с клиентами и сервисных инженеров составляет более 50%, что свидетельствует о наличии стабильной нагрузки, позволяющей работать с клиентами на высоком уровне и качественно выполнять свои обязанности.

Обоснование структурной схемы системы управления перекосом козлового крана

Хречков Николай Григорьевич, кандидат технических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В работе [1] выполнен анализ явления перекоса крана при перемещении по рельсам, причин его вызывающих, предложены способы устранения перекоса. Один из вариантов сводится к синхронизации вращения колес тележек перемещения опор на основе электроприводов с частотным управлением.

Было отмечено, что применение приводов колес с частотным управлением, охваченных обратной связью на основе датчиков угла поворота (энкодеров), позволяет решить задачу синхронизации.

Очевидно, что синхронизация не решает задачу устранения перекоса полностью. Синхронизация вращения колес не учитывает их проскальзывания на режимах раз-

гона и торможения. Таким образом, задача устранения перекоса решается лишь частично и остается актуальной.

Абсолютным показателем перекоса крана на рельсах является разность расстояний, пройденных тележками перемещения опор, или разность расстояний тележек до ограничителей движения на рельсовом пути. Задачу устранения перекоса крана можно решить, если применить систему управления по разности расстояний левой и правой тележек опор до упоров рельсового пути. При этом система управления должна получать информацию о разности расстояний от измерительной схемы. Ее предлагается построить на основе лазерных дальномеров (рис. 1).

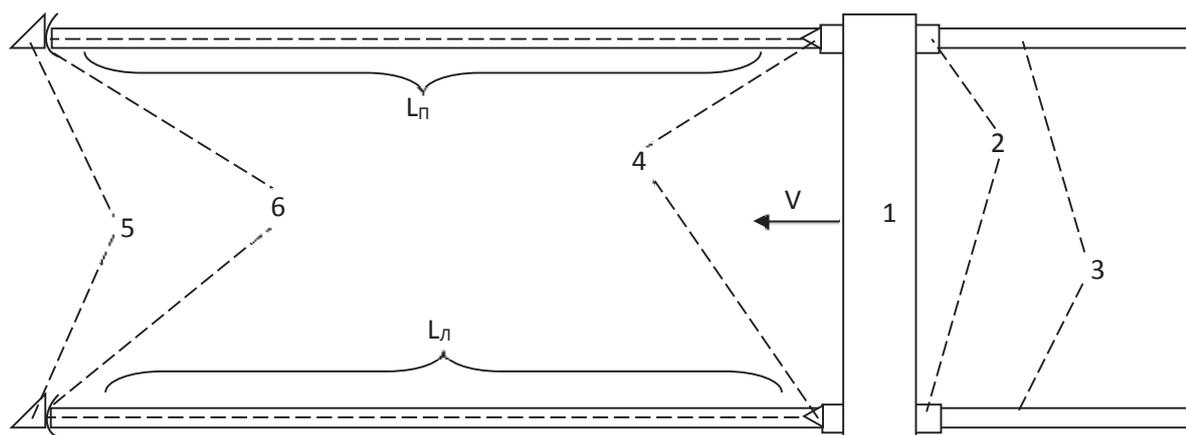


Рис. 1. Измерительная схема разности расстояний: 1 — балка козлового крана; 2 — тележки перемещения; 3 — рельсы; 4 — лазерные дальномеры; 5 — ограничители перемещения; 6 — отражатели лучей

На рисунке 1 приведена схема, обосновывающая способ измерения расстояний ($L_{л}$, $L_{п}$) тележек до опор. Козловой кран 1 расположен перпендикулярно рельсовому пути 3. На транспортных тележках 2 размещены лазерные дальномеры 4. Их лучи ориентированы вдоль рельсов в направлении ограничителей движения 5, на которых установлены отражатели 6. По информации дальномеров просто вычислить разность расстояний

$$\Delta L = L_{л} - L_{п}, \quad (1)$$

где $L_{л}$ — расстояние от левой тележки до упора; $L_{п}$ — расстояние от правой тележки до упора.

Предлагаемые места размещения дальномеров исключают перекрытие лучей грузом на подвеске при его перемещении вдоль балки крана и размещение любых объектов над рельсами.

Для построения системы управления по разности расстояний дальномеры должны удовлетворять ряду требований. Их точность должна быть не хуже допустимого перекоса и измеряться сантиметрами и долями сантиметра. Рабочий диапазон дальностей должен быть не менее длины рельсового пути, то есть не менее 300 метров. Климатические условия эксплуатации крана требуют рабочего диапазона температур от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

На рынке предлагается широкий ассортимент дальномеров: DLE 150 CONNEKT Bosch, DLE 70 Bosch, GLM 150 Bosch, GLM 250 VF Bosch, 0530 AA Skil. Часть предлагаемых дальномеров имеет цифровой индикатор, предназначена для визуального считывания дальности и не пригодны для построения систем управления. Требуется дальномер с электрическим аналоговым или цифровым выходом. Другая часть не соответствует климатическим условиям. Набору требований удовлетворяет дальномер DIMETIX DLS-BH 15. Некоторые его характеристики приведены ниже:

- диапазон измерений дальности, м 0,5–500;
- точность измерения, мм $\pm 1,5$ — ± 3 ;
- выходной сигнал 1 аналоговый и 3 цифровых (RS 422);

— продолжительность работы, ч 25000;

— габариты 150×80×55;

— питание:

DLS — В — 9... 30 В; 0,5 А;

DLS — ВН (+ обогрев) — 24... 30 В; 2,5 А;

— масса:

DLS — В, г 665;

DLS — ВН, г 690;

— диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$ — 40 до +50;

— степень защиты корпуса IP65; IEC60529.

Приведенные параметры дальномера удовлетворяют требованиям по точности, дальности, диапазону рабочих температур и возможности сопряжения с оборудованием системы управления.

Следующим шагом разработки системы управления перекосом является сопряжение измерительной схемы дальности, приведенной на рисунке 1 с частотными приводами тележек перемещения опор (рис. 2).

Система в целом должна иметь два канала управления: канал привода правой тележки и канал привода левой тележки. На этапе решения задачи синхронизации вращения колес, оба канала совершенно одинаковы. Более того, задающее устройство частоты вращения ω_3 одно и тоже для обоих каналов. На этапе сопряжения приводов с системой измерения дальности в один из каналов для заданной частоты ω_3 необходимо ввести поправку $\Delta\omega$, которая определяется разностью расстояний $\Delta L = L_{л} - L_{п}$. Система управления перекосом, построенная на такой основе, предлагается на рисунке 2.

Левый $D_{л}$ и правый $D_{п}$ лазерных дальномера соответственно являются источниками информации дальности $L_{л}$ и $L_{п}$. Устройство сравнения формирует текущую разность $\Delta L_{т}$, которая подается на усилитель, формирующий поправку $\Delta\omega$. Сумматор 2 вводит поправку в заданный параметр частоты вращения ω_3 . В результате на вход управления правого привода подается сигнал управления с поправкой $\omega_3 + \Delta\omega$, а на вход левого канала без поправки.

Выключение приводов тележек должно выполняться при достижении заданной координаты дальности L_3 . Для этого предлагается включить в состав системы задатчик дальности и устройство сравнения 3 текущей L_T и заданной L_3 дальности. Блок логики формирует разовые команды (РК) «стоп» по информации о текущей L_T и заданной L_3 дальности и по их отклонению ΔL_T и ΔL_3 не одновременно на левый и правый каналы. Не одновременность позволит свести к минимуму перекос в фазе остановки. Блоки частотного управления имеют набор входов для приема разовых команд («пуск», «стоп» и т.д.) с пульта управления. Часть входов можно использовать для приема команд,

формируемых автоматикой. Таким образом, управление на основе поправки $\Delta\omega$ устраняет перекос крана во время перемещения, а управление на основе ΔL_3 на этапе достижения заданной координаты L_3 .

Функционирование системы в соответствии с описанием предполагает настройку измерительной схемы дальности на этапе наладки. Балку крана необходимо выставить перпендикулярно рельсам и отрегулировать равенство показаний дальномеров перемещением отражателей.

Возможно, на этапе наладки придется изменить знак поправки $\Delta\omega$.

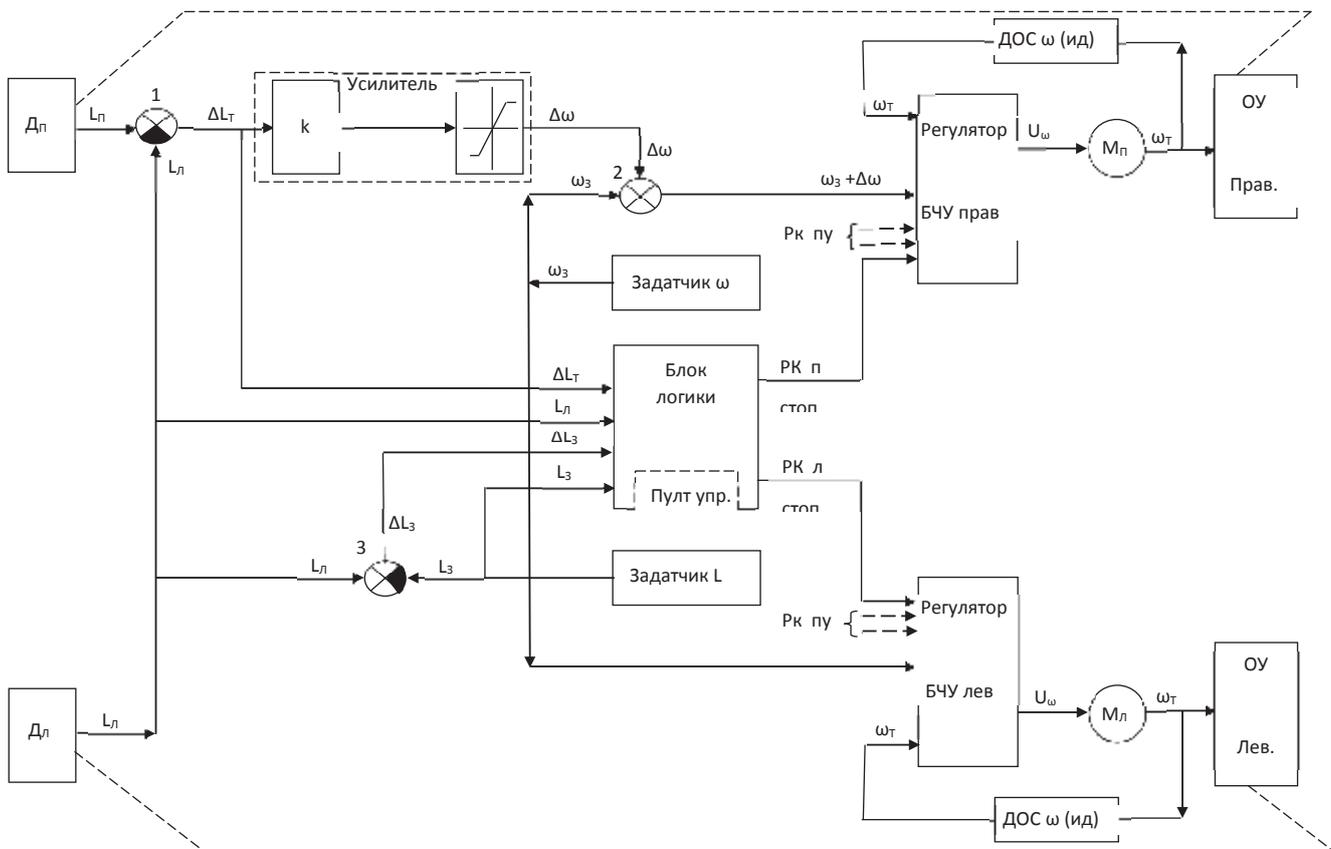


Рис. 2. Структурная схема системы управления перекосом крана

Литература:

1. Хречков, Н. Г. Анализ способов устранения перекоса козлового крана. Сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии, системы автоматизированного проектирования и автоматизация». Издательство СГТУ, Саратов, 2010
2. Справочник по кранам: в 2?. Под общей редакцией М. М. Гохберга. — М.: Машиностроение, 1988.
3. Невзоров, Л. А. Башенные краны / Л. А. Невзоров, А. А. Зарецкий, Л. М. Волин и др.. — М.: Машиностроение, 1979.
4. Многофункциональный векторный преобразователь частоты Е 3—9100. Руководство по эксплуатации ВА-ЮУ.435Х21.007—03 РЭ.
5. Лазерный дальномер DIMETRIK DLS-BH 15.

03. ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ, НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Информационные технологии как ресурс подготовки специалистов технических направлений

Варгина Елена Владимировна, аспирант

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Постоянное обновление наукоемких, высоких технологий накладывает соответствующие изменения на развитие общества, характеризующееся в настоящее время глубокими экономическими и социальными преобразованиями, основанными на повсеместном применении информационных технологий во всех сферах жизнедеятельности человека.

В современном обществе информатизация, затрагивая все отрасли экономики и промышленности, носит всеобъемлющий характер, а широкое применение разнообразных информационных технологий во всех сферах формирует новые требования к профессиональной подготовке кадрового состава предприятий. В современных условиях персоналу необходимо иметь навыки работы с разнообразным программным обеспечением и уметь применять широкий спектр программного обеспечения в своей профессиональной деятельности. Информационные технологии являются основным инструментом деятельности специалистов современных предприятий. Постоянное обновление программного обеспечения персональных компьютеров требует внесения поправок в педагогический процесс и, следовательно, требует эффективного применения информационных технологий в образовании.

Совершенствование подготовки и повышения квалификации персонала предприятий базируется на применении информационных технологий в учебном процессе [4, 7, 8 и др.]. Технически сложные образовательные ресурсы с качественными демонстрационными возможностями не всегда являются эффективными, поскольку высокая степень интерактивности не является залогом продуктивности ресурса. Поэтому основой производительного электронного образовательного ресурса является комплексный подход к их созданию и использованию в учебном процессе. То есть их разработку и использование следует проводить с позиции психологии, дидактики, научно-методических основ применения ИТ в образовательном процессе в соответствии с целями об-

учения, с учетом требований, предъявляемых к процессу подготовки и повышения квалификации персонала [5, 6 и др.].

Анализируя эффективность применения информационных технологий в процессе подготовки персонала, обратимся к зарубежному опыту их применения. Основатель и директор проекта Campus Computing, Кейси Грин занимается изучением роли информационных технологий в американском образовании и вопросами повышения качества образования посредством применения в процессе обучения информационных технологий. По ее словам, ИТ в сравнении с традиционными технологиями обучения имеют ряд преимуществ при организации учебного процесса, так как позволяют осуществлять индивидуализированное обучение, асинхронное обучение, значительно повышать содержание и информационную насыщенность ресурсов, благодаря чему можно вывести на новый уровень образовательный процесс [1].

Но до сих пор остается открытым вопрос имеют ли информационные технологии потенциал для повышения качества преподавания и обучения, а также повышения академической производительности. Большинство дискуссий относительно эффективности применения информационных технологий в образовательном процессе всегда начинается со сравнения их с традиционным обучением.

Одним из преимуществ информационных технологий является доступ обучающихся к большому объему информации. Также технология позволяет преподавателям выявить индивидуальные различия в целях обучающихся, стилях обучения, их способностях и обеспечивает при этом повышенное удобство как для обучающихся, так и преподавателей. Информационная технология дает возможность получения информации в режиме: «в любое время, в любом месте» [2].

Многие преподаватели, участвующие в обширной программе дистанционного обучения в Америке, обнаружили, что между преподавателями и обучающимися необходимо

наличие хорошей обратной связи [1,2 и др.]. Так как ИТ расширяют пространство для образовательной деятельности, что особенно важно для той части обучающихся, чьи возможности обучения ограничены в связи с работой и семейными обязательствами. Обучение с их применением позволяет работать обучающимся в собственном темпе с постоянной оценкой полученных знаний, в отличие от традиционного, при котором возможен только эпизодический контроль. Благодаря постоянной оценке знаний преподаватели могут определить те области, в которых возникают трудности в усвоении полученного материала обучающимся. А обучающая программа автоматически предложит материал из данной области на проработку, способствуя ликвидации пробелов в знаниях. В резуль-

тате чего обучающийся способен сосредоточиться на индивидуальной оценке, что сделает обучение гораздо более ориентированным на изменения.

Множество зарубежных учебных заведений и университетов сделали профессиональные курсы доступными через Интернет, разместив лекции и учебные материалы на информационно-справочных ресурсах. Широкий спектр разнообразных курсов дает обучающимся возможность повысить квалификацию в свободное время, не внося изменений в свой напряженный график.

Проведенный анализ применения ИТ в сфере образования показал, что интеграция информационных технологий в процесс обучения играет ключевую роль в обеспечении качества системы.

Литература:

1. Fisseha Mikre. (2011, July 28) The Roles of Information Communication Technologies in Education Review Article with Emphasis to the Computer and Internet/ Ethiop. J. Educ.&Sc. Vol.6 № 2
2. James, L. Morrison. (1999) The Role of Technology in Education Today and Tomorrow: An Interview with Kenneth Green, Part II/On the Horizon, 7 (1), 2–5
3. William, F. Massy, Robert Zemsky (1995, June 6–9) Using Information Technology to Enhance Academic Productivity prepared for the conference
4. Виштак, Н. М. Применение мультимедийных средств обучения в вузовской практике реализации программ дополнительного образования/ Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 20. с. 4826–4830.
5. Виштак, Н. М., Фролов Д. А., Варгина Е. В. Функционально-структурная модель интеллектуальной обучающей / Фундаментальные исследования. 2013. № 11–5. с. 871–874.
6. Виштак, О. В., Кондратов Д. В. Комплексный подход к созданию электронных образовательных ресурсов / Universitas: психология и образование. 2014. № 2 (3). с. 7.
7. Виштак, О. В. Направления программной реализации электронных образовательных ресурсов/ Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 5. № 2. с. 36–39.
8. Фролов, Д. А. Анализ видов компьютерных обучающих систем для подготовки персонала промышленного предприятия и современных технологий их построения/ Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 1. № 2. с. 431–434.

Анализ программного обеспечения для разработки информационных систем мониторинга учебной деятельности студентов

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент;

Степанова Алёна Витальевна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Мониторинг учебного процесса позволяет выявить его сильные и слабые стороны, своевременно разработать корректирующие мероприятия, позволяющие устранить выявленные недостатки. Его особенностью является то, что он представляет собой динамический процесс, включающий сбор и анализ больших объемов информации об учебном процессе, являющихся важной основой оценивания, совершенствования и прогнозирования качества учебного процесса. Анализ результатов, полученных в ходе мониторинга, позволяет участникам

образовательного процесса: преподавателям отслеживать динамику учебной деятельности студентов, студентам своевременно корректировать свою деятельность, тем самым добиваться повышения индивидуального рейтинга [1,3 и др.].

Для проведения мониторинга учебной деятельности студентов нами разработана информационно-аналитическая система мониторинга учебной деятельности студентов (ИАСМ СУДС), которая обеспечивает информационную поддержку всех этапов его проведения

и дальнейшее принятие управленческих решений. На первом этапе работы с ИАСМ СУДС предполагается извлечение многих данных по результативности учебной деятельности студентов и приведение их к единой структуре и формату. На втором этапе обеспечивается организация хранения и предоставление пользователям системы (заведующему кафедрой, преподавателям, студентам) в соответствии с их уровнем доступа информации. На следующем этапе проводится анализ результативной информации и оценка состояния учебной деятельности студентов в виде экранных форм. На заключительном этапе принимаются решения, которые являются основой для повышения качества учебного процесса.

ИАСМ СУДС — это программный продукт, основанный на web-интерфейсе. Основными компонентами данного программного продукта являются web-страницы и таблицы базы данных, в которых хранится вся информация. Такие системы предназначены для оптимизации работы со статистическими данными при обработке ре-

зультатов. Их использование существенно упрощает поиск и просмотр основных данных по учебной деятельности студентов [2,4 и др.].

При создании современных сайтов и web-приложений используются такие языки программирования и разметки как: HTML, PHP (или JSP), JavaScript, CSS и база данных MySQL.

Среди всех языков программирования, которые используются для разработки Web-приложений и сайтов, выделяют две группы.

К первой группе можно отнести языки, код которых выполняется на компьютере пользователя при обращении к сайту, то есть в его Web-браузере. К таким языкам относятся VBScript, Java-апплеты и JavaScript. Скрипты, которые написаны на подобных языках, встраиваются прямо в код страниц или прописываются в отдельном файле с подключением к странице.

Ко второй группе относятся такие языки, код которых выполняется на Web-сервере, где расположен сайт.

Таблица 1.1. Сравнение языков программирования в сети Интернет

| Название языка | PHP | JSP | ASP |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| Доступность | + | + | - |
| Объектно-ориентированные возможности | + | + | + |
| Управление памятью | - | - | + |
| Целесообразность применения | + | + | - |
| Прост в освоении | + | - | - |
| Кроссплатформенность | + | + | - |

Для реализации ИАСМ СУДС был выбран язык программирования PHP. Основными качествами, из-за которых и был выбран этот язык стали объектно-ориентированные возможности и доступность. Так же в сравнении с другими предложенными языками программирования он прост в освоении. Существенным минусом PHP является управление памятью.

Так как данная информационно-аналитическая система основана на Web-интерфейсе, то в этом пункте будут рассмотрены программные средства разработки, которые предназначены для создания подобных ИАС.

1) HtmlReader — бесплатный отечественный редактор. Кроме стандартных функций содержит в себе десятки очень интересных и полезных мелочей, которые смогут значительно облегчить работу.

2) Notepad ++ является бесплатным текстовым редактором и является хорошей заменой стандартного блокнота. Гибкие настройки и широкая функциональность позволяют назвать данную программу довольно удобной для редактирования HTML страниц.

3) AdobeDreamweaver CS3. Данный HTML редактор занимает лидирующие позиции в этой нише. В программе присутствует огромный выбор инструментов, тонкие настройки, которые позволяют подогнать программу под требования программиста, а также очень удобный интерфейс.

4) Блокнот является стандартным текстовым редактором, присутствующим во всех версиях ОС Microsoft Windows. Он используется только на этих платформах

Таблица 1.2. Сравнительный анализ программных средств разработки ИАС

| Название ПО | Блокнот | Notepad++ | HTML Reader | Adobe Dreamweaver | Web Project |
|----------------------|---------|-----------|-------------|-------------------|-------------|
| Кроссплатформенность | - | + | - | + | - |
| Доступность | + | + | + | - | + |
| Подсветка кода | - | + | + | + | + |
| Автодополнение | - | + | - | + | - |
| Менеджер проектов | - | + | + | + | - |

и не способен работать в системе Unix. Данная особенность связано с тем, что в системах Unix как символы переноса используются разные количества байтов.

В качестве программного средства разработки ИАСМ СУДС был выбран Notepad ++. Выбор пал именно на это программное средство, потому что оно получило высшую оценку в сравнении с другими средствами разработки. Основным конкурентом Notepad++ является Adobe Dreamweaver, но в отличие от первого, распространяется только по коммерческой лицензии.

Разработанная ИАСМ СУДС позволяет:

- хранить большие объемы информации в компактном виде;

- выводить хранимую информацию в структурированном виде;

- быстро находить нужные фрагменты документов среди огромных массивов данных.

В настоящее время постоянное улучшение и обеспечение качества образовательного процесса является важнейшей задачей для факультетов, кафедр и всего высшего учебного заведения в целом. Одним из средств повышения качества образовательного процесса является использование мониторинга учебного процесса.

Не только внешние, но и внутренние факторы, которые характеризуют деятельность вуза, заставляют постоянно повышать эффективность учебного процесса.

Литература:

1. Виштак, О. В. Направления программной реализации электронных образовательных ресурсов. / О. В. Виштак. — Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 5. № 2. с. 36–39.
2. Виштак, О. В., Штырова И. А. Критерии оценки деятельности вузовского центра дополнительного образования. / О. В. Виштак, И. А. Штырова. Фундаментальные исследования. 2013. № 4–3. с. 555–559.
3. Ходакова, Н. П., Виштак Н. М. Педагогический мониторинг как фактор повышения результативности образовательного процесса. / Н. П. Ходакова, Н. М. Виштак. Universum: психология и образование. 2014. № 2 (3). с. 3.
4. Штырова, И. А., Виштак О. В. Структура информационно-аналитической системы вузовского центра дополнительного образования. / И. А. Штырова, О. В. Виштак. — Объектные системы. 2011. № 3 (3). с. 119–122.

Проектирование графического интерфейса интерактивной компьютерной обучающей системы для подготовки персонала предприятия

Виштак Ольга Васильевна, доктор технических наук, профессор;

Фролов Дмитрий Александрович, аспирант

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Анализ разработок в области создания компьютерных обучающих систем (КОС) [1, 2, 3, 4, 5 и др.] показывает, что эффективность работы с такими системами во многом определяется эргономикой программного интерфейса. Это связано с тем, что дизайн обучающей системы оказывает влияние на мотивацию обучаемых, скорость восприятия материала, утомляемость и ряд других важных показателей.

Дизайн во многом определяет функциональную организацию среды взаимодействия пользователей с интерактивной компьютерной обучающей системой (ИКОС), поэтому особое внимание необходимо уделить проектированию графического интерфейса пользователя (GUI-интерфейс). Проектирование GUI-интерфейса ИКОС является многоаспектным процессом, в котором участвует команда специалистов: системный проектировщик, компьютерный дизайнер, программист, преподаватель-инструктор, психолог и другие.

Процесс проектирование GUI-интерфейса является многоэтапным процессом. На первом этапе системный проектировщик осуществляет описание событий для пре-

цедентов, а также определяет кооперативные взаимодействия для их реализации, на основании принципов человеко-машинного взаимодействия и четкого понимания о представлении элементов интерфейса. Проектировщик вырабатывает первую концепцию GUI-интерфейса: средства организации окон, элементы управления, мультимедийный контент и т.д.

Психолог Дж. Гибсон утверждает, что восприятие человека основано на мотивации в том смысле, что человек не просто видит, а опрашивает среду, руководствуясь различными мотивами. При этом человек опирается на полученные сигналы и осуществляет различные действия [6]. А. В. Корниенко, В. А. Рыжов, Д. В. Демидович рассматривают как один из важных принципов интерфейса — баланс между интерактивными возможностями программы и сложностью ее изобразительного ряда — «психофизику интерфейса» [7]. То есть основной проблемой является синхронизация точки внимания пользователя и точки активности системы. Поэтому при разработке современных интерфейсов пользователя следует особое внимание уделять его эффективности и удобству исполь-

зования, которые характеризуются такими основными характеристиками как «понятность», «удобство» и «дружелюбность». Соответственно, на втором этапе прототип пользовательского интерфейса дорабатывает компьютерный дизайнер и психолог.

При реализации окон приложения программист вносит изменения в GUI-интерфейс, определяемые средой программирования. При этом задача состоит не только в реализации окон приложения, но и повышение эффективности, продуктивности и удобства использования ИКОС.

На следующем этапе разработки ИКОС для подготовки персонала происходит наполнение системы учебными материалами. Так как разрабатываемая среда является универсальной, то составлением учебного курса занимается преподаватель-инструктор, который является экспертом в данной изучаемой области и входит в команду разработчиков.

Важная особенность в проектировании GUI-интерфейса заключается в том, что контроль находится на стороне пользователя, а современные объектно-ориентированные программы управляются событиями. Объекты реагируют на события-сообщения, и внутренние взаимодействия между объектами запускаются внешними событиями, которые инициируются пользователем. Поэтому на этапе проектирования выполняется формирование системы требований, являющихся основанием для построения GUI-интерфейса. Был проведен анализ исследований в области проектирования интерфейсов и выбрана система требований Я. Нильсена, которая их наиболее полно представляет [8,9 и др.]:

- видимость состояния системы: система всегда должна держать пользователей в курсе о том, что происходит, через соответствующую обратную связь;
- равенство между системой и реальным миром: система должна говорить словами, фразами и понятиями, знакомыми пользователю, а не системно-ориентированными терминами;
- свобода действий пользователя: пользователи часто выбирают системные функции по ошибке, так как системе нужно отображать явные сообщения о возможном аварийном завершении программы, а также обеспечить функции отмены и повтора последних действий пользователя;
- последовательность и стандарты: должно быть единообразие команд для выполнения однотипных действий;
- предупреждение ошибок: разработке системы ошибок следует уделить особое внимание, так как она позволяет предотвратить программные сбои, а также необходимо предоставить пользователю возможность подтверждения действий при совершении особо важных операций;
- понимание лучше, чем запоминание: необходимо минимизировать нагрузку на память пользователя, делая его действия очевидными. Пользователи не должны помнить информацию предыдущего диалога с системой, чтобы перейти к следующему действию;

- гибкость и эффективность использования: использование сочетания клавиш и персональных настроек системы позволяет ускорить работу опытного пользователя;
- эстетичный и минималистический дизайн: диалоги не должны содержать информацию, которая не имеет отношения к текущей ситуации. Каждый дополнительный блок информации диалога уменьшает относительную видимость всего сообщения;

- распознавание и исправление ошибок: сообщения об ошибках должны быть выражены простым языком, точно указывать проблему и предлагать конструктивное решение;

- помощь и документация: любая информация по работе системы должна быть легко найдена, ориентирована на повседневные задачи пользователя, включая список конкретных действий, которые могут использоваться в системе.

«Контроль — на стороне пользователя» является базовым принципом построения GUI-интерфейса, который заключается в том, что пользователь инициирует действия программы и получает необходимую обратную связь. Например, для сообщения обучаемому о загрузке ИКОС используется специальный индикатор ожидания в виде анимированного прогрессбара, а при загрузке элементов программы — курсор в форме песочных часов.

Согласованность, как основной принцип разработки качественного GUI-интерфейса, требует соблюдения стандартов и следования общепринятым правилам работы с GUI-интерфейсом. Согласованность рассматривается на соответствие стандартам поставщика GUI-интерфейса и соответствие стандартам в области именования, программирования и другим, разработанным внутри организации стандартам, которые связаны с GUI-интерфейсом. ИКОС для подготовки персонала предприятий разрабатывается для ОС Windows, соответственно, реализуется схожая визуализация всех основных элементов управления.

Следование принципу настройки позволяет адаптировать функционирование ИКОС к требованиям различных групп обучаемых. Соответственно, в ИКОС предусмотрены возможности «явной помощи» и дополнительные предупреждающие сообщения, которые указывают на некорректные действия обучаемого.

Правильно спроектированный GUI-интерфейс позволяет пользователям совершать некорректные действия. Такая терпимость к ошибкам увеличивает активность пользователя, поскольку для обучаемых, которые не в полной мере владеют информационными технологиями и подвержены синдрому «компьютерной тревожности», или недостаточно изучили учебный материал. Обучаемому очень важно знать, что ИКОС позволяет ему при неправильных действиях в любой момент совершить многоуровневую отмену операций и еще раз отработать соответствующий учебный элемент.

Принцип обратной связи дополняет первый принцип — контроль должен находиться на стороне поль-

зователя. Поэтому в разрабатываемую ИКОС встраиваются визуальные и аудиоподсказки для каждого действия, совершенного пользователем. В большинстве случаев указатель в форме песочных часов или индикатор ожидания представляет достаточный уровень обратной связи, чтобы понять, что ИКОС выполняет определенные действия.

Эстетичность интерфейса влияет на зрительное восприятие системы обучаемым. Удобство касается про-

стоты, эффективности, надежности и продуктивности в использовании интерфейса. Именно эти задачи решает компьютерный дизайнер и психолог.

Таким образом, именно коллектив разработчиков создает привлекательный и удобный GUI-интерфейс, который обеспечивает максимально комфортную среду для обучения персонала предприятия даже при недостаточно продвинутом уровне владения информационными технологиями.

Литература:

1. Башмаков, А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. — М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. — 616?.
2. Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология / А.В. Соловов. — Самара: «Новая техника», 2006. — 462?.: ил.
3. Буняев, М.М. Научно-методические основы проектирования разветвленно-диалоговых систем: дис. ... докт. пед. наук: 13.00.02 / М.М. Буняев. — М., 1992. — 350?.
4. Виштак, О.В. Комплексный подход к созданию электронных образовательных ресурсов / О.В. Виштак, Д.В. Кондратов // *Universum: психология и образование*. — 2014. — № 2 (3). — с. 7–11.
5. Виштак, Н.М. Функционально-структурная модель интеллектуальной обучающей системы / Н.М. Виштак, Д.А. Фролов, Е.В. Варгина // *Фундаментальные исследования*. — 2013. № 11–5. — с. 871–874.
6. Гибсон, Дж. Экологический подход к зрительному восприятию: Пер. с англ. / Общ. ред. и вступ. ст. А.Д. Логвиненко / Дж. Гибсон. — М.: Прогресс, 1988. — 464?.: ил.
7. Рыжов, В.А. Интерфейсы пользователя и формы представления учебной информации в интернет-учебниках / В.А. Рыжов, А.В. Корниенко, Д.В. Демидович // *Педагогическая информатика*. — 2002. — № 1. — с. 62–75.
8. Мацяшек, Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML: Пер. с англ. / Л.А. Мацяшек. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 432?.: ил. — Парал. тит. англ.
9. Nielsen, J. 10 Usability Heuristics for User Interface Design [Электронный ресурс] // Nielsen Norman Group. URL: <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (дата обращения: 15.02.2015).

Особенности подготовки специалистов в современных условиях

Лазарева Анастасия Александровна, аспирант

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Балаково

Основной задачей современного профессионального образования является подготовка квалифицированных работников, с соответствующим уровнем и качеством образования, конкурентоспособных и мобильных.

Для подготовки таких специалистов необходимо, чтобы одним из основных мотивов их обучения являлась их заинтересованность в учении, удовольствие от достижения результатов.

Наряду с традиционными методами обучения в образовательном процессе вуза интенсивно используются активные методы подготовки специалистов, что способствует интенсификации образовательного процесса, формированию профессионально значимых знаний, умений, навыков и качеств личности будущего специалиста.

Внедрение активных методов обучения способствуют наиболее эффективному обучению студентов. Это свя-

зано с тем, что студенты лучше понимают и запоминают материал, который они изучали посредством активного вовлечения в учебный процесс.

Активные методы обучения ориентированы на практическое обучение студентов за счёт использования коллективных форм обучения и современных образовательных технологий. Такие формы учебного процесса дают возможность непосредственного участия всех членов группы. Это означает, что происходит обмен знаниями, опытом и идеями между всеми студентами. В качестве основных достоинств является то, что активные методы обучения соединяют в себе теорию и практику, что способствует формированию не только профессиональных знаний, но и практических умений. Это повышает интерес к изучаемому предмету и способствует формированию положительных эмоций.

Рассмотрим классификацию активных методов обучения, предложенную Е. П. Белозерцевым и В. А. Сластениным (Таблица 1).

Они выделяют две основные группы активных методов обучения: имитационные и неимитационные. Имитационные методы активного обучения представляются собой формы проведения занятий, в которых учебно-познавательная деятельность построена на имитации профессио-

нальной деятельности. Имитационные методы в свою очередь делятся на игровые и неигровые. К игровым методам относится проведение деловых игр, «мозговой штурм», разыгрывание ролей и другие, а к неигровым — решение задач, ситуационные решения, проведение семинара и другие. Все остальные относятся к неимитационным методам обучения, которые представляют собой изучение материала при помощи лекционных занятий.

Таблица 1

| Активные методы обучения | | |
|--|--|---|
| Неимитационные | Имитационные | |
| | неигровые | игровые |
| Проблемная лекция; Круглый стол; Лекция-конференция; Лекция по заранее составленному конспекту; Лекция обзорная; Коллоквиум; Программированные занятия; Семинары; Выездные занятия с тематической дискуссией; Групповая консультация; Олимпиада. | Ситуационные решения; Решение отдельных задач; Подведение итогов и оценка преподавателем занятий; Обсуждение разработанных вариантов; Проведение семинара; Индивидуальный тренажер. | Многовариантный выбор оптимального решения «Мозговой штурм»; Деловые игры; Разыгрывание ролей; Игровое проектирование индивидуального технологического процесса. |

Выделим наиболее эффективные методы обучения.

Проблемная лекция — активный метод обучения, который ведёт к интенсификации учебного процесса. Данным метод представляет лекционное занятие, в ходе которого происходит решение крупной научной проблемы. Отличительная особенность такого метода обучения в том, что проблема требует не однотипного решения, то есть для ответа требуется размышление, так как готового решения нет.

Круглый стол — это метод активного обучения, характерной чертой которого является сочетание тематической дискуссии с групповой консультацией. Данный метод позволяет закрепить полученные ранее знания, сформировать умение решать проблемы. Большим плюсом круглого стола является то, что помимо обмена знаниями между студентами, он помогает выработать умение грамотно излагать мысли, аргументировать предлагаемые решения, отстаивать свою точку зрения по решению поставленной проблемы.

Семинар — форма учебно-практических занятий, при которой студенты обсуждают сообщения, доклады и рефераты, выполненные ими по результатам учебных или научных исследований под руководством преподавателя.

Коллоквиум — форма учебного занятия, которая заключается в проверке и оценивании знаний учащихся. Как правило, это беседа преподавателя со студентом для выявления уровня знаний. Коллоквиум представляет собой

промежуточный контроль и является одной из наиболее эффективных форм обратной связи.

Ситуационные решения — метод активного обучения, который используется для логического продолжения лекционных занятий. Это метод анализа ситуаций, суть которого в том, что учащимся предлагается осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и активизирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при решении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений. Этот метод позволяет активизировать учебно-познавательную деятельность учащихся за счёт того, что студенты и преподаватели участвуют в непосредственном обсуждении деловых ситуаций или задач. Данный метод характеризуется наличием конкретной ситуации, публичной защитой разработанных группой вариантов решения проблемы с последующим оппонированием и подведением итогов и оценкой результатов занятия. Метод ситуационного решения в последние годы становится одной из наиболее эффективных методик преподавания в высших учебных заведениях.

Решение задач — метод обучения, предполагающий выделение спектра умений решать задачи. Изначально выделяются условия и требования задачи, объектов и отношений между ними, выполняется рисунок, отмечаются на нем данные и искомые элементы, кратко записываются

условия и заключения задачи. Затем анализируются условия и требования задачи. Под анализом понимается выявление такой информации, которая непосредственно не задана условием, но присуща ему. Анализ требования задачи предполагает выяснение возможных путей ответа на вопрос задачи.

«Мозговой штурм» — метод обучения, который используется для нетрадиционных решений самых разнообразных задач. При данном методе участники обсуждения высказывают свои варианты решения проблемы. Происходит сбор гипотез и предложений для дальнейшего анализа с целью решения поставленной перед учащимися задачи.

Разыгрывание ролей — игровой метод активного обучения, который представляет собой наличие задачи и проблемы. При использовании данного метода происходит распределение ролей между участниками их решения. Взаимодействие между участниками обычно происходит посредством проведения дискуссии. В процессе занятия педагог вводит корректирующие условия. И на последнем этапе происходит оценка результатов обсуждения и подведение итогов преподавателем.

Деловая игра — один из наиболее эффективных активных методов обучения, так как происходит совмещение теоретических знаний с практическими умениями в условиях, максимально приближенных к производственным ситуациям.

Деловая игра — это форма взаимодействия, которая заключается в общении всех участников учебного процесса при осуществлении педагогического руководства со стороны преподавателя.

Деловая игра способствует возникновению интереса, сосредоточению внимания слушателей на учебном материале. Она реализует образовательную, воспитательную, развивающую, коммуникативную, диагностическую, ре-

лакционную функции [1]. Игровая форма обучения позволяет обучающимся не только закрепить полученные теоретические знания, но и на личном опыте проверить себя в реальной ситуации. Такой вид обучения способствует лучшему усвоению нового материала, учит работать коллективно, а также позволяет выявить профессиональный потенциал каждого студента.

Основой проведения деловой игры является сценарий, который подробно воспроизводит профессиональную ситуацию специалиста. Все участники игры получают определённые функции. Главную роль в данном виде обучения играет преподаватель, так как именно он объясняет исходную ситуацию и в ходе игры активно помогает участникам выяснять неясности, вносить коррективы и следить за ходом игры.

Современные деловые игры являются сложным программно-педагогическим средством, поэтому особое внимание необходимо уделить нескольким аспектам при их создании: во-первых, формирование контента с учетом специфики изучаемой предметной области, во-вторых, программной реализации, в-третьих, моделированию процесса обучения [2,3,4,5 и др.].

Применение активных методов обучения обусловлено тем, что студенты должны получить не только теоретически знания, но и должны уметь применять их в конкретной проблемной ситуации. Проанализировав активные методы обучения, можно сделать вывод, что такие формы обучения, как «деловые игры» значительно активизируют учебный процесс. Эффективность применения деловых игр обусловлена тем, что студент находится за персональным компьютером и непосредственно вовлечён в игру, которая в конечном итоге выдаст результат проделанной работы. Это позволяет выявить личностные качества обучающегося, которые в процессе традиционного обучения могут остаться нераскрытыми.

Литература:

1. Шамис, В. А. Активные методы обучения в вузе [Электронный ресурс] / В. А. Шамис // Сибирский торгово-экономический журнал. — 2011. — 14. — Режим доступа (дата обращения: 18.02.2015? <http://cyberleninka.ru/article/n/aktivnye-metody-obucheniya-v-vuze>). —
2. Деловые игры в образовании. Электронный документ. Режим доступа — свободный — дата обращения 01.02.2015. — <http://wiki.kgpi.ru/mediawiki/index.php>.
3. Виштак О.В., Кондратов Д. В. Комплексный подход создания электронных образовательных ресурсов // *Universum: Психология и образование*. — 2014. — № 2 (3).
4. Кондратов, Д. В. Развитие свободного программного обеспечения в Российской Федерации // Система подготовки управленческих кадров Российской Федерации в условиях модернизации: сб. научн. трудов. — Саратов: Поволжский институт управления им. П. А. Столыпина, 2012. — С.163–164.
5. Виштак, О. В. Направления программной реализации электронных образовательных ресурсов // Сборник научных трудов SWorld. — Выпуск 2. Том 5. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. — с. 36–39.

Обзор SDK при разработке приложений дополненной реальности

Фролов Дмитрий Александрович, ассистент;

Самойлов Алексей Александрович, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Использование систем дополненной реальности (AR — augmented reality) в приложениях позволяет расширить их функциональные возможности и в настоящий момент является одним из наиболее перспективных направлений в IT-сфере.

Термин «дополненная реальность» означает синтез окружающей действительности и созданных при помощи компьютерных технологий виртуальных объектов (3D-объектов, изображений, аудио, видео) в реальном времени.

Первые системы дополненной реальности появились в начале 50-х годов. Это были исследования Мортон Хейлига в области виртуальных технологий, а сам термин «дополненная реальность» ввел в конце столетия инженер исследовательской лаборатории Боинга Томас Престон Коделл. Он использовал принципы технологии для создания обучающей системы, которая использовалась при подготовке рабочих, выполняющих монтаж электрических кабелей в самолетах. В конце 20-го столетия произошел прорыв в сфере технологий дополненной реальности: в открытый доступ был выложен совершенно новый инструментальный ARToolKit с открытым исходным кодом и набором программных библиотек, универсальным и понятным инженерам в любой точке мира. Разработчиком этого инструментария является Хирокадзу Като. Выпуск инструментария послужил мощнейшим импульсом в развитии технологий и написания более совершенных средств разработки (SDK), позволяющих реализовать ранее невиданные возможности.

На сегодняшний день технологии дополненной реальности, а также устройства, использующие их, получают широкое распространение, и используются практически во всех сферах: начиная с медицины, образования, промышленности и, заканчивая, военным применением.

Крупные автомобильные компании, такие как Mercedes-Benz, BMW уже несколько лет работают над своими бортовыми информационно-развлекательными системами (In-Vehicle Infotainment System), а также Head-Up дисплеями (HUD) — специальными системами автомобиля, позволяющими проецировать информацию на лобовое стекло [1]. Чаще всего HUD используются вместе с системами глобального позиционирования для отображения любых данных, например, указателей направления, обнаружения машин в слепой зоне, распознавания пешеходов и предупреждений об опасности столкновения. По заявлениям компаний, подобные системы позволяют водителю не отвлекаться на показания приборов, всегда замечать дорожные знаки, не превышать скорость, а в экстренных случаях, вовремя успеть заметить выскочившего

на дорогу пешехода или резко затормозивший автомобиль, в чем не мало способствует наличие звуковой и цветовой сигнализации [2].

Также разработки систем дополненной реальности интенсивно ведутся в военной сфере. В первую очередь, AR-технологии применяются на «беспилотниках». В качестве примера здесь можно привести БПЛА MQ-1 Predator: при управлении пилоты видят на мониторах не только картинку, получаемую с камеры, но и наложенную на нее необходимую сопутствующую информацию [3].

В настоящее время для повышения качества вузовского учебного процесса разрабатываются новые современные обучающие системы, которые позволяют перевести процесс обучения на качественно новый уровень [4,5,6 и т.д.]. Поэтому на наш взгляд очень перспективно наряду с такими компьютерными средствами обучения использовать технологии дополненной реальности, что позволит значительно повысить качество учебного процесса и мотивацию студентов при изучении учебного материала технических дисциплин. При разработке интерактивного учебно-методического приложения дополненной реальности на первом этапе провели выбор средств реализации. Для чего были рассмотрены наиболее популярные SDK.

Основываясь на поставленных задачах, важно, в первую очередь, выбрать правильное средство реализации. Среди рассматриваемых библиотек [7] следует выделить:

- Vuforia;
- Metaio;
- FLARToolKit;
- Wikitude;
- ARMES.

По итогам голосования на выставке Augmented World Expo 2013, которая ориентирована на развитие технологий дополненной и виртуальной реальностей, лучшей библиотекой для создания AR-приложений была признана Vuforia от компании Qualcomm. Эта платформа дополненной реальности позволяет разработчикам расширить функционал своих приложений, а также получить новые инструменты и возможности при создании мобильных приложений. Vuforia создана для предоставления богатого взаимодействия с пользователями различных мобильных ОС и устройств, оставаясь при этом эффективной, масштабируемой и простой в использовании. Vuforia обеспечивает лучшую в своем классе компьютерную визуализацию, высокую степень распознавания образов, стабильное оптическое слежение и поддержку облачного хранения данных. Более 55000 разработчиков из 130

стран используют эту платформу, которую финансируют более 4000 коммерческих приложений ведущих мировых брендов. С помощью Vuforia можно создавать мобильные приложения для Android и iOS, которые поддерживают облачное распознавание миллиона образов.

Metaio SDK также является одной из лучших коммерческих сред разработки AR-приложений. Технологии этой платформы позволяют распознавать и отслеживать практически любое изображение, объект или среду из реального мира. Metaio SDK поддерживает трекинг трехмерных объектов, распознавание и отслеживание лиц, инфракрасное и лазерное слежение. Гибкость этой платформы для разработчиков заключается в одновременной поддержке нативного программирования для iOS, Android и ОС Windows, а также возможности разрабатывать приложения на HTML5 и JavaScript. Модульная структура SDK позволяет написать единый код один раз, а затем многократно развертывать его на различных платформах и ОС. Приложения, основанные на этой библиотеке, в автономном режиме могут использовать локальный контент, а при доступе в сеть Интернет — облачный контент. Metaio SDK имеет собственный модуль для рендеринга трехмерных изображений, поддерживает мобильный плагин Unity и позволяет использовать модели в основных форматах 3D, в том числе файлы FBX. Немаловажным фактором для начинающего разработчика может стать обширная документация по этой платформе и форум с 50000 пользователями, на котором регулярно проводятся вебинары и размещаются видео-уроки.

FLARToolKit является ActionScript портом NyARToolKit, который также, в свою очередь, — порт ARToolKit, хорошо известной японской AR-библиотеки, ос-

нованной на маркерах и портированной на различные операционные системы и языки программирования [8]. Flash-технологии этой библиотеки позволяют размещать разработанные приложения в сети Интернет. FLARToolKit поставляется по двум лицензиям: универсальной общественной (GPL) и коммерческой. Данная библиотека имеет огромное сообщество разработчиков по всему миру, которые используют онлайн ресурсы, чтобы помочь начинающим разработчикам освоить данный продукт или демонстрируют различные программные трюки. FLARToolKit ориентирована на разработку приложений для ОС Windows и Unity, причем ее исходные версии находятся в свободном доступе.

Wikitude SDK — инструментарий с широким спектром возможностей, включая распознавание изображений, трекинг, рендеринг 3D-моделей и видео, геопозиционирование объектов и многое другое [9]. По убеждению самих разработчиков, Wikitude SDK имеет все, что нужно для создания своего приложения для Android, iOS, смартфонов, планшетов, умных очков; поддерживается современным фреймворком PhoneGap и инструментами для кроссплатформенной разработки мобильных приложений от компании Xamarin.

Платформа ARMES SDK названа в честь компании ARMES, одной из немногих в Европе, разработавшей собственное программное обеспечение для реализации возможностей дополненной реальности на ПК и мобильных устройствах [10]. В качестве особенностей этой платформы следует выделить поддержку GPS-трекинга и распознавание маркеров.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

| SDK | Платформы | Тип | Распознавание маркеров |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Vuforia | Мобильные (Android и iOS) | free SDK, есть платные опции | есть |
| FLARToolkit | ПК (ОС Windows, Unity) | Open Source | есть |
| Wikitude | Мобильные (Android and iOS) | Коммерческий, trial-версия | есть |
| ARMES | ПК | Коммерческий | есть |
| Metaio | Мобильные (Android и iOS), ПК | free SDK, есть платные опции | есть |

На основании анализа SDK для разработки обучающей системы была выбрана платформа FLARToolKit, поскольку поддерживается ОС Windows, проект свободно

интегрируется на любой web-ресурс, а также является бесплатно распространяемым SDK.

Литература:

1. Automotive Head-Up Display market goes into high gear [Электронный ресурс]. // <http://evertiq.com/news/24705> (дата обращения: 26.02.2015).

2. Mercedes-Benz готовится представить бортовую AR-систему: интервью с Маркусом Хаммори [Электронный ресурс] // <http://arnext.ru/interview/mercedes-benz-gotovitsya-predstavit-bortovuyu-ar-sistemu-intervyu-s-markusom-hammori-7809> (дата обращения: 26.02.2015).
3. Технологии будущего: что представляет собой дополненная реальность? [Электронный ресурс]. // <http://www.kabmir.org/reality/2565-dopolnenaya-realnost.html> (дата обращения: 26.02.2015)
4. Виштак, Н. М. Модель построения лекционного электронного комплекса по информатике // Информатика и образование. 2009. № 10. с. 114–117.
5. Виштак, Н. М., Фролов Д. А., Варгина Е. В. Функционально-структурная модель интеллектуальной обучающей системы // Фундаментальные исследования. 2013. № 11–5. с. 871–874.
6. Фролов, Д. А. Анализ видов компьютерных обучающих систем для подготовки персонала промышленного предприятия и современных технологий их построения // Инновационные информационные технологии. 2013. т. 1. № 2. с. 431–434.
7. Augmented Reality SDK Comparison [Электронный ресурс]. // <http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks> (дата обращения: 26.02.2015).
8. FLARToolKit [Электронный ресурс]. // <http://www.artoolworks.com/support/library/FLARToolKit> (дата обращения: 26.02.2015).
9. [Электронный ресурс] // <http://www.wikitudo.com/products/wikitudo-sdk/> (дата обращения: 26.02.2015).
10. [Электронный ресурс] // <http://www.armes-tech.com/> (дата обращения: 26.02.2015).

Разработка объектно-ориентированной модели образовательного интерактивного приложения

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент;

Бызова Юлия Александровна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Интерактивное, то есть в большей мере самостоятельное обучение с использованием современных информационных технологий — одно из важнейших направлений модернизации системы образования. Большая роль при этом отводится электронным обучающим ресурсам, которые способны обеспечить:

- все компоненты образовательного процесса — получение новых знаний, организацию практических и самостоятельных занятий, аттестацию и контроль учебных достижений;

- интерактивность, которая обеспечивает расширение возможностей самостоятельной учебной работы за счет использования активно-деятельностных форм обучения;

- возможность более полноценного обучения вне аудитории;

- реализацию принципиально новых форм и методов обучения, в том числе самостоятельного индивидуализированного обучения.

Разработка интерактивного обучающего приложения по информатике для младших школьников основывается на следующих принципах: наглядность представления информации, наличие средств настройки, возможность выбора индивидуальной траектории обучения, использование игровых методов, возможность сбора статистики обучения. Приложение выполняет следующие функции: пользователь может проверить свои базовые знания в об-

ласти информатики с помощью изучения теоретического материала и выполнения интерактивных практических заданий.

На этапе проектирования интерактивного обучающего приложения строим объектно-ориентированную модель с использованием языка UML, который имеет следующие преимущества: UML объектно-ориентирован, в результате чего методы описания результатов анализа и проектирования семантически близки к методам программирования на современных объектно-ориентированных языках; UML позволяет описать систему практически со всех возможных точек зрения и разные аспекты поведения системы.

Разработанная модель включает в себя следующие диаграммы: диаграмма вариантов использования, диаграмма последовательности, диаграмма классов, диаграмма состояний, диаграмма компонентов.

Диаграмма вариантов использования представляет собой обобщенную модель функционирования системы в окружающей среде. При построении диаграммы вариантов использования (рисунок 1) был выделен один актёр «Пользователь» — человек, проходящий обучение с использованием разрабатываемой интерактивной системы. В разрабатываемом приложении используется один интерфейс. На диаграмме выделены следующие варианты использования образовательного интерактивного приложения: работа с образовательным приложе-

нием, запуск игры (загрузка игры), начало новой игры, запуск уровня, сохранение результата (доступно только

после полного прохождения, какого либо уровня), просмотр статистики.

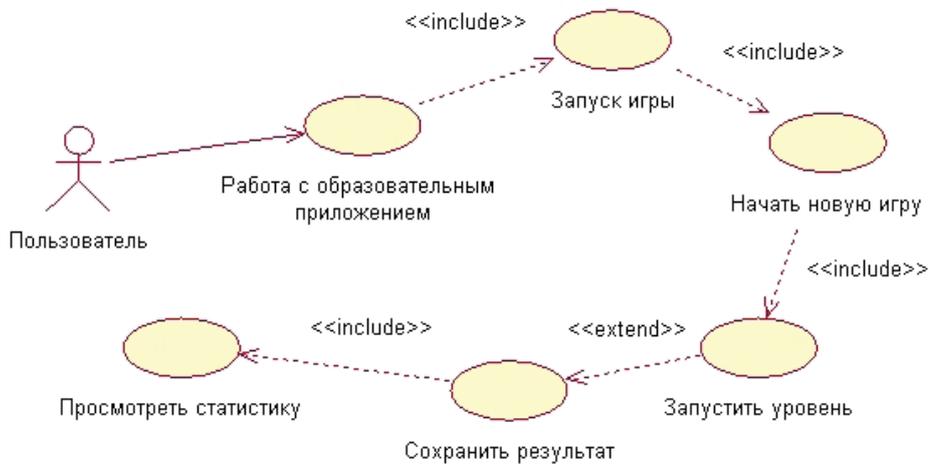


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

На диаграмме последовательности (рисунок 2) показано взаимодействие объектов (обмен между ними сигналами и сообщениями), упорядоченное по времени,

с отражением продолжительности обработки и последовательности их проявления.

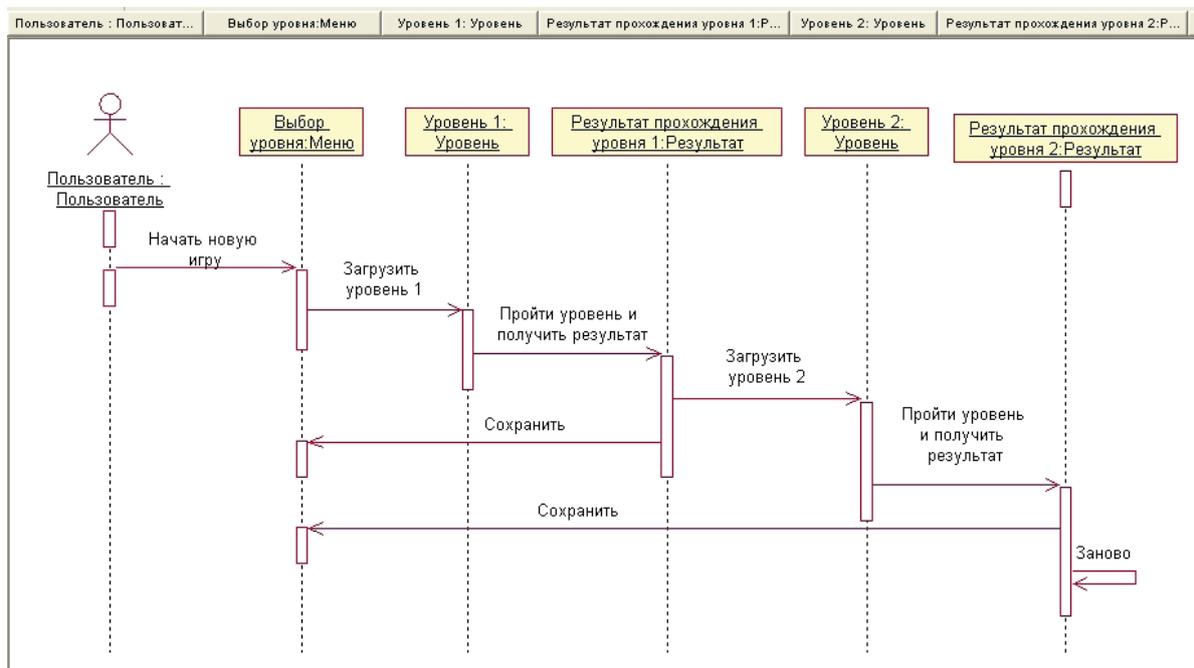


Рис. 2. Диаграмма последовательности

На данной диаграмме изображено действующее лицо «Пользователь», а также объекты: «Выбор уровня», «Уровень», «Результат прохождения уровня». Объекты связаны между собой сообщениями: «Начать новую игру», «Загрузить уровень», «Пройти уровень и получить результат» и рефлексивным сообщением «Заново».

Диаграмма состояний предназначена для описания состояний объекта и условий перехода между ними. Описание состояний позволяет точно описать модель поведения объекта при получении различных сообщений и взаимодействии с другими объектами.

На данной диаграмме (рисунок 3) изображено одно суперсостояние «Работа с уровнем», внутри него разме-

щены состояния «Загрузка» и «Пауза/ Ожидание». Начальное состояние связано с состоянием «Загрузка». После того когда прохождение уровня начато, можно перейти к состоянию «Выполнения уровня» (если пользователь прошел уровень до конца), либо к состоянию «Отмена» (если пользователь решил выйти из уровня). Далее

выполняется переход к конечному состоянию. Подробное описание для состояний: «Загрузка» — действие «do/ Загрузить данные» и «entry/ Построение уровня»; «Выполнение уровня» — действие «do/Результат» и «exit/ Выход из уровня»; «Отмена» — действие «exit/Выход из уровня».

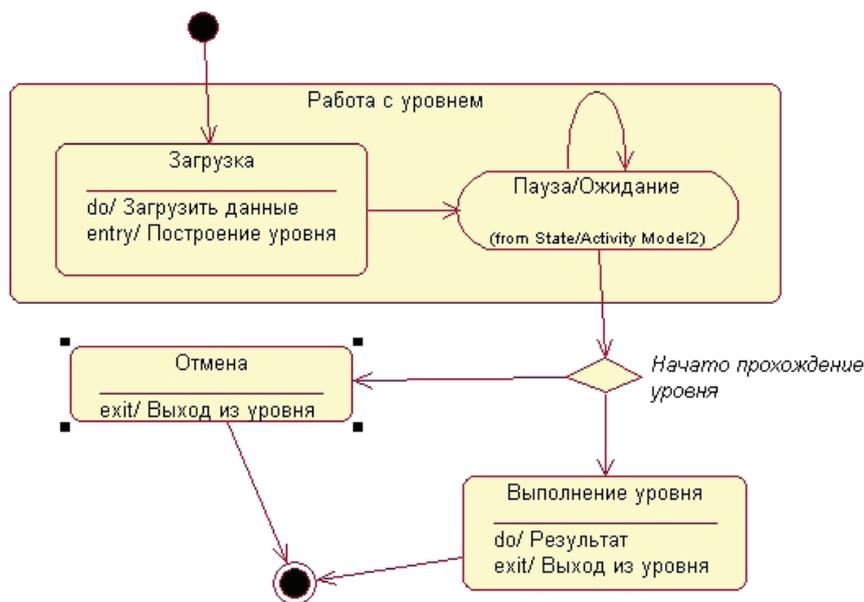


Рис. 3. Диаграмма состояний

Диаграмма компонентов описывает особенности физического представления системы. Диаграмма компонентов позволяет определить архитектуру разрабатываемой системы, установив зависимости между программными компонентами. На данной диаграмме (рисунок 4) присут-

ствуют компонент главная программа Menu, этот компонент связан с телом подпрограммы LevelBody. Компоненты LevelTaskBody (тело задачи), LevelPackageBody (тело пакета) и Database (база данных) также связаны с телом подпрограммы LevelBody.

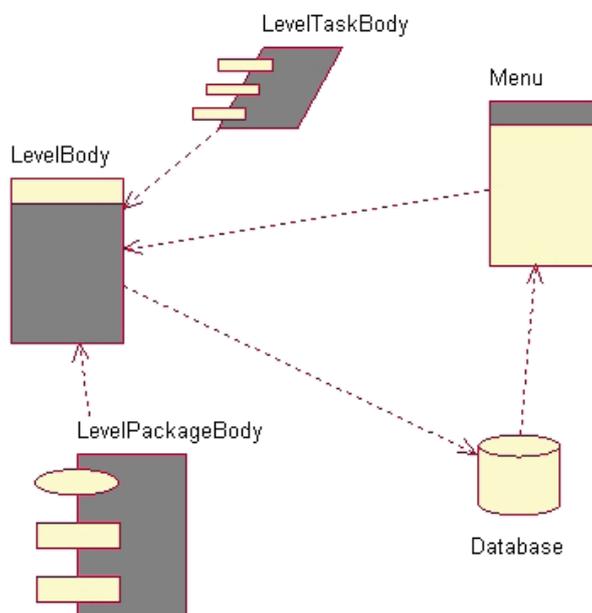


Рис. 4. Диаграмма компонентов

Разработанная объектная модель позволяет оптимизировать процесс дальнейшей физической реализации интерактивной обучающей системы.

Литература:

1. Башмаков, А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков — М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2009..
2. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. / Г. Буч — М: Вильямс, 2009.
3. Грэхем, И. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика. / И. Грэхем — М: Вильямс, 2009.

04. НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Моделирование металлической ребристой панели с помощью ПК ЛИРА

Бойчук Сергей Васильевич, ассистент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В статье представлены результаты исследования работы новой ребристой металлической панели в процессе образования ее формы, поведение ее в сложных условиях напряженно-деформированного состояния, в процессе формообразования. Рассмотрены вопросы создания компьютерной модели панели с использованием конечно-элементного метода моделирования, способного учесть всевозможные особенности ее работы, с заданными геометрическими параметрами и с учетом особенностей формирования продольных полых ребер. Приведены результаты процедуры верификации созданной компьютерной модели, путем сравнения с данными экспериментальных исследований.

Процесс формообразования новых конструкций достаточно сложный и не достаточно изучен. Существенную помощь может оказать компьютерное моделирование как один из эффективных способов снижения затрат на проведение расчетов и анализ полученных данных оптимизируя различные конструктивные решения и параметры моделей с целью внедрение новых конструкций в практику строительства.

Задача расчета процесса формообразования новой конструкции панели, вследствие ее физической и геометрической нелинейности достаточно сложна. Ее решение возможно численным методом, например методом конечных элементов, который наиболее эффективен при расчете сложных конструкций, проведении оптимизации новой конструкции панели и ее параметров. Он позволяет без больших сложностей применить компьютерное моделирование при анализе формообразования новой металлической ребристой панели.

Панели представляют собой ребристые пластины или открытые цилиндрические оболочки, в которых ребра полого поперечного сечения расположены симметрично относительно их срединной поверхности. Формообразование таких панелей производится из однослойной плоской заготовки представляющей металлическую пластину с дискретно наваренными полосами. Создание ребри-

стых панелей из плоских заготовок производят сжатым воздухом, подаваемым в пространство между полосами и пластиной. За счет пластических свойств и конечной изгибной жесткости металла проектная форма панели остается неизменной, и после снятия избыточного давления [1]. Изучение процесса формообразования и изменения напряженно-деформированного состояния ребристой конструкции панели при создании пространственной формы было применено моделирование с помощью программного комплекса Лира, разработаны математические модели и выполнены соответствующие расчеты.

Основные параметры расчетной и конечно-элементной моделей. Исходными данными для конечных элементов являются основные физико-механические характеристики материала в каждом конечном элементе: удельный вес; модуль деформации; коэффициент Пуассона.

При использовании метода конечных элементов возникают проблемы обеспечения устойчивого процесса расчета и уменьшение его времени, решение достигается оптимальным упрощением расчетной схемы, выбором конечно-элементной и численной модели и ее параметров: тип конечного элемента; протяженность рабочей зоны и типа связей; видом и характером действия нагрузки. Для конструкции модели ребристой панели принята расчетная схема с использованием конечных элементов типа КЭ 341, которые предназначены для решения плоской задачи теории упругости (плоское напряженное состояние и плоская деформация), а также прочностного расчета тонких оболочек с учетом физической нелинейности материала [2]. Модель материала заготовки — изотропная (по кривой упрочнения) с критерием текучести по Мизесу. Нагрузка задавалась равномерно распределенной, в виде законов перемещения в вертикальной плоскости относительно продольной оси заготовки.

Модель представлена пластиной длиной L и шириной B и закрепленным к ней полосам шириной b , оптимально разбитой на конечное число элементов. Закрепление по-

лученной расчетной схемы производится по трем направлениям OX , OY , OZ по центральной оси и свободно относительно осей вращения, что моделирует установку экспериментальной модели панели в положении опирания ее на плоскости [3]. Нагрузка прикладывается к полосам и части пластины под ними, которой формируют продольные ребра панели (рис. 1, а).

Для получения соответствующих данных для анализа работы ребристой панели в программном комплексе Лира выполняются следующие операции.

1. Создаются узлы и добавляются элементы. 2. К созданным элементам устанавливается тип элемента — пластина, к которой назначается 341 конечный элемент (КЭ), размер которого задается размером созданного элемента. 3. Копируется конечное число КЭ к геометрическим размерам модели (шириной и длиной панели). 4. Устанавливаются связи в заданных узлах, которые моделируют закрепление полос сварными швами к пластине.

5. Закрепляется модель панели вдоль оси среднего ребра. 6. Задается равномерно распределенная нагрузка и ее направление по отношению к панели. 7. Производится

упаковка всей расчетной схемы, которая выполняет сшивку смежных элементов и их узлов. 8. Моделируется нелинейность загружений конструкции пошаговым методом, с регистрацией учета предысторий. 9. Задается число загружений панели. 10. Выполняется расчет. 11. Производится визуализация расчета. 12. При необходимости, выделяется единичная полоска в характерном сечении панели с целью для установления изменения параметров панели и ее полых ребер, а также напряженно-деформированного состояния формируемых панели в заданном сечении. 13. Составляются интерактивные таблицы по перемещениям и напряжениям для всех элементов и узлов.

На рис. 1.б представлена модель плоской заготовки (панель до ее создания) и один из этапов процесса формообразования панели. Полученные данные позволили провести анализ по образованию формы металлической ребристой цилиндрической панели, причем на всех этапах подачи равномерно распределенной нагрузки имитирующей загрузку панели сжатым воздухом. Данные расчета наглядно отображают наиболее опасные точки при создании формы ребер (рис. 1) и цилиндрической ребристой панели в целом.

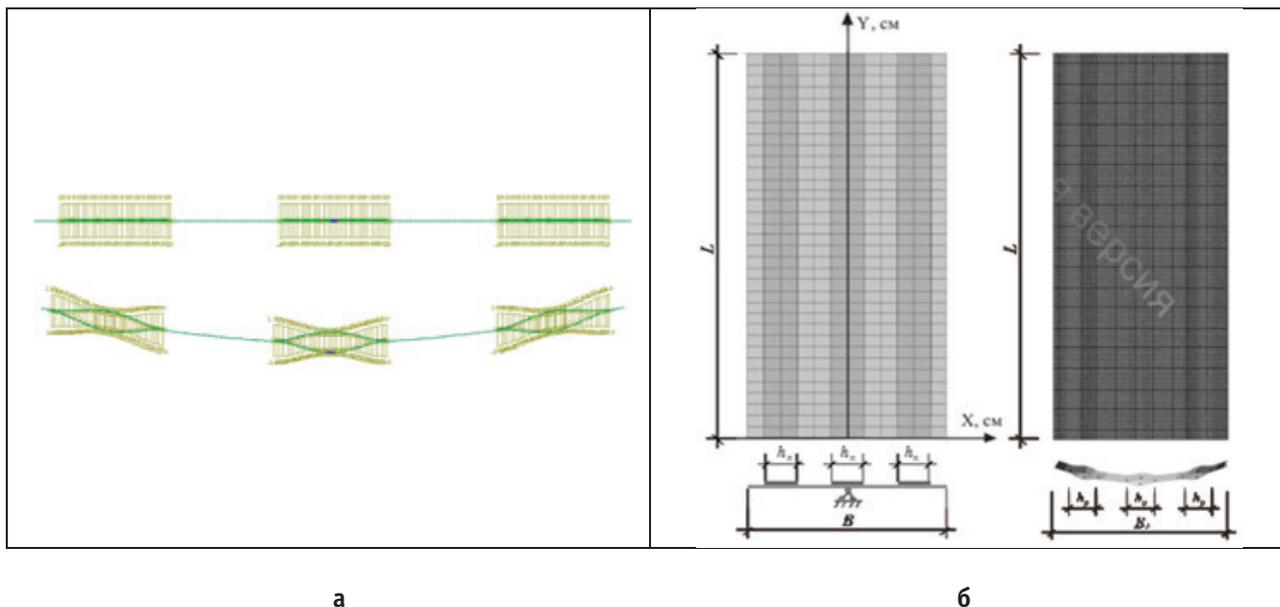


Рис. 1. Создание ребристой панели:
 а — схема нагружения; б — панель до и после формообразования в ПК лира.

Результаты напряженно-деформированного состояния металлической ребристой панели в программном комплексе Лира, представлены в виде изополей по соответствующим осям (рис.2): изополя продольных напряжений; изополя кольцевых напряжений. Просматривается картина распределения пластической деформации в процессе деформирования трехреберной панели.

Экспериментальная проверка созданных моделей. Для верификации созданной компьютерной модели была поставлена серия экспериментов на моделях ребристой панели. При моделировании работы панели необходимо

установить напряженно-деформированное состояние в процессе ее создания, то есть определить значения напряжений в каждом конечном элементе.

Для обоснования правильности выбранных типов и характеристик конечных элементов в лаборатории был выполнен эксперимент на металлической ребристой панели, выполненной из латунного листа со следующими размерами: длина $L=700$ мм, ширина $b=300$ мм, толщина листов и полос $t=0,3$ мм; ширина полос $h_p=60$ мм. Закрепление заготовки осуществлялось по ее продольной оси.

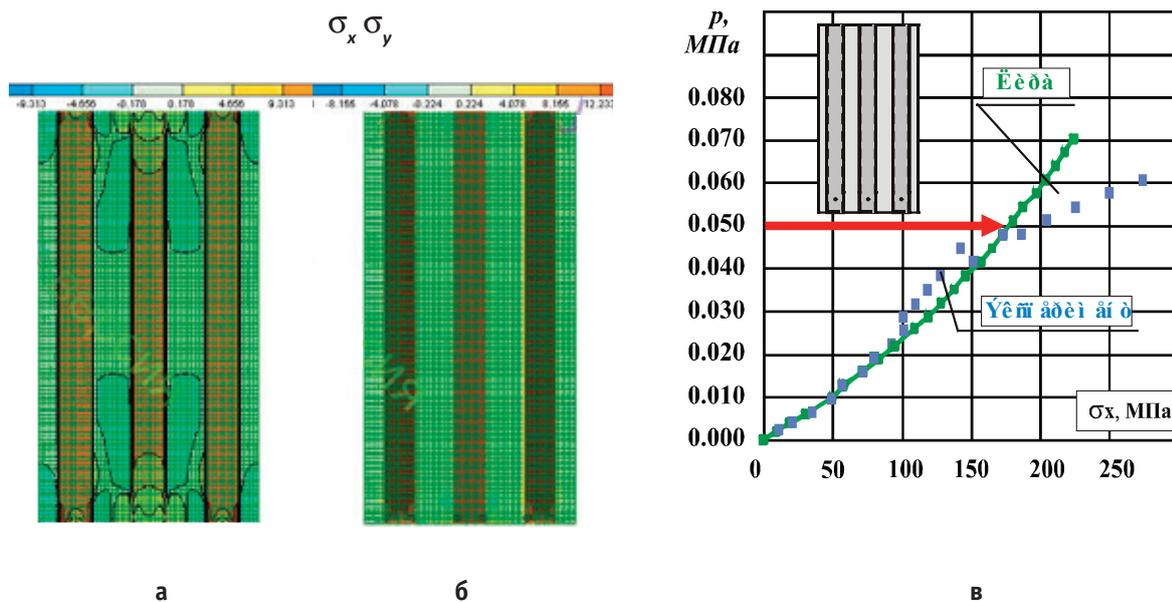


Рис.2. Напряжения в ребристой панели:
 а — изополя продольных напряжений σ_x ; б — изополя кольцевых напряжений σ_y ;
 в-сравнение данных эксперимента и расчета в ПК Лира

В результате экспериментальных исследований была установлена картина формообразования панели и определено ее напряженно-деформированное состояние. Анализ полученных результатов показал, что использование компьютерного моделирования и конечно-элементного анализа позволяет оценить напряженно-деформированное состояние тонкостенной металлической панели (рис.2 в).

Анализ графиков показал, что применение конечно-элементного подхода при создании компьютерных моделей для исследования процесса формообразования ребристой панели позволяет не только с высокой степенью достоверности определять необходимые параметры формы, но и оценить изменение напряженно-деформированного состояния конструкции при пошаговом ее нагружении.

Литература:

1. Ращепкина, С. А., Бойчук С. В. Экспериментальные исследования металлических панелей с полыми ребрами / Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. статей VII Междунар. науч. — техн. конф. — Пенза: Пенз. гос. ун-т арх. и строит, 2008. с. 49–52.
2. Городецкий, А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. — Киев: изд. "Факт". 2005. — 344 с.
3. Ращепкина, С. А., Бойчук С. В. Компьютерное моделирование металлической панели в процессе ее изготовления / Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: тез. симпозиума. Н. Новгород: ННГАСУ, 2007. с. 75–76.

К вопросу проектирования фундаментов объектов АЭС

Вертынский Олег Станиславович, кандидат технических наук, доцент;
 Ольховатова Яна Олеговна, студент
 Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
 ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Согласно статистике в российской ядерной отрасли за последние 15 лет не произошло ни одного события уровня 4 и выше по восьмibalльной шкале INES (международная шкала ядерных событий). Событий третьего уровня за это время было несколько больше, но ни одно

из них не имело последствий для населения. Это обстоятельство указывает на то, что атомные электростанции могут быть созданы с высокими показателями надежности и безопасности, обеспечивающими выполнение самых строгих требований [1]. Анализ надежности соору-

жений АЭС составляет неотъемлемую часть вероятностного анализа безопасности АЭС, являющихся объектами повышенной социальной опасности.

В Программе развития атомной энергетики РФ на 1998–2005 годы и на период до 2010 года от 21 июля 1998 г. предусматривалось продление срока службы АЭС на 5–10 лет за счет проведения соответствующего комплекса работ для каждого энергоблока. Согласно Энергетической стратегии России на период до 2020 года [2] срок эксплуатации энергоблоков директивно увеличен уже на 10–20 лет, или в два раза больше, чем предполагалось в программе 1998 г. Следовательно, срок эксплуатации ядерных реакторов планируется увеличить до 50 лет.

К факторам, влияющим на безопасную эксплуатацию объектов АЭС можно отнести следующее:

- человеческий фактор;
- надежность оборудования;
- надежность систем коммуникации;
- надежность строительных конструкций на стадии проектирования и изготовления:
 - ограждающие конструкции (гермооболочка);
 - несущий остов;
 - фундаменты под здания, сооружения и оборудование.
- контроль надежности на стадиях строительства и эксплуатации.

Как видно одним из ключевых факторов обеспечения безопасности является надежность фундаментов под особо опасные объекты АЭС. Как показывает опыт грамотным проектированием и жесткими требованиями обеспечивается безаварийная работа станции или предотвращения аварии. Так, например, согласно нормам проектирования [3] допустимое отклонение опорной поверхности фланца главного разъема корпуса реактора от горизонтали до 1/10000 (в среднем для зданий 1/250), что составляет 0,5мм для ВВЭР-1000. То же относится и к фундаментам (неравномерность осадки фундаментной плиты реакторного отделения: по осям 7,2мм, а по диагонали 10мм) и грунтовому основанию (масса сооружения, достигая 250 тыс. в среднем создает давление на грунтовое основание не более 0,5...0,7МПа).

Известно, что надежность оснований и фундаментов зданий и сооружений определяются соотношением внешних нагрузок и несущей способностью основания или ожидаемых и предельных деформаций. Несущая способность и деформации грунтов, зависят от ряда деформационных и прочностных характеристик грунтов, которые, как и нагрузки, являются случайными величинами.

Условие надежности конструкции можно записать в виде неравенства

$$S=R-F>0,$$

где S — прочность;

R — сопротивление (функция случайных чисел);

F — случайная функция нагрузки.

При учете специфических нагрузок учитывают *статистические* данные о возможных происшествиях

(сейсмика, удар самолета, действие торнадо, воздействие ударной волны) выявляя вероятность их появления. Это связано с жесткими требованиями к надежности фундаментов при всех возможных экстремальных воздействиях на объекты атомной станции. Все экстремальные воздействия применительно к фундаментам в той или иной степени можно свести к воздействию на него динамических нагрузок. Так, например, при определении расчетных сейсмических нагрузок на здания и сооружения следует принимать расчетные динамические модели конструкций [4].

Однако, даже учитывая при проектировании комплекс специфических факторов и предъявляя повышенные требования к проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений АЭС у исследователей часто возникают вопросы, связанные с надежностью той или иной станции. Так председатель Оренбургской областной общественной организации отмечает следующее [5, 6]:

— *Запорожская АЭС*: в конце 3-х летнего периода эксплуатации 1-го энергоблока при давлении на грунтовое основание около 0,4МПа произошел крен сооружения из-за эксцентричного приложения равнодействующей нагрузок при нестабилизированной осадке. Для ликвидации крена применен контргруз из бетона объемом 650м. куб. (1500т), уложенный с эксцентриситетом в 30м относительно оси реакторного отделения;

— *Ровенская АЭС*: недостаточные инженерно-геологические изыскания не позволили обнаружить карстовые полости. Для ликвидации возможной просадки (после обрушения здания пионерной базы в карстовую воронку) выполнена цементация грунта;

— *Волгодонская АЭС*: в принятом свайно-плитном фундаменте недобито до проектной отметки на глубину более 0,5м 1110 свай (32,2%) ввиду чего сваи работают не как стойки а как висячие. Имеющийся запас прочности позволяет сохранить стабильность фундамента.

Как видно вопросы повышения надежности в основном связаны с технологическим процессом строительства, в процессе возведения основы будущего опасного производственного объекта. Данной проблемой занимаются на международном уровне с участием наших ведущих строительных организаций [7]. Так, ведущий американский поставщик ПО для проектирования сложных промышленных объектов (Intergraph Process, Power & Marine) разработал для АО «Атомэнергопроект» программное обеспечение для технологии проектирования 6D.

При строительстве российских атомных станций уже давно используется формат 4D, где все операции описаны как в пространстве, так и во времени, но 6D-проектирование — это еще более перспективная технология. Она подразумевает, что, помимо 3D-проектирования, в проекте будет реализовано управление поставками оборудования, персоналом и сроками строительства типового энергоблока. То есть к трем физическим измерениям добавятся еще три: время — в виде календарно-сетевого планирования сооружения блока;

оборудование — как информация о конфигурации, комплектации и поставке необходимых материалов и агрегатов; ресурсы — трудовые, технические финансовые и иные. 6D-проектирование состоит из нескольких этапов.

Первый шаг — это построение 3D-модели объекта, в которой содержится почти вся номенклатура 6D-проекта. Уже из 3D-модели можно получить почти все необходимые показатели для создания 6D-модели, такие как физические объемы оборудования, трубопроводов, количество сварочных швов и т.д.

Также 6D-модель включает в себя данные по количеству человеческих ресурсов с указанием их специализации и подрядчиков, что позволяет оптимизировать

строительство по количеству трудовых ресурсов. То есть улучшается процесс возведения (в первую очередь подземной части).

Таким образом, при 6D-проектировании в режиме взаимодействия всех групп проектантов определяется непротворечивость и гармоничность взаимного расположения всех элементов проектируемого объекта, выявляются возможные коллизии и проблемы на стадии проектирования перед экраном компьютера, обеспечивается вариативность проекта — появляется возможность рассмотрения большого числа вариантов проектных решений и выбора из них оптимального с использованием имеющегося набора типовых проектных решений.

Литература:

1. Антонова, А.М. Экологические проблемы АЭС и их решения // Промышленные ведомости. — 2010 г., — № 10–12.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. Распоряжение Правительства РФ от 28 августа 2003 г. N 1234-р
3. РД 34 15.078–91. Рекомендации по проектированию фундаментов турбоагрегатов.
4. СП 14.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП II-7–81* Строительство в сейсмических районах
5. Домбровский, В.Н. "Волго-донской треугольник" // Энергия, экономика, техника, экология — 2004. — № 12. — с. 25–27.
6. Домбровский, В.Н. "О ненадежности атомных станций" // Энергия, экономика, техника, экология — 2004. — № 11. — с. 107–109.
7. Китаев, Г.А., Лавриненко С.В. Компьютерное моделирование в атомной энергетике / Тр. I Международного молодежного форума "Моделирование в научных исследованиях". Томск: ТПУ., 2013. Т. 1. — С.27–30

Особенности проектирования трубобетонных колонн для машзала АЭС

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Рыбаков Дмитрий Валерьевич, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)

ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Трубобетон как конструкционный материал большое применение получил в Японии, США, Франции, Германии, КНР и др. странах, где эффективно применяется в самых различных областях строительства и, в частности, таких ответственных как мостостроение, строительство метро, а также торговых, культурных, промышленных и жилых зданий, а в последние годы в высотном строительстве. Однако наиболее широко в последние десятилетия трубобетон начал применяться в КНР, где создана нормативная база его применения в строительстве.

Основными преимуществами трубобетонных конструкций являются: высокая несущая способность при относительно малых поперечных сечениях; объемное сжатие бетона. В результате, прочность бетона при сжатии существенно возрастает (примерно в 1,8–2,7 раза); стальная обойма предохранена от потери устойчивости; исключена опасность внезапного разрушения,

как отдельной конструкции, так и всего здания в целом; труба является стальной арматурой, поперечной и продольной одновременно; стальная труба выполняет роль опалубки; высокая огнестойкость; экономичность применения трубобетонных конструкций (уменьшение веса здания в целом, снижение трудозатрат, уменьшение расхода бетона и металла по сравнению с железобетонными и металлическими конструкциями).

В трубобетонных конструкциях эффективно используются специфические свойства применяемых материалов, что дает существенную экономию стали и бетона, приводит к уменьшению размеров поперечного сечения элементов конструкций, а, следовательно, их массы и транспортных затрат. Специфика армирования таких конструкций позволяет значительно упростить технологию их изготовления и повысить их технико-экономическую эффективность. Общей для всех конструкций

с внешним армированием является возможность использования арматуры в качестве опалубки.

Металлическая труба-оболочка в трубобетоне выполняет одновременно функции как продольного, так и поперечного армирования. Она воспринимает усилия по всем направлениям и под любым углом. Реактивное давление трубы препятствует интенсивному развитию микротрещин разрыва в бетонном сердечнике, который в условиях всестороннего сжатия выдерживает напряжения, значительно превосходящие призматическую прочность. В то же время стальная труба, заполненная бетоном, оказывается в значительной степени, предохраненной от потери как местной, так и общей устойчивости.

Эффективность трубобетонных конструкций была доказана при строительстве различных зданий и сооружений [6,7]. Так, применение трубобетонных колонн при строительстве лаборатории в Ольное (Франция) позволило снизить расход стали на 40%. На Семилукском заводе (Воронежская область) стойки рам были запроектированы из трубобетона, вес которых составлял 13 т. Такое конструктивное решение привело к снижению расхода стали в 37% по сравнению с традиционным железобетонным вариантом. В железнодорожном мосту через Исеть на Урале из трубобетона выполнены пояса арочных ферм и стойки надарочного строения. Расход стали был снижен до 52%, а общая стоимость, в сравнении с аналогичным стальным мостом — на 20% [7]. Таким образом, трубобетонные конструкции являются эффективным

при строительстве различных объектов и могут заменить стальные конструкции по своим физико-механическим характеристикам.

В настоящее время в машзалах АЭС, выполненных в металлическом каркасе [3], из-за значительных крановых нагрузок в металлических колоннах возникают деформации, которые приводят к отклонениям колонн от вертикальной оси на величину отличную от нормативной, неравномерной осадки фундаментов колонн и существенно влияет на работу каркаса здания в целом. Решением проблемы может служить применение при строительстве новых машзалов АЭС трубобетонных колонн (рис. 1).

В последнее время большее распространение получают колонны с внешним армированием, такие как трубобетон. Отличительной особенностью таких колонн является то, что в бетоне в процессе загрузки возникает объемное напряженное состояние. Конструкции, выполненные из стальных труб, заполненных бетоном, получили название трубобетонных. Они представляют собой один из немногих удачных примеров, когда бетон и сталь взаимно и существенно повышают несущую способность друг друга и всего элемента в целом.

Основное преимущество трубобетонных конструкций, перед металлическими, состоит в возможности достижения значительной экономии стали, которая составляет до 70% при существенном снижении общей стоимости строительства (табл. 1).

Таблица 1. Анализ расхода материалов для различных вариантов несущих колонн машзала АЭС

| Тип колонны | Расход металла на колонну, т | Масса колонны, т | Приведенные затраты, % | Стоимость материала, руб |
|---------------|------------------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Металлическая | 18,8 | 18,8 | 100 | 373000 |
| Трубобетонная | 4,3 | 16,03 | 46 | 330500 |

В каркасах одноэтажных производственных зданий с крановыми нагрузками характерно применение внецентренно сжатых трубобетонных колонн. Возможно применение колонн постоянного или переменного по высоте сечения. Сечения подкрановой части ступенчатых колонн могут быть сплошными и решетчатыми, при этом колонны наружных рядов могут быть несимметричными, а средних — симметричными. При необходимости к трубобетонным сплошным и сквозным колоннам могут привариваться консоли, рассчитанные как для металлических конструкций. Они могут прикрепляться как к отдельным ветвям, так и к колонне в целом.

Известен опыт проектирования двухветвевых колонн из трубобетона Строительным факультетом Криворожского горнорудного института для Криворожского металлургического комбината. При их проектировании ставилась задача обеспечить надежную работу конструкций в здании или сооружении и получить наибольший экономический

эффект. В колоннах крайнего и среднего рядов из трубобетона выполнены несущие ветви, которые соединены между собой раскосной решеткой из пустых труб. Узлы опирания решены аналогично металлическим конструкциям. Также были спроектированы двухветвевые колонны для главного корпуса завода «Коммунист» (г. Кривой Рог) [4].

На рис. 2 показаны несущие колонны средних и наружных рядов корпуса горно-обогатительного комбината. Стойки запроектированы сквозными с безраскосной решеткой, ветви колонны — из трубобетонна, а в качестве распорок применены незаполненные трубы. Базы и оголовки стоек выполнены аналогично базам и оголовкам колонны из двутавров, сваренных из листов. При пролете 36 м, высоте колонн 35...54 м и крановых нагрузках 1250 кН диаметр и толщина стенок трубы в ветвях стоек колебались в пределах 402...530 и 8...10 мм. Был принят бетон класса В35.

Одной из главных проблем при проектировании трубобетонных колонн в настоящее время является отсутствие

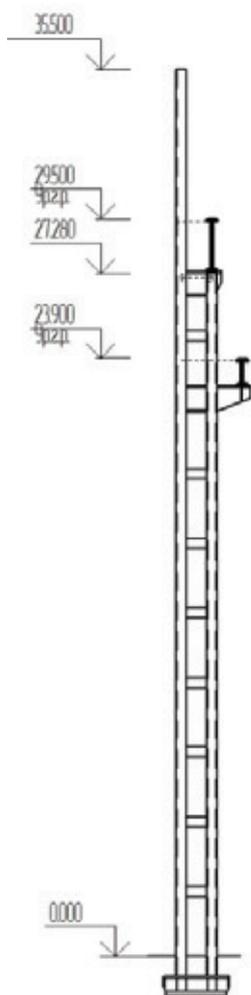


Рис. 1. Общий вид трубобетонной для машзала АЭС

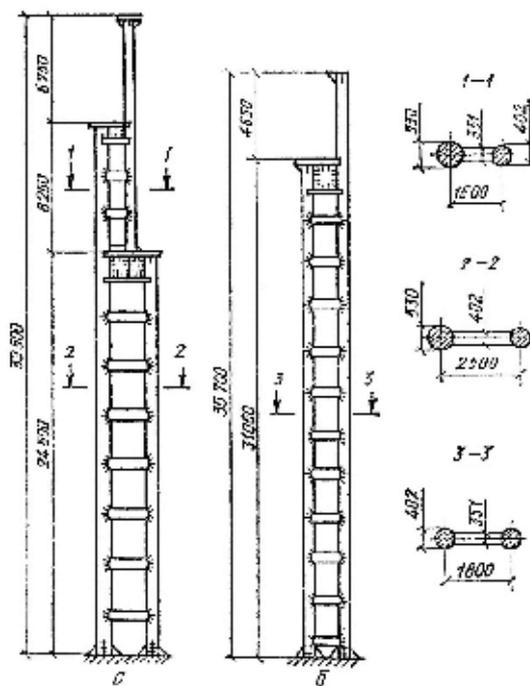


Рис. 2. Трубобетонные колонны среднего (а) и крайнего (б) ряда для главного корпуса горнообогатительного комбината

отечественной нормативной базы проектирования и расчета трубобетонных конструкций.

Трубобетонные конструкции можно рассчитывать как железобетонные конструкции с жестким армированием [9], как железобетонные конструкции с косвенным армированием [1], как стальные конструкции с приведением бетона к стали [2] и согласно Eurocode 4 [10] и также в соответствии с другими методами [6–8].

Применение трубобетонных конструкций при строительстве гражданских и промышленных зданий в России в настоящее время получает огромную популярность, однако, в научном мире нет единой методики расчета, которая бы позволила оценить напряженно-деформационное состояние этих конструкций, что отрицательно сказывается на внедрении их в структуру отечественного производства.

Литература:

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81*. Минрегион России. М., 2011. 143 с.
2. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52–01–2003. Росстандарт, Москва 2013.
3. Дубровский, В. Б., Лавданский П. А. Строительство атомных электростанций: Учебник для вузов. — М.: Издательство АСВ, 2006.
4. Стороженко, Л. И. и др. Расчет трубобетонных конструкций. — К.: Будивэльнык, 1991. — 120 с.
5. Стороженко, Л. И., Плахотный П. И. Внецентренное сжатие трубобетонного элемента // Строит. механика и расчет сооружений. 1986. № 2. с. 45–48.
6. Лукша, Л. К. Прочность трубобетона. Минск: Выш. шк., 1977. 95 с.
7. Кикин, А. И., Санжаровский Р. С., Трулль В. А. и др. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. М.: Стройиздат. 1974. 146 с.
8. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой. //НИЖБ, ЦНИИ-Промзданий. — М.: Стройиздат, 1978. — 54 с.
9. Санжаровский, В. А. Несущая способность сжатых трубобетонных стержней. Бетон и железобетон. 1971. № 11. с. 27–29.
10. Eurocode, 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Общие правила для зданий. /Перевод с немецкого. — Полтава: ПНТУ, 1997. 180 с.

Грамотная звукоизоляция

Магеррамова Инна Александровна, ассистент; Лысенков Николай Николаевич, студент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Проблема звукоизоляции — одна из самых насущных проблем в наше время. Длительное воздействие высоких уровней шумов приводит к накоплению в организме человека гормонов стресса, что, в свою очередь, приводит к бессоннице, чрезмерной раздражительности, а также к заболеваниям сердца. По данным ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), более пяти тысяч человек в мире умирает из-за болезней, вызванных высоким уровнем шумов. Так как все наши дома устроены примерно по одному принципу, типичными являются и беды, вызванные плохой звукоизоляцией. Конечно, каждый проект проходит госэкспертизу, и на «бумажной» стадии звукоизоляция перегородок и перекрытий соответствует СНиПу, но бывает, на этапе монтажа происходит замена материала, заложенного в проект, или нарушается технология выполнения работ. Традиционно слабые места кроются в устройстве перекрытий — это и неизолированные

каналы под электропроводку к люстре, и недостаточная заделка стыков между плитами перекрытий. Часто монтажники неправильно делают звукоизоляционную капсулу вокруг труб, следствием чего является проникновение звука с этажа на этаж по стоякам — звук переходит в батарею и передается через перекрытие в конструктив стен. Жителям панельных домов знакома проблема сквозных розеток — через них не только шум, но даже сквозняки, а с ними и запахи гуляют из квартиры в квартиру.

Наконец, даже если звукоизоляция помещения соответствует требованиям СНиПа, это еще не означает, что человек будет дома наслаждаться тишиной. Ему гарантировано в этом случае только то, что уровень звука в помещении не превысит предельных санитарных норм, нарушение которых в течение определенного времени может пагубно сказаться на здоровье людей. При таком положении дел без дополнительных мероприятий на акустиче-

ский комфорт можно даже не рассчитывать. В таких случаях очень часто прибегают к звукоизоляции, о которой пойдет речь ниже [1,8].

Звукоизоляция — это снижение уровня шума, что способен проникать в помещение извне. Шум — беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Сам шум, в свою очередь делится на несколько типов. Всего их четыре: ударный шум — возникает при падении какого-либо предмета; воздушный шум — распространение звуковой волны по воздуху; структурный — передается через коммуникации дома; акустический — проявляется в виде эха. Чаще всего в необустроенных помещениях.

Интенсивность звука измеряется в специальных единицах — децибелах (дБ). Существуют нормы, допустимые человеческому организму, которые признаны оптимальными, а значит, с такими «помехами» можно жить полноценной жизнью — 40–45 дБ. Пример такого шума — негромкий разговор двух взрослых. Но не стоит пренебрегать этим правилом, ведь оно действует только с 7.00 до 23.00. В ночное время необходима относительная тишина, поэтому норма снижается и составляет 25–30 дБ. Чтобы вам было легче представить, помните — человеческий шепот равен 20 дБ. Для предприятий с высоким уровнем шума, установлен порог в 85 дБ. При таком уровне шума люди могут работать не более восьми часов в сутки. Согласно данным исследований, это граничный показатель, поэтому пагубно на здоровье не отразится, если не работать сверх положенного [2].

Основным параметром для оценки звукоизоляции любой конструкции является индекс R_w . Он показывает, на сколько децибел снижается уровень шума при использовании звукозащитной конструкции. Для достижения комфортного для человека уровня шума (не более 30 дБ), межкомнатные перегородки должны иметь индекс R_w не менее 50 дБ [3].

В зависимости от типа шума следует подбирать и звукоизоляцию, так как многие звукоизолирующие материалы способны лишь с одним, иногда двумя, видами шумов. Таким образом материал, рассчитанный на поглощение только воздушного шума, будет плохо работать на поглощение структурного и ударного шума. Также немаловажными аспектами являются: пригодность использования материала в помещениях; потеря полезной площади помещения; стоимость звукоизоляционного материала. Помимо этого, нужно учесть и огнестойкость материала. К примеру, система звукоизоляции DECO PV, способна выдерживать воздействие прямого огня на свою поверхность в течение двух-трех часов. [4]. Другим примером может служить система FORMO, способная огнестойкостью которой достигает получаса. Такие системы чаще всего используют в помещениях, предъявляющие повышенные требования к звукоизоляции и огнестойкости: больничные, учебные учреждения, офисные здания [5]. Запрещается использовать в каче-

стве звукоизоляции вещества, содержащие в себе полимеры. Большинство таких материалов можно использовать в качестве теплоизоляции, но звук они пропускают практически весь.

В настоящее время не существует материала, который изолировал бы помещение от шума лучше, чем дерево или камень, поэтому чаще всего именно из них и изготавливаются звукоизоляционные материалы. Примером этого служит PhoneStar или Heraklite. Однако такие материалы чувствительны к воздействию влаги, вследствие чего снижаются звукоизолирующие свойства [6].

После выбора материала следует внимательно подойти к монтажу звукоизоляционных панелей. Необходимо выровнять стены, а также устранить щели и трещины в стене. Неровности могут вызвать проблемы при стыковке панелей, а трещины и щели увеличивают необходимую толщину панелей. В случае изоляции тонких перегородок, наибольший эффект будет иметь многослойная звукоизоляция. Следует учитывать, что данный способ отнимает большое количество площади помещения, ведь каждая облицованная стена уменьшает линейные размеры на 15 см. В случае звукоизоляции «тихих» домов, пренебрегают потолками и полом. Следует грамотно подойти к изоляции розеток и выключателей. При достаточно малой толщине звукоизоляционного материала (PhoneStar), внутри углубления стены крепится обрезок панели, после чего к стене крепится отдельная панель и в ней высверливается отверстие под выключатели либо розетки. При изоляции пола самым проблемным местом является стык пола со стеной, так как он также снижает звукоизоляцию. В данном случае, панель пола заводят под панель стены. Не рекомендуется использовать один и тот же тип изоляции для стен, пола и потолков. Потолок, по большей части, является источником ударного шума, стены и пол — источником структурного и воздушного шума. Однако появившиеся относительно недавно материалы (PhoneStar, EcoPhone) прекрасно справляются с любым из видов шумов. Об этом сообщают результаты исследований, представленные в таблице 1 [7]. Рекомендуется применять несколько звукоизоляционных материалов в паре друг с другом, что повышает качество звукоизоляции. Сами панели, как правило, крепятся на деревянные или металлические обрешетки, а пространство между обрешеткой и звукоизоляцией возможно заполнить теплоизолирующим материалом [8]. Если происходит изоляция внешних стен или стен помещений с повышенной влажностью, то перед монтажом звукоизоляционного слоя необходимо установить гидроизоляционный материал, который защищал бы первый от воздействия влажности и конденсированных паров. Многие, если не все, звукоизоляционные материалы снижают свои технические качества под воздействием влаги. После достаточно долгого увлажнения материала, он становится попросту непригодным для использования, тем самым просто отнимая полезную площадь помещения.

Таблица 1

| Материал | Воздушный шум | Ударный шум | Акустический шум | Структурный шум |
|-----------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|
| PhoneStar | Отлично | Отлично | Хорошо | Хорошо |
| Ecophone | Нет | Отлично | Отлично | Удовлетворительно |
| Heraklite | Удовлетворительно | Хорошо | Хорошо | Удовлетворительно |
| Rockwool | Нет | Отлично | Отлично | Удовлетворительно |

Грамотно подобранный звукоизоляционный материал при должной эксплуатации (без перегрева или повышенной влажности) способен предохранять помещение от шумов в течение нескольких десятилетий. Однако важно понимать, что избавиться от всех шумов внутри помещения

практически недостижимая цель. Посторонние звуки будут проникать через оконные, дверные проемы или же через вентиляцию. К тому же, не стоит забывать, что шумы — это неотъемлемая часть человеческой жизни и излишнее снижение внешних шумов может привести к стрессовым ситуациям

Литература:

1. ru.wikipedia.org/
2. <http://www.teplotek24.ru/>
3. Крейтан, В. Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий. М.: Стройиздат, 1980—173 с.
4. <http://www.deko.com>
5. <http://acontract.ru>
6. stroysnabgroup.ru
7. <http://wolf-bavaria.ru>
8. <http://www.sibdom.ru>
9. Подольский, Ю. Ф. Утепление и звукоизоляция квартиры и дома: Клуб семейного досуга. Харьков. 2012—462 с.

Определение динамических характеристик волновых процессов в линейных регулярных системах

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент;
Лысенков Николай Николаевич, студент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Рассматриваются вопросы распространения акустических волн в регулярных системах, т.е. в системах с повторяющимися однотипными элементами. Такие системы формируются из подсистем, соединенных между собой дискретным образом.

Предполагается, что соединение осуществляется в конечном числе узлов. Движение каждого узла в подсистеме задается посредством набора степеней свободы, включающего, например, перемещения и углы поворота. Часть этих степеней свободы (обобщенных перемещений), может входить в соединение с системой.

Конечноэлементные уравнения волнового процесса для недемпфированной подсистемы:

$$[K - \omega^2 \cdot M] \cdot q = R \quad (1)$$

M , K — матрицы жесткости и масс подсистемы, q — вектор обобщенных перемещений подсистемы, который записывается в виде:

$$\{q\} = \begin{Bmatrix} q_a \\ q_b \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

где q_a , q_b — обобщенные перемещения, соответствующие степеням свободы в узлах соединения с левой и правой сторон подсистемы (рис. 1).

Векторы соответствующих обобщенных сил (реакций в связях внешних узлов подсистем) обозначим R_a и R_b .

Представим матрицы K и M подсистемы в блочном виде, в соответствии с правым и левым узлами соединения:

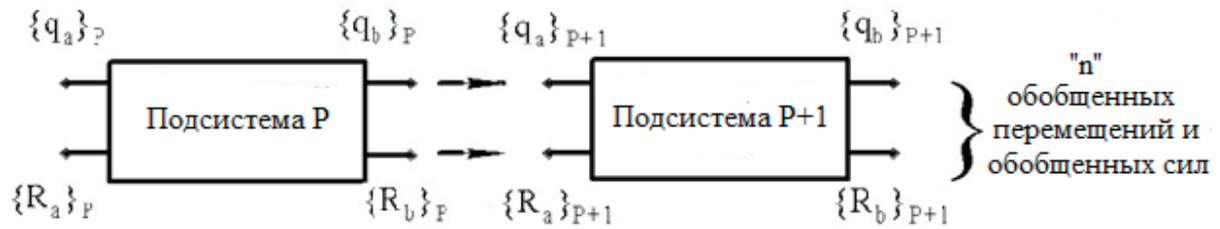


Рис. 1. Модель линейной регулярной системы

$$K = \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix}; M = \begin{bmatrix} M_{aa} & M_{ab} \\ M_{ba} & M_{bb} \end{bmatrix}.$$

Тогда уравнение волнового процесса в подсистеме приводится к виду:

$$\begin{bmatrix} D_{aa} & D_{ab} \\ D_{ba} & D_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_a \\ q_b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} R_a \\ R_b \end{Bmatrix}, \tag{3}$$

где $D_{aa}, D_{ab}, D_{ba}, D_{bb}$ – блоки матрицы динамической жесткости подсистемы.

Предлагается, волновые процессы описывать с помощью вектора переменных состояния для каждого текущего поперечного сечения системы.

В этот вектор $Y_i(\omega)$, как правило, входят перемещения, деформации, реакции в связях внешних узлов подсистем, т.е. волновой процесс описывается соотношением:

$$\{Y_b\} = [H]\{Y_a\}, \tag{4}$$

где $H(\omega)$ – переходная матрица, которая преобразует параметры состояния в сечении «а» в параметры состояния сечения «в» подсистемы.

Преобразуя (3) в соотношение типа (4), получим:

$$\begin{Bmatrix} q_b \\ R_b \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{ab}^{-1} \cdot D_{aa} & D_{ab}^{-1} \\ (D_{aa} - D_{bb} \cdot D_{ab}^{-1} \cdot D_{aa}) & D_{bb} \cdot D_{ab}^{-1} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_a \\ R_a \end{Bmatrix}. \tag{5}$$

Обозначив:

$$\{Y_b\} = \begin{Bmatrix} q_b \\ R_b \end{Bmatrix}; \{Y_a\} = \begin{Bmatrix} q_a \\ R_a \end{Bmatrix}, [H] = \begin{bmatrix} -D_{ab}^{-1} \cdot D_{aa} & D_{ab}^{-1} \\ (D_{aa} - D_{bb} \cdot D_{ab}^{-1} \cdot D_{aa}) & D_{bb} \cdot D_{ab}^{-1} \end{bmatrix}$$

приходим к уравнению (4).

Распространение акустических волн в регулярных системах представим аналогично (4) выражением вида:

$$\{Y_{i+1}\} = [H]\{Y_i\} \tag{6}$$

где $\{Y_i\}$ – вектор переменных состояния i – го сечения регулярной системы.

Существуют собственные векторы $y_i(\omega)$, каждый из которых распространяется вдоль элемента с постоянной амплитудой; эти собственные векторы представляют собой линейные комбинации переменных состояния текущего поперечного сечения. Каждая волна, соответствующая определенному собственному вектору, распространяется по своему; характеристики распространения этих волн удобно описывать комплексным коэффициентом распространения $j = j(\omega) + ik_j(\omega)$, где $i = \sqrt{-1}$, $j(\omega)$ – коэффициент затухания волны, $k_j(\omega)$ – волновое число.

Введем в рассмотрение вектор переменных состояния в координатах волновых мод $y(\omega)$, обозначив:

$$Y_i = T(\omega) \cdot y_i(\omega), \tag{7}$$

где $T(\omega)$ – матрица собственных векторов переходной матрицы H , а каждый элемент вектора y_i представляет комплексную амплитуду бегущей волны.

Линейное преобразование (7) приводит (6) к выражению:

$$y_{i+1}(\omega) = T_y(\omega) \cdot y_i(\omega), \tag{8}$$

где $T_y(\omega)$ — квадратная диагональная матрица, элементами которой $\lambda_j(\omega)$ являются собственные значения переходной матрицы H .

Так как $y_{i+1}(\omega) = e^{\pm \gamma l} \cdot y_i(\omega)$, тогда $\xi_j(\omega) = e^{\pm \gamma l}$ и значение коэффициента распространения:

$$\gamma_j(\omega) = \pm \frac{1}{l} \ln \xi_j(\omega). \quad (9)$$

Эти собственные волны существуют парами: волны одной пары распространяются во взаимно противоположных направлениях. Число типов волн в подсистеме соответствует количеству перемещений и деформаций, возникающих в рассматриваемом поперечном сечении. Волны распространяются с дисперсией, т.е. по мере распространения сигнала по элементу происходит его искажение. Особый тип дисперсии наблюдается в балках ферменного типа: для них существуют диапазоны частот, в пределах которых эти конструкции практически непрозрачны, т.е. сигналы с такими частотами не распространяются вдоль элемента, а быстро затухают. Эти «полосы непропускания» наблюдаются вблизи резонансных частот местных степеней свободы подсистемы.

Используя рассмотренный выше алгоритм определения коэффициентов распространения волн, получим дисперсионные зависимости и выполним сравнительный анализ с результатами, полученными другими методами для следующих моделей динамического поведения балок: Бернулли — Эйлера и Рэлея.

В качестве примера рассмотрим волновые процессы, проходящие в балке изготовленной из алюминия (принятые характеристики материала: γ

$$\rho A = 2100 \text{ кг/м}^3, \quad EJ = 7.1 \cdot 10^{10} = \text{Н/м}^2, \quad \rho J = 2100 \text{ кг/м}^3).$$

На рис. 2 представлены результаты сравнения с данными, приведенными в [1].

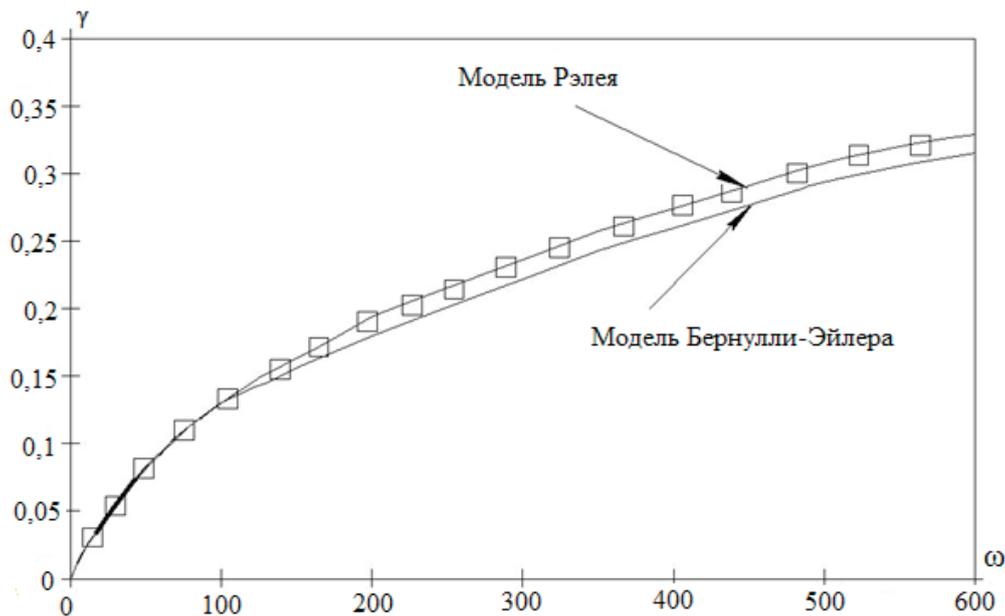


Рис. 2. Дисперсионные кривые различных моделей динамического поведения балок

Из графика видно, что результаты, полученные по предлагаемому методу, совпадают с данными других методов по всем рассматриваемым моделям балок.

Литература:

1. Ерофеев, В. И. и др. Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. — М.: Наука, 2002. — 208с.
2. Моделирование волновых процессов в балках / Меланич В. М. // Информационные технологии, системы автоматизированного проектирования и автоматизация: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2010. — с. 154—157.

Проектирование арочного покрытия склада АЭС

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;

Сафонова Елена Владимировна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В новом подходе культура безопасности отражает эффективность процесса обеспечения безопасности, включая его отдельные элементы. Насколько эти элементы этого процесса настроены на выявление угроз и управление рисками, на отклонения от требований норм и правил, насколько все элементы этого процесса способны к коррекции и постоянному совершенствованию, настолько высок уровень безопасности организации и настолько сильной культурой безопасности она обладает [1].

Для сохранения требований по безопасной эксплуатации объектов АЭС необходим определенный запас современного оборудования и строительных материалов. С этой целью на территории атомной электростанции или близки нее строятся ряд временных складов арочного типа как наиболее дешевых и быстровозводимых и а в необходимых случаях быстро демонтируемых и перемещаемых на новое место.

Была разработана новая конструкция арочного покрытия состоящего из решетчатых арок с полыми стержнями [2].

В работе предлагается аналитический и компьютерный расчет стального арочного покрытия склада ремонтных материалов объектов АЭС. Разработка инженерного алгоритма расчета арочного покрытия с полыми ребрами в программном комплексе [3], который облегчает расчет конструкций и представляет собой метод научного конструирования. Причем его конечная цель достигается разработкой рационального соотношения пролета арки к высоте подъема, обеспечивающего максимальное эффективное использование решетчатой арки с полыми стержнями.

В расчете ПК ЛИРА лежит метод конечных элементов (МКЭ), реализованный в форме перемещений. Выбор именно этой формы объясняется простотой ее алгоритмизации и физической интерпретации.

Реализованный вариант МКЭ использует принцип возможных перемещений

$$a(u, v) = (f, v) \quad (1)$$

где u — искомое точное решение; v — любое возможное перемещение; $a(u, v)$, (f, v) — возможные работы внутренних и внешних сил.

Занимаемая конструкцией область разбивается на конечные элементы Ω_r , назначаются узлы и их степени свободы L_i (перемещения и углы поворота узлов).

Степеням свободы соответствуют базисные (координатные, аппроксимирующие) функции μ_i , отличные от нуля только на соответствующих звездах элементов и удовлетворяющие равенствам

$$L_i \mu_i = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

Приближенное решение U_h ищется в виде линейной комбинации базисных функций

$$U_h = \sum_{i=1}^N u_i \mu_i$$

удовлетворяющей главным (кинетическим) условиям, где: u_i — числа; N — количество степеней свободы.

Расчет решетчатой арки можно выполнять с использованием линейных задач МКЭ. Для этого подставляя в (1) U_h вместо U и μ_i ($j=1, \dots, N$) вместо V , получим систему уравнений МКЭ:

$$\sum_{i=1}^N u_i a(\mu_i, \mu_j) = (f, \mu_j) \quad i=1, \dots, N \quad (2)$$

Обозначив K матрицу жесткости с элементами $k_{ij} = a(\mu_i, \mu_j)$, P — вектор нагрузок, с элементами $P_i = (f, \mu_i)$ и X — искомый вектор с элементами u_i , запишем систему (2) в матричной форме:

$$KX = P.$$

Рассмотрим пример. Требуется определить усилия (M и N) в арочном покрытии с полыми стержнями при следующих данных: отношение $f/D \geq 1/2$; стрела подъема $f = 18$ м; пролет $L = 36$ м, приложенная нагрузка $q = 3800$ Н/м²; сталь С255.

При расчете арочного покрытия аналитическим методом были определены основные его геометрические параметры

радиус кривизны оси арки

$$R = (l^2 + 4f^2) / 8f;$$

центральный угол от конька до опоры арки

$$\varphi_0 = \arcsin(l/2R);$$

длина дуги арки

$$L = \pi R (\varphi_0 / 90).$$

Усилия M , N и Q (рис.1) определялись по выражениям:

$$M_x = Mb - Fh; \quad N_x = Qb \cdot \sin \alpha + Fh \cdot \cos \alpha;$$

$$Q_x = Qb \cdot \cos \alpha - Fh \cdot \sin \alpha.$$

По данным расчетов полученных аналитическим путем и в ПК ЛИРА были построены эпюры изгибающих моментов (рис. 1). Здесь a — модель стальной арки и схема ее загрузки; b и v — эпюры соответственно моментов и продольных сил построенные по данным аналитического расчета и в ПК ЛИРА.

Анализ полученных расчетов показал достаточную сходимость полученных результатов аналитическим путем и в программном комплексе ЛИРА. Расхождения состав-

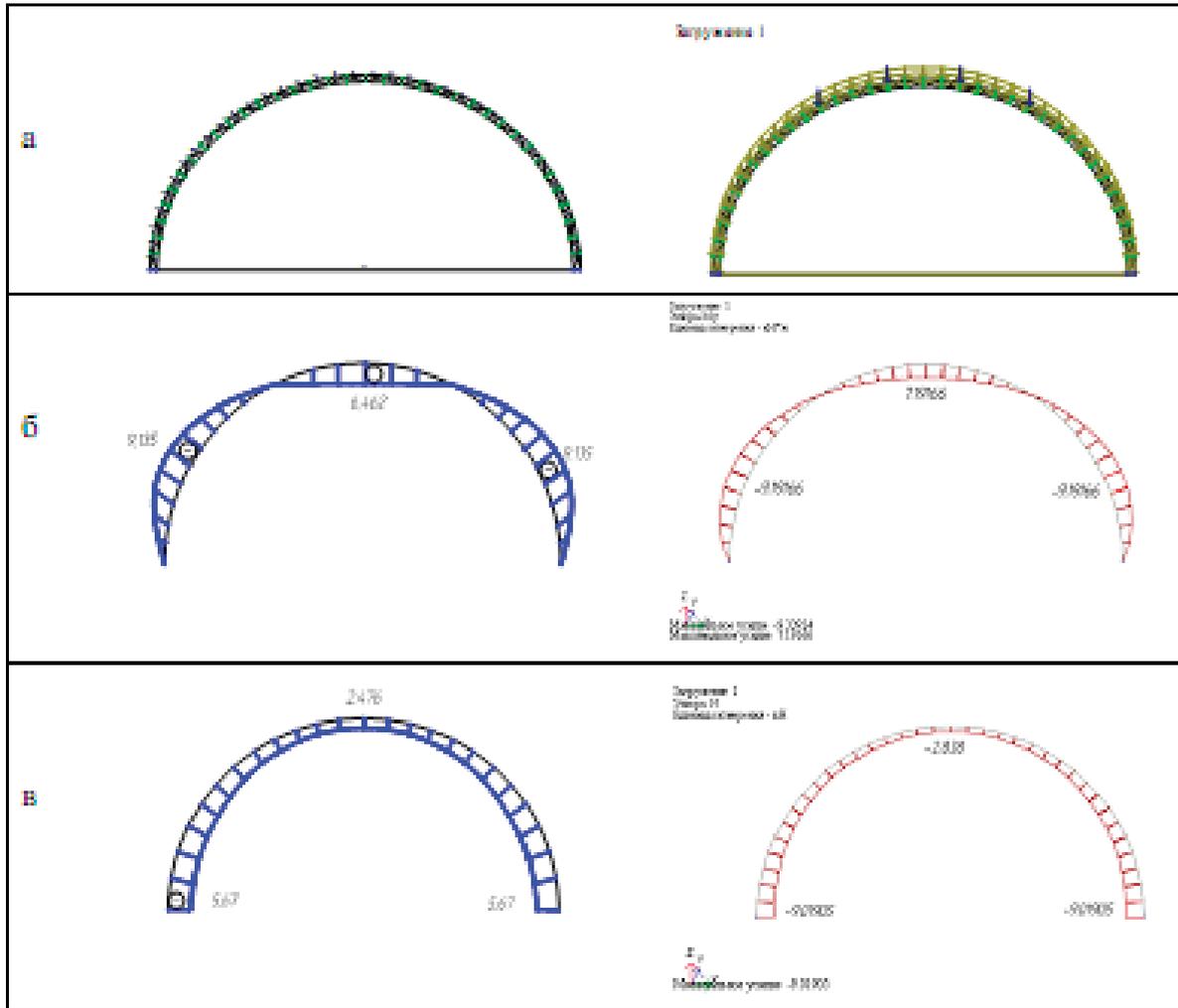


Рис.1. К расчету арки с полыми стержнями

ляют 2–5%. Рассмотренный алгоритм расчета инновационного арочного покрытия с полыми стержнями может

быть применен в практике проектирования и строительства складских сооружений АЭС.

Литература:

1. Машин, В. А. Культура безопасности и система сбора, учета, классификации и анализа событий низкого уровня. Электрические станции [Текст] / В. А. Машин. 2012. № 8. С.20–28.
2. Ращепкина, С. А. Металлические емкости из легких конструкций повышенной транспортабельности [Текст] / С. А. Ращепкина. Саратов: СГТУ. 2007. — 288с.
3. Городецкий, А. Примеры расчета и проектирования [Текст] / А. С. Городецкий. — Киев: «Факт», 2002. — 99с.

05. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Оптимальное проектирование механизмов подъема грузоподъемных кранов

Кобзев Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор;

Ковригин Сергей Владимирович, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

При решении задачи определения оптимальных параметров механизмов подъема груза желательно рассмотреть все варианты возможных решений главным образом за счет варьирования кратности полиспаста, типов привода и систем управления приводами. Из полученного массива решений согласно принципа Парето необходимо выбрать оптимальный вариант [1]. Это можно сделать с применением метода динамического программирования Р. Белмана, по которому задача оптимизации разбивается на отдельные этапы. Для механизмов машин это легко сделать, поскольку каждая механическая система привода состоит из узлов, для каждого из которых находится несколько вариантов решения. Далее необходимо выбрать критерий оптимизации. Для механизмов подъема можно рекомендовать двухкритериальную оптимизацию металлоемкости и суммарных приведенных затрат [2]. При несовпадении критериев по металлоемкости и стоимости, принимаемое решение, должно, согласно назначения и класса ответственности механизма, выбрать оптимальный вариант.

Целевая функция металлоемкости имеет вид:

$$G_M = G_{дв} + G_{упр} + \sum G_{ред} + G_{пол} + G_{бар} \quad (1)$$

где $G_{дв}$ - масса двигателя; $G_{упр}$ - масса системы управления двигателем; $\sum G_{ред}$ - суммарная масса редукторов; $G_{пол}$ - масса полиспаста, включающая вес каната, крюковой подвески и установки верхних блоков; $G_{бар}$ - масса барабана.

Суммарная стоимость комплектующих и затрат на электроэнергию:

$$\sum C_p = C_{дв} + \sum C_{ред} + C_{пол} + C_{бар} + C_o \quad (2)$$

где $C_{дв}$ — стоимость двигателя с системой управления; $\sum C_{ред}$ - суммарная стоимость редукторов; $C_{пол}$ — стоимость полиспаста, включающая стоимость каната, крюковой подвески и установки верхних блоков; $C_{бар}$ - стоимость барабана; C_o - эксплуатационные затраты.

Решение проведем для крана монтажного К2х190 для строительства атомных электростанций.

Рассчитаем металлоемкость:

Кратность полиспаста $u_n = 6$:

$$G_{M1} = 470 + 38.5 + 4200 + 16614 + 15430 = 36752.5 \text{ кг}$$

Кратность полиспаста $u_n = 7$:

$$G_{M2} = 470 + 38.5 + 4200 + 16539 + 12820 = 34067.5 \text{ кг}$$

Кратность полиспаста $u_n = 8$:

$$G_{M3} = 470 + 38.5 + 4200 + 16344 + 10534 = 31586.5 \text{ кг}$$

Кратность полиспаста $u_n = 9$:

$$G_{M4} = 470 + 38.5 + 4200 + 16807 + 11353 = 32868.5 \text{ кг}$$

Кратность полиспаста $u_n = 10$:

$$G_{M1} = 470 + 38.5 + 4200 + 16872 + 10412 = 31992.5 \text{ кг}$$

Рассчитаем суммарные затраты на комплектующие и электроэнергию:

Кратность полиспаста $u_n = 6$:

$$\sum C_1 = 215769 + 883000 + 1662144 + 555480 + 37726.58 = 3354119.58 \text{ руб}$$

Кратность полиспаста $u_n = 7$:

$$\sum C_2 = 215769 + 883000 + 1664568 + 461520 + 38188.07 = 3263045.07 \text{ руб}$$

Кратность полиспаста $u_n = 8$:

$$\sum C_3 = 215769 + 883000 + 1683712 + 379224 + 39084.5 = 3200789.5 \text{ руб}$$

Кратность полиспаста $u_n = 9$:

$$\sum C_4 = 215769 + 883000 + 1708176 + 408708 + 39145.77 = 3254798.77 \text{ руб}$$

Кратность полиспаста $u_n = 10$:

$$\sum C_5 = 215769 + 883000 + 1706800 + 374832 + 39145.77 = 3219646.77 \text{ руб}$$

Для упрощения выбора параметров при двухкритериальной оптимизации построим графики (Рис.1 и Рис.2) масс и стоимостей по каждому варианту.

В расчете суммарных приведенных затрат учитывалась стоимость комплектующих и затрат на электроэнергию. Все остальные регулярные затраты по заработной плате, смазочным материалам, на обслуживание практически одинаковы по всем вариантам и по этому они не учитываются.

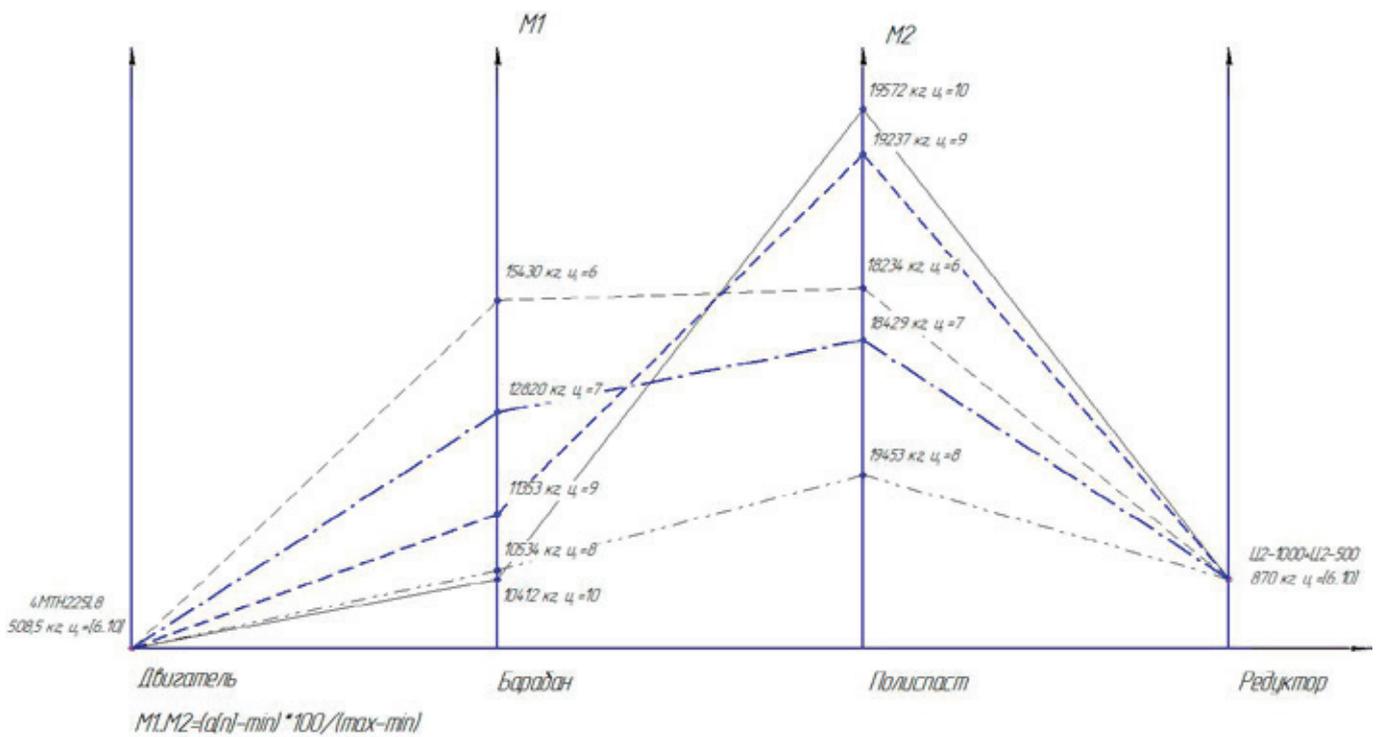


Рис. 1. График металлоемкости

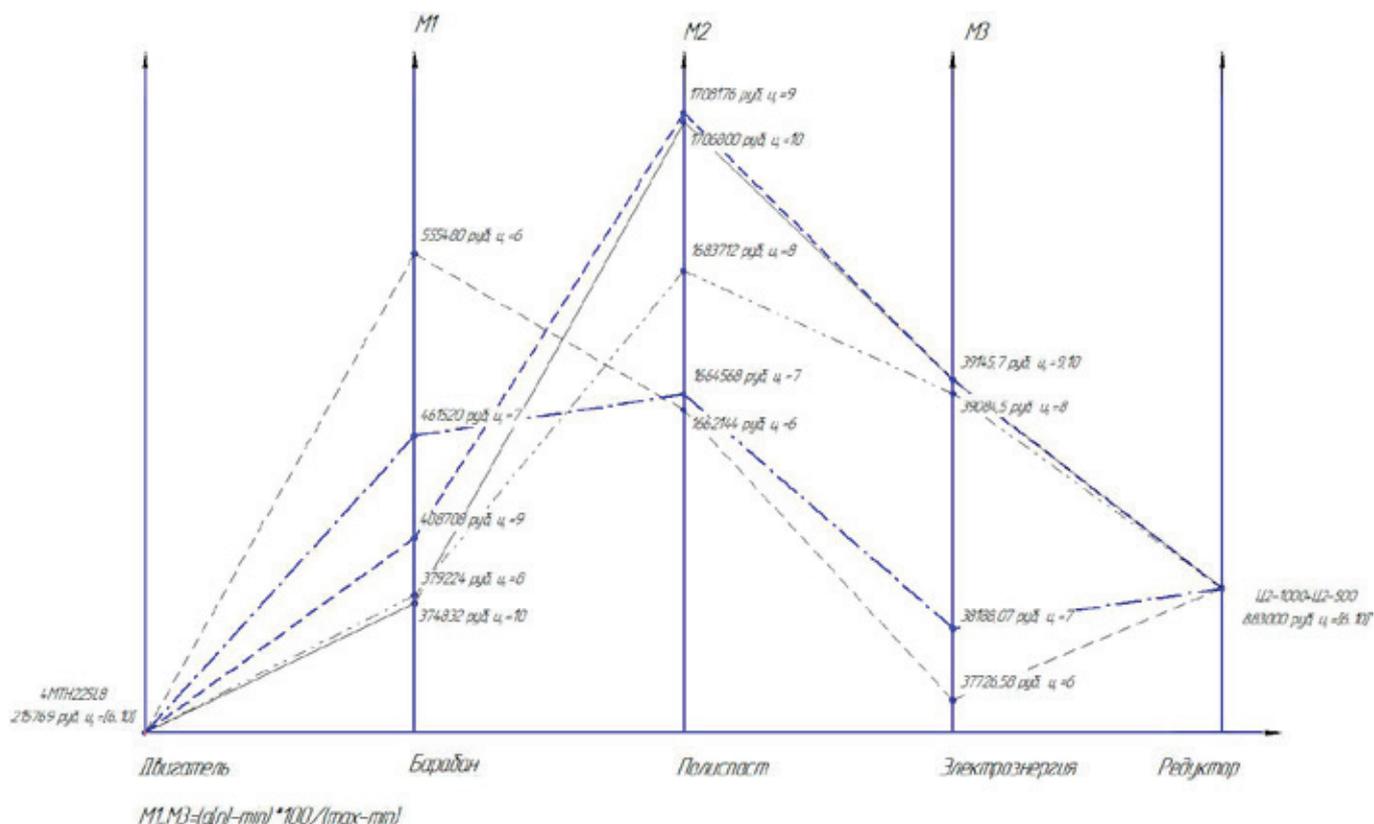


Рис. 2. График затрат на комплектующие и электроэнергию

Выводы:

1. По суммарной массе комплектующих, оптимальное значение имеет привод механизма подъема с кратностью полиспаста $u_i = 8$, значение целевой функции для данного варианта составляет 31586,5 кг.
2. По суммарным приведенным затратам наиболее экономичным является вариант с кратностью полиспаста $u_i = 8$, значение целевой функции для данного варианта составляет 3200789,5 руб.

Литература:

1. Беллман, Р. Прикладные задачи динамического проектирования. / Р. Беллман, С. Дрейфусс. — М.: Изд-во «Наука», 1965. — 460 с.
2. Струченков, В. И. Методы оптимизации в прикладных задачах. / В. И. Струченков. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 320 с.
3. Справочник по кранам: В 2т. / под ред. М. М. Гохберга, — М.: Машиностроение, 1988. — 1096 с.

Оптимальное проектирование механизма передвижения методом динамического программирования

Кобзев Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор;
Коротков Артем Сергеевич, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

На основании принципа Парето находятся эффективные решения, каждое из которых нельзя улучшить сразу по всем критериям. Множество этих решений и есть множество Парето. В это множество входят решения по нескольким критериям. Для решения оптимальности таких многокритериальных задач необходимо учесть все ограничения. Они могут быть в виде систем равенств или неравенств [1].

Если вычисления критериев оптимизации и ограничений могут быть разбиты на этапы, в которых используются не все переменные — возможно использование метода динамического программирования Беллмана [2], согласно которому механизм разбивается на отдельные модули и исследуется на оптимальность каждый модуль. В качестве модулей для механизма передвижения используются ходовые колеса, мотор-редукторы, балансиры, системы управления и подкрановые рельсы.

Обычно диаметры ходовых колес выбираются по грузоподъемности кранов [3]. Однако в опоре могут устанавливаться несколько ходовых колес и существенно изменяется вся кинематическая схема привода. Поэтому и предлагается рассмотреть варианты привода механизма передвижения крана на оптимальность критерия металлоемкости и суммарных приведенных затрат.

Предложенную методику рассмотрим на примере козлового крана К2х190, предназначенного для монтажа атомных электростанций.

В результате проведения анализа было установлено, что для передвижения крана возможно применение четырех вариантов ходовой части:

- 1) 64 колеса диаметром 630 мм, из которых 32 приводных;
- 2) 32 колеса диаметром 800 мм, из которых 16 приводных;
- 3) 24 колеса диаметром 1000 мм, из которых 12 приводных;
- 4) 48 колес диаметром 710 мм, из которых 24 приводных.

В качестве целевых функций при оптимальном проектировании механизма передвижения крана примем металлоемкость и суммарную стоимость суммарных приведенных затрат.

Целевая функция суммарной массы $\sum G$ механизма имеет следующий вид:

$$\sum G = G_{\text{мр}} \cdot n_{\text{мр}} + G_{\text{су}} + G_{\text{пк}} \cdot n_{\text{пк}} + G_{\text{нк}} \cdot n_{\text{нк}} + G_{\text{пр}} \cdot L \cdot n_{\text{пр}} + G_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}},$$

где $G_{\text{мр}}$ — масса мотор-редуктора со встроенным тормозом; $n_{\text{мр}}$ — количество мотор-редукторов со встроенным тормозом; $G_{\text{су}}$ — масса системы управления; $G_{\text{пк}}$ — масса приводных ходовых колес; $n_{\text{пк}}$ — количество приводных ходовых колес; $G_{\text{нк}}$ — масса неприводных ходовых колес; $n_{\text{нк}}$ — количество неприводных ходовых колес; $G_{\text{пр}}$ — масса одного метра подкрановых рельсов; L — длина подкрановых путей; $n_{\text{пр}}$ — количество подкрановых рельсов; $G_{\text{б}}$ — масса балансира; $n_{\text{б}}$ — количество балансира.

Целевая функция суммарных приведенных затрат $\sum C$ состоит:

$$\sum C = C_{\text{мр}} \cdot n_{\text{мр}} + C_{\text{су}} + C_{\text{пк}} \cdot n_{\text{пк}} + C_{\text{нк}} \cdot n_{\text{нк}} + G_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}} + G_{\text{б}} \cdot c_{\text{б}} + C_{\text{э}},$$

где $C_{\text{мр}}$ — стоимость мотор-редуктора со встроенным тормозом; $n_{\text{мр}}$ — количество мотор-редукторов со встроенным тормозом; $C_{\text{су}}$ — стоимость системы управления; $C_{\text{пк}}$ — стоимость приводных ходовых колес; $n_{\text{пк}}$ — количество приводных ходовых колес; $C_{\text{нк}}$ — стоимость неприводных ходовых колес; $n_{\text{нк}}$ — количество неприводных ходовых колес; $G_{\text{пр}}$ — суммарная масса подкрановых рельсов; $C_{\text{пр}}$ — стоимость одного килограмма подкрановых рельсов; $n_{\text{пр}}$ — количество подкрановых рельсов; $G_{\text{б}}$ — суммарная масса балансира; $c_{\text{б}}$ — стоимость одного килограмма металлоконструкции балансира; $C_{\text{э}}$ — эксплуатационные затраты электроэнергии.

Массы комплектующих и их стоимость принимаем из каталогов производителей.

Массы комплектующих:

при диаметре колес 630 мм

$$\sum G = 32 \cdot 193 + 64 + 471 \cdot 32 + 452 \cdot 32 + 2 \cdot 500 \cdot 64 + 4 \cdot 11755 = 146876 \text{ кг};$$

при диаметре колес 800 мм

$$\sum G = 16 \cdot 501 + 64 + 795 \cdot 16 + 761 \cdot 16 + 2 \cdot 500 \cdot 87 + 4 \cdot 6550 = 146176 \text{ кг};$$

при диаметре колес 1000 мм

$$\sum G = 12 \cdot 520 + 64 + 1050 \cdot 12 + 1012 \cdot 12 + 2 \cdot 500 \cdot 87 + 4 \cdot 5025 = 138148 \text{ кг};$$

при диаметре колес 710 мм:

$$\sum G = 24 \cdot 475 + 64 + 548 \cdot 24 + 527 \cdot 24 + 2 \cdot 500 \cdot 64 + 4 \cdot 8175 = 133964 \text{ кг}.$$

Суммарная стоимость комплектующих и эксплуатационных затрат на электроэнергию:

при диаметре колес 630 мм

$$\sum C = 32 \cdot 72000 + 375000 + 64 \cdot 79000 + 64000 \cdot 75,8 + 47100 \cdot 52 + 241617,9 = 15277017,9 \text{ руб};$$

при диаметре колес 800 мм

$$\sum C = 16 \cdot 10600 + 336000 + 32 \cdot 128000 + 87000 + 74,8 + 26200 \cdot 52 + 221483,1 = 14219483,1 \text{ руб};$$

при диаметре колес 1000 мм

$$\sum C = 12 \cdot 520 + 336000 + 24 \cdot 280000 + 87000 \cdot 74,8 + 20100 \cdot 52 + 226516,8 = 17211316,8 \text{ руб};$$

при диаметре колес 710 мм

$$\sum C = 24 \cdot 10500 + 375000 + 48 \cdot 116000 + 64000 \cdot 75,8 + 32700 \cdot 52 + 241617,9 = 15256217,9 \text{ руб.}$$

По полученным данным строим график масс комплектующих различных вариантов конструкции (Рис. 1) и график стоимости комплектующих различных вариантов конструкции (Рис. 2).

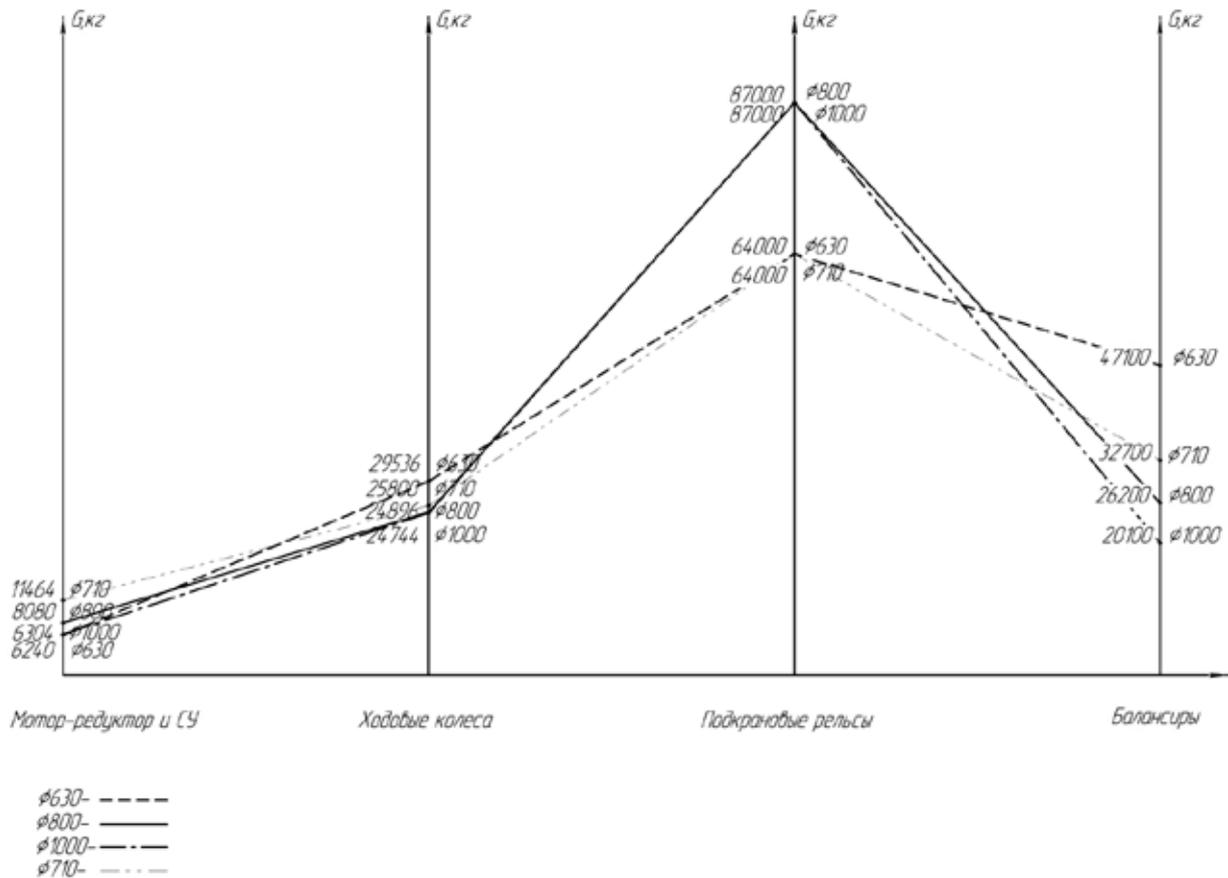


Рис.1. Массы комплектующих различных вариантов конструкции

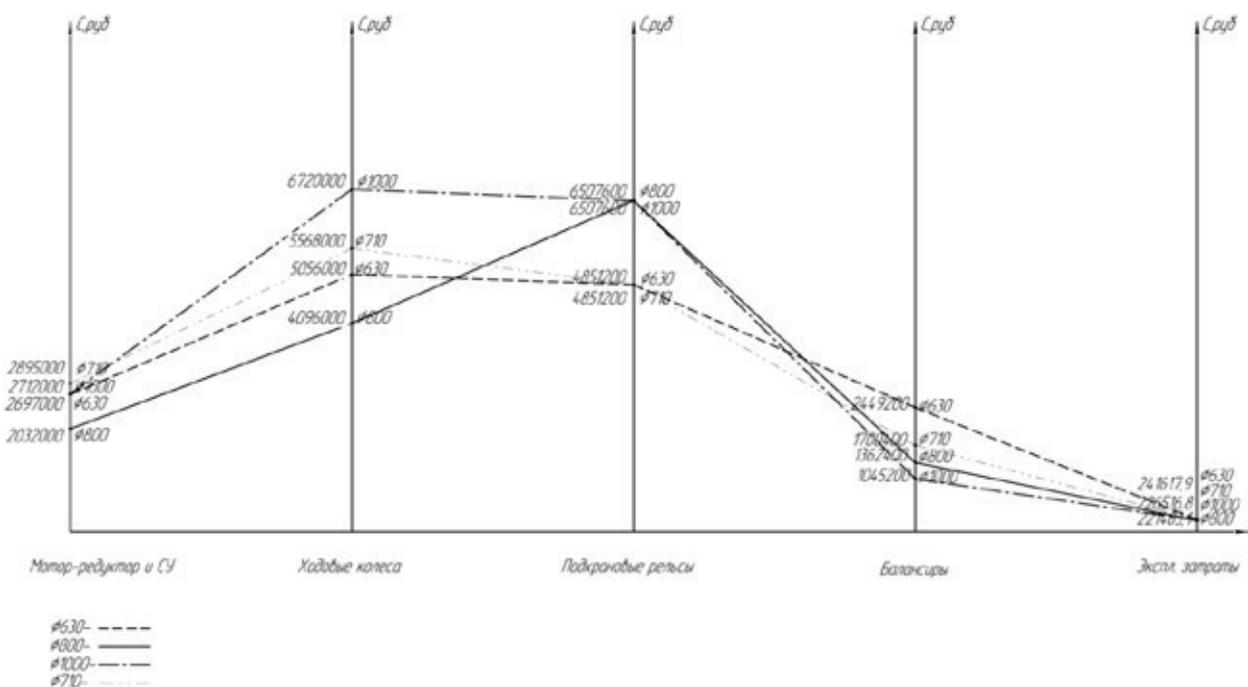


Рис. 2. Стоимости комплектующих различных вариантов конструкции

Выводы:

1. По критерию суммарной массы механизма передвижения крана оптимальной является схема № 4 с 48-ю ходовыми колесами диаметром 710 мм, из которых 24 являются приводными, мощность привода 4 кВт каждый.
2. По критерию суммарной стоимости механизма передвижения крана оптимальной является схема № 2 с 32-я ходовыми колесами диаметром 800 мм, из которых 16 являются приводными, мощность привода 5,5 кВт каждый.

Литература:

1. Струченков, В. И. Методы оптимизации в прикладных задачах. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 320 с.
2. Беллман, Р., Дрейфусс С. Прикладные задачи динамического проектирования. — М.: Изд-во «Наука», 1965. — 460 с.
3. Справочник по кранам: В 2т. / под ред. М. М. Гохберга. — М.: Машиностроение, 1988. — 1096 с.

Оптимальное проектирование металлоконструкции моста крана полукозлового грузоподъемностью 20 тонн

Кобзев Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор;
Папушкина Анастасия Витальевна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В настоящее время одним из важнейших направлений совершенствования кранов является снижение их металлоемкости, что в свою очередь ведет к снижению цен на их изготовление и эксплуатацию.

Снизить металлоемкость можно за счет применения современных материалов, так и выбор — за счет оптимальной схемы металлоконструкции моста крана.

От свойств металлоконструкций зависит долговечность и надежность работы механизмов и крана в целом. Поэтому создание рациональных конструктивных схем при наивыгоднейших значениях их геометрических параметров и размеров отдельных элементов является важной задачей.

Оптимальными следует считать конструкции, которые при надежной работе имеют минимальную сумму стоимости изготовления и эксплуатации. Стоимость изготовления конструкции зависит от стоимости материала и трудоемкости изготовления. Стоимость эксплуатации — расходы на электроэнергию, техобслуживание, коррозионную защиту. Стоимость материала в общей стоимости металлической конструкции составляет 70% и выше, поэтому металлоемкость конструкции в значительной степени определяет ее стоимость. Поэтому в качестве критерия выбора схемы принимается металлоемкость.

Исследование металлоконструкции крана с точки зрения получения наименьших значений металлоемкости требует учета большого количества условий — прочности, устойчивости, статической и динамической жесткости конструкции.

Полукозловой кран грузоподъемностью 20 тонн применяется для обслуживания открытых складов и погружных площадок, монтажа сборных строительных сооружений и оборудования, промышленных предприятия, обслуживания тепловых электростанций.

Группа режима работы крана 4К, скорость подъема груза $v_{\text{под}} = 8 \text{ м/мин}$, скорость передвижения крана $v_{\text{пер}} = 20 \text{ м/мин}$, высота подъема крюка 4,29 м.

Проведем анализ существующих типов пролетных строений кранов мостового типа:

1) Круглое сечение (труба), по сравнению с коробчатым сечением имеет лучшую горизонтальную и крутильную жесткость, меньше габаритные размеры в вертикальной плоскости, но оно более металлоемко из-за завышенной прочности и жесткости в горизонтальной плоскости, поскольку нагрузки в горизонтальной плоскости в несколько раз меньше чем в вертикальной при равнопрочности трубчатого сечения во взаимно перпендикулярных плоскостях.

2) Коробчатое сечение, при рациональном выборе высоты и ширины балки имеет недостаток в том, что сварные швы соединения поясов со стенками находятся в зоне больших касательных напряжений.

3) Овальное сечение, по сравнению с круглым имеет меньшую металлоемкость, но для снижения металлоемкости желательнее сечения верхней части овала было большей толщины. Поэтому для снижения металлоемкости предлагается верхний и нижний пояса сечений изготавливать из половинного сечения трубы, а стенки из листового материала. Это позволяет исключить операцию штампования верхней и нижней частей балок и перенести сварные швы ближе к нейтральной зоне.

Для каждого из трех вариантов подберем размеры сечения, удовлетворяющие всем условиям: прочности в горизонтальной и вертикальной плоскостях, статической жесткости, потере устойчивости сжатых элементов, динамической жесткости согласно существующим норм расчета [1].

Для расчета примем широко используемую в краностроении сталь 09Г2С, отличающуюся хорошей свариваемостью и морозостойкостью.

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Выводы:

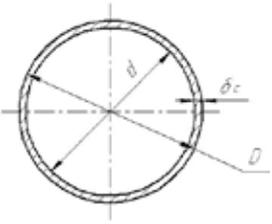
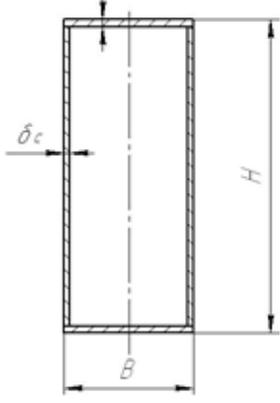
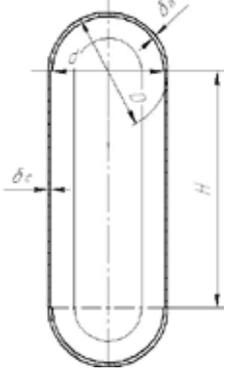
В результате проведенного исследования были получены следующие результаты:

1. Наименьшей металлоёмкостью обладает овальное сечение;

2. Приложенная схема обладает большей жёсткостью и не требует проверки местной устойчивости верхнего пояса;

3. Овальная схема позволяет снизить металлоёмкость полукозлового крана грузоподъёмностью 20 тонн на 21,44% по сравнению с коробчатым сечением и на 28,55% по сравнению с круглым.

Таблица 1

| Исследуемые параметры | Варианты поперечных сечений металлоконструкции моста крана | | |
|--|---|--|---|
| | 1) Круглое сечение  | 2) Коробчатое сечение  | 3) Овальное сечение  |
| Момент инерции, $I_x, \text{мм}^4$ в горизонт. пл. | $I_x = 1054 \cdot 10^6$ | $I_x = 902.7 \cdot 10^6$ | $I_x = 1023 \cdot 10^6$ |
| Момент сопротивления, $W_{x-x}, \text{мм}^3$ в горизонт. пл. | $W_{x-x} = 4.2 \cdot 10^6$ | $W_{x-x} = 2.78 \cdot 10^6$ | $W_{x-x} = 2.75 \cdot 10^6$ |
| Момент инерции, $I_y, \text{мм}^4$ в вертик. пл. | $I_y = 1054 \cdot 10^6$ | $I_y = 183.9 \cdot 10^6$ | $I_y = 147.6 \cdot 10^6$ |
| Момент сопротивления, $W_y, \text{мм}^3$ в вертик. пл. | $W_{y-y} = 4.2 \cdot 10^6$ | $W_{y-y} = 1.47 \cdot 10^6$ | $W_{y-y} = 1.2 \cdot 10^6$ |
| Прогиб f , мм | 15 | 16.3 | 15.2 |
| Напряжения в горизонт. пл., МПа | $\sigma_r = 0,0004$ | $\sigma_r = 1,29$ | $\sigma_r = 1,7$ |
| Напряжения в вертик. пл., МПа | $\sigma_b = 105,1$ | $\sigma_b = 158,8$ | $\sigma_b = 160,5$ |
| n | 1,6 | 1,5 | 1,5 |
| t_z , сек. | 10 | 8,5 | 8,5 |
| Размеры, мм | $D = 500 \delta_c = 25$ $d = 450$ | $H = 650 \delta_c = 6$ $B = 250 \delta_n = 12$ | $H = 500 D = 245$ $d = 221 \delta_c = 6$ $\delta_n = 12$ |
| Масса, кг | 2343 | 858 | 674 |

Литература:

1. Справочник по кранам: в 2т. Т. 1/ В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.; Под общей ред. М.М. Гохберга. — М.: Машиностроение, 1988. — 536 с.

Методика проектирования равнопрочных планетарных зубчатых передач грузоподъемных машин при заданных габаритных размерах передачи

Чернова Наталья Михайловна, доктор технических наук, профессор

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Планетарные зубчатые передачи находят все большее распространение в механизмах грузоподъемных машин, так как имеют ряд преимуществ по отношению к другим типам передач: малые габариты; малый вес; возможность получения любого передаточного числа; более высокий коэффициент полезного действия. Применение планетарных передач позволяет создавать малогабаритные приводы, встроенные в барабан, а также многоскоростные двух- и трехдвигательные.

При проектировании планетарных передач согласно существующих методик, вначале выбирается схема передачи, а затем проводится кинематический расчет и при этом часто оказывается, что выбранная схема не оптимальна или вообще не существует при заданных качественных характеристиках. Для решения задачи оптимального проектирования планетарных зубчатых передач, применяемых в механизмах подъемно-транспортных машин, был разработан метод графического синтеза планетарных передач [1]. Согласно данному методу, выбор схемы зубчатой передачи зависит не только от величины передаточного отношения, но и, в первую очередь, от его знака и требуемых качественных характеристик передачи. В соответствии с этим была проведена классификация возможных простейших схем планетарных редукторов и мультипликаторов по четвертям декартовой системы координат с разделением на основные и дополнительные схемы в зависимости от ведущего звена передачи. Были введены геометрические параметры X_b — для основных схем и X_a — для дополнительных. При этом доказано, что величина и знак передаточного отношения, а также величина введенных параметров X_b и X_a , однозначно определяют схему и геометрические размеры проектируемой планетарной передачи. Величина параметров X_b и X_a определяется требуемыми качественными характеристиками проектируемого зубчатого механизма.

Основным видом повреждений активных поверхностей зубьев хорошо смазываемых закрытых передач является выкрашивание, связанное с развитием усталостных трещин. Поэтому в качестве основного требования при проектировании зубчатых передач является условие равной контактной прочности зубчатых колес. Были получены соотношения для параметров X_b и X_a , области существования основных и дополнительных редукторов и мультипликаторов, а также соотношения для определения геометрических размеров передачи при условии равной контактной прочности [2].

В ряде случаев при проектировании конструктор ограничен габаритными размерами привода: внутренним

диаметром барабана при применении встроенных в барабан передач; размерами балансира в механизмах передвижения; размерами площадки для размещения механизмов поворота и т.д. В этих случаях при проектировании планетарной передачи в качестве исходных данных задается не только величина и знак передаточного отношения, но и габаритные размеры в виде межцентрового расстояния передачи a_w . Не всегда возможно найти вариант подбора чисел зубьев нулевых колес, соответствующих заданному значению a_w , особенно при малых значениях межцентрового расстояния. В этом случае, при выбранных значениях чисел зубьев планетарной передачи z_1, z_2, z_2' и z_3 при условии равной контактной прочности по заданному передаточному отношению, данная задача решается путем подбора смещения исходного контура зубьев колес.

По заданному передаточному отношению определяются числа зубьев центральных колес передачи z_1, z_3 и сателлитов первой z_2 и второй z_2' ступеней при условии равной контактной прочности [1]. По выбранным числам зубьев центрального колеса z_1 и сателлита z_2 первой ступени планетарной зубчатой передачи по допустимому контактному напряжению определяется межцентровое расстояние нулевой передачи. В международной системе единиц (СИ), учитывая, что для стальных зубчатых колес модуль упругости $E = 2,1 \times 10^5$ Н/мм², соотношение примет вид:

$$a_{w0} = (u \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{340}{[\sigma]_k}\right)^2 \frac{KM_{H1}}{\psi_a u k_{\Pi}}}, \quad (1)$$

где K — коэффициент нагрузки;

M_{H1} — исходный расчетный момент, передаваемый шестерней, Н·мм;

$[\sigma]_k$ — допустимое контактное напряжение для поверхностного слоя зубьев, Н/мм²;

ψ_a — коэффициент ширины колес;

k_{Π} — коэффициент, учитывающий влияние суммарной длины контактных линий на повышение нагрузочной способности передачи, для прямозубых колес $k_{\Pi} = 1$.

В формуле (1) и последующих соотношениях знак «+» — для внешнего зацепления; знак «-» — для внутреннего зацепления зубьев колес.

Исходный расчетный момент M_{H1} меньшего элемента (шестерни) сцепляющейся пары приравнивают к максимальному из действующих моментов. При постоянной нагрузке $M_{H1} = M_1$. При переменной нагрузке $M_{H1} = M_{1(1')}$, который определяется по гистограмме режима работы зубчатой передачи. Предварительно в зацеплении центрального колеса с сателлитом необходимо выделить шестерню — меньший элемент сцепляющейся пары.

После расчета межцентрового расстояния нулевой передачи a_{w0} определяется предварительное значение модуля зацепления:

$$m = \frac{2a_{w0}}{z_1 + z_2}, \quad (2)$$

полученное значение округляется до ближайшего меньшего стандартного модуля по ГОСТ 9563–60.

Определяется величина суммарного коэффициента смещения x_Σ :

$$x_\Sigma = \frac{(z_1 \pm z_2)(\text{inv}\alpha_w - \text{inv}\alpha)}{2\text{tg}\alpha}, \quad (3)$$

угол зацепления определяют по заданному межцентровому расстоянию a_w из соотношения:

$$\cos\alpha_w = \frac{a_{w0}}{a_w} \cos\alpha. \quad (4)$$

Значение угла зацепления желательнее в пределах $25-27^\circ$.

Определяются значения коэффициентов смещения первой ступени передачи. Для внешнего зацепления:

$$x_1 = 0,5 \left[x_\Sigma - \frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1} y \right]; \quad (5)$$

$$x_2 = x_\Sigma - x_1.$$

Коэффициент воспринимаемого смещения y рассчитывается по формуле:

$$y = \frac{a_w - a_{w0}}{m}. \quad (6)$$

Для внутреннего зацепления:

$$x_2 = \frac{(z_1 + z_2)(x_d - \Delta y)}{2(z_1 - z_2)} - \frac{x_d}{2} + \Delta y; \quad (7)$$

$$x_1 = x_d + x_2,$$

где x_d — коэффициент разности смещений, $x_d = x_1 - x_2$, $x_d = x_\Sigma$;

Δy — коэффициент уравнительного смещения:

$$\Delta y = x_\Sigma - y. \quad (8)$$

Вычисляем значения коэффициентов смещения второй ступени передачи x_2' и x_3 . Для внешнего зацепления:

$$x_2' = 0,5 \left[x_\Sigma - \frac{z_3 - z_2'}{z_3 + z_2'} y \right]; \quad (9)$$

$$x_3 = x_\Sigma - x_2'.$$

Для внутреннего зацепления:

$$x_2' = \frac{(z_3 + z_2')(x_d - \Delta y)}{2(z_3 - z_2')} - \frac{x_d}{2} + \Delta y; \quad (10)$$

$$x_3 = x_d + x_2',$$

где x_d — коэффициент разности смещений, $x_d = x_3 - x_2'$, $x_d = x_\Sigma$.

В конце расчета выполняется проверка по величине коэффициента перекрытия первой и второй ступени планетарной передачи. Если условие $\epsilon \geq 1,15$ не выполняется, необходимо уменьшить суммарный коэффициент смещения x_Σ , путем подбора другого набора чисел зубьев в пределах заданного диапазона значений передаточного отношения. Далее выполняется проверка по толщине зубьев по окружности выступов по допустимому минимальному значению $S_a = 0,4m$.

Предложенный метод проектирования планетарных зубчатых передач поможет проектировщику спроектировать равнопрочную передачу, соответствующую заданным габаритным размерам привода.

Литература:

1. Чернова, Н. М. Метод графического синтеза соосных зубчатых передач / Н. М. Чернова // Изв. ТулГУ. Подъемно-транспортные машины и оборудование. — Тула, 2005. — Вып. 6 — с. 104–108.
2. Чернова, Н. М., Чернышова В. В. Исследование области существования планетарных зубчатых передач при условии равной контактной прочности // Изв. ТулГУ. Подъемно-транспортные машины и оборудование. — Тула, 2006. — с. 95–98.

06. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Эффективность сооружения малой ТЭЦ как инвестиционного проекта

Костин Дмитрий Александрович, ассистент;

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор;

Кочеваткина Элина Фаритовна, кандидат экономических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Одним из наиболее перспективных направлений развития российского топливно-энергетического комплекса является сооружение и эксплуатация малых ТЭЦ. Короткие сроки сооружения, относительно низкий уровень финансирования строительства, значительная энергоэффективность и надежность энергоснабжения малых ТЭЦ предопределяют их высокую привлекательность использования потребителями в качестве источника электро- и тепловой энергии для производства продукции или обеспечения процесса жизнедеятельности [1].

Безусловно, рассматривая сооружение малой ТЭЦ как инвестиционный проект, следует понимать, что его реализация возможна только при условии получения приемлемого уровня экономической эффективности, который выражается в снижении расходов на оплату электро- и тепловой энергии [2].

В этой связи возникает необходимость уточнения тех показателей, на основании которых участники проекта могут принять правильное управленческое решение относительно разработки и реализации конкретного инвестиционного проекта по сооружению малой ТЭЦ.

Экономическая эффективность инвестиционного проекта оценивается в течение расчетного периода, охватывающего временной интервал от начала проекта до его окончания. Начало расчетного периода определяется как дата начала вложения средств в инвестиционный проект.

Целью оценки эффективности инвестиционного проекта по сооружению малой ТЭЦ является подтверждение или опровержение целесообразности замены существующей системы энергоснабжения потребителя собственным источником генерации энергоресурсов.

С математической точки зрения для признания инвестиционного проекта по сооружению малой ТЭЦ эффективным сумма экономии должна быть достаточна для покрытия в обозримом будущем всех инвестиционных вложений.

С этой целью конкретизируется состав капитальных затрат (инвестиционных вложений) по проекту. В данном случае к ним относятся: стоимость самой когенерационной установки; стоимость проектных работ; стоимость блок-контейнера или строительства здания под малую ТЭЦ; стоимость монтажных работ; затраты на проектирование, монтаж и пуско-наладочные работы газопровода; стоимость обучения обслуживающего персонала. Соответственно, объем инвестиций определяется путем суммирования всех капитальных затрат по проекту:

$$K = \sum PZ_t \quad (1)$$

Используя формульный аппарат, сумма экономии (Э) может быть представлена в виде разности затрат при фактическом ($Z_t^{\text{факт}}$) и оптимизированном ($Z_t^{\text{опт}}$) варианте использования источников энергоресурсов:

$$\Delta = Z_t^{\text{факт}} - Z_t^{\text{опт}} \quad (2)$$

Для определения экономии от применения малой ТЭЦ, нужно определить затраты на ее эксплуатацию, а также затраты при оплате энергии от центральных сетей на время, соответствующее периоду эксплуатации малой ТЭЦ (сроку службы).

Но точные затраты по оплате энергии мы можем назвать только для текущего времени. Для определения затрат на прогнозный период необходимо проанализировать затраты за предыдущие периоды и вычислить их темпы роста по следующей формуле:

$$\bar{T} = \sqrt[n-1]{\tau_0 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \dots \cdot \tau_n}, \quad (3)$$

где $\tau_0 = 1$ — поскольку характеризует текущий период; τ_n — коэффициент, характеризующий изменение затрат.

$$\tau_n = \frac{Z_n}{Z_{n-1}}, \quad (4)$$

где Z_n — затраты в рассматриваемом периоде; Z_{n-1} — затраты в предыдущем периоде.

Тогда, прогнозируемые затраты составят:

$$Z_t = Z_{t-1} \cdot \bar{T}, (5)$$

где Z_t — затраты в интересующем прогнозом периоде; Z_{t-1} — затраты в предыдущем прогнозом периоде.

Эта формула справедлива для определения затрат как на электро- и тепловую энергию, так и на техническое обслуживание объекта.

Затраты на эксплуатацию малой ТЭЦ включают в себя: затраты на топливо, масло, техническое обслуживание и текущий ремонт установки, а также заработную плату обслуживающего персонала. При этом, затраты на топливо и масло зависят от мощности, на которой работает малая ТЭЦ.

На основе анализа экспериментальных данных, полученных для малой ТЭЦ на базе двигателя 6ЧН 21/21 ГДГ 90 мощностью 500 кВт, были определены значения расхода топлива и расхода масла. При умножении этих значений на стоимость топлива и масла получим годовые затраты.

Чтобы спрогнозировать затраты на топливо и масло, достаточно спрогнозировать рост цен на них. Для прогнозирования затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт нужно рассчитать изменение стоимости нормо-часа работ и цен запасных частей. Для расчета заработной платы персонала, достаточно проанализировать изменения средней ставки за последние несколько лет.

Немаловажным фактором является также и амортизация:

$$A = \frac{K}{\text{СПИ}}, (6)$$

где K — капитальные затраты; СПИ — срок полезного использования. Сроком полезного использования признается период, в течение которого объект основных средств выполняет свое служебное назначение.

При этом сумма амортизации должна равномерно распределяться на весь период эксплуатации.

В результате осуществления данных расчетов может быть определена абсолютная величина суммы экономии от использования малой ТЭЦ. Помимо данного показателя, экономическая эффективность инвестиционных проектов оценивается посредством следующих критериев: чистый дисконтированный доход (ЧДД); индекс доходности инвестиций (ИД); срок окупаемости инвестиций.

Ни один из перечисленных критериев сам по себе не является достаточным для принятия проекта. Решение об инвестировании средств в проект должно приниматься с учетом значений всех перечисленных критериев и интересов всех участников инвестиционного проекта.

Рассмотрим подробнее применение перечисленных критериев для оценки эффективности внедрения газопоршневой малой ТЭЦ на объекте.

ЧДД характеризует превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта [3].

При расчете ЧДД используется постоянная ставка дисконтирования, однако при некоторых обстоятельствах, например, ожидается изменение уровня учетных ставок, могут использоваться индивидуализированные по годам коэффициенты дисконтирования [4].

Применительно к оценке инвестиционных проектов ставка дисконтирования используется для определения темпов обесценения потока ожидаемых денежных платежей с учетом степени риска получения этих доходов [5].

Интерпретируя данный показатель с позиции инициаторов проекта, условия принятия инвестиционного решения на основе данного критерия следующие:

– если $\text{ЧДД} < 0$, то в случае принятия проекта ценность компании уменьшится, т.е. владельцы компании понесут убыток;

– если $\text{ЧДД} > 0$, то в случае принятия проекта ценность компании, а следовательно, и благосостояние ее владельцев увеличатся;

– если $\text{ЧДД} = 0$, то в случае принятия проекта ценность компании не изменится, т.е. благосостояние ее владельцев останется на прежнем уровне [6, с. 222].

В отличие от ЧДД индекс доходности инвестиций является относительным показателем: он характеризует уровень доходов на единицу затрат, то есть эффективность вложений [3]. Индекс доходности инвестиций представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений. Условия принятия инвестиционного решения на основе данного критерия следующие:

– если $\text{ИД} > 1$, то проект следует принять;

– $\text{ИД} < 1$, то проект следует отвергнуть;

– $\text{ИД} = 1$, то проект не является ни прибыльным, ни убыточным [6].

Следуя логике данного критерия, чем больше значение этого показателя, тем выше отдача каждого рубля, инвестированного в данный проект.

Срок окупаемости инвестиций — минимальный временной интервал (от начала осуществления проекта), за пределами которого интегральный эффект становится и в дальнейшем остается неотрицательным [3]. Другими словами, это период (измеряемый в месяцах, кварталах или годах), начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления.

Для определения срока окупаемости необходимо рассчитать денежные потоки:

— совокупный приведенный денежный поток

$$\text{СПД}_t = \text{Э}_{Дт} + A_t, (7)$$

— накопленный чистый денежный поток вычисляется для каждого периода

$$НЧД_t = СПД_t + НЧД_{t-1}, (8)$$

При этом на начальном этапе реализации проекта НЧД равен капитальным затратам.

Срок окупаемости будет равен отношению НЧД, взятого по модулю, к СПД в том периоде, когда значение НЧД становится положительным, плюс предыдущие периоды:

$$T_{ок} = (t - 1) + \frac{|НЧД_{t-1}|}{СПД_t}, (9)$$

Представленная методика позволяет инвесторам еще на стадии бизнес-предложения оценить экономическую эффективность предлагаемого проекта по сооружению малой ТЭЦ на объекте, а также принять решение о целесообразности вложения средств в данный проект.

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 11 июля 2001 г. № 526 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации» [по состоянию на 20.03.2013] — Режим доступа. — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=143874> (дата обращения 01.10.2013)
2. Ример, М. И. Экономическая оценка инвестиций / под общей ред. М. Римера — СПб.: Питер, 2005—480 с.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, третья редакция, 2008 г. — <http://www.ocenchik.ru/method/investments/1240/>
4. Бригхем, Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс. В 2-х т.: Пер. с англ. / Под ред. В. В. Ковалева. — СПб.: Экономическая школа, 2001. — 238 с.
5. Манагаров, Р. И. Обзор методов расчета ставки дисконтирования. — http://www.cfin.ru/finanalysis/math/discount_rate.shtml
6. Инвестиции: учеб. / С. В. Валдайцев, П. П. Воробьев и др.; под ред. В. В. Ковалева, В. В. Иванова, В. А. Лялина. — М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2004. — 440 с.

Оптимизация количества газопоршневых энергоустановок в энергетическом комплексе

Костин Дмитрий Александрович, ассистент;

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Целью определения количества необходимых поршневых энергоустановок в энергетическом комплексе объекта предлагается следующие методические положения расчета и обоснования их применения.

Исходными данными для расчета количества энергоустановок являются: электрическая мощность объекта Pe^0 , график потребления электричества на объекте (суточный, месячный, годовой), удельный расход топлива газопоршневого агрегата $q_e^i = f(Pe)$.

При расчете следует исходить из того, что малая ТЭЦ должна обеспечивать бесперебойную подачу электроэнергии на объект и полностью покрывать потребность в энергии. Иными словами, количество агрегатов на малой ТЭЦ можно определить по формуле:

$$n_{двс} = \frac{Pe^0}{Pe^1} + 1, (1)$$

где Pe^0 — электрическая мощность (потребность в электроэнергии) объекта, кВт;

Pe^1 — электрическая мощность одного агрегата, кВт.

Единица в формуле (2.11) означает наличие резервного агрегата, который включается в работу в случае не-

предвиденных остановов, поломок или ремонта одного из основных агрегатов для предотвращения падения мощности или отключения электроэнергии, а также может использоваться для покрытия пиковых нагрузок.

Критериями оптимизации при определении оптимального количества агрегатов примем:

- 1) Расход топлива должен быть минимальным:

$$B_{зк} = \sum_{i=1}^n q_e^i \cdot Pe^i \rightarrow \min, (2)$$

где q_e^i — удельный расход топлива на i -том режиме работы установки;

Pe^i — электрическая мощность установки на i -том режиме работы.

- 2) Срок окупаемости не более 5 лет

- 3) Экономические показатели (ЧДД, ИД)

- 4) Минимальная производственная площадь для энергоустановки.

Для обеспечения первого критерия необходимо, чтобы среднеэксплуатационный удельный расход газа был наименьшим:

$$Q_s^{ЭУ} = \sum \frac{q_s^i \cdot \tau^i}{\tau} \rightarrow \min, (3)$$

где $Q_s^{ЭУ}$ — расход топлива энергоустановки, мЗ/час;
 q_s^i — удельный расход топлива на i -том режиме работы, мЗ/кВт · ч;

τ^i — время работы ЭУ на i -том режиме, час;

τ — суммарное время работы ЭУ, час.

Этого можно достичь последовательным включением ДГ с наименьшей возможной мощностью агрегатов $Pe_{i\min}$.

В процессе эксплуатации каждая энергоустановка работает в диапазоне $[Pe_{\min}; Pe_{\max}]$, т.е. от своей минимальной мощности до максимальной. Тогда, учитывая критерии 2, 3 и 4, можно принять минимальную электрическую мощность энергоустановки равной минимальной электрической мощности объекта:

$$Pe_{\min}^{ЭУ} = Pe_{\min}^{об}$$

Отсюда следует, что энергоустановка должна обеспечить объект энергией в диапазоне $[Pe_{об\min}; Pe_{об\max}]$. Как правило, минимальная нагрузка объекта составляет примерно 1/3 от максимальной нагрузки на весь объект, тогда следует, что на весь объект необходимо 3 ЭУ. Приняв число агрегатов 3, то каждая ЭУ будет покрывать примерно 33% электрической мощности объекта. Иными словами, минимальная нагрузка обеспечивается работой одной ЭУ, при повышении мощности

с $Pe_{об\min}$ до 60... 65% $Pe_{об}$ включается вторая ЭУ с такой же мощностью. Тогда у обоих ЭУ $q_s \approx 50\%$, а, как показывают экспериментальные исследования, в этом диапазоне удельный расход топлива изменится незначительно $\Delta q_s \approx 5...9\%$, тогда и суммарный расход топлива обоих ЭУ будет стремиться к минимуму.

Т.к. каждая из ЭУ покрывает 33% мощности, то при включении третьего агрегата нагрузка на ДГ снижается примерно до 70%, что также способствует снижению q_s в большей степени, чем при включении второй ЭУ.

При увеличении количества агрегатов удельный расход топлива будет уменьшаться, но тогда не будут выполняться принятые критерии 2, 3 и 4. Т.к. с увеличением числа ЭУ возрастают капитальные и эксплуатационные затраты, а также производственные площади для их размещения.

Отсюда следует, что оптимальным количеством является 3 агрегата в энергоустановке и один резервный. При этом конечно они должны иметь одну модификацию и производителя.

При этом алгоритм работы газопоршневых агрегатов в составе мини-ТЭЦ заключается в следующем: сначала включается в работу один двигатель-генератор, обеспечивая минимальную нагрузку потребителя, для обеспечения следующего шага нагрузки включается второй, работа всех трех агрегатов покрывает максимальную потребность объекта в энергии. В общем виде данный алгоритм можно представить следующей блок-схемой (рис. 1).

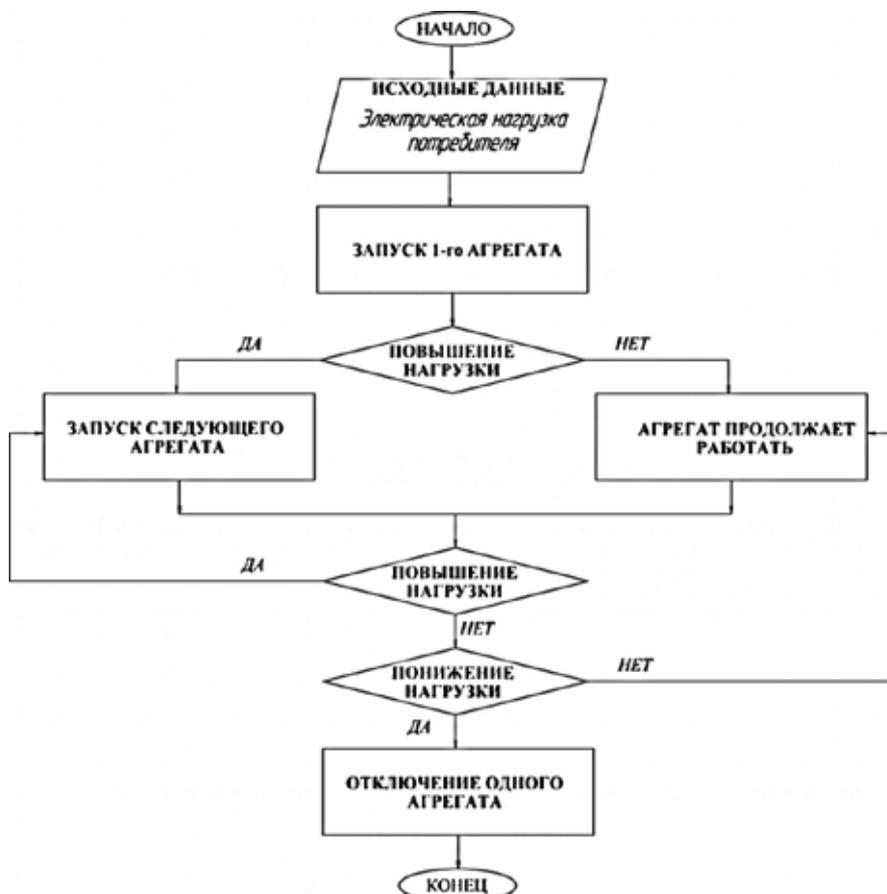


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы энергоустановок в энергетическом комплексе на объекте

Наличие резервного агрегата значительно повышает надежность всей установки. Иными словами, в данной системе реализован скользящий метод резервирования, который заключается в том, что дублирующий элемент может заменить любой основной элемент в данной системе.

Однако, при определении показателей экономической эффективности необходимо учитывать, что стоимость берется за четыре агрегата, а затраты на эксплуатацию

только по трем. При этом наличие четвертого агрегата повышает стоимость установки всего на 25% по сравнению со стоимостью трех агрегатов.

Приведенный алгоритм оптимизации количества поршневых энергоустановок в энергетическом комплексе позволит обеспечить надежное энергоснабжение объекта, что в свою очередь обеспечивает и повышение его энергетической безопасности.

Литература:

1. Агафонов, А. Н., Сайданов В. О., Гудзь В. Н. Комбинированные энергоустановки объектов малой энергетики. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. — 262?.
2. Агафонов, А. Н., Разуваев А. В. Совершенствование характеристик энергетических установок на базе двигателей ЧН 21/21 объектов малой энергетики — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. — 148?.
3. Кривов, В. Г., Агафонов А. Н. Предложения по созданию комбинированных малых теплоэлектроцентралей на базе поршневых и газотурбинных двигателей с утилизацией теплоты // Двигателестроение. — 1998. — № 2. — с. 3–5.

Релаксация начальных технологических остаточных напряжений в поверхностном слое КШМ после технологического поверхностного пластического деформирования¹

Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук, доцент;
 Марьина Надежда Леонидовна, кандидат технических наук, доцент;
 Селифонов Сергей Константинович, студент
 Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
 ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Технологические остаточные напряжения действуют в теле элементов кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и при отсутствии внешних воздействий. Они удовлетворяют условиям равновесия и всегда являются внутренними. Одной из основных причин возникновения начальных технологических остаточных напряжений в любом технологическом процессе является неравномерная пластическая деформация по сечению детали. Действительно, напряжения, не превышающие предела текучести, исчезают после устранения их причины возникновения независимо от того, вызваны они внешней нагрузкой или неравномерным температурным полем. Если же напряжения в каком-либо месте сечения тела превышают предел текучести и вызывают пластическое деформирование, то после, например, выравнивания температуры, они полностью не исчезают. Таким образом, начальные технологические остаточные напряжения (НТОН) в теле определяются происшедшей пластической деформацией. При хранении, транспортировке и эксплуатации происходит релаксация начальных технологических остаточных напряжений, что приводит к изменению геометрии детали и появлению отклонений размеров, превышающих допустимые.

Пространство НТОН [1] будет определяться тем, что в качестве меры расстояний вдоль оси координат берутся величины напряжений (пространство Хей-Вестергарда). Если принять, что условие пластичности не зависит от гидростатического напряжения всестороннего сжатия (критерий Треска), то соответствующие поверхности текучести являются цилиндрами. Точки пространства напряжений, которые лежат внутри цилиндрической поверхности текучести, соответствуют упругому состоянию, а точки, лежащие на поверхности текучести, представляют начальное пластическое напряженное состояние. Продолжение нагружения после достижения начального предела текучести приводит к пластическим деформациям, которые могут сопровождаться изменениями первоначальной поверхности текучести. Так, для материала с упрочнением пластическое деформирование в общем случае сопровождается изменениями поверхностной текучести. В качестве расчётной схемы для материала с упрочнением можно принять ступенчатый стержень — образец

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России ФЦП -Соглашение № 14.574.21.0015, и Госзадания Минобрнауки России № 9.896.2014/К.

(рис.1), жёстко защемлённый и нагруженный силой P . Элемент AC представляет упрочнённый слой высотой $0,015l$, элемент AB — неупрочнённый участок высотой l .

Диаграмма растяжения схематизируется двумя прямыми, уравнения которых следующие:

$$\begin{aligned} \sigma &= E\varepsilon \text{ при } \sigma \leq \sigma_T \\ \sigma - \sigma_T &= D(\varepsilon - \varepsilon_T) \text{ при } \sigma > \sigma_T \end{aligned} \quad (1)$$

Диаграмма сжатия предполагающейся совпадающей с диаграммой растяжения.

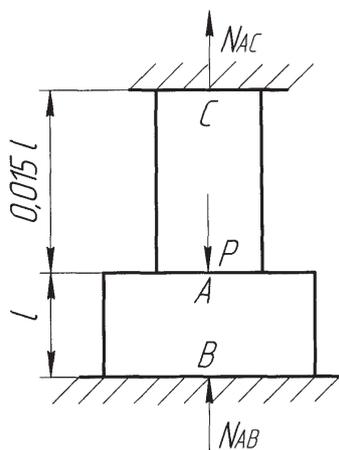


Рис. 1. Схема векторного нагружения ступенчатого стержня — образца

На первом этапе нагружения, когда материал следует закону Гука, усилия в нижнем и верхнем участках определяются обычными приёмами раскрытия статической неопределённости. Так как

$$N_{AB} + N_{AC} = P, \quad (2)$$

а удлинения на участках AB и BC одинаковы

$$\frac{N_{AC} \cdot 0,015l}{E \cdot F} = \frac{N_{AB} \cdot l}{1,5E \cdot F}, \quad (3)$$

то $N_{AC} = 0,977P$, $N_{AB} = 0,022P$.

Перемещение сечения A :

$$\delta_A = \frac{0,015N_{AC}l}{E \cdot F} = \frac{0,0146P \cdot l}{E \cdot F},$$

где F — площадь поперечного сечения, δ_A - перемещение точки A .

Эти соотношения будут справедливы до тех пор, пока напряжение на нижнем участке не достигнет значения σ_T при $P = 68,493\sigma_T \cdot F$.

Далее нижний участок деформируется пластически, а верхний — упруго. Уравнение (2) остаётся неизменным, а уравнение (3) преобразовывается

$$\varepsilon = \frac{\sigma - \sigma_T}{D} + \varepsilon_T, \quad (4)$$

где D — модуль пластической деформации [2].

Тогда взамен уравнения (4) получим

$$\frac{N_{AC} \cdot 0,015l}{E \cdot F} = l \left[\frac{1}{D} \left(\frac{N_{AB}}{1,5F} - \sigma_T \right) + \varepsilon_T \right]. \quad (5)$$

Решая это уравнение совместно с уравнением $N_{AB} + N_{AC} = P$, найдём

$$N_{AC} = \frac{P \cdot E}{0,0225 \cdot D + E} - \frac{\sigma_T \cdot 1,5E \cdot F}{0,0225 \cdot D + E} + \frac{1,5\sigma_T \cdot F \cdot D}{0,0225 \cdot D + E}; \quad (6)$$

$$N_{AB} = P - \frac{P \cdot E}{0,0225 \cdot D + E} - \frac{\sigma_T \cdot 1,5E \cdot F}{0,0225 \cdot D + E} + \frac{1,5\sigma_T \cdot F \cdot D}{0,0225 \cdot D + E}$$

Перемещение сечения А:

$$\delta_A = \frac{0,015N_{AC}l}{E \cdot F} = \frac{0,015 \cdot l}{E \cdot F} \cdot \left(\frac{P \cdot E}{0,0225 \cdot D + E} - \frac{\sigma_T \cdot 1,5E \cdot F}{0,0225 \cdot D + E} + \frac{1,5\sigma_T \cdot F \cdot D}{0,0225 \cdot D + E} \right)$$

Из первого выражения (1) определяем силу, при которой напряжение в верхнем участке достигнет предела текучести

$$P = \sigma_T \left(\frac{1,5F \cdot D}{E} - 1,5F - \frac{0,0225D \cdot F}{E} - \sigma_T \cdot F \right).$$

На третьем этапе нагружения имеем

$$0,015l\varepsilon_{AC} = l\varepsilon_{AB}$$

или согласно выражению $\varepsilon = \frac{\sigma - \sigma_T}{D} + \varepsilon_T$:

$$0,015 \left[\frac{1}{D} \left(\frac{N_{AC}}{F} - \sigma_T \right) + \varepsilon_T \right] = \frac{1}{D} \left(\frac{N_{AB}}{1,5 \cdot F} - \sigma_T \right) + \varepsilon_T$$

Решаем это уравнение совместно с уравнением $N_{AB} + N_{AC} = P$:

Тогда

$$N_{AC} = 0,985P - 0,97\sigma_T \cdot F + \frac{0,970\sigma_T \cdot F \cdot D}{E}; \quad (7)$$

$$N_{AB} = 0,015P - 0,970\sigma_T \cdot F + \frac{0,970\sigma_T \cdot F \cdot D}{E}$$

Перемещение точки А на третьем этапе нагружения будет:

$$\delta_A = 0,015l\varepsilon_{AC} = 0,015l \cdot \sigma_T \left(1 - \frac{1}{D} \right).$$

Рассмотрим вопрос о НТОН, возникающих в ступенчатом стержне-образце после разгрузки, имея ввиду нагрузку, при которой в стержне возникают пластические деформации. С другой стороны, нагрузка должна оставаться меньше предельной. Процесс разгрузки стержня эквивалентен приложению внешней силы, равной силе нагрузки, но обратной ей по знаку. Следовательно, начальные технологические остаточные усилия, возникающие в ступенчатом стержне-образце, будут одинаковыми для обоих участков АВ и АС, и начальные технологические остаточные напряжения можно рассматривать как алгебраическую сумму напряжений, возникающих в результате последовательного приложения сил нагрузки и противоположных и равных им сил разгрузки.

Вследствие того, что принцип независимости действия сил в данном случае не применим, приложение силы Р и разгрузки должно производиться только в прямой последовательности. Деформация стержня при разгрузке происходит упруго, и материал следует при этом по закону Гука. Поэтому в процессе разгрузки в стержне будут возникать одинаковые усилия N_{AB} и N_{AC} , определяемые формулой (1). При нагрузке же усилия N_{AB} и N_{AC} определяются выражением (6). Остаточное усилие $P_{ост}$ оценивается путем вычитания из величины N_{AC} (6) усилия «упругой» разгрузки N_{AC} (1), т.е.

$$P_{ост} = 0,012 \cdot P + 0,970\sigma_T \cdot F \left(\frac{D}{E} - 1 \right), \quad \sigma_{xx}^{01} = \frac{P_{ост}}{F}$$

В качестве примера по приведенной методике уровень начальных технологических остаточных напряжений в поверхностном слое шатуна $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $D = 0,02 \cdot 10^5$ МПа, $F = 0,5$ см², Рост. = -863,8 кгс, $\sigma_{xx}^{01} = -1727,6$ кг/см².

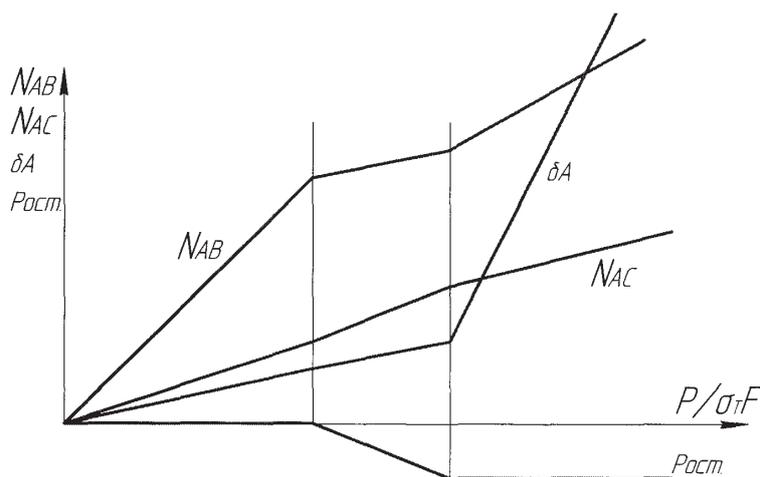


Рис. 2. Зависимость усилия N_{AB} и N_{AC} , перемещения δ_A от силы P

Литература:

1. Буше, Н. А. Совместимость трущихся поверхностей / Н. А. Буше, В. В. Копытько. — М.: Наука, 1981. — 126 с.
2. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: справ. пособие / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Р. М. Шнейдерович. — М.: Машиностроение, 1969. — 459 с.

Технологическая ультразвуковая обработка прецизионных деталей форсированных дизелей

Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук, доцент;
Меликов Эльчин Мазафир-оглы, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Ультразвуковые колебания — это упругие волны, распространяющиеся в материальных средах (твердых телах, жидкостях, газах). Понятие «ультразвук» подразумевает не только обозначение определенной части спектра акустических волн. Оно охватывает целые разделы науки, техники и технологии.

Существует вид ультразвуковой обработки, который в конце 90-х годов прошлого века стал, своего рода открытием в машиностроении и в частности в дизелестроении. Это релаксация остаточных напряжений. Ведь не секрет, что такое явление, как внутренние и наружные остаточные напряжения играют большую роль в дальнейших эксплуатационных показателях работы изделия. Этот метод был изобретен, испытан, освоен, внедрен и в настоящее время применяется на ОАО «Волжский дизель им. Маминых» для релаксации остаточных напряжений. Суть этого метода заключается в вибрационном старении материала при помощи ультразвука. Сейчас этот способ применяется на предприятии для снятия остаточных напряжений в элементах регулятора непрямого действия (золотнике, верхнем и нижнем поршнях сервомотора). Схема ультразвуковой установки для снятия

остаточных напряжений изображена на рисунке 1, включающая верхний 1 и нижний 2 баки.

Ультразвуковой генератор 7 марки УЗГ-2-4М служит для преобразования электрической энергии в 50 Гц в энергию ультразвуковой частоты. В основании рабочей емкости 6 смонтирован магнитострикционный преобразователь с установленной на его плите цилиндрической втулкой 5 (3 — электродвигатель; 4 — стойка) Средством анализа и обработки информации, например, прибором ИОН-4М, регистрируют остаточные напряжения в поверхностном слое элементов регулятора.

На рисунке 2 представлена блок-схема способа стабилизации остаточных напряжений в поверхностном слое золотника. Схема включает ультразвуковой генератор 1 марки УЗГ — 2-4М для преобразования электрической энергии в 50 Гц в энергию ультразвуковой частоты, ванну 2, в основании которой монтируют преобразователь ПМС — 6-22 (потребитель) с установленной на его плиту золотника 3. Средством анализа и обработки информации 4, например, прибором ИОН — 4М регистрируют остаточные напряжения в поверхностном слое золотника. Всей блок-схемой управляют через систему управления 5.

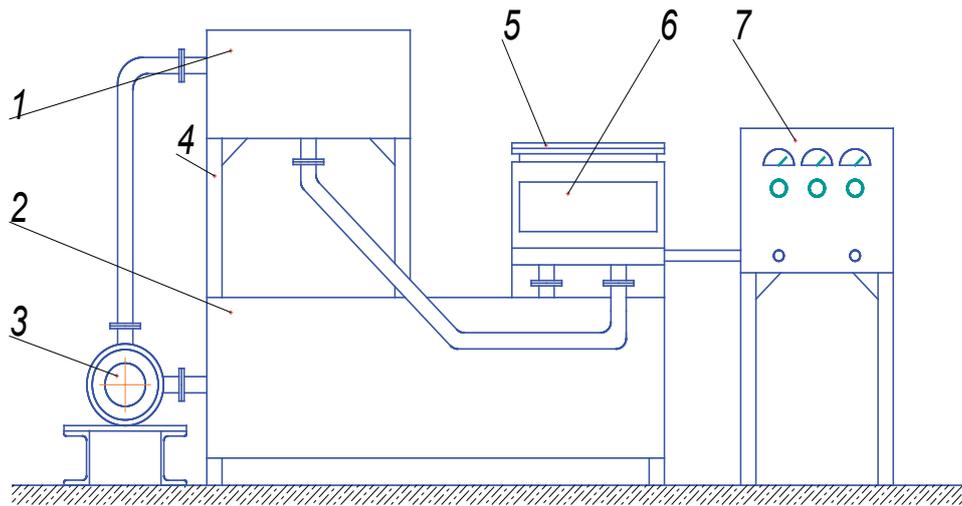


Рис. 1. Схема ультразвуковой установки для снятия внутренних остаточных напряжений:
1 — верхний бак, 2 — нижний бак, 3 — насос, 4 — стойка, 5 — крышка, 6 — рабочая ёмкость, 7 — генератор ультразвуковой

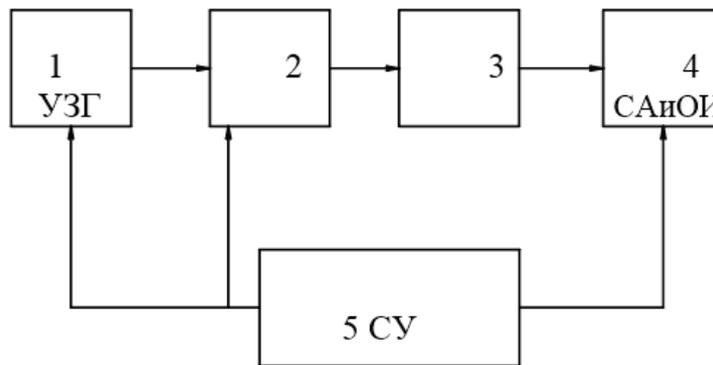


Рис. 2. Блок-схема стабилизации остаточных напряжений в поверхностном слое золотника высокофорсированного дизеля

Устанавливают золотник 3 на плиту магнитоэлектрического преобразователя 2 (потребителя), включают в электросеть питания и управление схемой, после чего устанавливают резонансную частоту работы магнитоэлектрического преобразователя 2 и ультразвукового генератора 1 в 19–21 кГц с амплитудой колебаний в 50–80 мкм путём увеличения мощности потребителя до 3–3,5 кВт. Производят обработку золотника ультразвуковыми колебаниями в течении 10–12 мин. Степень стабилизации остаточных напряжений в золотнике оценивают по прибору, например, ИОН — 4М. При этом контроль качества стабилизации напряжений осуществляют по истечению 24 часов после ультразвуковой обработки золотника.

При увеличении резонансной частоты больше 21 кГц снижается амплитуда ультразвуковых колебаний (менее 50 мкм), что приводит к затуханию волнового движения и неработоспособности схемы стабилизации остаточных напряжений.

При снижении резонансной частоты менее 19 кГц увеличивается амплитуда ультразвуковых колебаний более 80 мкм, которая создаёт обратные колебания. Последние гасят

амплитуду ультразвуковых колебаний, увеличивая время на обработку цилиндрической втулки свыше 12 мин, что нецелесообразно. В качестве примера и доказательства положительного эффекта представлен график 3 стабилизации остаточных напряжений по диаметру элементов регулятора (золотника) дизеля ЧН21/21. График показывает, что после обработки цилиндрической втулки вибрационным старением с ультразвуковыми колебаниями, остаточное напряжение в поверхностном слое уменьшилось с 200–250 МПа до 0–15 МПа и затем стабилизируются во времени.

Изложение позволяет сделать вывод, что предложенный способ стабилизации остаточных напряжений в поверхностном слое элементов регулятора высококачественного дизеля повышает работоспособность конструкции путём снижения остаточных напряжений с 200–250 МПа до 0–15 МПа и их стабилизации во времени.

Механизм влияния ультразвуковых колебаний на остаточные напряжения в процессе вибрационного старения элементов регулятора предусматривает пластические сдвиги в структуре металла, которые способны уменьшить уровень остаточных напряжений.

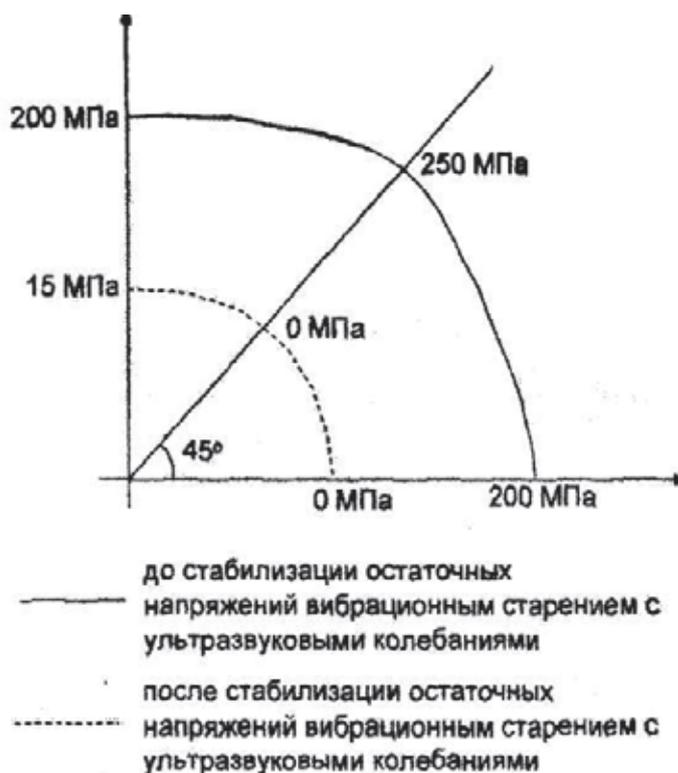


Рис. 3. График стабилизации остаточных напряжений в золотнике ультразвуковой обработкой

В результате использования изобретения по сравнению с базовым серийным способом стабилизации остаточных напряжений в поверхностном слое элементов регулятора непрямого действия высококвалифицированного дизеля ЧН 21/21 производства ОАО «Волжский дизель им. Маминых» создаётся высокоэкономичный эффект.

Использование изобретения позволяет повысить работоспособность конструкции путём стабилизации остаточных напряжений ультразвуковыми колебаниями.

Литература:

1. Коцюбинский, О. Ю. Стабилизация размеров чугунных отливок. М.: Машиностроение, 1974. с. 218–226
2. Рагульские, И. М. и др Вибрационное старение Л.: Машиностроение, 1987. с. 26–33.

Выводы:

1. Усталостная прочность элементов регулятора непрямого действия с учётом начальных остаточных напряжений более точно отражает специфику напряженно-деформированного состояния конструкции.

2. Применение ультразвуковой обработки как одного из методов поверхностного пластического деформирования способствует повышению запаса усталостной прочности путём снижения напряженного состояния с 200–250 МПа до 0–15 МПа и их стабилизации во времени.

Влияние сил, действующих в технологической системе на точность обработки нежестких валов

Перельгина Татьяна Александровна, ассистент;
Фролова Алёна Викторовна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Одним из важнейших показателей, используемых при проектировании и разработке технологических процессов обработки нежестких валов является точность.

Анализ публикаций и производственные исследования показали, что изготовление точных нежестких валов в подавляющем большинстве случаев производится либо в центрах, без использования люнетов, либо с использованием

их и других устройств в различных комбинациях, либо в трехлачковом патроне с поджатием задним центром с люнетом. Поэтому расчетная схема для вывода уравнения изогнутой оси вала содержит в себе статическую неопределенность, которая раскрывается последовательно определением нагрузок на рассматриваемый участок с уравнением 3-х моментов. В настоящей работе рассматриваются деформации вала (приведенного), его опор в вертикальной плоскости ХОZ под действием тангенциальной составляющей силы резания P_z . Несколько ослабленное внимание к тангенциальным деформациям упругой системы токарного станка якобы из-за незначительности влияния их на точность обработки приводит к неправильным выводам. По расчетам в общей погрешности обработки вала доля от тангенциальной составляющей силы резания достигает до 30%, а при некотором соотношении жесткостей суппортной группы, и более. Появляющаяся с течением времени радиальная сила (при использовании проходного упорного резца с главным углом в плане $\varphi=90^\circ$ радиальная сила резания $P_y=0$) и связанные с ней деформации систем «передняя бабка-вал-задняя бабка», суппортной группы также имеют свое отражение в общей формуле для расчета ожидаемой погрешности вала. В работе рассмотрена общая схема действующих сил при обработке вала: шпиндельная группа, группа передней опоры шпинделя, группа крепления детали в патроне (рис. 1), в центрах (рис. 2), подвижном, неподвижном люнетах, задней бабки. Процесс нагружения рассматривается в статике. После проведенных расчетов и анализа приведенных схем были разработаны расчетные схемы вала при закреплении в патроне и центрах под действием всех сил, действующих на вал, как в вертикальной, так и горизонтальных плоскостях. Было выявлено, что при закреплении вала в патроне и центрах, на вал со стороны шпиндельной группы будет действовать силы, вызывающие динамическую несбалансированность шпинделя с патроном (или планшайбой с поводком) и при определенных числах оборотов возникнут дополнительные деформации по оси X. Поэтому необходимо при обработке точных валов проводить тщательную динамическую балансировку шпинделя или передавать вращение через ротор-шпиндель.

При обработке в центрах крутящий момент от шпинделя к заготовке может передаваться: а) односторонним хомутиком — тогда в вертикальной и горизонтальной плоскостях будет оказывать влияние осевая сила P_x , которая периодически складываясь или вычитаясь с вертикальной силой резания P_z или горизонтальной P_y будет изменять стрелу прогиба в расчетной схеме, а значит и формы вала в поперечном сечении.

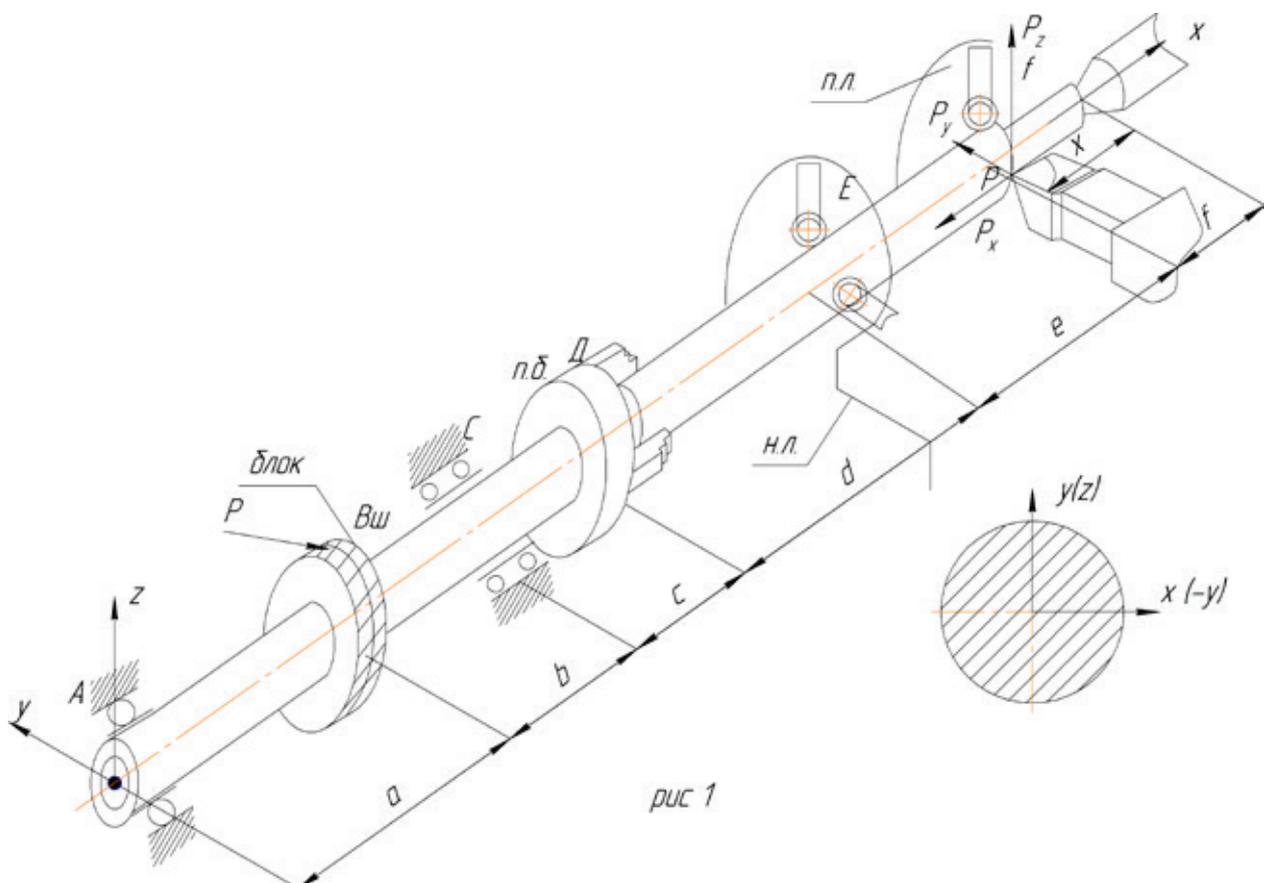


Рис. 1 Пространственная схема установки вала в патроне, подвижном и неподвижном люнетах с поджатием задней бабки

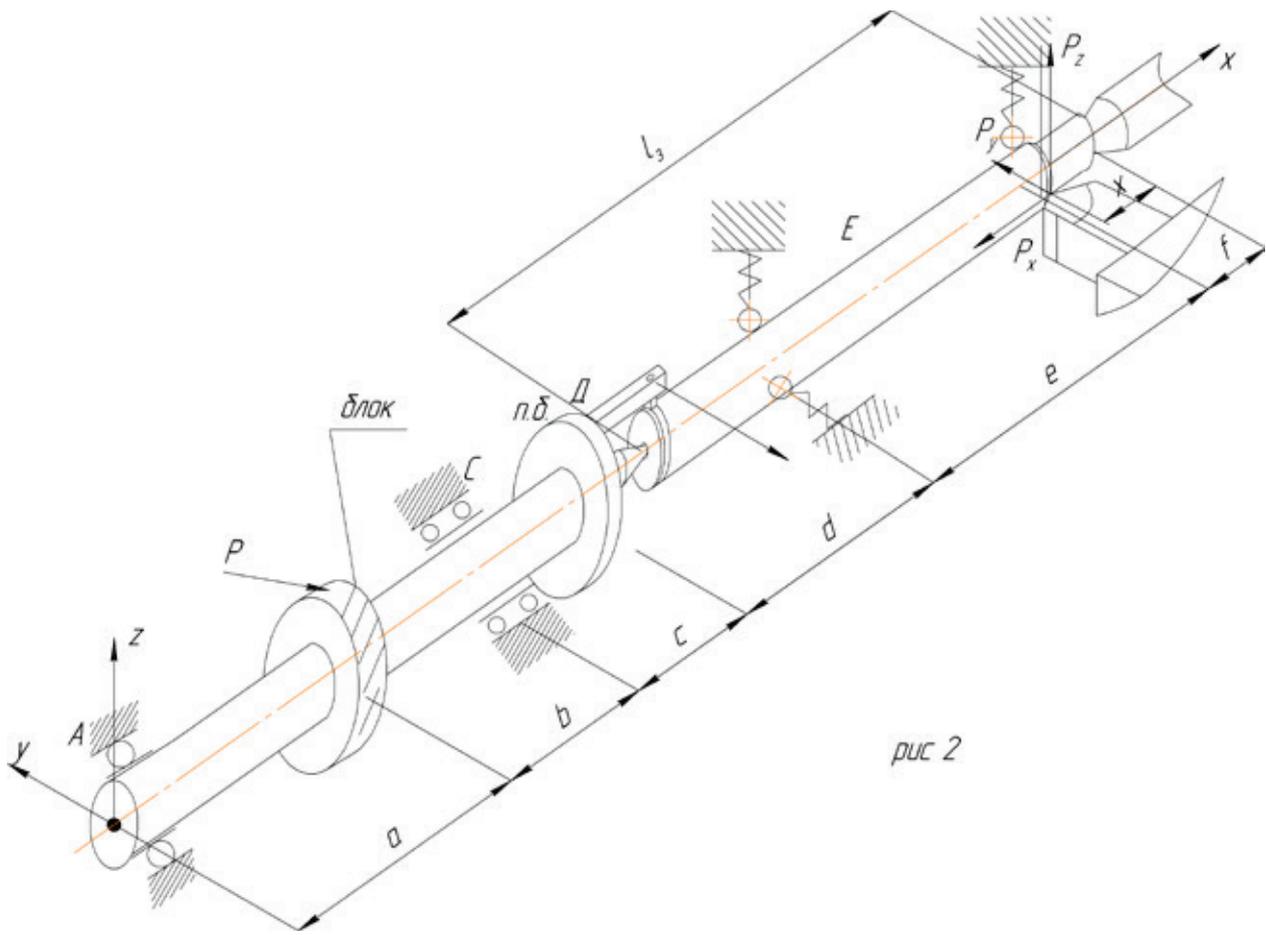


Рис. 2 Пространственная схема установки вала в центрах, подвижном и неподвижном люнетах

Для устранения влияния силы P_x на форму вала в поперечном сечении (силы для передачи крутящего момента хомутиком), которая при вращении P_x искажает форму вала в поперечном сечении, необходимо передавать $M_{кр}$ двухповодковыми хомутиками или рифлеными центрами.

Основной причиной возникновения погрешностей обработки валов в продольном и поперечном сечениях является радиальная составляющая силы резания (P_y). При чистовом точении предпочтительно использовать резцы с $\varphi=90^\circ$, которые в значительной степени работают по принципу свободного резания, при этом $P_y \approx 0$, т.е. в этом случае деформации всей системы в направлении оси y , (радиальном) оказывают наибольшее влияние.

Обычно для резцов, рекомендуемых для процесса точения $P_z=(0,3 \div 0,4)P_z$; но при $\varphi = 90^\circ$; $P_y \approx 0$, точность значительно увеличивается. Таким образом, на основании вышеизложенного имеем более упрощенную схему при обработке в патроне, центрах, неподвижных, подвижных люнетах, с поджатием задним центром, поэтому рассматриваем схему, как балку лежащую на двух опорах с использованием уравнения изогнутой оси для участков балки.

Решая последовательно (рис.3), по участкам (d, e, f) уравнение (1) и используя граничные условия деформаций опор, определяются произвольные постоянные (их две для каждого пролета) строится уравнение стрелы прогиба $z = f(x)$ и проводится анализ профиля детали в продольном сечении вала.

$$EI(x) \frac{d^2 z}{dx^2} = M(x) \tag{1}$$

При установке вала в центрах с люнетами (рис.4) как для вертикальной плоскости ZOX , так и для горизонтальной плоскости YOX проводится решение уравнения при различных действиях силы P_z и P_y с упругой системой (вал — задняя бабка — передняя бабка - люнеты).

$$EI(x) \frac{d^2 z}{dx^2} = M(x), \quad EI(x) \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x) \tag{2}$$

Упругое смещение при этом в вертикальной плоскости:

$$Z = \frac{P_z \cdot x}{l \cdot j_{3.б.}} - \frac{P_z \cdot x}{l \cdot j_{н.б.}} + \frac{P_{z1} \cdot l^2 \cdot x}{6EI} - \frac{P_z \cdot l^3 \cdot x}{12EI} - \frac{P_z x^3}{6EI} + \frac{P_z x^4}{12EI} + \frac{P_z}{j_{н.б.}}; \tag{3}$$

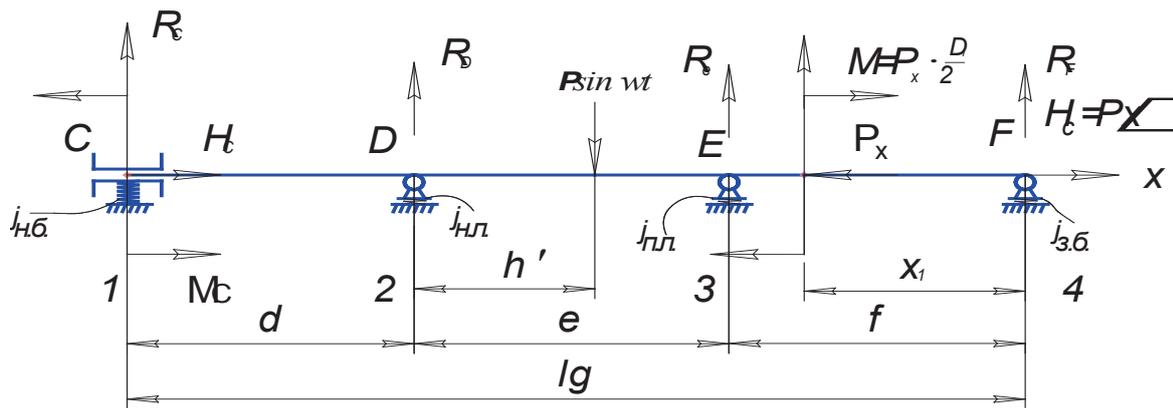


Рис. 3. Упрощенная схема обработки вала в патроне, неподвижном, подвижном люнетах, заднем центре

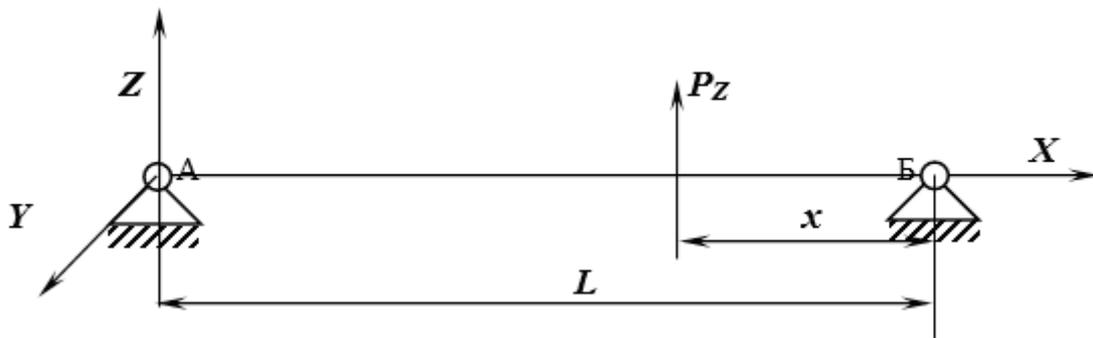


Рис. 4. Расчетная схема упругой деформации вала

где z — упругое смещение валов в вертикальной плоскости; P_z — тангенциальная составляющая силы резания, Н; E — модуль упругости, Н/мм²; I — момент инерции, мм⁴; l — длина вала, мм; $j_{з.б.}$, $j_{п.б.}$ — жесткости соответственно задней и передней бабок, Н/мм; x — координата приложения силы, мм.

Упругое смещение при этом в горизонтальной плоскости

$$Y = \left(\frac{P_z \cdot x}{l \cdot j_{з.б.}} - \frac{P_z \cdot x}{l \cdot j_{п.б.}} + \frac{P_z \cdot l^2 \cdot x}{6EI} - \frac{P_z \cdot l^3 \cdot x}{12EI} - \frac{P_z x^3}{6EI} + \frac{P_z x^4}{12EI} + \frac{P_z}{j_{п.б.}} \right) \times 0,15; \tag{4}$$

По приведенным формулам в данной работе с использованием MathCAD можно рассчитать ожидаемую точность валов на определенном участке и на всей длине, а также построить графики ожидаемой погрешности диаметрального размера вала с изменением различных параметров режимов резания. Такие расчеты позволяют резко сократить время на технологическое проектирование и в целом на технологическую подготовку производства.

07. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И САПР В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Обеспечение эффективности автоматизированной системы управления продольным профилем нежестких валов при токарной обработке

Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Перспективным направлением повышения эффективности металлообработки в машиностроении является повышение степени автоматизации станков с ЧПУ [1,2]. Системы адаптивного управления путем корректировки режимов резания при изменении припуска, характеристик материала, температуры и других возмущающих воздействий компенсируют деформации упругих систем заготовки и инструмента, предотвращают перегрузку шпинделя и инструмента, что повышает точность обработки, уменьшает износ инструмента, вероятность его поломки от перегрузки и обеспечивает ведение процесса на максимально возможных режимах резания и сокращение времени обработки, особенно, для черновых и полужестких проходов. При этом технолог — программист задает не заниженную подачу с учетом износа инструмента, а такую, как будто инструмент всегда новый [2]. Однако внедрение адаптивных систем сдерживается большой стоимостью, а нередко малой эффективностью [1].

В работе рассматривается процесс разработки автоматизированной системы управления продольным профилем нежесткого вала при токарной обработке на основе расширенной задачи управления. Суть расширенной задачи заключается в том, что технологический процесс рассматривается не как неизменяемая часть системы управления, а допускается его доработка как объекта управления с целью обеспечения требуемого уровня управляемости [3,4]. Введенный показатель управляемости объекта управления в виде относительной доли мощности неконтролируемых возмущений, находящихся в зоне эффективной работы обратной связи, частотные зоны эффективной и неэффективной работы обратной связи, методика повышения управляемости объекта управления, построенная на основе анализа методов повышения эффективности систем управления различными исследователями,

позволяют целенаправленно вести работу по обеспечению требуемой эффективности системы управления [3,4].

На рис. 1 приведена функциональная схема оптимальной системы управления продольным профилем нежесткого вала в процессе токарной обработки, построенной по типовой методике синтеза, включающей построение математических моделей объекта управления и возмущающих воздействий и синтез оптимального регулятора [5]. Система управления комбинированная каскадная. Она включает прямой канал управления для компенсации систематической ошибки и контур обратной связи для отработки случайной составляющей ошибки (неконтролируемых возмущений) путем дополнительной корректировки положения режущей кромки резца по поперечной оси. Система позволяет путем отслеживания режущей кромкой резца деформации заготовки (производится предискажение [1]) производить обработку при повышенных значениях силы резания и тем самым повысить производительность процесса.

Вычислительное устройство ВУ1 для каждого положения резца по продольной оси, измеряемого датчиком D_x , по построенной математической модели систематической ошибки определяет траекторию движения режущей кромки резца по поперечной оси $y_{\text{пон}}(t)$ и выдает ее в виде задания системе управления положением резца по поперечной подаче, являющейся внутренним контуром каскадной системы. Объектом управления внутреннего контура является система привода поперечной подачи.

Пятиканальный регулятор $Per1$ по результатам измерения диаметра обработанных деталей в выбранных пяти точках прибором D_d определяет управляющее воздействие в виде корректировок координат положения режущей кромки в каждой из пяти точек. Аппроксимирующее устройство АУ преобразует дискретную траек-

торию в непрерывную и выдает ее в виде поправки $y(t)$ к управляющему воздействию прямого канала управления $y_{\text{ноп}}(t)$. Объектом управления внешнего контура является система управления положением режущей кромки резца по поперечной оси, процесс резания, процесс измерения диаметров в заданных пяти точках группы обработанных деталей, вносящих во внешний контур обратной связи транспортное запаздывание. Величина запаздывания определяется количеством обработанных деталей до получения результатов измерений, т.е. зависит от используемых технических средств и организации процесса контроля. Таким образом формируется заданная траектория движения режущей кромки резца по поперечной оси в процессе точения $y_{\text{зад}}(t)$, обеспечивающая отработку систематической и части случайной составляющей погрешностей обработки нежестких валов.

Внешний и внутренний контуры работают в различных временных масштабах. Внешний контур дискретный. Цикл расчета управляющего воздействия внешнего контура производится после ввода данных измерения диаметра в контролируемых точках очередной детали. Внутренний контур работает непрерывно в процессе обработки очередной детали. При этом система управления положением режущей кромки по поперечной оси обрабатывает последнее управляющее воздействие внешнего контура.

Использование ЛКГ-регулятора позволяет получить максимально возможную точность для исходного объекта управления. Однако математическое моделирование работы системы показало, что путем отслеживания режущей кромкой резца деформаций отжима задней и передней бабок и деформации изгиба заготовки система обеспечивает уменьшение систематической составляющей погрешности обработки с $\pm 0,05$ мм до $\pm 0,002$ мм и уменьшает

с $\pm 0,03$ мм до $\pm 0,02$ мм случайную составляющую погрешности обработки, являющуюся результатом влияния неконтролируемых возмущающих воздействий, что недостаточно для современного уровня металлообработки.

На рис. 2 приведена амплитудно-частотная характеристика замкнутой системы по возмущающему воздействию $AЧХ_f$ (линия 1), которая показывает, что зона эффективной работы системы обратной связи, в которой коэффициент передачи по возмущению $AЧХ_f$ меньше единицы, составляет $f_{\text{эф}} = 0-0,04$ кол./пер. дискретизации. При этом в зоне неэффективной работы обратной связи, когда $AЧХ_f > 1$, находится 47% интенсивности возмущающих воздействий, что говорит о возможности повышения эффективности управления.

Целенаправленная доработка системы управления путем использования современных средств измерения диаметров обработанных изделий, автоматизированной системы стабилизации силы резания путем корректировки продольной подачи, динамического компенсатора для развязки каналов продольной и поперечной подачи позволила уменьшить транспортное

запаздывание с 4 шагов дискретизации до 1 шага, расширить зону эффективной работы обратной связи до $f_{\text{эф}} = 0-0,04$ кол./пер. дискретизации (рис. 3), уменьшить интенсивность f в зоне $AЧХ_f > 1$ до 12%; а погрешность отработки стохастических неконтролируемых возмущений еще в два раза [6].

Выводы:

1. Синтез оптимального регулятора по типовой методике позволяет получить максимальную достижимую точность управления для исходного объекта управления, но полученной точности может быть недостаточно для решения поставленной задачи.

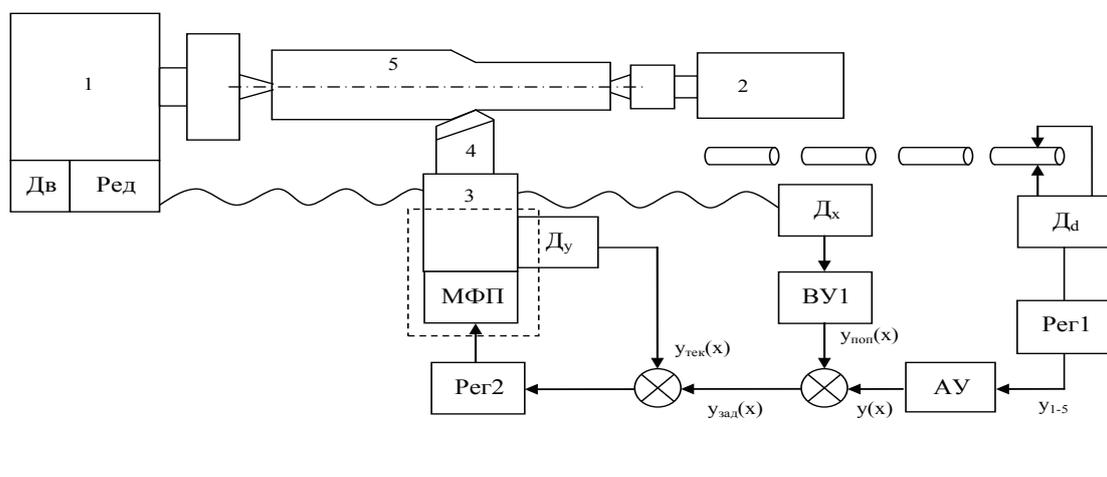


Рис. 1. Функциональная схема системы управления продольным профилем нежесткого вала в процессе токарной обработки. 1 — передняя бабка, 2 — задняя бабка, 3 — суппорт, 4 — режущий инструмент, 5 — заготовка, МФП — многоступенчатый фрикционный привод, ВУ1 — вычислительное устройство, ЛКГ — ЛКГ-регулятор, Рег — ПИД-регулятор, D_d — устройство для измерения геометрической формы валов, D_x — датчик положение режущей кромки по оси x , D_y — датчик положения режущей кромки по оси y

2. Показано что в таком случае построение эффективных систем управления может быть произведено на основании методологии расширенной задачи управления путем доработки объекта управления и структуры системы управления с целью создания условий эффективной работы обратной связи.

3. Показано, что использование систем стабилизации режимных параметров (например, силы резания) является дополнительным этапом повышения эффективности систем управления качественными показателями обрабатываемых изделий.

Литература:

1. Проектирование автоматизированных станков и комплексов. Под ред. П.М. Чернянского. Т. 2. М.: Из-во МГТУ, 2012, 304 с.
2. <http://www.omative.com>. Адаптивные системы управления.
3. Бирюков, В.П. Расширенная задача управления технологическим процессом / В.П. Бирюков // Вестник СГТУ. — 2005. — № 3 (8). — с. 116–126.
4. Бирюков, В.П. Создание условий эффективной работы обратной связи систем управления: монография / В.П. Бирюков, В.В. Сотников, Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2012. 272 с.
5. Набилкин, А. Ю. Автоматизированная двухкашальная каскадная система управления продольным профилем нежёстких валов при токарной обработке. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Саратов, СГТУ. 2013 г.
6. Кравченко, С.А. Обеспечение точности автоматизированной системы управления продольным профилем нежёстких валов при токарной обработке путем повышения эффективности обратной связи. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Саратов, СГТУ. 2013 г.

Автоматизированная многофункциональная установка измерения магнитных полей систем различного назначения

Емельянов Евгений Александрович, аспирант;

*Кожанова Евгения Романовна, кандидат технических наук, доцент;

Захаров Александр Александрович, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.», г. Саратов

* Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)

ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Электров вакуумные СВЧ-приборы О-типа, в том числе лампы бегущей волны (ЛБВ), остаются одними из эффективных приборов СВЧ электроники и широко применяются в различных областях — от военной техники до промышленных устройств. Одним из важных элементов таких приборов является магнитная периодическая фокусирующая система (МПФС), основной задачей которой является качественная фокусировка электронного потока. На фокусировку электронного потока в МПФС оказывает влияние не только продольная составляющая магнитного поля, но и поперечная составляющая и ее азимутальное распределение [1]. Поэтому проблема измерения магнитного поля в магнитных периодических фокусирующих системах (МПФС) электров вакуумных СВЧ-приборов О-типа остается актуальной.

Авторами предлагается автоматизированная установка измерения магнитных полей магнитных фокусирующих систем, функциональная схема которой приведена на рис. 1.

В отличие от аналогов, предлагаемая установка позволяет:

1) отслеживать угловую и линейную позицию датчика относительно оси магнитной фокусирующей системы

с помощью системы управления и разработанного программного обеспечения;

2) выполнять измерения в автоматизированном режиме по заданному алгоритму и многократно «сканировать» МПФС. Кроме того, имеется возможность возвращения измерительного зонда в ранее измеренную позицию, что необходимо для корректировки структуры магнитного поля фокусирующей системы.

Центральным узлом измерительной установки является контроллер (рис. 1), отвечающий за управление периферийными устройствами, к которым относятся два драйвера шаговых двигателей (ШД), два абсолютных датчика углового положения, каналы приема аналоговых сигналов через АЦП, схемы интерфейса для обмена данными с компьютером. В установке используются оптические энкодеры, которые сохраняют позицию при снятии питания, опрос датчиков осуществляется посредством SSI интерфейса. Важным достоинством контроллера является реализованная гальваническая развязка силовых и измерительных узлов.

Измерения продольной или поперечной составляющих магнитного поля выполняется при помощи смены зонда.

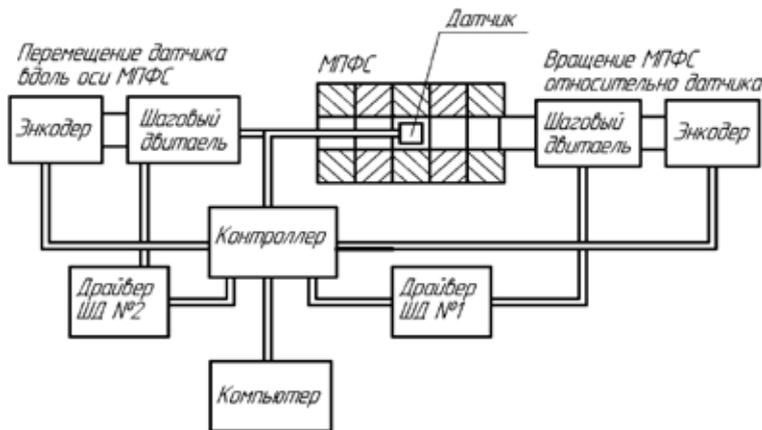


Рис. 1. Функциональная схема измерительной системы продольной и поперечной составляющих магнитного поля МПФС

Экспериментальное исследование заключается в «сканировании» магнитного поля каждого постоянного магнита, входящего в состав МПФС, для формирования полной картины магнитного поля МПФС. Для выполнения данной задачи требуется вращение датчика относительно оси системы (по азимуту φ) и перемещение датчика вдоль системы (направление Z). Алгоритм методики измерения составляющих магнитного поля МПФС представлен на рисунке 2.

Процедуру измерения необходимо выполнить несколько раз, что позволяет повысить точность измерений. Разрешение измерений, то есть точность, определяется величиной шага двигателя. При многократном проходе системы можно получить выборку, включающую нужное количество точек. Калибровку измерительной системы достаточно провести единожды перед началом эксперимента.

На рисунке 3 приведён внешний вид измерительной установки. Представленный опытный вариант позволяет выполнить начальный анализ и настройку магнитной системы с погрешностью измерений не превышающую 5%.

Для обеспечения управления установкой разработано программное обеспечение, в состав которого входят микропрограммы контроллера и драйверов, а также терминальная программа управления для ПК, осуществляющая управление экспериментом, передающая команды управления, принимающая и обрабатывающая получаемые данные. Обмен информацией с ПК осуществляется при помощи интерфейса USB.

В качестве примера работы разработанной установки рассмотрим три последовательных измерения поперечной составляющей магнитного поля МПФС, результаты которых представлены на рисунке 4. Анализ полученных

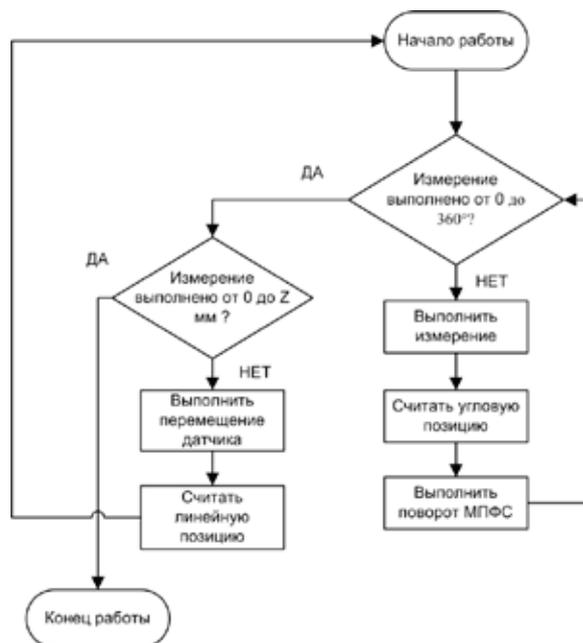


Рис. 2. Алгоритм измерения магнитного поля МПФС

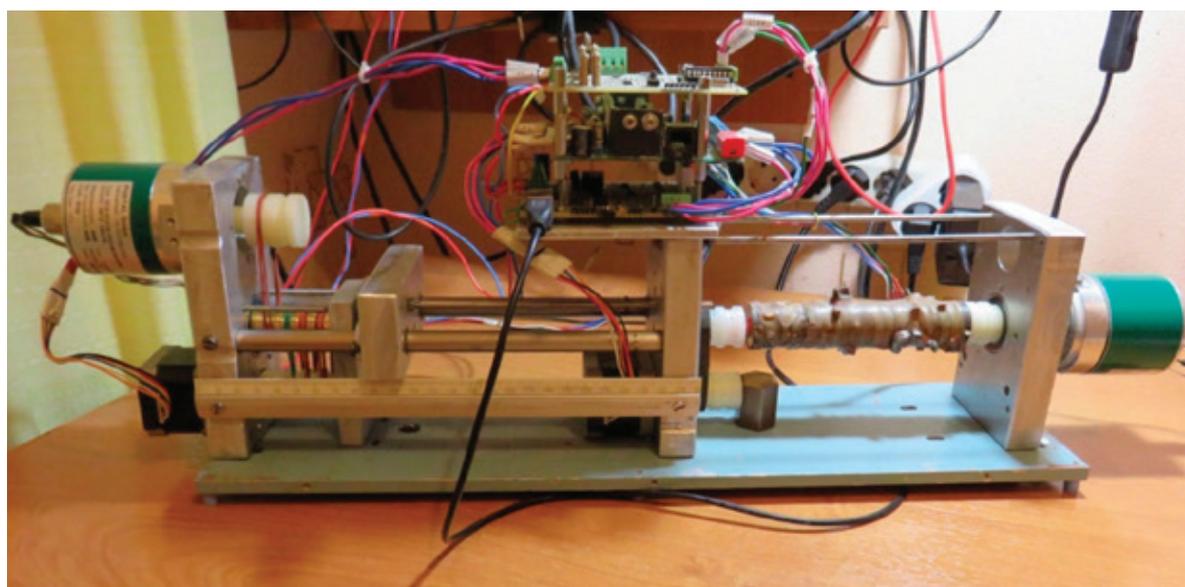


Рис. 3. Внешний вид измерительной установки для измерения продольной и поперечной составляющих магнитного поля МПФС

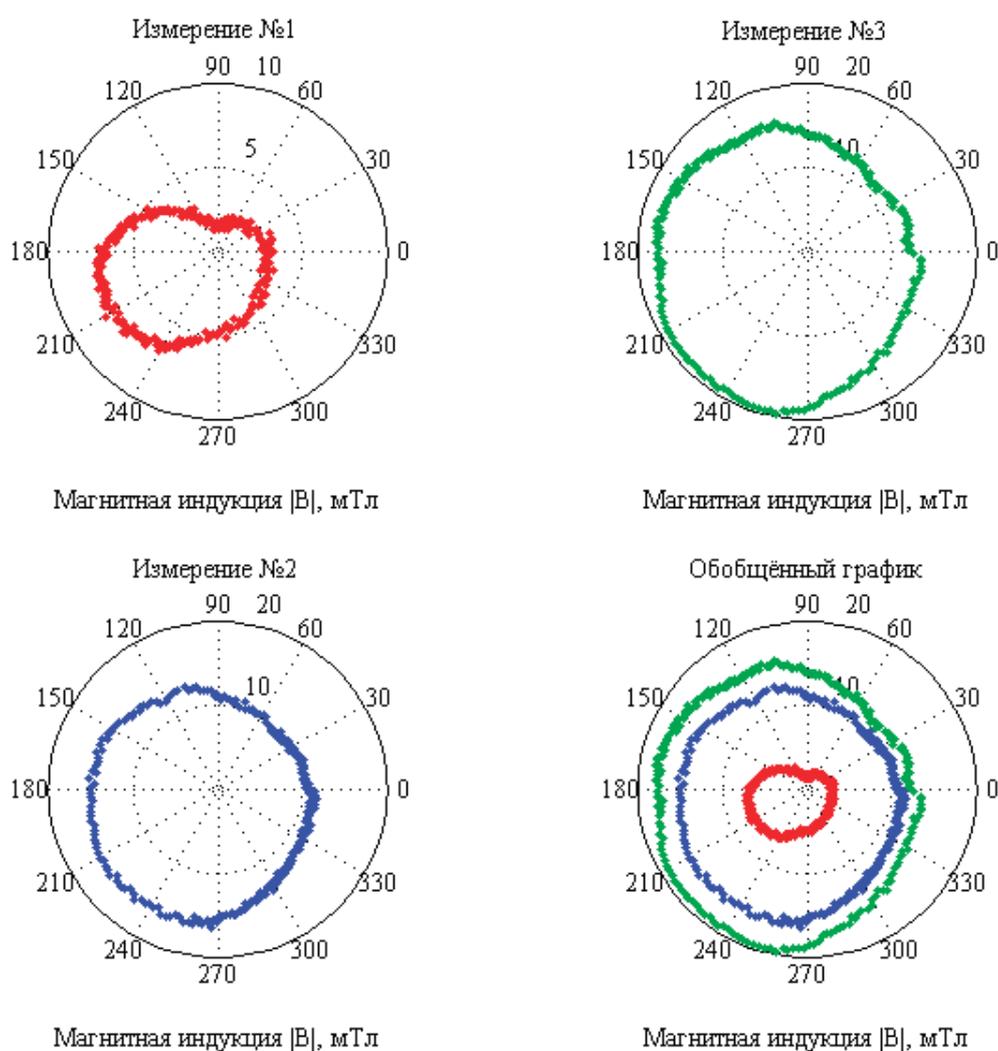


Рис. 4. Серия трех измерений поперечной составляющей магнитного поля кольцевого магнита МПФС

данных позволяют судить о неоднородности магнитного поля постоянных магнитов, формирующих магнитную фокусирующую систему. На графиках виден разброс амплитуды модуля вектора магнитной индукции при угловом вращении МПФС. Набор измерений при проходе всей фокусирующей системы формирует полную картину поперечной составляющей магнитного поля.

Стоит отметить, что суперпозиция продольной и поперечной составляющих магнитного поля формирует электронный пучок прибора, поэтому для выполнения расчета параметров фокусировки электронного пучка необходимо

выполнить измерение распределений продольной и поперечной компонент вектора магнитной индукции. А их совместный анализ позволяет повысить качество и эффективность проектирования и сборки магнитных периодических фокусирующих систем (МПФС).

Таким образом, разработка автоматизированной многофункциональной установки измерения магнитных полей позволяет в режиме реального времени получать данные о магнитном поле МПФС (продольной и поперечной компонентах вектора магнитной индукции), что сокращает время на анализ, проектирование и сборку МПФС.

Литература:

1. Захаров, А. А., Емельянов Е. А., Швачко А. А. Анализ структуры магнитного поля МПФС ЛБВ // Молодой ученый. — 2014. — № 17. — с. 53–56.
2. Гилмор, А. С. Лампа с бегущей волной. — М.: Техносфера, 2013. — 616с.

Автоматизированная система исследования частотных характеристик металлорежущих станков

Мостовой Владимир Дмитриевич, студент;
Сорокин Виктор Александрович, студент;
Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Механические системы станков вибрируют с большей или меньшей интенсивностью почти во всех случаях обработки металлов резанием [1]. Анализ [1–4] позволяет все многообразие колебаний представить в виде следующих основных механизмов (рис. 1) — колебательные процессы от внешних источников (зданий, соседних станков и машин $x_1(t)$), передаваемые от точки входа в зону резания через динамические каналы $W_x(p)$ 1; колебательные процессы, образуемые источниками вибраций внутри станка $x_2(t)$ и передаваемые в зону резания через динамические каналы $W_x(p)$ 2; автоколебания, возникающие в процессе резания вследствие взаимосвязи элементов и образования в механической системе станка различных замкнутых систем с обратной связью. Примерами могут быть замкнутый контур, образуемый зависимостью силы резания от режимных параметров $W_1(p)$ и зависимостью режимных параметров от сил резания вследствие деформаций элементов упругой системы станка $W_2(p)$, контур взаимосвязи каналов продольной и поперечной подачи через изменение сил резания при изменении подачи в одном из приводов и др.

Наличие в элементах контуров отставаний по фазе приводит к получению в них положительных обратных связей, что при достаточно больших коэффициентах по контурам приводит к возникновению автоколебаний [5,6]. Таких контуров на станке может быть несколько, каждый

из них может создавать колебания на своей собственной частоте. При наложении таких колебаний друг на друга появляются биения и периодические изменения амплитуд колебаний, характерные для механических систем станков [3]. Вследствие наличия нелинейных закономерностей (силы трения и др.) механизмы образования и виды автоколебаний могут быть более сложными [3–6].

Все эти колебания, передаваемые в зону резания через элементы с различными динамическими характеристиками, приводят к взаимным колебаниям заготовки и режущей кромки инструмента относительно друг друга ($e_1(t)$, $e_2(t)$, $e_3(t)$ на рис.1), что увеличивает погрешность обработки, шероховатость обработанных поверхностей, интенсивность износа инструмента и приводит к необходимости уменьшения режимных параметров и производительности [1–6]. Возможными путями уменьшения влияния колебаний является выявление источников колебаний и их устранение либо демпфирование в каналах передачи колебаний в зону резания, исследование закономерностей образования положительных обратных связей и поиск путей к исключению их образования.

Наличие экстремальной зависимости стойкости инструмента от интенсивности автоколебаний, повышение характеристик поверхности обработанных деталей вследствие наклепа означает, что для каждого конкретного технологического процесса существует оптимальная по данным

критериям амплитуда автоколебаний [3]. Это позволяет рассмотреть задачу создания систем управления интенсивностью автоколебаний. В [3] отмечено, что поддержание интенсивности автоколебаний на оптимальном уровне может существенно повысить стойкость инструмента, производительность обработки, качество поверхности и эксплуатационную надежность обработанных изделий.

Для реализации всех рассмотренных способов устранения (уменьшения) автоколебаний необходимо выявлять источники колебаний, исследовать динамические характеристики элементов станков, возможных контуров с обратной связью. На кафедре «Технологии и автоматизации машиностроения» БИТИ НИЯУ МИФИ разработана компьютерная система исследования. Система включает (рис. 2) моментный молоток для нанесения и измерения импульсного возмущающего воздействия, датчики вибрации (одноосевые акселерометры), согласующий модуль, плату сбора данных, персональный компьютер. Программная часть выполнена в системе LabVIEW. Она управляет экспериментом, производит предварительную обработку данных и сохраняет их в различном виде. Для оценки статистических характеристик случайных процессов используется программа STATISTICA [7–11]. Для параметрической идентификации временных и частотных моделей динамических систем используется аппарат нелинейного программирования электронных таблиц Excel.

Система позволяет проводить активные и пассивные эксперименты. При активном эксперименте входное импульсное возмущающее воздействие задается моментным молотком (рис. 3), результатом эксперимента является временной ряд колебаний в исследуемой точке, который фиксируется при помощи акселерометра. По полученным данным производится построение математической модели динамического звена от точки входа импульса до точки снятия переходного процесса. Пассивный эксперимент путем фиксации колебаний акселерометром в заданных точках позволяет выявить интенсивности и динамические характеристики каналов передачи колебаний от внешних или внутренних источников колебаний элементов, а также собственные частоты и интенсивность автоколебаний, образуемых замкнутыми контурами с положительной обратной связью.

Методика построения динамических моделей исследуемых каналов механических систем станков методом на-

страиваемой модели на основе метода нелинейного программирования показана на рис. 4. Полученные при исследовании объекта экспериментальные данные подаются на математическую модель ММ. Выходной сигнал модели сравнивается с выходным сигналом объекта. Сумма квадратов отклонений сигнала, рассчитанного по модели, от экспериментального подается на алгоритм нелинейного программирования НП, который подбирает параметры, обеспечивающие минимальное значение квадратичного критерия. Расчет производится на основании анализа перемещений, авто- и взаимных корреляционных функций, спектральных плотностей входного и выходного сигналов.

В качестве примера применения системы на рис. 5 приведены графики импульсного входного воздействия, экспериментального и рассчитанного по модели выходного сигналов для токарно-винторезного станка 1К62. По виду графиков структура модели была принята в виде дифференциального уравнения второго порядка. Методом нелинейного программирования были получены оценки передаточной функции объекта управления по каналу деформация заготовки-деформация резца.

На рис. 6 приведены графики экспериментального временного ряда и оценки спектральной плотности колебаний передней бабки станка 16К20Ф3. Станок работал в холостом режиме с частотой вращения шпиндельного вала в 200 об/мин. На графике спектральной плотности выявлено 5 пиков, что позволяет на основе типовых колебательных процессом металлорежущих станков [4] предположить наличие следующих источников колебательного процесса: 2 Гц — от внешнего источника (фундамент и др.), 38 Гц — колебания станины, 54 Гц-колебания передней бабки, 86 Гц, 100 Гц — суппорт.

Выводы:

1. Рассмотрена компьютерная система исследования, позволяющая на основе активных и пассивных экспериментов выявлять источники вибрации и автоколебательных процессов металлорежущих станков.

2. Разработаны методики и алгоритмы выявления источников вибраций и построения моделей динамических систем металлорежущих станков.

3. Система предназначена для использования в научной работе и в учебном процессе.

Литература:

1. Бармин, Б. П. Вибрации и режимы резания. М.: Машиностроение, 1972. — 72 с.
2. Аршанский, А. А., Щербаков В. П. Вибродиагностика и управление точностью обработки на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1988. — 136 с.
3. Жарков, И. Г. Вибрации при лезвийной обработке. М.: Машиностроение, 1986. — 184 с.
4. Бржозовский, Б. М. «Динамический мониторинг технологического оборудования» 2008 год.
5. Кудинов, В. А. Динамика станков. М.: «Машиностроение» 1967
6. Васин, С. А. Прогнозирование виброустойчивости инструмента при точении и фрезеровании. «Машиностроение» 2001, 369 стр.
7. Бендат, Д., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа. М.: Мир, 1983. — 312с.
8. Дженкинс, Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971. Вып. 1. — 318с.

9. Дженкинс, Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1972. Вып. 2. — 288с.
10. Бендат, Д., Пирсол А. Прикладной анализ случайных процессов. М.: Мир, 1989. — 540с.
11. Отнес, Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982. — 428с.
12. Бирюков, В.П., Землянский А.А., Сотников В.В., Схиртладзе А.Г. Введение в методы идентификации промышленных объектов. Саратов: СГТУ, 2009. 176с.

Разработки метода управления процессом формообразования при токарной обработке нежестких валов

Мурин Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
*Кобелев Максим Романович, инженер-конструктор 3 категории
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково
*ОАО «Тяжмаш», г. Сызрань

При обработке нежестких валов существует известная проблема получения бочкообразности [1,2]. В настоящее время эта проблема решается либо путем снижения режимов резания, либо установкой люнета. В первом случае это экономически не выгодно, во втором случае это трудоемко и требует подготовки поверхности под люнет.

В данной статье предлагается метод решения данной проблемы, заключающийся в изменении программы точения для станка с ЧПУ таким образом, чтобы заменить прямолинейное движение резца на криволинейное, соответствующее кривой прогиба вала.

Для проработки метода был произведен эксперимент, который заключался в продольном точении вала. Точение было выполнено на токарно-винторезном станке 16К20Ф3. Деталь закреплялась в центрах. Обработка производилась проходным прямым резцом с твердосплавной пластиной Т 15К6. Глубина резания $t=1,3$ мм; длина вала $L=350$ мм; материал: сталь 30Х; подача 0,3 мм; скорость резания 65,70 м/с; скорость вращения шпин-

деля $n=880$ об/мин [3]. На рис 1. представлен результат точения.

Для того, что бы определить координаты точек криволинейного движения резца, для внесения их в программу ЧПУ, необходимо иметь оценку диаметра вала на любой длине. Для этого необходимо построить математическую модель описывающую кривую, изображенную на рис 1. Были построены полиномы со степенями от 1 до 10 (рис. 2). Для каждого полинома была произведена оценка точности описания исходной кривой. За оптимальную степень полинома была принята $n=6$, т.к. отклонение кривой полученной с помощью математической модели от исходной не превышает 0,01 мм, что соответствует минимальному перемещению двигателя суппорта станка по оси Оу.

Далее была произведена оценка минимально необходимого количества измерений диаметра вала, для получения адекватной оценки всей кривой. Для этого были построены полиномы со степенью от 4 до 8 для количества точек от 3 до 33 (рис 3.).

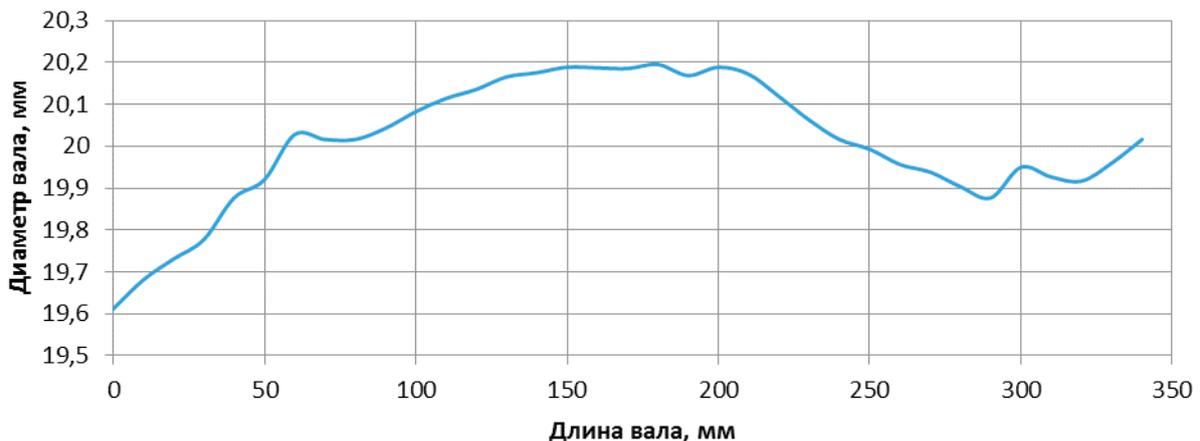


Рис. 1 График изменения диаметральных размеров вала по длине

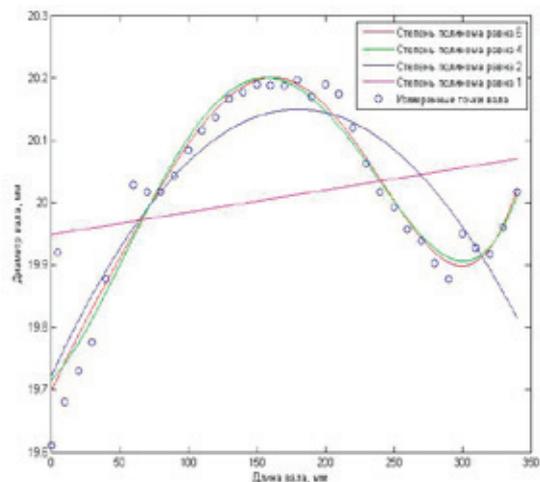


Рис. 2. График полиномов с 1,2,4 и 6 степенями

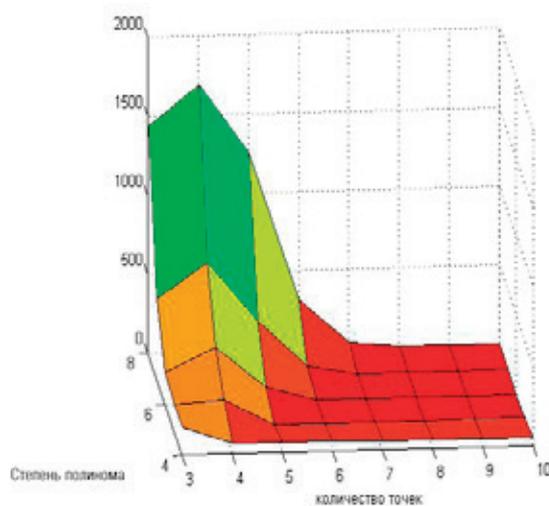


Рис. 3. 3D-график суммы квадратов отклонений в зависимости от степени полинома и количества исходных точек

В табл. 1 приведены значения суммарных квадратичных отклонений при различных степенях полинома и различном количестве точек.

Таблица 1

| Количество точек | Степень полинома | | | | |
|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | 16,30862 | 279,7942 | 3064,957 | 26474,94 | 206728,5 |
| 4 | 1,845721 | 10,39633 | 217,2421 | 5218,967 | 95110,36 |
| 5 | 1,368401 | 0,275978 | 7,107777 | 222,2028 | 8710,086 |
| 6 | 1,217068 | 0,210781 | 1,11E-25 | 3,472562 | 212,4112 |
| 7 | 1,131476 | 0,189124 | 3,22E-26 | 4,71E-25 | 1,908753 |
| 8 | 1,06707 | 0,178262 | 2,20E-25 | 3,28E-25 | 3,47E-25 |
| 9 | 1,014032 | 0,170654 | 2,79E-25 | 1,81E-25 | 1,03E-25 |
| 10 | 0,969256 | 0,164357 | 5,74E-26 | 1,58E-25 | 1,59E-25 |

Исходя из полученных значений СКО, был выбран полином 6 степени, построенный по 6 точкам. Критерием выбора являлось значительное уменьшение СКО по отношению к полиномам с другими степенями и количеству точек, при минимальном их значении.

Следующим этапом было получение координат кривой для создания программы ЧПУ. Первый метод заключался в разбиении кривой на одинаковые заданные дискреты и их соединение прямыми (рис. 4).

Недостатком данного метода являлось то, что полином разбивался на отрезки даже в тех местах, где он имеет прямолинейный вид. Это приводило к неоправданному увеличению количества получаемых точек. Поэтому было принято решение изменить метод.

Новый метод заключался в нахождении таких отрезков, среднеквадратическое отклонение которых было

бы не больше заданного (рис. 5). Первый прямой отрезок задавался по координатам начальной и конечной точек кривой. Вычислялось СКО прямой от кривой. Если это СКО не удовлетворяло заданному значению, то конечная точка прямого отрезка изменялась.

Она приравнивалась координатам точки на кривой через расстояние dl от предыдущей конечной точки.

И так постепенно отрезок уменьшался и находился такой отрезок, отклонение которого от кривой было меньше заданного значения. Затем алгоритм начинался заново, но уже за начальную точку прямого отрезка бралась конечная точка отрезка на предыдущем цикле алгоритма. В результате были получены координаты точек.

Для проверки метода был проточен вал диаметром 23.6 длиной 340 мм при тех же режимах резания, что и первый вал. Полученный вал был измерен в 6 точках.

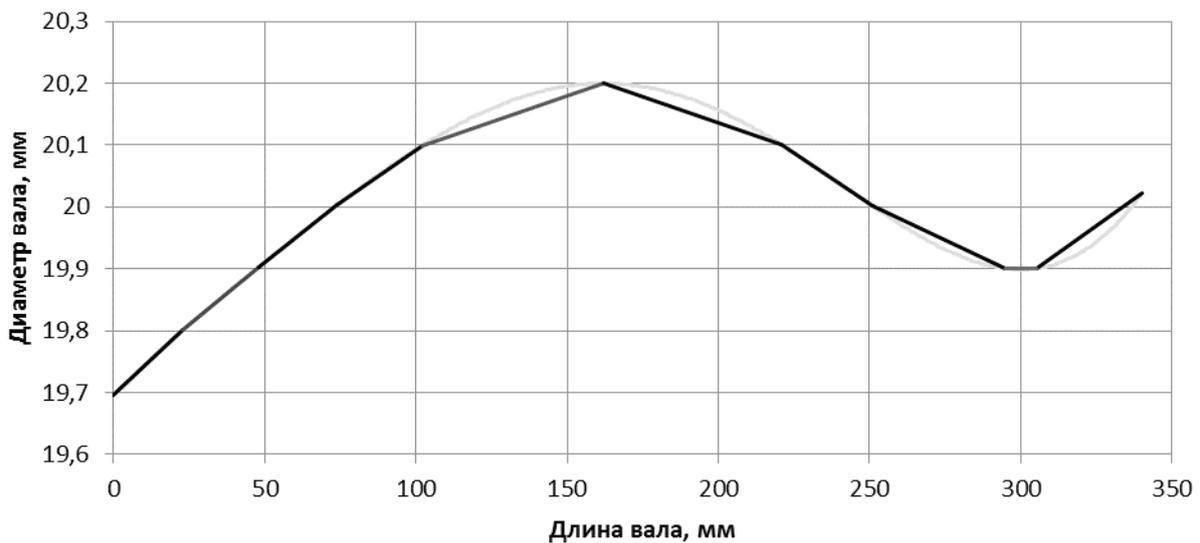


Рис. 4 Схема разбиения полинома на прямые отрезки первым способом

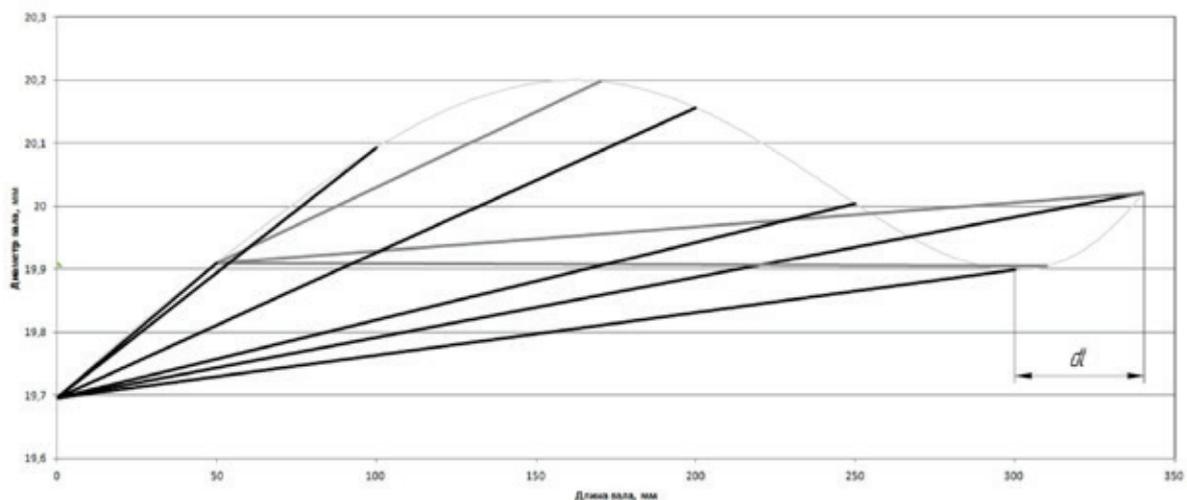


Рис. 5 Схема разбиения полинома на прямые отрезки вторым способом

По полученным точкам была построена математическая модель поверхности вала и была написана программа

ЧПУ, по которой было произведено точение третьего вала. Полученный вал был измерен в 34 точках (рис 6).

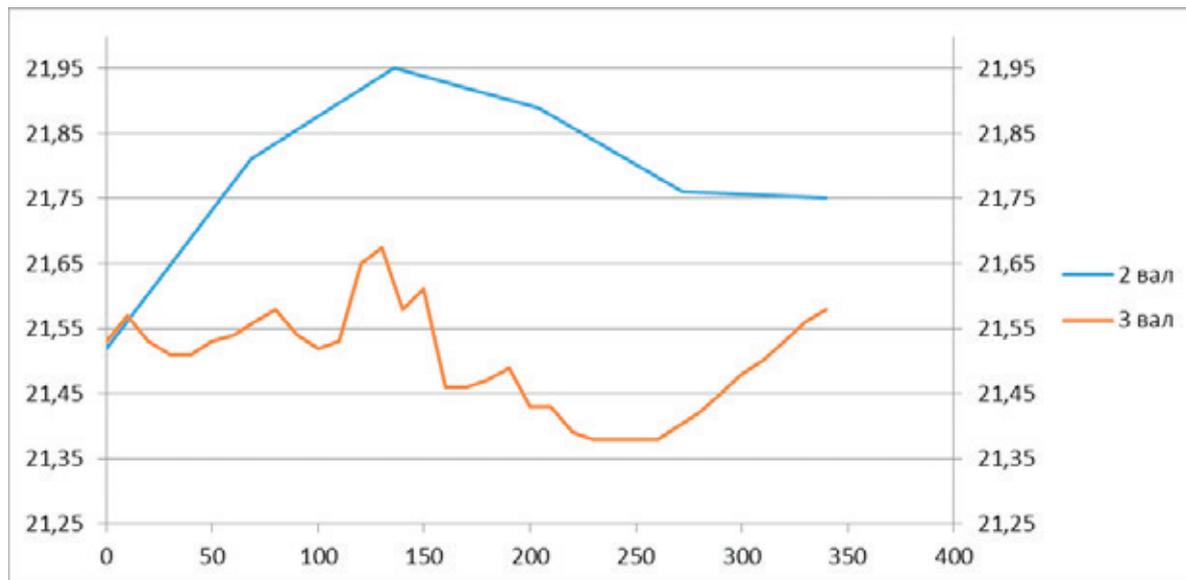


Рис.6. График поверхностей 2 и 3 валов

По полученным измерениям было вычислено среднее квадратичное отклонение по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

СКО второго вала равно: $\sigma_2 = 0,29934$. СКО третьего вала равно: $\sigma_3 = 0,07935$.

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_3} = \frac{0,29934}{0,07935} = 3,7$$

По полученным данным можно сделать вывод, что применение данного метода позволяет снизить бочкообразность вала в 3,7 раза.

Литература:

1. Аршинов, В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и режущий инструмент М: «Машиностроение». 1975—440с.
2. Подпоркин, В. Г. Обработка нежестких деталей М: научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1959—206с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. /Под ред. А. Г. Қосиловой и Р. К. Мещерякова. М: Машиностроение, 2003. Т 1. 656 с.

Математическая модель структуры полиакрилонитрильного волокна в производстве углеродного волокна

Мурина Анастасия Сергеевна, аспирант;
 Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор
 Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
 ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Основным назначением стадии термостабилизации в производстве углеродных волокон на основе полиакрилонитрильного (ПАН) волокна является преобразование структуры исходного ПАН волокна в предуглеродную структуру, обеспечивающую возможность

дальнейшей термической обработки ПАН волокна при повышенных температурах [1].

Для преобразования структуры в каждом элементарном волокне без термического и механического травмирования необходимо правильно выбирать температурный и дефор-

мационный режимы термической обработки ПАН волокна. В настоящее время, несмотря на большое количество научных исследований, выбор оптимального температурного и деформационного режимов, как правило, производится экспериментальным путем специалистами на основе общих закономерностей прохождения процессов при термической обработке ПАН волокна, имеющегося опыта и интуиции. Затем ставится задача вести процесс в строго контролируемых условиях по температуре и деформации.

Химические и физические процессы преобразования структуры начинаются в дефектных точках полимера по составу, молекулярной и надмолекулярной структуре [2]. Поэтому нестабильность структуры исходного ПАН волокна, наличие примесей, дефектов структуры приводит к нестабильности процесса преобразования структуры и структуры окисленного ПАН волокна, процесса высокотемпературной обработки и большой дисперсии характеристик получаемого углеродного волокна. Поэтому остается актуальной, неоднократно отмечаемая в литературе, необходимость контроля и управления процессом преобразования структуры по переходам процесса.

Для этого необходимо выбрать параметры, характеризующие структуру ПАН волокна, исследовать и описать закономерности ее преобразования при деформации и в процессе термической обработки, исследовать характеристики возмущающих воздействий, приводящих к изменению процесса преобразования структуры и получаемой структуры окисленного ПАН волокна, разработать алгоритм управления, обеспечивающий путем корректировки режимных параметров получение более стабильной структуры окисленного ПАН волокна, в том числе в условиях нестабильности исходного ПАН волокна.

Для анализа структуры ориентированных полимеров широко используются рентгеновский анализ, электронная микроскопия, инфракрасный дихроизм, двойное лучепреломление. Однако на основе данных методов сложно количественно оценить состояние и нестабильность структуры исходного ПАН волокна, закономерности связи параметров структуры с режимными параметрами и механическими характеристиками полимера, определить оптимальную вытяжку сополимера на переходах техпроцесса, контролировать структуру исходного ПАН волокна и ее преобразование в процессе термостабилизации.

По теории Куна и Треалона двойное лучепреломление зашитого полимера описывается уравнением [3]:

$$\Delta = \frac{(r^2 + 2)^2}{r} \cdot \frac{2\pi}{45} N(b_{\parallel} - b_{\perp}) \left(\alpha^2 - \frac{1}{\alpha}\right), \quad \Delta = r_x - r_y,$$

где Δ — двойное лучепреломление, $\Delta = r_x - r_y$,
 r_x — показатель преломления в направлении растяжения,
 r_y — показатель преломления в перпендикулярном направлении,
 r — средний показатель преломления в нерастянтом состоянии,

α — относительная деформация,
 b_{\parallel}, b_{\perp} — главные поляризуемости статистического сегмента вдоль и перпендикулярно контуру полимерной цепи,

N — число цепей сетки в единице объема.

На основании теории высокоэластичности напряжение зашитого полимера описывается выражением [3]:

$$f = NkT \left(\alpha^2 - \frac{1}{\alpha}\right)$$

Тогда двойное лучепреломление можно выразить через напряжение полимера

$$\Delta = \frac{2\pi f (r^2 + r)^2 (b_{\parallel} - b_{\perp})}{45krT} = Kf + \varepsilon,$$

где ε — статистический шум, переводящий функциональную зависимость $\Delta = f(f)$ в стохастическую и определяющий тесноту корреляционной связи.

При растяжении полимера между показателями Δ и f существует корреляционная связь, уровень которой определяется исходными допущениями теории высокоэластичности и изменением структуры полимера при наличии примесей. Данная связь подтверждена экспериментально в [4], где показано, что для конкретного материала напряжение полимера в высокоэластическом состоянии однозначно связано с коэффициентом двойного лучепреломления полимера.

Тогда структура полимера может быть количественно описана математической моделью внутреннего напряжения на основе сеточной модели [3,5–7]. В данной работе модель структуры ПАН волокна представлена в виде наложенных друг на друга химической и физической сеток, отличающихся поведением во времени.

— химическая сетка — образуется стабильными узлами (кристаллитами, химическими связями) она стабильна во времени в рассматриваемом диапазоне температур, при вытяжке сохраняет свои характеристики, напряжение химической сетки может быть описана моделью упругого элемента Гука [5,6];

— физическая сетка — образуется микроблоками аморфной фазы, слабыми химическими связями (водородными), перехлестами концов молекул и т.д.; стохастична во времени — ее узлы во времени распадаются и образуются другие узлы, после вытяжки характеристики сетки изменяются — идет процесс релаксации, напряжение компонент физической сетки может быть описано моделью Максвелла [5,6].

При принятой модели структуры общее напряжение полимера является суммой напряжений элементов упругой гуконской и релаксирующей максвелловской составляющих:

$$\sigma(t) = \sigma_e(t) + \sigma_m(t), \quad (1)$$

где: $\sigma_e(t)$ — напряжение упругой (гуконской) компоненты.

$\sigma_m(t)$ — напряжение релаксирующей составляющей (Максвелла),

Напряжение упругой компоненты равно:

$$\sigma_e(t) = E(\varepsilon, T) \cdot \varepsilon(t) \quad (2)$$

где: $E(\varepsilon, T)$, $\varepsilon(t)$ — модуль упругой сетки и деформация на растяжение.

Напряжение релаксирующих составляющих описывается уравнения Максвелла [5,6]:

$$\frac{\eta_i(\varepsilon, T)}{E_i(\varepsilon, T)} \frac{d\sigma_i(t)}{dt} + \sigma_i(t) = \eta_i(\varepsilon, T) \frac{d\varepsilon(t)}{dt}, \quad i = 1, \quad n \quad (3)$$

где: $\eta_i(\varepsilon, T), E_i(\varepsilon, T)$ — коэффициент вязкости, модуль упругости i компоненты,

n — количество компонент физической сетки,

$\tau = \eta_i(\varepsilon, T) / E_i(\varepsilon, T)$ — время релаксации i компоненты.

При ступенчатом изменении деформации ε_0 при $t = 0$ падение напряжения за счет релаксации равно:

$$\sigma_i(t) = \sigma_{0i} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_i(\varepsilon, T)}}, \quad (4)$$

где: σ_{0i} — начальное напряжение i -той компоненты после осуществления ступенчатого воздействия по деформации.

Полное релаксирующее напряжение равно сумме напряжений элементов Максвелла:

$$\sigma(t) = \sum_1^n \sigma_i(t). \quad (5)$$

Изменение структуры при изменении деформации и температуры полимера учитывается путем исполь-

зования модели с переменными параметрами, зависящими от данных факторов и моделями кинетики сшивки и деструкции. Зависимость оценок параметров $E_i(\varepsilon, T), \tau_i(\varepsilon, T), E(\varepsilon, T)$ и предельного удлинения $\varepsilon_{np}(\dot{\varepsilon}, T)$ ПАН нити от температуры и деформации может быть описана регрессионными уравнениями [8]:

$$\beta_i = b_0 + b_1 T + b_2 T^2 + b_3 \varepsilon + b_4 \varepsilon^2 + b_5 \varepsilon T, \quad (6)$$

$$\varepsilon_{np}(\dot{\varepsilon}, T) = b_0 + b_1 T + b_2 T^2 + b_3 \dot{\varepsilon}. \quad (7)$$

Зависимость параметров от деформации и температуры исследуется методом многошаговой вытяжки при различных температурах [7,8], изменение структуры ПАН волокна в процессе термической обработки исследуется с помощью диаграмм изометрического нагрева [7], на основании которых строятся модели расстекловывания ПАН волокна, релаксации, кинетики сшивки и деструкции [7]. При этом параметры моделей являются параметрами структуры ПАН волокна на конкретном этапе технологического процесса [7].

Выражения (1) — (7) представляют математическую модель напряжения полимера при воздействиях по температуре и деформации. Модель позволяет непосредственно связать режимные параметры процесса термостабилизации — деформацию и температуру с внутренним напряжением полимера, которое отображает состояние его структуры.

Выводы: Показана актуальность и предложена модель напряжения ПАН волокна с переменными параметрами, позволяющая описать структуру исходного ПАН волокна, изменение ее структуры в процессе температурной и деформационной обработки.

Литература:

1. А.Т. Фазлитдинова, В.А. Тюменцев, С.А. Подкопаев. Изменение тонкой структуры полиакрилонитрильной нити в процессе термостабилизации. www.hccomposite.com/press/analytics/391/
2. Варшавский, В.Я. Углеродные волокна, М.: Варшавский, 2007, — 500 с.
3. Тобольский, А.А. Свойства и структура полимеров. — М.: Химия. 1964. — 324 с.
4. Лайцус, Л.А., Кувшинский У.В. // Механика полимеров. 1967. № 3. — 455 с.
5. Аскадский, А.А. Деформация полимеров. — М.: Химия, 1973. — 448с.
6. Гольберг, И.И. Механическое поведение полимерных материалов. — М.: Химия. 1970. — 192 с.
7. Бирюков, В.П. Оптимизация процесса термостабилизации при получении углеродного волокна на основе ПАН. Автореферат дисс. докт. техн. наук. ФГУП «НИИГрафит». М. 2002. 44с.
8. Бирюков А.В., Артеменко С.Е., Бирюков В.П. // Анализ и оптимизация заключительной стадии процесса ориентации полипропиленовой нити. Хим. волокна. 2003. № 5. — С.61–63, 64–68.

08. УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Моделирование распределения нагрузок по лопасти гидротурбины как системы с распределенными параметрами

Барабанова Анастасия Павловна, студент;

Скоробогатова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В последнее время возникла необходимость в более подробном исследовании вопросов циклической прочности. Причиной этого являются усталостные разрушения лопастей рабочих колес гидротурбин, имевшие место на ряде гидроэлектростанций, как отечественных, так и зарубежных. [1]

Наличие усталостных разрушений лопастей гидротурбин вызывает необходимость исследования напряженного состояния и главных условий циклической нагруженности лопастей, а также материалов, из которых изготавливаются лопасти. В результате построения картин изменения конструкций лопастей гидротурбины под влиянием напряжений от изгиба и кручения выявляются наиболее оптимальные места появления усталостных разрушений. [2]

Теоретическое определение динамических напряжений в лопастях поворотно-лопастных гидротурбин — задача чрезвычайно сложная, требующая решения ряда сложнейших научных проблем.

Данные расчёты необходимы для заводов-изготовителей гидроэлектростанций и непосредственно для работников ГЭС, которые необходимо проводить через 4 года.

Для получения выходной функции системы с распределенными параметрами необходимо провести интегрирование по приведенной ниже формуле:

$$Q(x, y, z, t) = \int_{t_0}^t \int_D G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot \omega(\xi, \eta, \zeta, \tau) d\xi d\eta d\zeta d\tau$$

где $G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t)$ — функция Грина; $\omega(\xi, \eta, \zeta, \tau)$ — нормирующая функция; D — область определения пространственных переменных.

С учетом граничных условий расчет производился по функции распределения нагрузки по лопасти гидротурбины.

$$Q(x, y, z, t) = \int_0^t \int_{0,229-3,09 \cdot 10^{-2}}^{0,229+3,09 \cdot 10^{-2}} \int_{\sqrt{6+0,1y-x^2+3,7y^2}}^{\sqrt{6+0,1y-x^2+3,7y^2}} \int_0^{2,52 \cdot 3,35 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot \sqrt{0,397-0,062y^2}} \int_0^{3,35 \cdot 10^{-2} + 4 \cdot \sqrt{0,865-0,04y^2}} G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t) \times \\ \times \omega(\xi, \eta, \zeta, \tau) d\xi d\eta d\zeta d\tau$$

По справочнику [3] определен вид нормирующей функции:

$$\omega(x, y, z, t) = f(x, y, z, t) + \delta(t) \cdot Q_0(x, y, z) - a^2 \cdot \delta(t) \cdot q(x, y, t),$$

где $f(x, y, z, t)$ — внешнее силовое воздействие; $\delta(t)$ — импульсная функция или дельта функция Дирака; $Q_0(x, y, z)$ — начальные условия; $q(x, y, t)$

Подставив в вышеприведенное уравнение получены результаты.

$$\omega(x, y, z, t) = f(x, y, z, t) = \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + 68,72 \frac{\partial v}{\partial t} + 2,62 \cdot 10^5 - 3,02 \cdot 10^2 \sqrt{6 + 0,1y - x^2 + 3,7y^2} + 86$$

Из справочника [3] берем функцию Грина:

$$G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t) = \frac{1}{(2a\sqrt{\pi \cdot t})^2} \cdot \left(\exp\left(-\frac{R_1^2}{4a^2 t}\right) + \exp\left(-\frac{R_2^2}{4a^2 t}\right) \right) \quad \text{где}$$

$R_1^2 = (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2$, $R_2^2 = (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z + \zeta)^2$ – вспомогательные коэффициенты, $a = 531,93$ – коэффициент пропорциональности, с/кг.

Подставив недостающие значения, получим формулу для определения функции распределения нагрузки по лопасти гидротурбины:

$$Q(x, y, z, t) = \int_0^t \int_{-0,229-3,09 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{6+0,1y-x^2+3,7y^2}}^{0,229+3,09 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{6+0,1y-x^2+3,7y^2}} \int_0^{2,52 \cdot 3,35 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot \sqrt{0,397-0,062y^2}} \int_{3,35 \cdot 10^{-2} + 4 \cdot \sqrt{0,865-0,04y^2}} \frac{2,81 \cdot 10^{-7}}{t} \times$$

$$\times e^{-\frac{(x-\xi)^2}{1131798 \cdot t}} \cdot e^{-\frac{(y-\eta)^2}{1131798 \cdot t}} \cdot \left(e^{-\frac{(z-\zeta)^2}{1131798 \cdot t}} + e^{-\frac{(z+\zeta)^2}{1131798 \cdot t}} \right) \times$$

$$\times \left(\frac{\partial^2 v}{\partial \tau^2} + 68,72 \frac{\partial v}{\partial \tau} + 2,62 \cdot 10^5 - 3,02 \cdot 10^2 \times \sqrt{6+0,1y-x^2+3,7y^2} \right) + 86 d\xi d\eta d\zeta d\tau$$

Рассмотрим изменение нагрузки в средней точке лопасти с координатами А(2,5;1,26;0,19).

Лопасть имеет сложную форму, вследствие чего напряжение в различных точках имеет не одинаковые значения. Определены координаты критических точек. Получены координаты критических точек на верхней поверхности лопасти $B_1(2,55;0;0,3)$, $C_1(4,68;0;0,26)$, $D_1(0;2,52;0,46)$, $F_1(3,94;2,52;0,45)$; на нижней поверхности — $B_2(2,55;0;0,16)$, $C_2(4,68;0;0,19)$, $D_2(0;2,52;0)$, $F_2(3,94;2,52;0,07)$. На рисунке 1 показано расположение критических точек.

Рассмотрим изменение нагрузки в средней точке лопасти с координатами А (2,5;1,26;0,19).

Лопасть имеет сложную форму, вследствие чего напряжение в различных точках имеет не одинаковые значения. Определены координаты критических точек. Получены координаты критических точек на верхней поверхности лопасти $B_1(2,55;0;0,3)$, $C_1(4,68;0;0,26)$, $D_1(0;2,52;0,46)$, $F_1(3,94;2,52;0,45)$; на нижней поверхности — $B_2(2,55;0;0,16)$, $C_2(4,68;0;0,19)$, $D_2(0;2,52;0)$, $F_2(3,94;2,52;0,07)$. На рисунке 1 показано расположение критических точек.

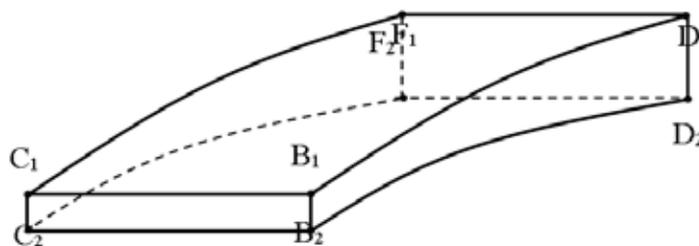


Рис. 1. Расположение критических точек на лопасти гидротурбины

Лопасть рабочего колеса сделана из стали 20Х13Л. Предел прочности для стали $\sigma_{\text{в}} = 45$ кгс/мм². В расчётах определялась напряжённость $Q(x, t)$ лопасти по толщине x . В результате расчётов были получены графики, на которых можно определить максимальную напряжённость при заданной толщине x лопасти и времени t . При заданном изменении толщины $x = 149 \div 150$ мм лопасть обладает максимальной напряжённостью $\sigma \approx 35$ кгс/мм², а при толщине $x = 600$ мм — минимальной напряжённостью $\sigma \approx 1,8 \cdot 10^{-15}$ кгс/мм² возникшей от давления воды на лопасть гидротурбины. Также в результате расчётов были получены графики, на которых можно определить максимальную напряжённость при заданной длине L лопасти и времени t . При заданном изменении длины $L = 2023 \div 2037$ мм лопасть обладает максимальной напряжённостью $\sigma \approx 25,877$ кгс/мм².

Из построенных графиков видно, что напряжённость на лопасти гидротурбины при заданной толщине не превышает предела прочности стали $\sigma_{\text{в}} = 45$ кгс/мм², это свидетельствует о том, что лопасть выдерживает приходящиеся на неё нагрузки и разрушение её материала в течение суток не происходит, напряжённость на лопасти гидротурбины при заданной толщине не превышает предела прочности стали $\sigma_{\text{в}} = 45$ кгс/мм², это свидетельствует о том, что лопасть выдерживает приходящиеся на неё нагрузки и разрушение её материала в течение суток не происходит.

Данные расчёты показали, что лопасть рабочего колеса, сделанная из стали 20Х13Л, не подвергается сильным нагрузкам, то есть максимальная напряжённость не достигает предела прочности $\sigma_{\text{в}} = 45$ кгс/мм² материала лопасти, и разрушение её материала не происходит.

Для получения величин напряжённости по толщине и длине лопасти после 2 ÷ 4 лет возможно проводить расчёты по предложенной методике.

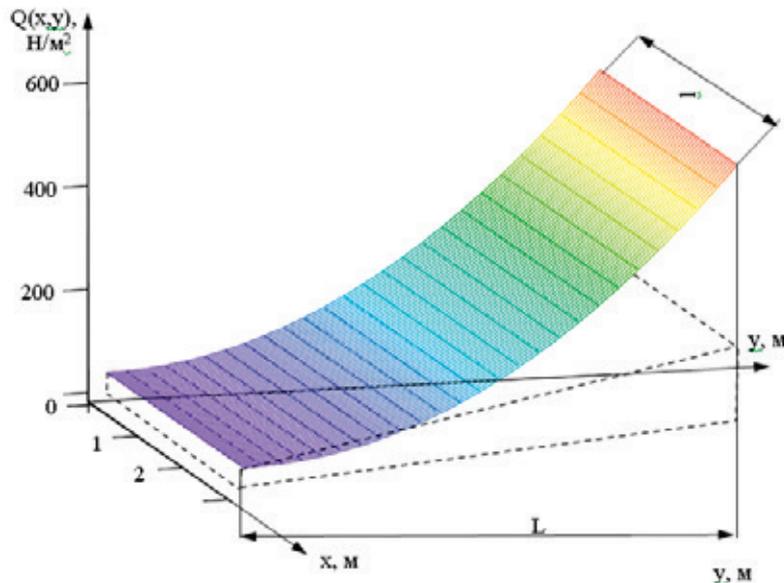


Рис. 2. Распределение нагрузки по поверхности лопасти гидротурбины
1 — лопасть гидротурбины; $l = 2,13$ — ширина лопасти, м; $L = 2,52$ — длина лопасти, м

Литература:

1. Кривченко, Г.И. Насосы и гидротурбины / Г.И. Кривченко. — М.: Энергия, 1970. — 448 с.
2. Степанов, Н.Н. Гидравлические машины / Н.Н. Степанов. — Киев: Вица шкова, 1978. — 152 с.
3. Бутковский, А.Г. Характеристики систем с распределенными параметрами / А.Г. Бутковский. — М.: Наука, 1979. — 224 с.

Программируемое устройство на базе МК AVR

Гевлич Александр Олегович, студент;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Современные электронные системы автоматизации строятся с применением микроконтроллеров, вычислительной техники, сетевых решений и т.п. Микроконтроллеры активно используются для экспериментирования, мелкосерийного производства и реализации проектов, требующих определенной гибкости выполняемых функций.

В рамках настоящего проекта разрабатывается микроконтроллерное устройство робот-гексапод, представляющее собой роботизированную мобильную платформу с шестью ногами-манипуляторами с управлением, основанном на микроконтроллере. Каждая нога-манипулятор обладает тремя степенями свободы. Первичными функциями, исполняемыми роботом, должны являться перемещение по ровной горизонтальной поверхности прямо-

линейное, перемещение по горизонтальной поверхности с выполнением поворотов.

Основным узлом разрабатываемого устройства является микроконтроллер. Микроконтроллеры (МК) — программируемые устройства, сочетающие в себе функции процессора и периферийных устройств, могут содержать ОЗУ и ПЗУ. Это однокристальный компьютер, способный выполнять простые задачи [2].

При выборе микроконтроллера основной акцент был сделан на общедоступные микроконтроллеры, экономические и эксплуатационные показатели которых позволяют использовать их при физической реализации программируемого устройства. Так как некоторые микроконтроллеры выпускаются зарубежными фирмами-производителями для использования в узкоспециализированных

областях, информация об этих микроконтроллерах не является общедоступной, ввиду чего они не могут быть выбраны для реализации проекта, даже если их технические показатели удовлетворяют техническим требованиям настоящей разработки.

При рассмотрении структуры микроконтроллера основной акцент был сделан на факторах, которые будут в дальнейшем важны при проектировании и реализации программируемого устройства. Этими факторами являются: эксплуатационные показатели, массогабаритные характеристики, программируемая логическая среда микроконтроллера.

В результате проведенного анализа современных микроконтроллеров был выбран микроконтроллер AVR ATmega2560, выпускаемый фирмой Atmel, преимуществом которого по сравнению с аналогами является наличие удобной среды программирования, встроенная поддержка драйверов интерфейса USB, что значительно облегчает программирование микроконтроллера.

На рисунке 1 представлена обобщенная структура микроконтроллеров AVR [3].

В состав ядра микроконтроллера входит процессор, тактовый генератор и контроллер шины. Процессор осуществляет переработку информации, представленную в виде двоичных кодов, и управление этим процессом в соответствии с программой, представляющей собой по-

следовательность команд. Тактовый генератор формирует последовательность опорных сигналов, синхронизирующих протекание процессов в узлах микроконтроллера на основе внешней последовательности опорных импульсов.

Контроллер шин осуществляет формирование распространяемой по внутренней шине многофазной импульсной последовательности, тактирующей различные стадии выполнения команд в микроконтроллере и необходимой для организации обмена данными с периферийными устройствами. Кроме того микроконтроллер содержит области памяти программ и данных; выдает управляющие сигналы, получает управляющие сигналы извне. Ядро микроконтроллера реализует процесс управления, задаваемый программой.

Программирование микроконтроллеров ATmega производится на языке высокого уровня C/C++ в среде разработки Atmelstudio, также есть множество других альтернативных сред разработки под данную модель микроконтроллера. Одной из них является ArduinoIDE, которая имеет интуитивно понятный интерфейс и встроенный драйвер подключения аппаратной части. Популярности ArduinoIDE способствует большой набор готовых библиотек, что упрощает программирование устройств [3].

Разработана схема электрическая принципиальная разрабатываемого устройства. В ходе проектирования базовых несущих конструкций 1 и 2 уровней было принято

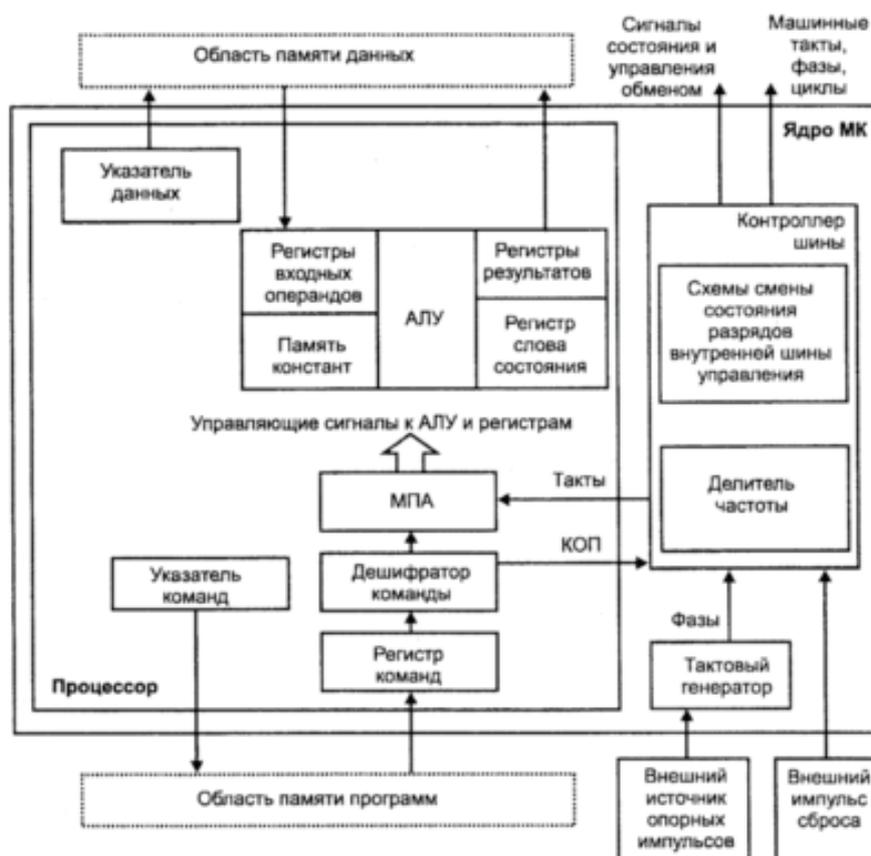


Рис. 1. Обобщенная структура микроконтроллеров AVR

решение о компоновке элементов принципиальной схемы на двух печатных платах. На первой печатной плате размещается микроконтроллер с необходимыми периферийными устройствами (кварцевыми резонаторами, разъемами сопряжения с внешними устройствами, органами управления и т.д.). На второй плате располагаются разъемы подключения сервоприводов, а также элементы питания.

Помимо необходимой периферии на плате микроконтроллера устанавливается блок ввода-вывода, представляющий собой bluetooth-модуль HC-05. Выбор был сделан в пользу bluetooth-технологий. Несмотря на то, что Wi-Fi модули обеспечивают более высокую скорость соединения, однако имеют более дорогие компоненты и более сложные протоколы связи по сравнению с bluetooth модулями. Также из-за более сложной структуры и необходимости применения больших вычислительных мощностей Wi-Fi модули имеют большие габаритные размеры по сравнению с bluetooth модулями.

Для обеспечения перемещения в части выбора направления движения, а также обхода препятствий необходимо использовать датчик-дальномер. Основными типами датчиков, применяемыми для измерения расстояния на мобильных платформах с минимальными габаритами, являются инфракрасные и ультразвуковые датчики. Инфракрасные датчики осуществляют более точные измерения в рабочем диапазоне, обладают большей помехоустойчивостью по сравнению с ультразвуковыми датчиками, однако имеют меньший диапазон измерения как по минимальному, так и по максимальному расстоянию до объекта, и обладают большими габаритами и массой. В соответствии с проведенным анализом был выбран ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 [1].

Разрабатываемое устройство представляет собой подвижного робота с шестью манипуляторами-ногами. Каждая нога робота должна обладать тремя степенями свободы. Так как подвижный элемент ноги не совершает полных оборотов, а перемещается на угол, меньший или равный 180° , то применение полнооборотных приводов может привести к необходимости применения дополнительных редукторов, что повысит общую массу, сложность и стоимость устройства. Из вышесказанного следует, что эффективнее применять сервоприводы, а с точки зрения минимизации устройства и уменьшения себестоимости — микросервоприводы.

Разрабатываемое устройство представляет собой подвижного робота с шестью манипуляторами-ногами. Каждая нога робота должна обладать тремя степенями свободы. Так как подвижный элемент ноги не совершает полных оборотов, а перемещается на угол, меньший или равный 180° , то применение полнооборотных приводов может привести к необходимости применения дополнительных редукторов, что повысит общую массу, сложность и стоимость устройства. Из вышесказанного следует, что эффективнее применять сервоприводы, а с точки зрения минимизации устройства и уменьшения себестоимости — микросервоприводы.

Литература:

1. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник./ Дж. Фрайден. — М.: Техносфера, 2005. — 592с.
2. Васильев, А. Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений. / А. Е. Васильев. — СПб.: БХВ — Петербург, 2008. — 304с.
3. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR./ Дж. Мортон. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. — 272с.

Разработка виртуальной модели процесса приготовления магнитных жидкостей электроимпульсным способом

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;
Игнатова Ольга Николаевна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Магнитные жидкости благодаря своим уникальным свойствам с каждым днем все больше находят свое применение в промышленности, технике, медицине, приборостроении и других отраслях народного хозяйства. В последнее время активно развивается метод электроимпульсного диспергирования металлов (эрозии) в жидких средах. Электроимпульсное диспергирование происходит за счет электрогидравлических ударов, являющихся следствием электрогидравлического эффекта (ЭГЭ).

Электроимпульсное диспергирование при приготовлении магнитной суспензии можно произвести в электрогидравлическом преобразователе импульсного действия (ЭГПИД) конструкция и принцип работы устройства описан в [1].

Для разработки виртуальной модели процесса приготовления магнитной жидкости электроимпульсным спо-

собом была выбрана программа 3-D моделирования Autodesk 3ds Max. Данная программа отвечает всем основным требованиям при создании виртуальной модели процесса. Процесс создания виртуальной модели строится на основе моделирования, текстурирования и освещения, которые представляют собой подготовительные этапы для создания анимации. Анимация характеризуется изменением сцены во времени, это касается положения объектов, их формы, свойств и так далее. В целом, каждый кадр анимации не отличается от визуализированных отдельно изображений и имитация движения создается за счет воспроизведения последовательности кадров с заданной скоростью.

Настройка режима воспроизведения анимации осуществляется в окне Конфигурация шкалы времени (Time Configuration), вызываемом одноименной кнопкой, где

задается продолжительность, скорость воспроизведения и частота кадров.

Существует несколько различных способов создания анимации объектов сцены, наиболее распространенным является метод определения ключевых кадров. Под ключевыми кадрами понимаются моменты времени, когда в сцене наблюдаются какие-либо события, отображающие начало неких преобразований, все промежуточные состояния объекта между ключевыми кадрами программа рассчитывает автоматически. При создании анимации в режиме автоматической установки ключевых кадров — любое изменение параметров объекта приводит к созданию ключевого кадра. Режим активируется кнопкой. Переключить режим автоматического создания ключей (Toggle Auto Key Mode), затем выбирается объект сцены, с помощью ползунка шкалы времени выбирается необходимый кадр и изменяются характеристики объекта, процедура повторяется необходимое количество раз, после чего переключатель автоматического режима «отжимается».

Описанными методами моделируется анимация приготовления магнитной жидкости электроимпульсным способом. По мере создания анимации в сцену добавляются новые объекты — разряды, кавитационная полость, кавитационные пузырьки, олеиновая кислота и частицы феррита. Все они за исключением разрядов моделируются при помощи стандартных и расширенных (Extended) примитивов типа сфера, геосфера, многоугольник и другие. Для придания произвольной формы применяется модификатор свободных деформаций (FFD Box), также объекты преобразуются в редактируемые полигоны и геометрия изменяются на уровне вершин. Использование модификаторов Сглаживание (Smooth), ТурбоСглаживание (TurboSmooth) сглаживает острые грани, где это необходимо. Имитация разряда создается путем последовательной

прорисовки сплайновых форм типа линия. Для создания эффекта свечения в окне Монтаж (Video Post), меню Визуализация (Rendering) необходимо добавить эффект Свечение (Lens Effects — Glow), и настроить его параметры, при этом материал, назначенный сплайну должен иметь идентификатор отличный от нуля [2].

В результате работы в программном пакете 3-д моделирования 3ds Max была получена виртуальная модель приготовления магнитной жидкости электроимпульсным способом.

Процесс электроимпульсного диспергирования, согласно его физическим основам начинается с пробоя жидкости. В первую очередь показано устройство установки ЭГПИД в собранном и разобранном виде, и обозначены составляющие её элементы. Затем кювета открывается и в нее заливается вода, после чего вид приближается. Подробно смоделирован электрогидравлический эффект, на котором основано приготовление магнитной жидкости электроимпульсным способом. ЭГЭ показан в обычном режиме и замедленном, и разделяется на ряд процессов: прорастание стримеров в межэлектродном пространстве (рисунок 1); образование газового канала, после замыкания на корпус канал начинает резко расширяться, что приводит к первому гидравлическому удару, затем кавитационная полость отделяется и, всплывая и сжимаясь, образует вокруг себя кавитационные пузырьки (рисунок 2), вместе с тем происходит активное перемешивание объемов жидкости [3].

Схема развития растущего стримера в межэлектродном пространстве показана на рисунке 1.

Происходит непосредственно приготовление магнитной жидкости — на первой стадии показан разряд в межэлектродном пространстве, образуется кавитационная полость, которая, всплывая, пульсирует и, при открывании и схлопывании на поверхности жидкости,



Рис. 1. Прорастание стримеров в межэлектродном пространстве

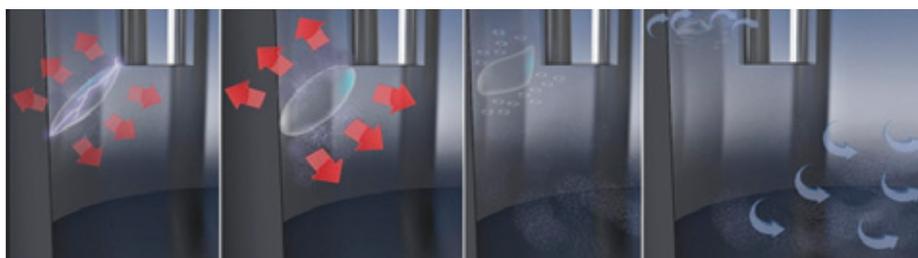


Рис. 2. Образование кавитационной полости и возникновение течения в жидкости

частицы олеиновой кислоты устремляются вниз, перемешиваясь с водой. Вместе с тем, за счет первого гидравлического удара от расширяющегося канала разряда часть

частиц оксида железа поднимается со дна кюветы в виде взвеси. Модель описанного процесса приведена на рисунке 3.

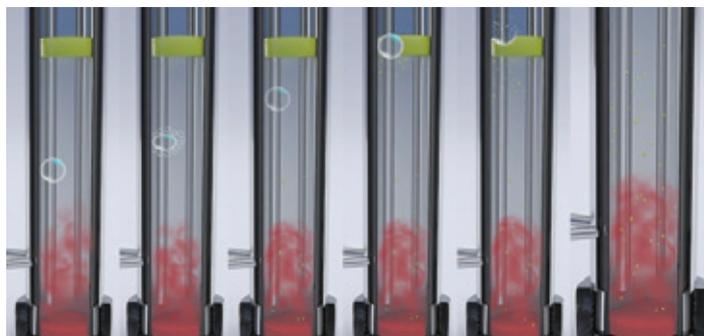


Рис. 3. Процесс схлопывания кавитационной полости

На второй стадии смоделировано измельчение оксида железа. Основной разряд, прорастая от электрода к корпусу, распадается на множество мелких разрядов, которые возникают в местах контакта макрочастиц измель-

ченного материала (рисунок 4). При этом макрочастицы контактируют не непосредственно, а через слой жидкости, вследствие чего возникают электрогидравлические удары.

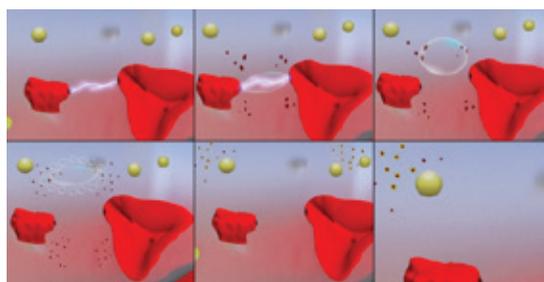


Рис. 4. Измельчение оксида железа и обволакивание частиц ПАВ

С течением времени макрочастицы железа равномерно измельчаются, принимая сферическую форму, уменьшающихся в диаметре. В результате работы установки получают качественную магнитную жидкость — все частицы обладают практически одинаковыми размерами, а за счет

мощного перемешивающего действия обрабатывается весь объем материала. В идеале модель магнитной жидкости полученной электроимпульсным способом представлена на рисунке 5.

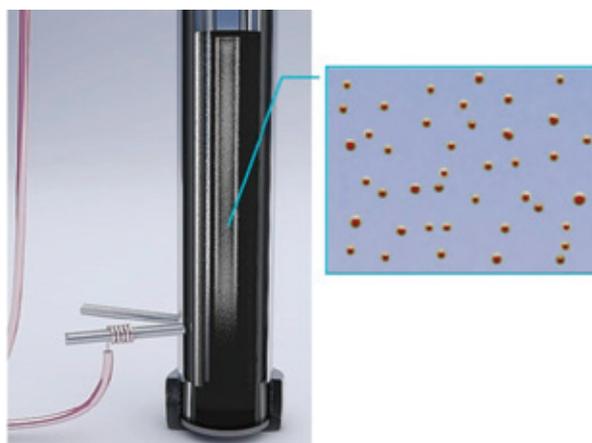


Рис. 5. Модель магнитной жидкости полученной электроимпульсным способом

Литература:

1. Ефремова, Т. А. Экспериментальные исследования влияния емкости конденсаторной батареи на параметры эмульсий, приготовленных в ЭППВД / Т. А. Ефремова — Проблемы прочности, надежности и эффективности. Сборник научных трудов. Саратов, 2007—304с.
2. Шон Бонни, Стив Анзовин — Внутренний мир 3ds Max 9 / Издательство Вильямс 2009. — 1072 с.
3. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. — 253 с.

Реализация экспертной системы в составе системы мониторинга технологического процесса

Козлова Татьяна Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Предлагается реализация ЭС в составе системы мониторинга технологического процесса (СМТП), в соответствии с рис.1.

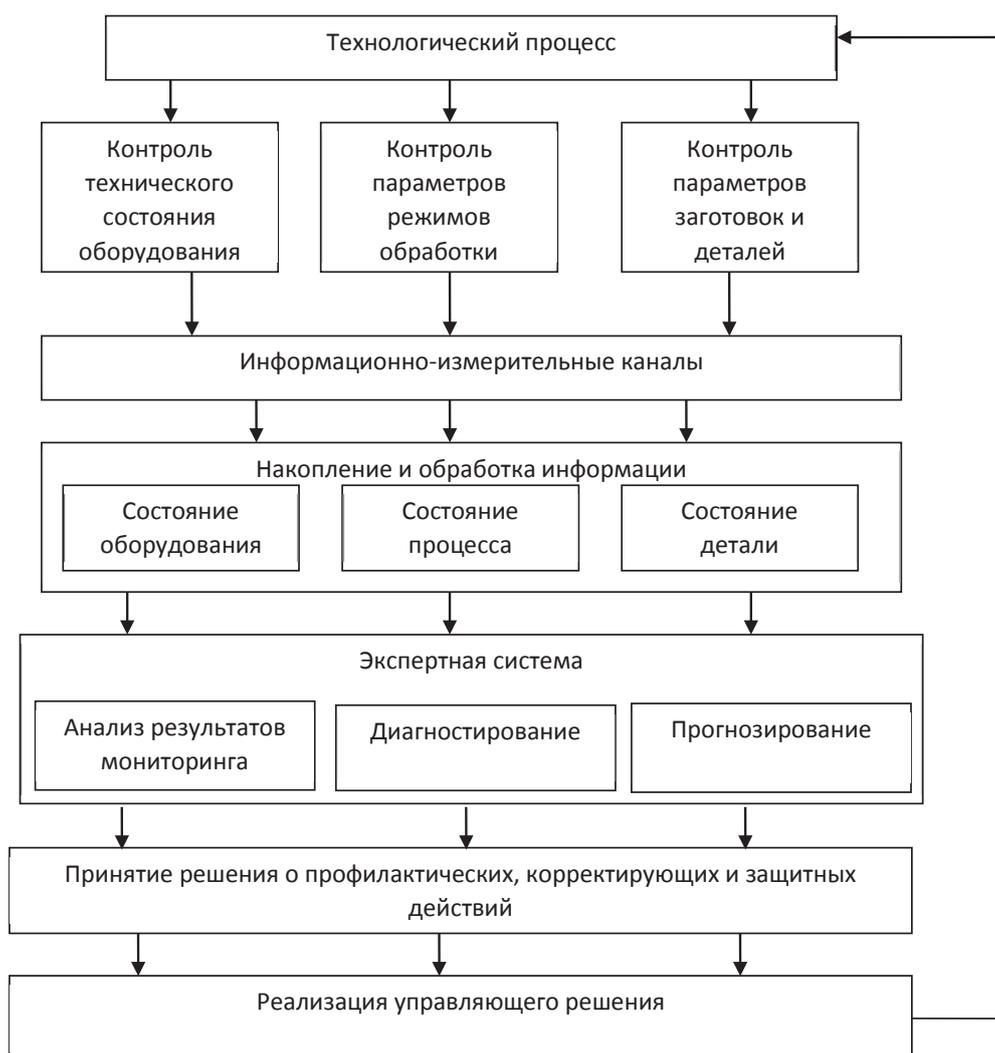


Рис. 1. Реализация экспертной системы в составе системы мониторинга технологического процесса

Исходя из представленного алгоритма, ЭС осуществляет поддержку принятия управленческих решений наладчиком технологического оборудования при анализе диагностической информации поступающей из системы мониторинга, а также осуществляет помощь при корректирующих мероприятиях (устранение неисправностей, повышение качества технологического процесса).

Роль системы мониторинга заключается в оценке технического состояния станка, оценке параметров качества деталей, оценке целесообразности технологического режима. Для решения данной задачи в систему мониторинга входит ряд подсистем: организационная подсистема, подсистема технического обеспечения, подсистема научно-методического обеспечения, информационная подсистема [1].

Подсистема информационного обеспечения осуществляет сбор, обработку измерительной информации, создание баз данных, формирование и передачу информационных потоков между элементами системы мониторинга. При возникновении аварийной ситуации или ухудшении качества изготавливаемой продукции специалисты по диагностированию и ремонту технологического оборудования, на основании информации из информационной подсистемы, должны принять управляющее решение, направленное на устранение возникшей ситуации. Принятие управляющего решения является достаточно сложной и трудоемкой задачей, на правильность решения которой могут повлиять различные факторы. Экспертная система поддержки принятия решений предназначена для оказания помощи наладчикам технологического оборудования путем автоматизации поиска управляющего решения [2].

Перед разработчиками встает основная задача — организация связи ЭС с системой мониторинга технологического процесса.

Для функционирования СМТП, сотрудниками СГТУ создан комплекс программных продуктов, позволяющий поддерживать в едином информационном пространстве все процессы измерения, обработки, визуализации и пе-

редачи результатов контроля пользователями различного уровня, создавать базы данных и базы знаний.

Для обеспечения связи баз данных СМТП и экспертной системы было принято решение использовать два типа моделей реализации базы знаний: объектно-ориентированную модель и продукционную модель.

Декларативная компонента базы знаний (БЗ) ЭС реализована в виде реляционной базы данных (БД). БД экспертной системы и БД системы мониторинга находятся в едином информационном пространстве, что позволяет автоматически обновлять БД отказов автоматического станочного модуля (АСМ) при появлении новой информации в БД СМТП. Связь осуществляется при помощи SQL сервера, в соответствии с рис.2. Обновление осуществляется путем отправки SQL запроса на обновление данных на сервер SQL. На данном сервере располагается БД, в которой хранятся данные из системы мониторинга.

Экспертная система поддержки принятия решений дает рекомендации наладчику технологического оборудования при принятии управляющих решений на основании данных системы мониторинга технологического процесса АСМ, позволяет спрогнозировать ремонтно-профилактические работы [3].

Одним из основных показателей надежности является коэффициент готовности, который зависит от времени восстановления работоспособного состояния АСМ. Время восстановления зависит от времени поиска отказавшего функционального блока и времени, затрачиваемого на его замену. Чем меньше время восстановления, тем выше коэффициент готовности.

На основании статистических исследований, проведенных сотрудниками СГТУ на 100 ч работы АСМ 10 ч затрачивается на восстановление и 90 часов станочный модуль работает по управляющей программе.

АСУ ТП — автоматизированная система управления технологическим процессом; БД — база данных; ЭС — экспертная система

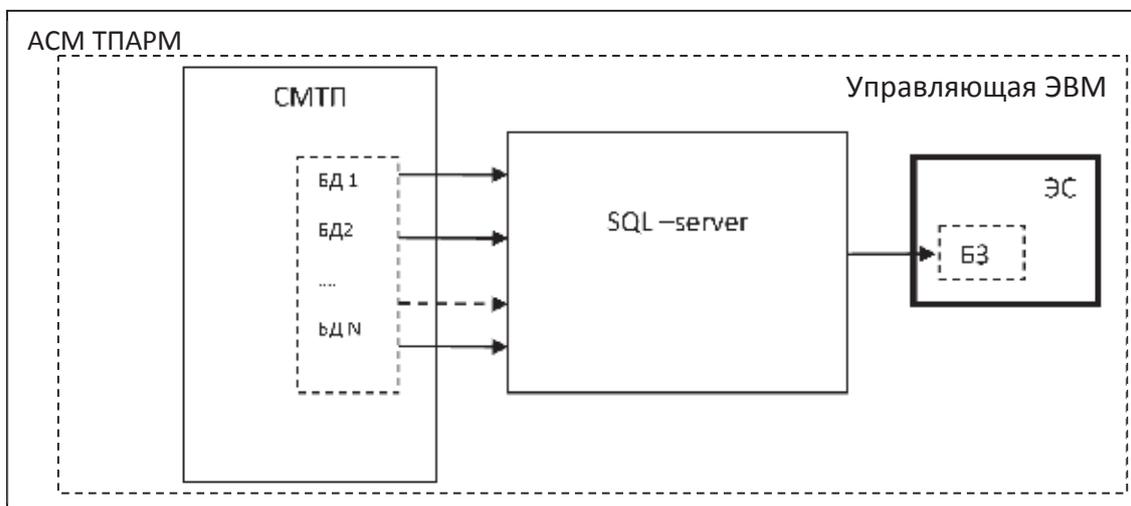


Рис. 2. Организация связи системы СМТП с экспертной системой

Коэффициент готовности в этом случае равен 0,9. При уменьшении времени восстановления на 10%, коэффициент готовности определяется следующим образом:

$$K_r = \frac{T_{yn}}{T_B + T_{yn}} = \frac{91}{9 + 91} = 0,91$$

Аналогичным образом произведены расчеты коэффициента готовности при сокращении времени восстановления на 15%, 20%, 25%.

На рис.3 представлена гистограмма показывающая влияние времени восстановления на коэффициент готовности.

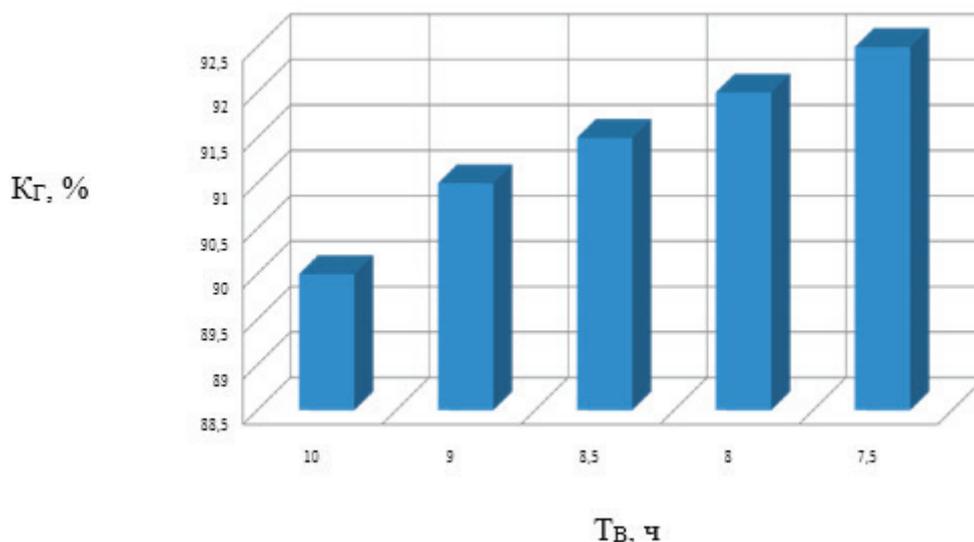


Рис.3. Гистограмма влияния времени восстановления на коэффициент готовности

Исходя из проведенных исследований, сокращение времени восстановления АСМ повышает коэффициент готовности. Применение ЭС поддержки процесса диагно-

стирования АСМ в составе СМТП сокращает время поиска отказавшего блока, снижая время восстановления, что в свою очередь повышает коэффициент готовности.

Литература:

1. Игнатъев, С. А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции/ С. А. Игнатъев, В. В. Горбунов, А. А. Игнатъев. Саратов: СГТУ, 2009. — 160с.
2. Козлова, Т. Д. Экспертная система для определения причин неисправностей технологических систем. Вестник СГТУ № 2 (56) Выпуск 2. — СГТУ, 2011. — С.219–224
3. Козлова, Т. Д. Роль экспертной системы в организации мониторинга технологического процесса // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. научн. тр. Саратов: изд-во СГТУ, 2012. С.82–85.

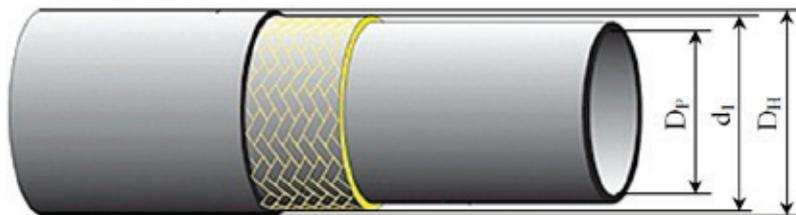
Анализ распределения напряжений по толщине гидравлического рукава

Мерзлякова Анна Юрьевна, студент;

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Среди огромного количества вариантов гидравлических рукавов особое место занимают рукава, рассчитанные для работы в условиях высокого давления (РВД). Рассмотрим РВД, используемый в качестве гибкого трубопровода для подачи моторных масел, газов, жидкостей, топлива под давлением в агрегатах различных машин и оборудования. В процессе работы рукава его резиновые и металлические слои испытывают механические нагрузки под действием силы давления транспортируемого материала. Смоделируем задачу распределения кольцевого напряжения во внутренней резиновой камере рукава.



D_p — внутренний диаметр; d_1 — диаметр наложения металлической оплетки; D_n — наружный диаметр.

Рис. 1. РВД с одной металлической оплеткой

Для проектирования примем рукав резиновый высокого давления с одной металлической оплеткой неармированный группы Б согласно ГОСТ 6286–73 (рис.1).

Технические характеристики данного РВД приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики РВД с одной металлической оплеткой

| Параметр | Обозначение | Значение |
|---|---------------|----------|
| Внутренний диаметр рукава, мм | D_p | 20 |
| Толщина внутренней резиновой камеры, мм | δ_{PK} | 2 |
| Диаметр наложения металлической оплетки, мм | d_1 | 26 |
| Наружный диаметр, мм | D_n | 32 |
| Рабочее давление, МПа | P_p | 12 |

Разработаем компьютерную модель напряженного состояния внутренней камеры рукава резинового высокого давления неармированного группы Б. Моделирование осуществим с помощью программной среды ELCUT. Результат решения представлен на рис.2. Согласно полученной модели можно сделать вывод, что кольцевые напряжения во внутренней камере РВД при действии внутреннего давления, равному рабочему, наибольшего значения достигают на внутренней поверхности камеры, а при движении вдоль радиуса уменьшаются от величины 33,6 МПа до 28,8 МПа.

Помимо метода сеток, реализуемого программной средой ELCUT, смоделировать задачу распределения кольцевого напряжения во внутренней резиновой камере рукава возможно, используя теорию систем с распределенными параметрами. Данная теория предполагает анализ объектов и систем, параметры которых зависят не только от времени, но

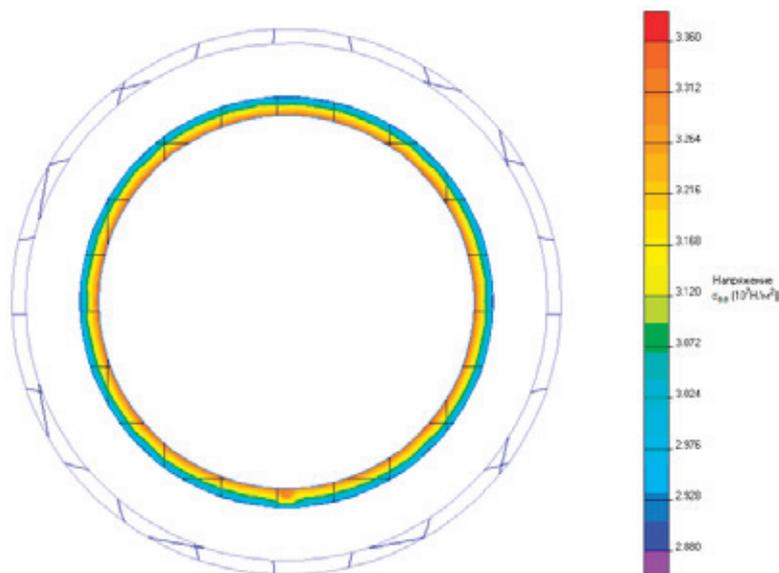


Рис. 2. Модель распределения кольцевых напряжений во внутренней камере РВД

и от пространственных координат, поэтому математические модели таких объектов представляют собой, как правило, дифференциальные уравнения в частных производных.

Функция $Q(r, t)$, описывающая распределение кольцевого напряжения в резиновой камере, определяется уравнением:

$$\frac{\partial Q(r, t)}{\partial t} - a^2 \cdot \left[\frac{\partial^2 Q(r, t)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial Q(r, t)}{\partial r} \right] = 0. \quad (1)$$

Данное уравнение одномерное параболического типа.

Опишем параметр a , входящий в данное уравнение.

$$a^2 = \sqrt{\frac{S}{\rho_p \cdot d}}, \quad (2)$$

где S — площадь поперечного сечения внутренней камеры РВД, м²;

ρ_p — объемная плотность материала внутренней камеры, кг/м³;

d — коэффициент несжимаемости материала внутренней камеры, Па⁻¹.

Материал внутренней камеры — резина плотностью 1200 кг/м³ и с коэффициентом несжимаемости, равным 0,00289 МПа⁻¹. Для РВД с площадью поперечного сечения внутренней камеры $6,59 \cdot 10^{-3}$ м²:

$$a = \sqrt[4]{\frac{6,59 \cdot 10^{-3}}{1200 \cdot 0,00289}} = 0,0085.$$

Так как кольцевое напряжение в рукаве в начальный момент времени отсутствует, то имеем нулевые начальные условия:

$$Q(r, 0) = Q_0(r) = 0. \quad (3)$$

Для описания граничных условий на внутренней поверхности камеры воспользуемся результатами моделирования, полученными с помощью метода сеток. В результате условие представим как градиент давления, направленный по радиусу внутренней камеры:

$$\frac{\partial Q(r_0, t)}{\partial r} = g_1(t) = \frac{12 \cdot 10^6}{0,073 \cdot 10^{-3}} = 16 \cdot 10^{10}. \quad (4)$$

Давление на внешнюю поверхность камеры примем равным нулю, и данное граничное условие примет вид:

$$\frac{\partial Q(r_1, t)}{\partial r} = g_2(t) = 0. \quad (5)$$

Для выбранного уравнения параболического типа с учётом нулевого входного воздействия, принятых начальных (3) и граничных (4), (5) условий стандартизирующая функция принимает вид:

$$\omega(r, t) = \omega(r, t) = -a^2 \cdot \delta(0,01 - r) 16 \cdot 10^{10}. \quad (6)$$

Преобразованная функция Грина:

$$G(r, \rho, t) = \frac{0,16}{r\rho} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 + 0,000121\mu_k^2}{[0,001(0,0001\mu_k^2 + 1)(0,000121\mu_k^2 + 1) + 0,021(1 - \times 1} \cdot \frac{[\sin(\mu_k(r - 0,01)) + 0,0001\mu_k \cos(\mu_k(r - 0,01))] [\sin(\mu_k \cdot -0,00011\mu_k^2)]^{1/2}}{[\sin(\mu_k(\rho - 0,01)) + 0,0001\mu_k \cos(\mu_k(\rho - 0,01))] e^{-a^2\mu_k^2 t}},$$

где

$$\varphi_k(r) = \frac{(1 + 0,000121\mu_k^2)^{1/2} [\sin(\mu_k(r - 0,01)) + 0,0001\mu_k \cos(\mu_k(r - -0,01))]^{1/2}}{[0,001(0,0001\mu_k^2 + 1)(0,000121\mu_k^2 + 1) + 0,021(1 - -0,01)]^{1/2}}.$$

μ_k — расположенные в порядке возрастания положительные корни уравнения:

$$(1 - 0,00011\mu^2)\sin(0,32\mu) + 0,021\mu \cos(-0,001\mu) = 0. \quad (7)$$

Решая его графически, можно определить первые положительные корни.

Идентификация исходного уравнения позволяет перейти к расчету распределенной выходной величины:

$$Q(r, t) = \int_0^t \int_{r_0}^{r_1} G(r, \rho, t) \cdot \omega(\rho, \tau) d\rho dt. \quad (8)$$

Решение двойного интеграла (8) имеет вид:

$$Q(r, t) = \frac{126300000}{r} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(1 + 0,000121\mu_k^2) \cdot [\sin(\mu_k(r - 0,01)) + 0,0001\mu_k \cos(\mu_k(r - 0,01))] \cdot 0,0001\mu_k e^{-a^2\mu_k^2 t}}{0,001(0,0001\mu_k^2 + 1) \times (0,000121\mu_k^2 + 1) + 0,021(1 - 0,00011\mu_k^2)}. \quad (9)$$

Построим график этой функции при фиксированном времени t , ограничив до пяти количество корней уравнения (7). Полученные графики представлены на рис.3.

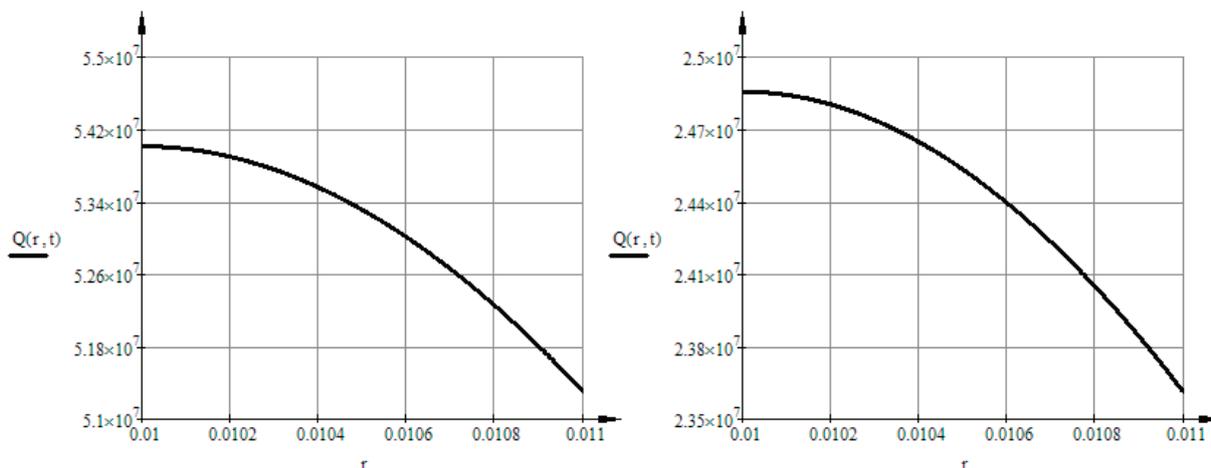


Рис. 3. Графики выходной величины $Q(r, t)$ при $t = 1$ с и $t = 10$ с

На полученных графиках наблюдаем монотонно убывающую в пределах от 0,01 м до 0,011 м выходную распределенную величину $Q(r, t)$. Следовательно, при воздействии гидростатического давления на внутреннюю поверхность резиновой камеры, постоянном и равном нулю внешнем давлении, отсутствии входного возмущения и нулевых начальных условиях кольцевое напряжение в камере монотонно убывает в направлении от ее внутренней поверхности к внешней.

Данные исследования являются начальными. В дальнейшем предполагается исследовать гидравлический рукав высокого давления, состоящий из нескольких слоев (внутренняя резиновая камера, металлическая оплетка, внешняя резиновая камера), решая при этом контактную задачу.

Литература:

1. Бутковский, А. Г. Характеристики систем с распределенными параметрами / А. Г. Бутковский. — М.: Наука, 1979. — 224 с.
2. Мефедова, Ю. А. Моделирование систем управления в распределенных параметрах: учеб. — метод. пособие / Ю. А. Мефедова. — Саратов.: СГТУ, 2011. — 80 с.

Распознавание дефектов деталей с помощью нейронной сети определенного типа

Шумарова Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент

Утюмов Андрей Алексеевич, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В последние десятилетия в мире бурно развивается новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях. Актуальность исследований в этом направлении подтверждается массой различных практических применений. Это автоматизация процессов распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, создание экспертных систем, организация ассоциативной памяти и многие другие приложения [1.2].

В задачах неразрушающего контроля (НК) очевидное применение нейронных сетей — это распознавание дефектов по сигналам прибора неразрушающего контроля.

Несплошности металла создают различные сигналы в приборе НК — образы. В настоящее время проблема распознавания дефектов (распознавание образов) целиком возложена на дефектоскописта. Актуальной, считается задача нахождения универсального подхода к построению автоматических устройств распознавания образов, ориентированных прежде всего на решение задач дефектоскопии.

Сигналы приборов неразрушающего контроля являются как правило функциями одного или двух параметров. По окончании сканирования на экране монитора прибора вихретокового контроля ПВК-К2М формиру-

ется вихретоковый образ в виде разверток сканируемых поверхностей, на которых яркостью и цветом выделяются локальные и периодические неоднородности поверхностного слоя детали. Дается также график сигналов вихретокового преобразователя. С помощью встроенного цифрового измерителя можно определить величину сигнала в любой точке сканируемой поверхности.

Общей чертой данных является тот факт, что всегда анализируется ограниченная выборка сигнала. Изображение типичного высокочастотного сигнала представлено на рис. 1. Не все возможные сигналы несут информацию о дефектах. Только небольшая часть сигналов по

сравнению с их общим числом являются информативными.

Сигналы, несущие информацию о дефектах, образуют плотное множество, т.е. если две несплошности, имеют близкие характеристики, то и сигналы от них будут близки по всем параметрам. В связи с этим можно сделать вывод что, множество информативных сигналов занимает ограниченную и плотную область во множестве всех сигналов выборки и множество сигналов от дефектов конкретного типа тоже плотное. Поэтому оно занимает ограниченную область во множестве информативных сигналов, т.е. является его подмножеством.

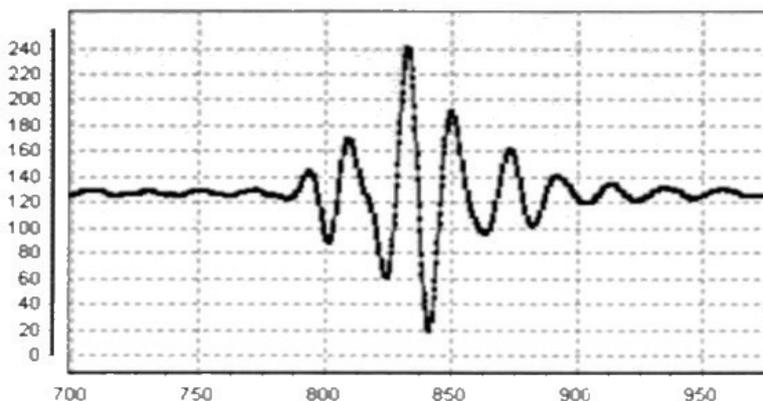


Рис. 1. Пример сигнала

Соотношения между множествами демонстрирует рисунок 2. Множество информативных сигналов не обязательно односвязное. Внутри него могут существовать области с сигналами не несущими никакой информации

о дефектах. Один и тот же сигнал может наблюдаться от разных дефектов. То же самое относится и к множествам сигналов от дефектов конкретного типа.

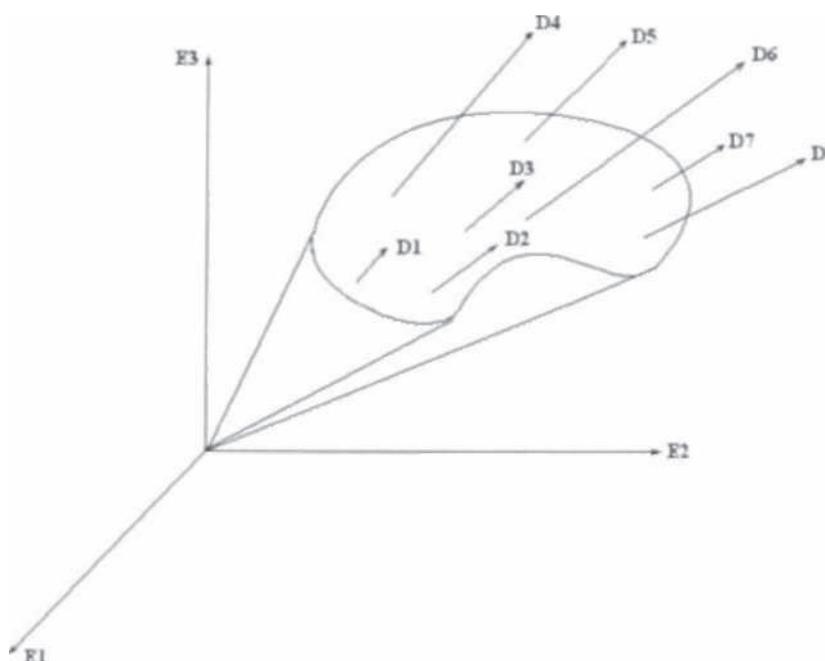


Рис. 2. Выделение области информационного пространства с сигналами от какого-либо вида дефекта. E1, E2, E3 — базисные векторы, D1 — D8 — образцы сигналов от дефектов

Разделение сигналов в информационном пространстве демонстрирует рисунок 1. Здесь образцы сигналов от дефектов конкретного типа D1 — D8 получены, например, опытным путем. Далее, указывается коническая область, исходящая из нуля базисной системы координат. Область, которая охватывает все образцы сигналов. Тогда распознавание дефекта производится путем проверки, попадает ли исследуемый сигнал в эту область. Если — да, то дефект относится к данному типу со всеми вытекающими последствиями.

В настоящее время существует большое количество разнообразных структур нейронных сетей. Все сети имеют нейроны с выходной нелинейностью типа насыщения, т.е. выходная функция нейрона такова, что при большом входном сигнале сигнал на выходе нейрона практически не меняется. Такие сети не гарантируют линейной связи входного обнаруженного сигнала и выходного сигнала сети. Поэтому используем другой подход. Расчет выходного сигнала сети производится следующим образом. Берется ограниченная выборка сигнала $\{F_i\}$. $i = [1, N]$ из данных прибора НК. Полный анализ всех данных прибора осуществляется путем смещения окна выборки. Это связано с тем, что сигналы, несущие информацию о дефектах, как правило, короче общего блока данных прибора.

Сигналы $\{F_i\}$ поступают на первый слой нейронов. Обозначим общее количество нейронов в первом слое — $m1$. Каждый нейрон производит вычисление своего выходного сигнала $NR1_j$.

Далее сигналы $NR2_j$, $j = [1, m2]$ поступают на третий слой, где производится еще более детальное разделение пространства. И так далее — до слоя с номером S . Таким образом, последовательно осуществляется фрагментация информационного пространства. Выходной нейрон осуществляет объединение фрагментов.

Нейронная сеть создает множество плоскостей, разделяющих информационное пространство. Общее количество плоскостей равно общему числу нейронов в сети. Все плоскости проходят через точку ноль базиса, т.е. они имеют общую точку пересечения соответствующую нулевому сигналу $\{0,0,0,0,\dots,0\}$. Предлагаемая нейронная сеть способна выделять области пространства со сложной конфигурацией, все зависит от взаимного расположения разделяющих плоскостей и от последовательности наложения ограничений. Важным достоинством сети является свойство линейности. Если сигнал попадает в выделенную область информационного пространства, то он создает не нулевой сигнал OUT на выходе сети, причем сигнал OUT пропорционален входному сигналу.

Обучение нейронной сети производится традиционным способом. Данный способ называют еще — обучение с учителем [1].

Обучение производится по образцам сигналов. Выделяют сигналы прибора НК $\{INP_{ij}\}$, которые должна распознавать нейронная сеть — позитивные сигналы. Каждому сигналу ставится в соответствие выходной сигнал сети OUT. Кроме того, указываются сигналы $\{INA_{ij}\}$ на которые сеть не должна реагировать — альтернативные сигналы. Выход сети при воздействии альтернативного сигнала должен быть равен нулю. Альтернативные сигналы необходимы для правильного разграничения информационного пространства. Качество работы нейронной сети во многом определяется тем, насколько полно заданы позитивные и альтернативные сигналы в информационном пространстве.

Очень важно, чтобы обучающие сигналы были не противоречивы. Если, например, задать некоторый позитивный сигнал и одновременно указать близкий к нему сигнал как альтернативный, то нейронная сеть в процессе обучения будет искать малые отличия между ними. В результате разделение таких сигналов не произойдет.

Качество обучения определяют по суммарной квадратичной ошибке между выходными сигналами сети и обучающими выходными сигналами. Суммирование ошибок производится по всем позитивным и альтернативным сигналам.

Таким образом, для обеспечения надежной работы нейронных сетей необходимо подготовить большое количество образцов сигналов, охватывающих все размерности информационного пространства. Задачу классификации дефектов решает человек (специалист), и решает ее эмпирически, действуя на основании своего опыта и интуиции, поэтому конечный продукт — устройство распознавания — отражает знания и опыт специалиста.

Нейронная сеть является одновременно носителем информации и практическим устройством. Нейронные сети содержат в себе опыт и знания специалистов. О формате данных и структурах сетей всегда можно договориться, создать стандарт. Нейронную сеть можно поработать, поэкспериментировать и приобрести заложенные в нее знания. Точно также сегодня приобретают опыт дефектоскописты, проходя обучение и занимаясь практической работой. Нейросеть является мощным и универсальным инструментом распознавания дефектов. Нейросеть не принимает и не должна принимать решений о годности изделий. Она не заменяет человека в этом, самом ответственном деле, а является его помощником, также как дефектоскоп.

Нейросеть является мощным и универсальным инструментом распознавания дефектов. Она не принимает и не должна принимать решений о годности изделий, она не заменяет человека в этом, самом ответственном деле, а является его помощником.

Литература:

3. Ф. Уоссермен, Нейрокомпьютерная техника. М..Мир. 1992.
4. Artificial Neural Networks: Concepts and Theory. IEEE Computer Society Press. 1992.

-
5. Acheroy, M., Gradjean S. (1994). *METEOSTATImage Compression using the Wavelet Transform* ESA contract final report 10031/92/D/1M. Royal Military Academy. Belgium. March 14. 1994. URL: <ftp://ftp.elec.rma.ac.be/user/jma/finrepl.ps.gz>
 6. Наука и обучение. Информация по нейронным сетям. URL: <http://www.91.ru/Education/>

09. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Черты национально-романтической ветви в творчестве Бондаренко И. Е.

Закирова Татьяна Тимофеевна, кандидат архитектуры, доцент;

Молодчикова Алёна Александровна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В начале XX века в России получило распространение, весьма заметное, течение в пространственных искусствах, получившее название модерн или как его называли современники «новый стиль» [1]. Характерным для русского модерна было обращение к истокам национальной культуры, которое выразилось в «национально-романтическом» стиле, позднее получившем название «неорусский» [1].

Значительную роль в формировании неорусского течения сыграл Абрамцевский кружок [1]. Это было общество, сложившееся в середине 1870-х годов вокруг известного промышленника и мецената — С. И. Мамонтова. Среди лидеров кружка можно выделить И. Е. Репина, В. Д. Поленова, В. М. Васнецова и др [1]. Участники Абрамцевского сообщества, по-новому осмысляя стилистику национального искусства, стремились возродить интерес общества к истокам русской культуры.

Полнее всего неорусский стиль выразил себя в архитектуре. Вдохновением для нового течения служили образцы древнерусского зодчества [2]. В отличие от стилизаторства, подразумевающее простое копирование без понимания сути, национально-романтический стиль обеспечил гармонию между выразительностью облика постройки и его функционально-конструктивной стороной [2]. В связи с чем, новая строительная техника и тип сооружения составляли единое целое с национальными архитектурными формами.

После выхода указа Николая II «Об укреплении начал веротерпимости», опубликованного в 1905 году, неорусский стиль нашел отражение в архитектуре старообрядческого храма [4]. Благодаря денежным средствам старообрядческих общин, началось массовое храмовое строительство. Последователи старой веры стремились возводить храмы по проектам выдающихся архитекторов, работающих в новом стилевом направлении, что способствовало созданию нового образа русского старообрядческого храма.

Множество замечательных храмов для староверов было построено по проектам архитектора Бондаренко Ильи Евграфовича — последователя идей Абрамцевского кружка. Именно творчество Бондаренко заложило основу для нового этапа развития старообрядческого храмостроения. В своих работах Бондаренко, используя формы, генетически связанные с древнерусским зодчеством, смело трансформировал их и «играл» ими [3]. Вдохновением для него служила архитектурная пластика Пскова и Новгорода. Наиболее значимыми в его творчестве являются проекты московских храмов в Токмаковом и Малом Гавриковом переулках [3]. В них ясно выразились излюбленные приемы зодчего, при построении объемов храма, с последующим их оформлением, — внимание к прорисовке силуэта, частое использование в отделке фасадной майолики, живописных панно и витражного остекления [3].

Московский храм поморской общины в Токмаковом переулке

Храм, спроектированный Бондаренко для староверческой поморской общины, стал первым московским старообрядческим храмом, возведенным после манифеста Николая II. Проект был одобрен советом общины 15 февраля 1907 года. А уже 20 мая состоялась торжественная закладка храма, посвященного Воскресению Христову и Покрову Богородицы [4] (рис.1).

Сравнительно небольшой по размерам, храм вмещал 500 человек. В своем облике он повторяет мотивы псковско-новгородских церквей. Фасады сооружения были облицованы кирпичом бледно-палевого цвета. Кровля покрыта многоцветной черепицей. Свет в помещения храма проникал через широкие окна в древнерусском стиле, заполненные витражным остеклением.

Главный вход решен в виде портала тамбура, завершенного килеобразным фронтоном, и украшен колоннами

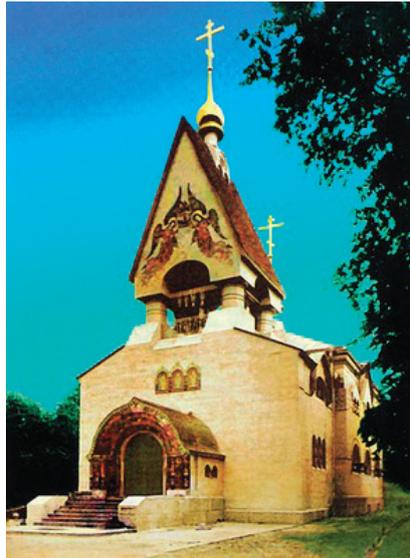


Рис. 1. Церковь в Токмаковом переулке видна храм с запада (Москва, 1908 г.)



Рис. 2. Церковь в Токмаковом переулке фронтон колокольни



Рис. 3. Церковь в Токмаковом переулке. Проект южного фасада храма (Москва, 1907 г.)

в древнерусском стиле. Из тамбура массивные дубовые двери вели в притвор храма, объем которого завершала колокольня под двускатной крышей, увенчанной главою с позолоченным куполом и крестом. Высокий фронтон колокольни украшало, выложенное из майоликовой плитки, изображение двух ангелов, держащих на руках икону Спасителя (рис.2). Снаружи, для подчеркивания доминирующего положения, средний объем был декорирован кокошником с майоликовым изображением (рис.3). В интерьере стены и свод, не имеющие росписей и лепных украшений, были выкрашены в серовато-голубой оттенок, напоминающий низкое северное небо. Здесь располагалась широкая лестница (рис.4), которая вела на просторные

хоры, где в праздник Светлой Пасхи выставлялись столы для освещения куличей.

Московский храм в Малом Гавриковом переулке

Храм был построен в честь Покрова Пресвятой Богородицы (рис.5) в 1911 году и является одним из самых выдающихся памятников храмового искусства начала XX века [4]. Фасады были украшены изразцами и росписью. Глава купола и шатер колокольни покрыты золоченой майоликовой черепицей. Помимо этого в отделке использовалось витражное остекление, что так же является одной из составляющих авторского почерка Бондаренко.



Рис. 4. Церковь в Токмаковом переулке. Лестница, ведущая на хоры



Рис. 5. Храм в малом Гавриковом переулке вид с юга (Москва)

Храм представляет собой двухэтажное сооружение, в котором нижний этаж занимал храм Успения Божьей Матери, рассчитанный на 300 человек, а верхний — храм Покрова Пресвятой Богородицы, на 1000 человек [4]. В отличие от нижнего, верхний храм был предназначен для проведения служб в праздничные дни.

Главный вход, расположенный с западной стороны (рис.6), решен в виде тамбура, завершенного килевидным фронтоном. Входной проем имеет арочную форму и обрамлен перспективным порталом. Стены колокольни, венчающей объем притвора, завершены килеобразными закомарами и восьмигранным шатром, символизирующим Богоматерь как Владычицу и Матерь Церкви.

Далее следует кубовидный объем наоса (рис.7), с трехчастными килевидными кокошниками, занимающий главенствующее положение во всей композиции храма.

В конструктивном отношении его покрытие представляет особый интерес. Стены барабана, выполненные из двух железобетонных плит с прослойкой воздуха, опираются на кольцо железной фермы крыши. Сам купол и своды также выполнены из железобетона. По центральной оси южного и северного фасадов наоса расположены входные порталы с верхними завершениями килеобразной формы. Над порталами расположены по три вытянутых окна, с полуциркульным завершением.

Часовня-усыпальница Поляковых

Часовня-усыпальница была построена около 1910 года у ограды усадебной церкви старообрядцев Поляковых (рис.8). Кирпичная, облицованная светлой декоративной плиткой и богато украшенная снаружи и внутри глазу-



Рис. 6. Храм в малом Гавриковом переулке. Вид с запада (Москва, 1913 г.)



Рис. 7. Храм в малом Гавриковом переулке. Проект бокового фасада (вид с юга)



Рис. 8. Часовня — усыпальница Поляковых. Общий вид (Москва, 2009 г.)

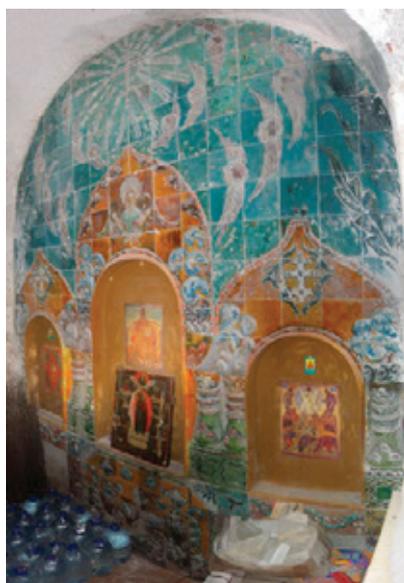


Рис.9. Часовня — усыпальница Поляковых. Иконостас



Рис. 10. Часовня — усыпальница Поляковых (Москва) западный фасад, план, разрез

рованной полихромной керамикой, она является незаурядным художественным произведением начала XX века.

Часовня представляет собой прямоугольное сооружение в плане (рис.9), покрытое двускатной черепичной крышей, повторяющей криволинейное очертание килевидного фронтона. Три небольшие главки завершают покрытие часовни, средняя из них располагается непосредственно на ребре конька. Входной портал в часовню, обрамленный килевидным завершением, располагается

с западной стороны и насыщен многоцветной майоликой приглушенных тонов. Тимпан над порталом занимало изразцовое изображение Спаса, по сторонам которого располагался текст ритуальной надписи на древнерусском языке.

В интерьере часовни сохранился иконостас (рис.10), состоящий из трех икон, и представляющий собой рельефное керамическое панно, с мистической композицией в духе модерна, несомненно, имеющее художественную ценность.

Литература:

1. Борисова, Е. А., Стернин Г. Ю. Русский модерн. — М.: Советский художник, 1990
2. Всеобщая история архитектуры т. 10 — М.: Издательство литературы по строительству, 1966—77?..Нащокина М. В. Архитекторы московского модерна. — М.: Жираф, 1998
3. Паламарчук, П. Г. Сорок Сороков. Краткая иллюстрированная история всех московских храмов. — М.: «Издательство АСТ», 2005

Усадебные комплексы купцов старообрядцев Мальцевых в Балаково

Зименкова Лилия Дмитриевна, старший преподаватель

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Ведущую роль в историческом и культурном наследии г. Балаково выполняла купеческая династия Мальцевых. Мальцевы известны как «хлебные короли», крупнейшие землевладельцы, обладатели многомиллионного состояния, по столичному образованные люди-хранители «древлего благочестия, староверы, приемлющие священство белокриницкой иерархии, попечители старообрядческих монастырей и скитов, благотворители храмоздатели»¹ второй половины XIX — начала XX века.

Основатель рода Михаил Трофимович Мальцев, который проживал в Николаевске и являлся владельцем 167 тысяч десятин (около 127 га) земли в Новоузенском и Николаевском уездах. Являясь богатым землевладельцем, занимался скупкой и продажей пшеницы, сдавал пахотную землю в аренду, построил салотопенный и кожевенный заводы, мельницы, кузницу, стал очень богат и записался в купцы. И по официальным данным числился Рыльским купцом, выходцем из Рыльских мещан. В 60-х годах XIX века переезжает в Балаково, где занимается улучшением организации хлеботорговой деятельности. Вдоль берега реки Балаковки строит высокие срубные амбары и организует работу двух пристаней с причалами для ссыпки в трюмы пшеницы.

Михаил Трофимович по приезде в Балаково приобретает для своего семейства усадьбу на перекрестке улиц Христорождественская и Новоузенская. Усадьба со строениями и двором занимает угловое положение. Жилые,

хозяйственные и складские постройки располагаются плотным кольцом по периметру дворового пространства, т.е. имеют замкнутую градостроительную композицию. Кирпичный двухэтажный жилой дом расположен главным фасадом с выходом на красную линию улицы. Второй дом — кладовая с жилыми помещениями (флигель) — размещен на другой улице. Архитектура дома при всей простоте «образцового» проекта отличается регулярным характером уличного фасада с ритмично размещенными проемами, обрамленными наличниками сдержанных очертаний. В составе надворных строений имеются: баня, конюшни (2), каретная, сарай, дровяник, погреб, чулан, «каменные выходы с железными дверями», беседка, колодезь, палисадники, отхожее место. На территорию усадьбы вели двое ворот и калитки. Все хозяйственные постройки выполнены из дерева. Усадьба одноворонная с жилищно-хозяйственной функцией.

В 70-х годах XIX века М. Мальцев начинает строительство двух новых усадеб (Рис. 1). Одна предназначалась для старшего сына Паисия, строилась на углу улиц Новоузенской и Московской. Другая родовая усадьба заняла участок по улицам Новоузенской, Никольской и Александровской.

Усадьба, предназначенная для Паисия, была построена на угловом участке. Двухэтажный дом, имеющий Г-образную форму, раскрывался двумя фасадами на улицу. Стилистика дома представлена формами нео-

¹ Будкина И (Хлебные короли)

барокко. Усадьба имеет однодворное пространство с жилищно-торгово-хозяйственной функцией.

В это же время началось строительство родовой усадьбы М. Мальцева. Первый этап формирования усадьбы: был построен одноэтажный жилой дом на цокольном этаже с необорочными формами. Фасады жилых домов у двух усадеб по традиции оштукатуриваются. Создание этих форм выполнялось в стиле барокко, свойственному русской архитектуре XVIII века. Этот стиль еще долго господствовал в малых городах, пока на смену не пришла кирпичная архитектура. Зарождение в Балаково кирпичной архитектуры отразилось на дальнейшем строительстве усадьбы. Первой постройкой были главные въездные ворота, выполненные в формах необарокко.

Второй этап: это главный этап застройки усадьбы — формирования завершенного образа купеческой усадьбы. Строительство второго этапа началось с создания выразительного архитектурного образа, связанного с архитектурой последней четверти XIX века с эклектикой. В этот период становится популярным один из мотивов итальянской ренессансной архитектуры. Выявлено, стилизация усадьбы отражает изменения, произошедшие в архитектурной моде, на первоначальном этапе архитектурный образ обладал большой целостностью и соответствовал формам необарокко. На втором этапе формирования усадьбы в связи с расширением и добавлением различных по функции дворов и зданий, зодчий создает выразительный архитектурный образ, применяя формы итальянской ренессансной архитектуры. Следует отметить, что постройки в усадьбе, гармонично вписались в усадебный ансамбль, и соответствовали требованиям заказчика.

Интерес к стилистике ренессансной архитектуры был востребованным в связи с требованиями на моду, который был близок по духу и вкусам купцов-старообрядцев. Несомненно, под влиянием новой моды находился и владелец усадьбы А. Мальцев.

И последний третий этап: постройка в усадьбе третьего дома в формах строгого модерна, что позволило объединить две постройки разных стилей (русское барокко и мотивы итальянского Ренессанса).

Этот многофункциональный усадебный комплекс состоит из 13 строений, имеет многоклеточную градостроительную структуру. Он разделен на функциональные зоны, изолированными друг от друга тремя дворами и садом, соединенными между собой входными и въездными узлами (главный, конюшенный и хозяйственный дворы, липовый сад). Усадебные постройки выполнены в различных стилях, так как строительство формировалось в три этапа и осуществлялось разными зодчими.

Архитектурно-планировочное решения усадьбы М. Мальцева ярко иллюстрирует специфику жизнедеятельности купцов-хлеботорговцев и является одним из важных композиционных звеньев наследия исторического

центра города Балаково периода XIX начала XX века. Характеристика усадьбы: это замкнутое, высокоорганизованное пространство, отвечающие обязательному основному требованию развития купеческой производственной деятельности, а именно, для размещения приезжих купцов с товаром (пшеницы) для приема и скупки. Функции быта семьи скрыты, что соответствовало принципам старообрядчества.

Усадьба, построенная отцом для Паисия, не удовлетворила вкусам сына и была продана купцу Менькову. В 1886 году было приобретено пустопорожнее усадебное место с участком 85х40 сажен, которое занимает боковой квартал между улицами Новоузенской, Христорожественской и Николаевской. Согласно историко-архивным материалам проект выполнил саратовский губернский архитектор Шустер Ф. И. Хозяином и заказчиком являлся высокообразованный купец I гильдии Паисий Мальцев, который в это время проживал в Москве. Проект представлял городскую усадьбу столичного уровня в Балаково, с богатым домом и садом, где ярко отражены вкус и духовный мир владельца. Архитектура усадебного комплекса представляет собой цельный единовременно созданный ансамбль, где с 1888—1890 год были построены два дома и все надворные постройки². Усадебные постройки отличается запоминающимся обликом и активным характером декора. В облике усадьбы доминирует роскошный жилой дом с главными торжественными воротами (Рис. 1). Главный основной дом — это одноэтажный объем с высоким цокольным этажом, мансардой и крышей сложной формы.

Дом имеет Г-образную конфигурацию в плане и выполнен в формах архитектуры неоренессанса. Усадьба Паисия в отличие от родовой усадьбы Мальцевых формировалась в соответствии со вкусами владельца, связанными со старообрядческой тягой к древним книгам, искусству и просвещению выдержана в ренессансных чертах. Усадьба разделена на два двора, где функции четко разграничены; жилая — с зоной отдыха, бытовая — с хозяйственными функциями, где располагались постройки; жилой флигель для обслуживающего персонала, кладовые с погребями, протяженный хозяйственно — бытовой корпус с каретной и конюшней, занимающий весь фасад усадьбы вдоль улицы. Замыкает хозяйственный двор брандмауэр. В служебно-хозяйственный двор с улицы Новоузенская (Ленина) ведут дворовые ворота и калитка, а также въезд мог осуществляться через сквозные ворота конюшни и въезда из главного двора.

Рассмотренные четыре усадьбы с разных сторон позволили выявить:

особенности среды обитания, сложившуюся в процессе формирования уклада жизнедеятельности купцов Мальцевых; различный духовный мир с традициями

² ГУСО «ЦГАСО» Ф. 5 Оп. 19 Д. 980 Бланки переписи частновладельческих и арендаторских хозяйств. Усадьба Паисия Мальцева.

и устойчивым менталитетом старообрядцев; глубокие исторические и культурные корни; социальные-экономические статусы старообрядческих купцов.

Рассматривая истоки создания Мальцевских усадеб в Балаково и особенности сложившегося купеческого образа жизни, а также анализируя планировочную структуру, типологию и архитектуру усадебных построек,

выявлен образ купеческой усадьбы, как целостного пространства с рационально геометрической планировочной структурой, формирующей определенные социально-функциональные процессы. Проанализированы две уникальнейшие Мальцевские усадьбы, сыгравшие огромную роль в популяризации русской усадебной культуры. При их создании, каждый из их владельцев на тот

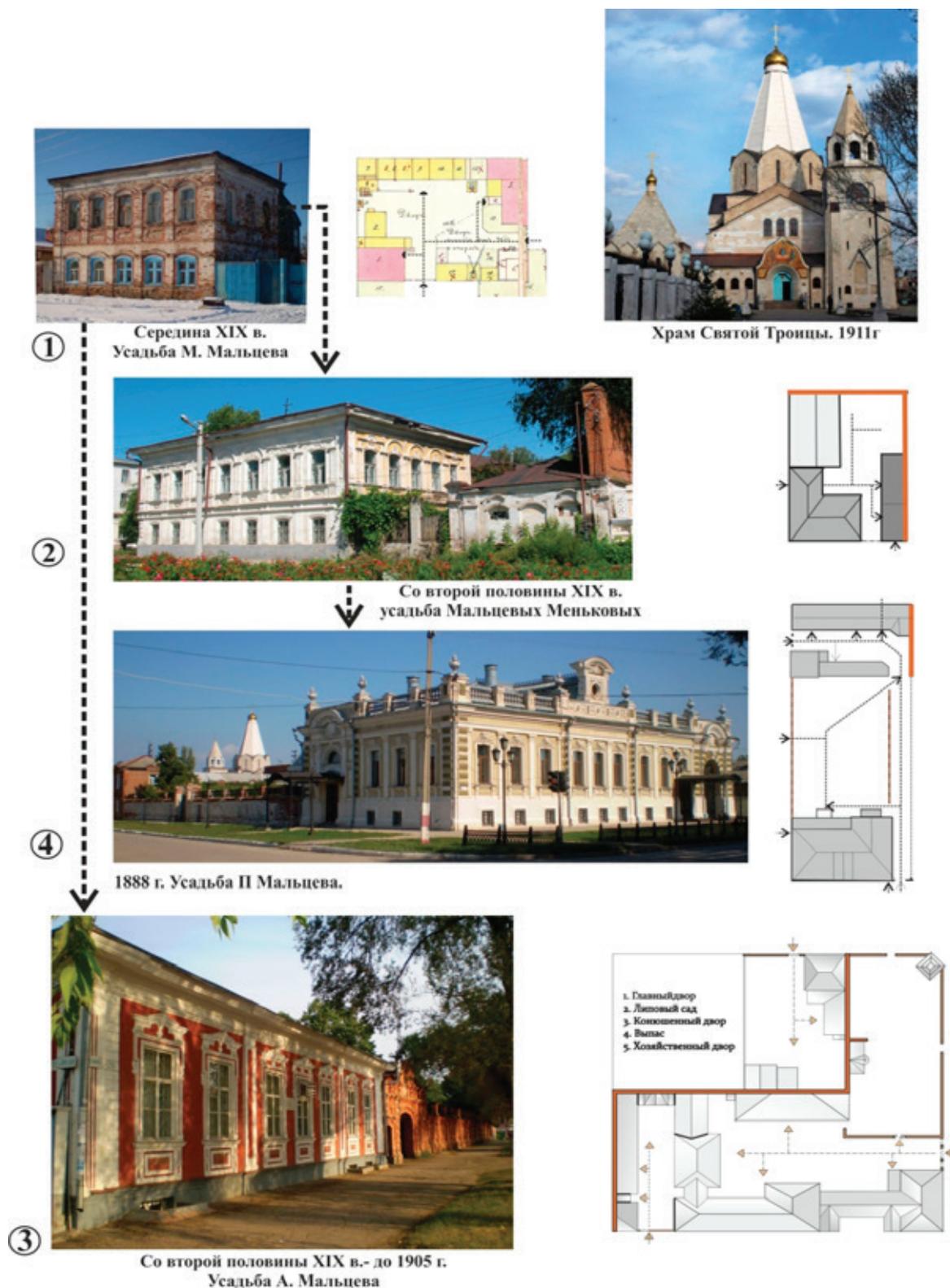


Рис. 1. Мальцевское наследие в памятниках архитектуры г. Балаково

момент руководствовался своими вкусами, традициями, культурой, духовностью и задачами.

Следует отметить, все четыре усадьбы, принадлежащие в различное время Мальцевым, и церковь Святой Троицы расположены на главной улице Ленина, бывшей «Новоузенской», являются доминантами, подчеркивают и украшают историческое окружение (Рис 1).

Литература:

1. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие — Саратов: изд-во Епархия 2008. с. 145
2. Русская усадьба// Сборник Общества изучения русской усадьбы. Вып. 12 — М.: «Жираф», 2006?.870
3. Зименкова, Л. Д. Архитектурная стилистика купеческих усадеб и особняков города Балаково конца XIX начала XX в.// Вестник ТГАСУ вып. 4. 2010?.100
4. Терехин, С. «Хвалынк. Архитектурный путеводитель. Приложение к журналу «Тектоника плюс» 1. Саратов ООО Ракурс. 2010?. 8
5. Русская усадьба. Сборник ОИРУ. № 19 (35). /Науч. Ред. — сост. М. В. Нащокина. СПб.: «Коло», 2011—670с.
6. Архитектурное наследство. Вып. 60/отв. Ред. И. А. Бондаренко. М.СПб.: «Коло», 20146—316с.

Купеческая архитектура Балаково XIX – начала XX века

Кашаева Екатерина Олеговна, ассистент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Образование «хлебной столицы» России конца XIX века Балакова в степном Заволжье изначально было тесно связано с наличием возможностей для развития на этих землях различных промыслов. Географическое положение способствовало привлечению сюда переселенцев. Основателями были великороссы и поселенцы других национальностей, занимающиеся скотоводством, рыболовством и собирательством. Огромную роль сыграло обоснование здесь старообрядцев. Благодаря торговле хлебом и лесом, а также некоторым промыслам многие предприимчивые крестьяне смогли накопить некоторый капитал, выстроить дома, открыть ремесленные заведения (мельницы, кузницы и заводы),

а на средства переселенцев-старообрядцев были выстроены первые церкви. Помимо этого здесь проходил почтовый тракт.

Основание Балакова как села в 1762 году связано с переселением сюда раскольников, а также иностранцев. Приток нового населения и капитала отражался не только на численном росте поселения, но и на его экономическом и культурном развитии. Здесь оказывалось все большее количество купцов, которые вкладывали свои средства в развитие промышленности, строили каменные дома и усадьбы, общественные заведения.

По мере заселения Заволжья удельное село Балаково в конце XIX века уверенно приобретало известность



Рис. 1. Балаково, период основания села

торгово-промышленного центра и хлебной столицы Поволжья. Этому способствовали выгодное географическое положение на историческом торговом пути, а также купеческие сословные связи. Хлебная пристань Балаково с большим количеством амбаров занимала одно из самых значительных мест на берегах Волги. На амбарной и центральной площади села — Базарной — ежегодно про-

ходили две ярмарки. По данным Самарского государственного архива только на Новой Базарной площади располагалось около сотни лавок и магазинов (бакалейные, мясные, рыбные, мануфактурные, горшечные, галантерейные, обувные, кожевенные, металлических изделий). Помимо этого также лавки и лабазы размещались на старой Базарной, Хлебной и Щепной площадях.

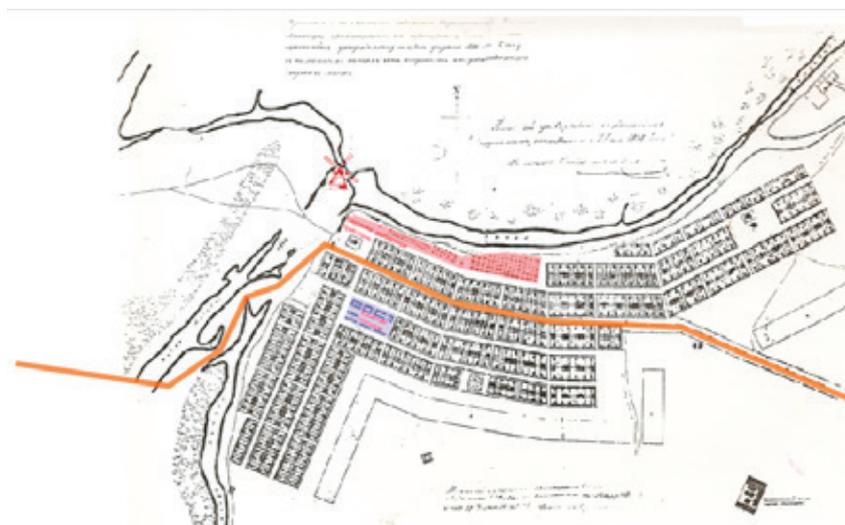


Рис. 2. Балаково. Конец XIX века

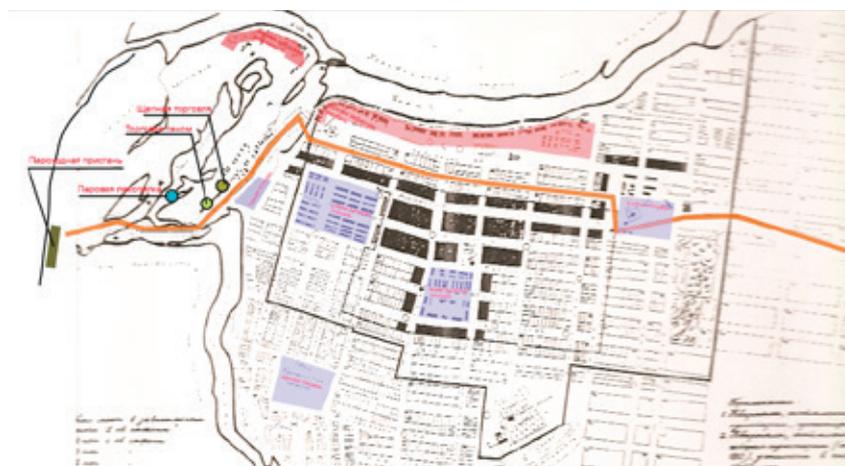


Рис. 3. Балаково. Начало XX века



Рис. 4. Балаково. Новая Базарная площадь. Конец XIX века

Это был центр села, вокруг которого территория застраивалась самыми значимыми и богатыми строениями. Участки вдоль и на пересечении улиц Новоузенской, Мариинской, Московской, Александровской, Никольской были самыми ценными и были заняты постройками купцов. На территории Новой Базарной площади располагались не только торговые ряды и лавки, но и крупные магазины.

Одним из таких был торговый дом купца Ермилин, расположенный по улице Александровской. Одноэтажное кирпичное здание обувного магазина с мансардой выстроено в конце XIX века в характерных эклектичных

формах. Лучковые завершения оконных и дверных проемов обрамлены рельефными обводами, между ними расположены широкие лопатки с арочными завершениями вверху. Выше здание опоясывает высокий рельефный карниз с кронштейнами, ниже которого проходит зубчатый пояс. Одной из самых ярких черт этого строения являются высокие, сложные по форме, торжественные аттики, которые просматриваются уже издали квартала и привлекают к себе внимание. К сожалению, современный фасад здания вследствие реконструкции утратил многие элементы в их истинной форме.



Рис. 5. Торговый дом Ермилина. а) историческое фото. б) современное фото

По соседству занимает свое место еще одно немалое строение — двухэтажный дом с нижним общественным этажом. По архивным документам дом принадлежал купцу Расторгуеву, верхний этаж был занят жилыми помещениями, а нижний этаж с большими витражными окнами использовался как ресторан. Здание выделяется из общей застройки Базарной площади оригиналь-

ными завершениями крыши в виде башенок с каждого угла здания, увенчанных шпилями и покрытых металлическими чешуйками. Интересна и архитектура фасадов здания с древнерусскими чертами — использование приема двухчастных окон, объединенных архивольтом лучковой формы, украшенным резными декоративными элементами.



Рис. 6. Дом Расторгуева с рестораном

В соседнем квартале располагался Торговый дом Кузнецова, позднее Александрова, где продавали высококачественную одежду. Напротив обосновался первый одноэтажный торговый дом Шмидтов, для которого позднее, в начале XX века, чуть дальше по улице было построено двухэтажное здание в стиле модерна. Это было центральное

отделение магазинов семьи Шмидтов и здание тому соответствовало. Оно представляло собой одну из градостроительных доминант. Наибольшую ценность представляет собой угловой вход, выделенный полукруглым ризалитом с декоративным балконом причудливой формы и увенчанный главой с декоративным металлическим завершением.

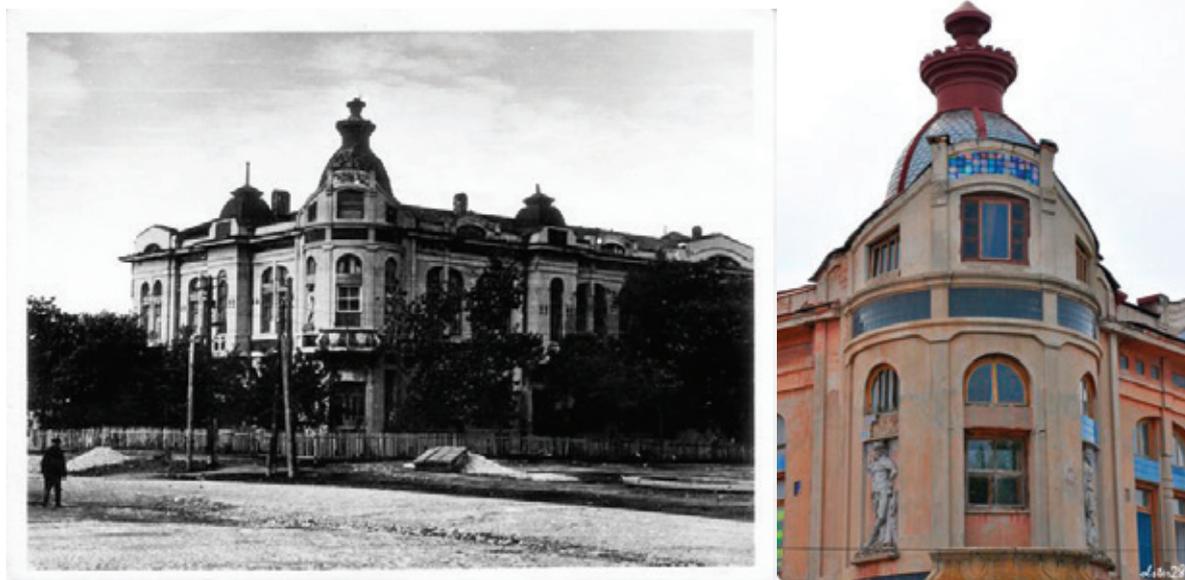


Рис. 7. Торговый дом Шмидта и сына. Историческое и современное фото

Ядро села-города Балаково на момент его расцвета составляли старообрядцы, большинство их принадлежало зажиточному торгово-промышленному классу общества. Среди старообрядцев балаковской общины выделялись «хлебные короли» наиболее влиятельные купцы династии Мальцевых, которые оставили богатое историко-культурное наследие в городе Балаково. Именно им принадлежали два самых значимых и крупных усадебных комплекса,

один из которых — усадьба Анисима Мальцева — также играл свою роль в торгово-экономической жизни Балаково. В комплекс усадьбы входили самые разнообразные строения: жилые дома, каретная, конюшни, дома для обслуживающего персонала, домовая часовня, а также башня-водокачка, которая снабжала большую часть города питьевой артезианской водой и служебно-гостевой корпус, который принимал приезжих купцов и торговцев.



Рис. 8. Усадебный комплекс А. Мальцева. Памятник архитектуры конца XIX века

Рассматривая архитектуру Балакова XIX — XX века, можно сказать, что подобные строения играли значимую роль в формировании как градостроительного, так и архи-

тектурного облика города и в своем роде отражают культурную составляющую, колорит и своеобразие старообрядческой купеческой жизни данного периода.

Литература:

1. Деревянченко, А. А. У реки великороссов: [историко-публицистический очерк о г. Балаково и этносах Поволжья] — Балаково: Август, 1994. — 278?.
2. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие. — Саратов: СГТУ, 2008.
3. Попова, Н. А. Архитектурное наследие степного края Заволжья. Монография. — Саратов: СГТУ, 2014, 280?.
4. Путеводитель по Волге. — СПб., 1862. — 316?.
5. СГА Ф.5.О19.Д943.

«Белокаменный феникс» Шехтеля в современности

Миленевич Алёна Дмитриевна, ассистент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Храм после множественных разрушений в советское время, в 2002 году героически восстановлен балаковцами. Белокаменный храм как птица «феникс» восстал из пепла (рис. 1). Церковь Святой Троицы является не только памятником церковной архитектуры начала XX века, творением знаменитого мастера модерна, но и памятником монументального мозаичного искусства, взятого под охрану государства в 30-е годы XX века, что подчёркивает его историко-архитектурную и художественную ценность.

Свято-Троицкая церковь расположена на высоком берегу реки Балаковка и имеет вытянутый вдоль реки участок (рис. 2).

Церковный комплекс включает само здание, состоящее из трех разновеликих объемов: зимней церкви в виде терема, мощного устремленного вверх шатрового объема главного молитвенного зала, и сторожа прямоугольной башни — колокольни. Сложение Свято-Троицкого ансамбля перекликается с ранними работами Ф. О. Шех-

теля в национально-романтическом стиле, а именно с объемной композицией русских павильонов в Глазго и Ярославского вокзала в Москве, кроме того просматривается влияние абрамцевского кружка, платформы архитектуры церквей неорусского стиля В. М. Васнецова, В. Д. Polenova.

Архитектор реставратор храма Д. В. Голубинов торжественно пишет в своей статье, что «нашему коллективу выпала очень почетная роль в деле восстановления этого шедевра. Собор, построенный лидером архитектуры русского модерна, на средства балаковского купца А. М. Мальцева, **представляет собой именно шедевр, как архитектурного, так и строительного искусства.** Это музей архитектурных деталей, продуманных до мелочей и виртуозно исполненных. Храм поражает и очаровывает своей понятностью и простотой, доведенной до аскетизма. Это идеально выверенная в пропорциях скульптура из белого камня. Гладкие поверхности стен, облицованные белым известняком, имеют карниз с нарочито



Рис. 1. Комплекс Свято-Троицкой церкви: Слева просвирня, зимняя церковь, главный объем и впереди колокольня. Фото. Весна.2014.Арх. Кашанин А.



Рис. 2. Вид на Свято-Троицкий храм с берега реки Балаковка

упрощенным профилем. За исключением тонких полукруглых пилястр на ребрах восьмериков и в простенках зимней церкви автору не понадобились никакие другие элементы декора. Весь архитектурный замысел собора заключается в композиции чистых геометрических объемов, производящих ошеломляющее впечатление. В этом проекте сконцентрированы все достижения строительного искусства начала XX века» Далее Д. В. Голубинов пишет^[1]: «Храм поражает и очаровывает своей понятностью и простотой, доведенной до аскетизма. Это идеально выверенная в пропорциях скульптура из белого камня. Гладкие поверхности стен, облицованные белым известняком, увенчаны карнизом «нарочито упрощенного профиля. За исключением тонких полукруглых пилястр на ребрах восьмериков и под кокошниками зимней церкви, автору не понадобилось никакие другие элементы декора для создания величественного сооружения. Весь архитектурный замысел собора заключается в композиции чистых геометрических объемов, производящих ошеломляющее впечатление».

В градостроительную композицию ансамбля храма входит просвирня и частично сохранившаяся часть шехтелевской ограды с северной стороны участка (рис. 3). Просвирня построена одновременно с главным зданием и присутствует на всех исторических фото 1912–1915 годов. Здание представляет собой небольшой одноэтажный объем с полуподвалом. Квадратная в плане постройка имеет два входа и лестницу в подвал, перекрыта четырехскатной ломаной крышей. Здание облицовано белым пиленым жигулевским камнем, крыша из кровельного железа.

На центральном фасаде выполнен скос угла, который переходит в треугольный фронтон. Оконные проемы

имеют разную конфигурацию и размер, но все они имеют полуциркульные завершения в виде клинчатого пояса. Основной вход в здание выполнен в виде высокого крыльца со ступенями, ведущими на полукруглую площадку. Выделяются также на стене овальная форма лестницы. Лестница имеет круглую конструкцию с забежными ступенями. В пространстве лестницы выделяются по две полукруглых ниши, хорошо организующих пространство.

Кроме двух зданий сохранилась с северной стороны шехтелевская ограда из камня с верхней решеткой, мощными тумбами овальной формы и трапециобразными воротами (рис. 4). Церковь, просвирня и ограда расположены рядом и составляют гармоничный ансамбль архитектуры модерна руки великого зодчего (рис. 5).

Несмотря на свой столетний возраст, храм Святой Троицы сохранил черты и формы могучего шатрового храма с необыкновенным огромным внутренним пространством зала, устремленного вверх, обеспеченного простой и четкой древнерусской системой четырех внутренних устоев по углам и мощных полуциркульных арок. Шехтелевская архитектура постоянно реставрируется. Обновлены деревянные конструкции хоровых антресолей, полы, интерьеры предела Александра Невского, недавно выполнен новый иконостас по эскизу Шехтеля.

Сохранившаяся архитектура навевает следующие соображения по выявлению его архитектурного замысла. При выборе сложной объемно-пространственной композиции Шехтель придерживался программы неорусского стиля разработанной абрамцевским кружком. Первое правило: контраст древнерусской строгости и аскетичности внешнего убранства белокаменных стен храма с живописностью интерьера. Второе правило: каждое помещение, а именно



Рис. 3. Просвирня. Арх. Ф. О. Шехтель. 2014. Фото А. Гусевой



Рис. 4. Часть «шехтелевской» ограды с северной стороны., которая примыкает к просвирне, как один пролет с металлической решеткой, а к нему примыкает авторская поворотная овальная в плане тумба



Рис. 5. Просвирня. Вид с колокольни. Арх. Ф. О. Шехтель. 2006. Фото Беляевой И.

зимняя церковь, молитвенный зал, колокольня имеют собственный объем и в тоже время рационально соединены в общую архитектурно-планировочную композицию посредством галереи. Третий программный принцип: кон-

трастом мощному главному шатру является традиционный объем башни сторожа — колокольни, а нюансом является миниатюрный объем с нежными кокошниками, бывшая крестильня — зимняя церковь

Литература:

1. Голубинов, Д. В. Восстановление Свято-Троицкого собора в Балаково. // журнал Тектоника № 07—08 2009., Саратов., с. 104—105
2. Попова, Н. А. Архитектурное наследие степного края Заволжья. Саратов 2014, с. 214

Влияние инженерно-геологических условий города на сохранность памятников истории и культуры

Незванкина Марина Викторовна, ассистент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

Инженерно-геологическая обстановка существенным образом влияет на условия сохранности памятников истории и культуры. И в этом спектре роль гидрогеологических факторов весьма значительна. Важное место в рассматриваемой проблеме занимают грунтовые воды и воды зоны аэрации, развитые спорадически (верховодка). Кроме того, при определенном геолого-литологическом строении приповерхностной толщи на застроенных территориях под воздействием некоторых урбанизированных процессов часто происходит образование локальных линз верховодки в ранее необводненных грунтах зоны аэрации. Подобные линзы иногда могут сливаться и формировать новый первый от земной поверхности постоянный, выдержанный на относительно больших площадях горизонт подземных вод техногенного происхождения.

Степень влияния инженерно-геологических условий на сохранность памятников истории и культуры зависит, прежде всего, от сложности этих условий. Важно оценить и дать прогноз возможности возникновения, развития и масштабов изменений среды, которые могут привести к ухудшению инженерно-геологических условий и снижению степени сохранности памятника.

Установление природы геологических процессов, негативно влияющих на основания, и своевременное принятие мер по устранению таких влияний является важнейшей задачей, от успешного решения которой во многом зависит «продолжительность жизни» памятников архитектуры.

На урбанизированных территориях влияние геологических процессов усиливается техногенными воздействиями, связанными со строительством наземных и подземных сооружений, проведением земляных работ, утечками подземных водных коммуникаций. Возникает проблема сохранения памятников архитектуры в условиях резкого нарушения устоявшегося многовекового состояния гео-

логической среды, вследствие которого могут происходить проседания пород, изменения направления движения подземных вод, активизация карстово-суффозионных и других процессов. Отсюда вытекает необходимость слежения за геологической средой во время строительных и реставрационных работ и в последующий период.

При решении этой сложной задачи недостаточно инженерно-геологического и гидрогеологического мониторинга. Важная роль, должна принадлежать и геофизическим методам исследований.

В условиях городов при наличии ограниченного пространства и многочисленных помехах эффективность геофизических методов резко снижается. Их применение в традиционной постановке часто оказывается не результативным. Высокую результативность геофизических исследований при решении археологических задач дает геофизический мониторинг как эффективный метод изучения активных геологических процессов, активно влияющих на архитектурные строения. Новый подход заключается в использовании высокочувствительной помехоустойчивой аппаратуры, применении оригинальных методик измерений и специальных процедур компьютерной обработки данных, проведении комплексных геолого-геофизических, геодезических, гидрогеологических, археологических и экологических работ, направленных на решение конкретных задач. Такая система наблюдений может существовать не только на открытых площадках, но и внутри зданий и строений. Это позволяет извлекать информацию об изменчивости физических полей, обусловленной активными геологическими процессами, протекающими вблизи и непосредственно под памятниками архитектуры, устанавливать природу таких процессов и характер их воздействия на основания памятников.

Основные методы — это высокоточная гравиразведка и электромагнитное зондирование становлением поля.

Малоглубинная сейсморазведка и измерения георадаром менее результативны.

Гравиметрический метод позволяет изучать плотностную неоднородность земной коры по аномальным изменениям поля силы тяжести. Съёмки должны проводиться в крупном масштабе с шагом измерений по профилям до 1–2 м и с точностью измерений $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ м/с (2) и выше. Они требуют использования высокоточной высокочувствительной гравиметрической аппаратуры и разработки специфических трудоёмких методик наблюдений. Высокая точность измерений должна соблюдаться и при топогеодезическом обеспечении гравиметрических измерений: погрешность определения высот не должна превышать 1 см. Предъявление столь высоких требований к качеству и надёжности гравиметрических съёмок обусловлено тем, что гравитационные эффекты, связанные с геологическими процессами, оказывающими влияние на фундаменты зданий и сооружений, равно как и наличие остатков древних строений в культурном слое, по своей интенсивности могут составлять лишь первые десятки микрогал (20/50*10м/с (2)). Для выявления столь незначительных аномальных изменений гравитационного поля используются высокоточные узкодиапазонные гравиметры типа ГНУ-КВ с малой ценой деления измерительного микрометрического устройства.

Полагая, что одновременно с движением вод изменяется плотность пород в верхней части разреза, неизбежно отображаемая в гравитационном поле, необходимо выявлять неприливные изменения силы тяжести, связанные со скоплением и разгрузкой подземных и, в первую очередь, грунтовых вод, оказывающих воздействие на основания строений. Увеличение гравитационного поля может

быть связано также с продолжающейся просадкой зданий после завершения строительства или его сползанием вниз по склону и одновременным погружением на глубину (при уменьшении глубины на 1–2 см поле должно возрасти на 4–8 микрогал).

Традиционная методика электромагнитного зондирования становлением поля не позволяет осуществлять детальных зондирований верхней части геологического разреза. Аппаратурный комплекс Импульс-авто М-1/0–20, созданный в Сибирском НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС) РАН позволяет одновременно с осуществлением контроля за поведением токового источника осуществлять плотную временную регистрацию вторичного поля на суперранних временах, чем обеспечивается электромагнитное зондирование самых верхних слоев геологического разреза.

Процесс учета влияния зданий и земного рельефа также требует разработки специальных программ, сбора большого объема исходной информации, осуществляемого вручную.

Подробное изучение структуры подземной зоны позволит составить карты инженерно-геологических условий, характеризующих отдельные подзоны с дополняющими их разрезами и профилями, отражающими особенности инженерно-геологических условий в различных частях подземной охранной зоны, а также паспортами для отдельных зданий и сооружений. Это позволит детально проанализировать всю имеющуюся геолого-геофизическую информацию, создать объемную модель подземной охранной зоны и разработать долговременную научно обоснованную программу проведения инженерно-геологических, геофизических и экологических работ.

Литература:

1. Слепак, З. М. Геофизический мониторинг при сохранении памятников архитектуры. М.: Изд-во Казанского Университета, 2009. 137с.
2. Пашкин, Е. М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высш. шк., 2008. 255с.
3. Улицкий, В. М., Шашкин А. Г. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. М.: Изд-во АСВ, 2009. 324с.
4. Слепак, З. М. Геофизический мониторинга при инженерных изысканиях на этапе сохранения строений и сооружений // Промышленное гражданское строительство, № 2, Москва, 2012, с. 56–59.

Древнерусские черты и архитектурные формы в архитектуре свято-троицкого храма архитектора Ф. О. Шехтеля

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, профессор

Плотникова Татьяна Александровна, студент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Балаково

В статье представлены результаты сравнительно-сопоставительного анализа традиций композиционного архитектурного формирования, знаковых форм и черт

разных школ древнерусского церковного зодчества (XI–XVII вв.) Новгорода, Пскова, Владимира, Москвы с формами Свято-Троицкого храма в Балаково. Определены

аналоги применения древнерусских архитектурных форм архитектором Ф. О. Шехтелем в архитектуре Свято-Троицкой церкви в городе Балаково, памятник архитектуры начала XX века национально-романтической ветви модерна, которая в 2014–15 годах отмечает свой столетний юбилей.

В 1908 году московское архитектурное общество от имени купца старообрядца Анисима Мальцева организовало конкурс на составление проекта храма в городе Балаково. Условием для участников было использование при проектировании храма форм древнерусского зодчества, дониконовских времён, но, ни один из выигравших конкурсы проектов не удовлетворил заказчика и по его

просьбе проект доработал в 1909 году академик архитектуры Ф. О. Шехтель (Рис.1–4).

Архитектура церкви содержит множество узнаваемых древнерусских форм и черт церковей разных городов Руси (3,4), попробуем разобраться в них. Начнем самого древнего памятника, собор Святой Софии в Новгороде (1045–1050гг) (рис.5). Сравним эти два памятника, прослеживается схожесть элементов убранства фасада.

Результаты сравнения выделяют наглядная идентичность следующих фасадных элементов и форм:

1. Шлемовидные главы новгородского типа;
2. — Контрфорсы (лопатки) выполнены со срезанным верхом;



Рис.1–2. Храм Святой Троицы, проект Ф. О. Шехтеля 1909. Западный фасад, южный фасад

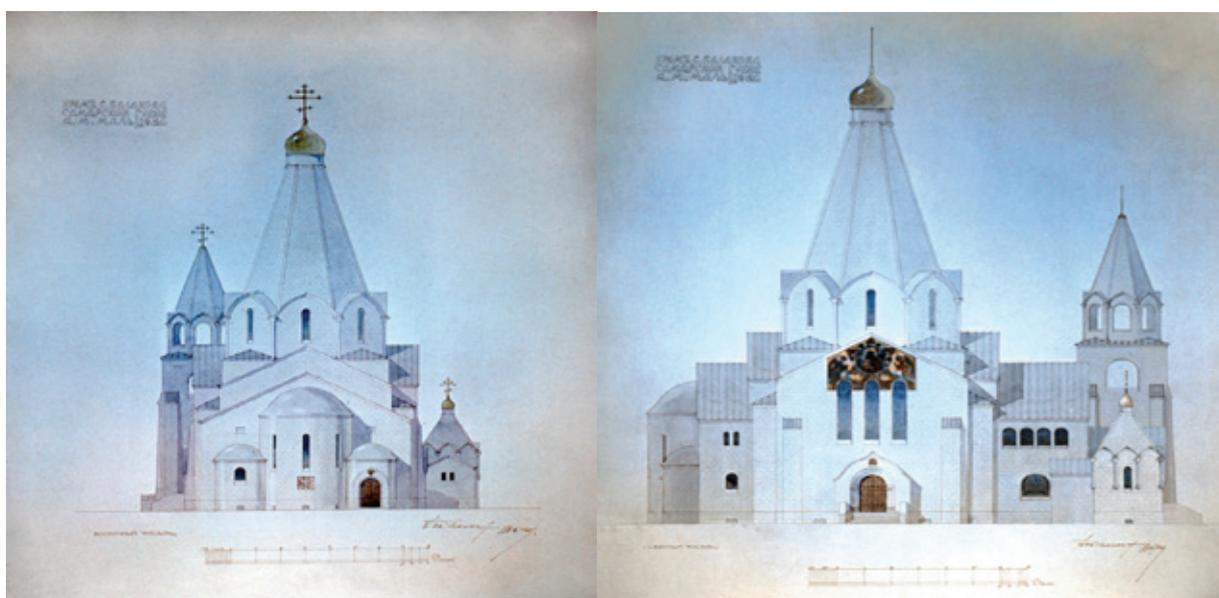


Рис. 3, 4. Храм Святой Троицы, проект Ф. О. Шехтеля 1909. Восточный и северный фасады

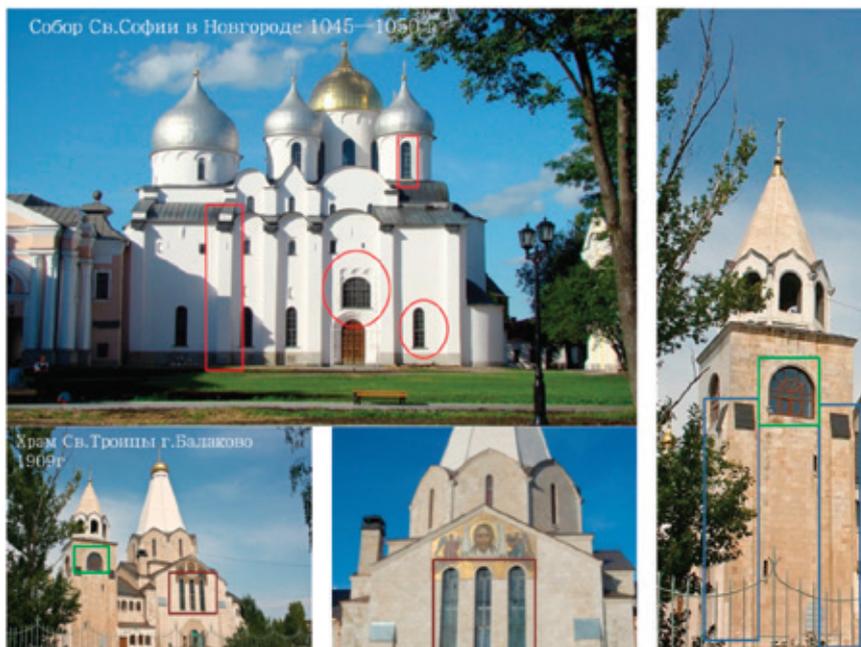


Рис. 5. Сравнение фасадов Собора Святой Софии в Новгороде и балаковского храма Святой Троицы

3. Вертикально вытянутые окна с арочным завершением;

4 Перспективный портал входа в виде тройной аркады;

5. Широкие арочные окна — глазницы на колокольни.

6. Композиция строгого единого белокаменный объема, без украшательств, отличительная черта древнерусских, псковско-новгородских храмов.

Монументальный шатровый объём храма Свято-Троицкого храма Шехтеля в Балаково представляет собой четверик, который венчает восьмигранный барабан, каждая грань которого завершена древнерусским килеобразным кокошником. На барабан опирается восьмигранный шатёр, как традиционная форма венчания

православного храма. Строительный приём, восьмерик на четверике, является чертой древнерусского православного храма. На рис.6 приведено визуальное сравнение композиционного и архитектурного формирования церквей

Храм Вознесения в селе Коломенском датируемый 1532 г. (Рис.7). Имеет некую схожесть в убранстве Фасада. Он является шатровым бесстолпным храмом. Затем закомары завершают грань каждой стены главного объема. Вытянутые щелевидные окна. Треугольный сандрик над оконной нишей.

Закомары или кокошники являются чисто русским декоративным элементом и отличительной чертой русской

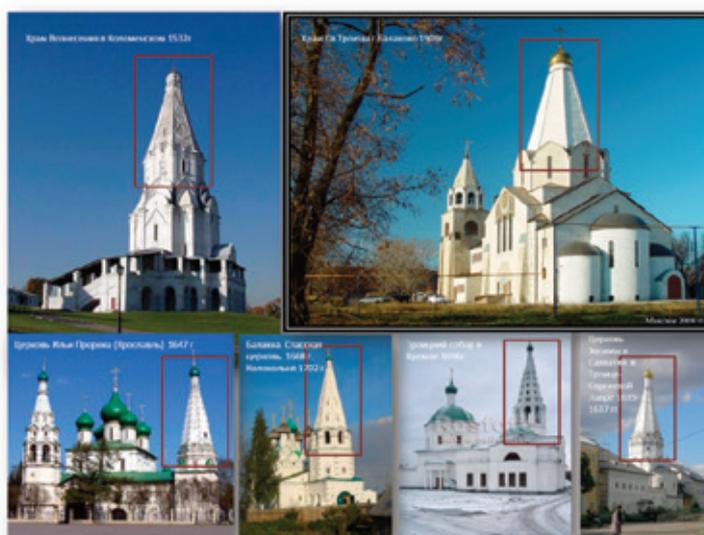


Рис.6. Сравнение архитектуры с древнерусскими шатровыми храмами: Храм в Коломенском; церковь Ильи Пророка в Ярославле; Церковь Зосимы в Сергеевской Лавре, Троицкий собор в Кремле, Спасская церковь в Балахне



Рис. 7. Сравнение Храма Вознесения в Коломенском и храма Святой Троицы в Балаково

архитектуры (Рис.8). Кокошник, опирающийся на небольшую пилястру, либо закомара завершающая грань стены показывают принадлежность храма к православию. Портальный вход с киле видным завершением также можно отнести к чертам древнерусского храма.

Ф. О. Шехтель при создании проекта опирался на программу национально-романтического стиля, возникшего как неорусский стиль в недрах Мамонтовского кружка, организованного в конце XIX века под Москвой и состоящего из передовых художников архитекторов, новаторов использующих платформу лучшего древнерусского наследия. Отличием этой школы возглавляемой Васнецовым, являлся отказ от прямого копирования образцов (5). Шехтель являлся активным членом этого общества и прямым проводником использования платформы абрам-

цевского наследия для проектирования храма Святой Троицы. Шехтель прямо называет В. М. Васнецова своим учителем¹.

В. Д. Поленов Церковь в Бехове 1906 г. и Мастерская «Аббатство» в Поленове под Тарусой 1904 г. (рис.9). Сравнив эти постройки, с Троицким храмом в Балаково, можно увидеть цельность, строгость, а также схожесть доминантных объемов в их общей композиции. Колокольня храма Св. Троицы, квадратная в плане, схожа с формами колокольни церкви в Бехове и Высокой четырехгранной башней Аббатства в Поленове. Раскосость фронтонов, а также его дублирование один над другим повторяются в формах шехтелевского храма. Сдержанный фасад, без украшательства и чистые белокаменные стены также объединяют эти памятники.



Рис. 8. Килеобразные формы закомар. Визуальное сравнение с церквями: Спасский собор Андроникова монастыря, Святодуховская церковь в Троице Сергеевой Лавре, церковь Ризположения в Кремле

¹ Ф.О. Шехтель. Письмо В.М. Васнецову. ГРГ, отдел рукописей, № 66/411, л. 2, 22 октября 1902.



Рис. 9. Сравнение архитектурных форм объектов абрамцевской школы с объёмным решением храма Шехтеля

На рис.9 представлен визуальное сравнение с общими чертами композиционного построения абрамцевских объектов. На рис.10. приведен сравнительный анализ архитектурных форм церкви Спаса Нерукотворного Образа (1881–1883, арх. П. М. Самарин по рисункам В. М. Васнецова и В. Д. Поленова) с рассматриваемым храмом Шехтеля. Схожесть прослеживается в форме шлемообразной главы, в вертикальных формах конторофорсах, расширенных к низу и со скошенным верхом. Двускатная раскосость фронтона на главном фасаде. Портальный перспективный вход, Все перечисленные черты имеют место в сравнении архитектурного облика этих построек.

Абрамцевская школа включала на плоскости фасадов церквей цветные мозаики, витражи. Что явилось важным компонентом убранства фасадов на Свято-Троицкой церкви Шехтеля. Её строгий белокаменные фасады разбавляют мозаичные панно из итальянской смальты, выполненные в мастерской Фролова Санкт-Петербурга по эскизам Чирикова.

В результате проведения сравнительного анализа архитектуры разных древнерусских школ можно выполнить заключение об истоках шехтелевской архитектуры, базирующейся на самобытных чертах церковного зодчества и платформе мамонтовского кружка.

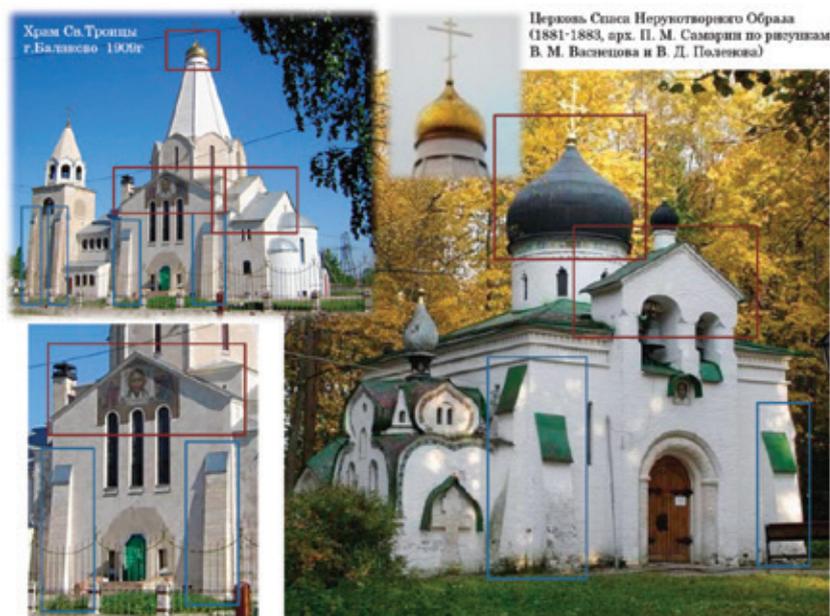


Рис. 10. Сравнение Церкви Спаса Нерукотворного Образа (Абрамцево 1883) и Свято-Троицкого храма (1914) Шехтеля. Ф.О.в Балаково



Рис. 11. Сравнение мозаичных панно, выполненные в мастерской Фролова про эскизам Н. Рериха, с мозаиками Свято-Троицкого храма (в центре)

Литература:

1. Русская православная церковь. М., Изд. Церковь, 1980, 202,206,254с.
2. Забелин., И. Е Черты самобытности в древнерусском зодчестве. М., 1900, с. 82.
3. История русской архитектуры. Под редакцией с. В Безсонова. М, 1956. С-51,149,204,
4. Трубецкой., Е. Умозрение в красках. М., 1916, с. 16.
5. Борисова, Е. А. Стернин Г. Ю. Русский модерн. М, Галарт 1994. С.16—50,53.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 14.2 (94.2) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Фозилов С. Ф.
Яхина А. С.
Ячинова С. Н.

Ответственные редакторы:

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Голубцов М. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 26