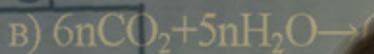
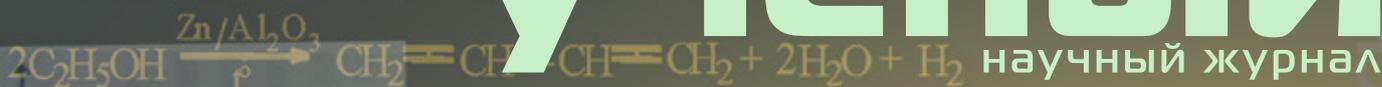


МОЛОДОЙ

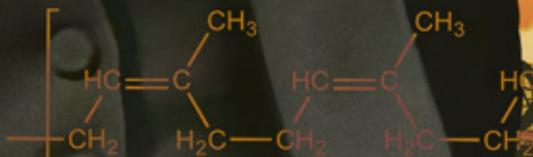
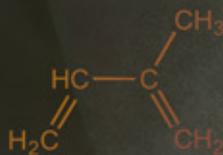
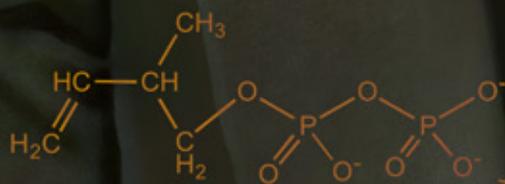
ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

научный журнал



Synthetic
rubber



В
2015
Часть I

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 13 (93) / 2015

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 Хусниддин 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)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (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: Бурьянов Павел Яковлевич

На обложке изображен Сергей Васильевич Лебедев (1874–1934) — русский учёный-химик, основоположник промышленного способа получения синтетического каучука.

.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

МАТЕМАТИКА

- Кувыкова Д. С.**
Сложение коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения.....1
- Расулов Т.Х., Рашидов А. Ш.**
Об основном состоянии одной блочно-операторной матрицы 2×2 3

ФИЗИКА

- Емельянов А.А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Кирыков Г. А., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Королёв О. А.**
Математическая модель асинхронного двигателя с переменными $\psi_r - I_r$ в произвольной системе координат7
- Емельянов А.А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Кирыков Г. А., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Королёв О. А.**
Математическое моделирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат с переменными $\Psi_r - i_s$ 20

ИНФОРМАТИКА

- Брейкин Е. А.**
Рекомендательная система на основе коллаборативной фильтрации 31
- Горбачев Д. В., Хакимова Э. Г.**
Обзор современных информационных технологий автоматизации деятельности в сфере ЖКХ33
- Каримов М. К.**
Услуги в сфере телекоммуникации и их продвижение35

Савицкий Д. В.

Обоснование необходимости внедрения ИС в бизнес-процессы предприятия 37

Трунова А. А.

Исследование криптосистем с открытым ключом на основе анализа алгоритма RSA.....39

Хихлуха Э. О.

Описание принципа построения функциональной модели основных бизнес-процессов взаимодействия пользователей и подсистем в корпоративной информационной системе ЗАО «Михайловский бройлер».....44

Чеботарев П. П., Шумейко Н. О., Серов С. С., Сницарук Д. Г., Андреев А. Е.

Конфигурирование и тестирование производительности вычислительного кластера на базе неоднородных многоядерных узлов 47

Черноног В. С.

Математическая модель маркетинговой кампании, использующей несколько коммуникационных каналов54

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Акимов С. А.

Автоматизированная информационно-справочная система технической библиотеки ..59

Алиев Н. Э.

Исследование процесса кровообращения на основе четырёхкамерной математической модели 60

Андронов М. И.

Проектирование входного каскада приёмного модуля Ку-диапазона63

Антонов Е. И., Баев А. В.

Программный комплекс мониторинга здоровья детей в ДОУ68

Анфилатов А. А. Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля.....73	Ахметов Н. Р., Макаров А. А. Объектно-ориентированные расширения в программировании систем автоматизации96
Анфилатов А. А. Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле76	Васильев Г. Л., Ефимов Ю. В., Манаков А. А., Чамеев В. В. Математические модели формирования длительности цикла для станочного оборудования..... 100
Анфилатов А. А. Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле....79	Дарбинян Ю. С. Анализ системы теплоснабжения Воронежа... 105
Анфилатов А. А. Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле ..82	Дроздов А. С., Садомский Я. А., Шарапов С. В. Техническое диагностирование внутридомового газового оборудования..... 108
Анфилатов А. А. Мощностные и экономические показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле ..85	Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Кузнецова А. Ю., Уразова А. А. Структурообразование геополимерного вяжущего на основе магматических горных пород с добавкой шлака..... 109
Анфилатов А. А. Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле87	Замчалин М. Н., Коровкин М. О., Ерошкина Н. А. Исследование влияния добавки бентонита на свойства раствора на основе композиционного цемента 112
Аптрахимов Д. Р., Ребезов М. Б., Смольникова Ф. Х. Совершенствование технологии макаронных изделий с добавлением растительного сырья (патентный поиск) 90	Захаров Е. В. Изменение пористости карбонатных пород под влиянием знакопеременных температурных воздействий в присутствии минерализованных вод..... 115
Ахметов Н. Р., Макаров А. А. Алгоритмы помехоустойчивого кодирования и их аппаратная реализация на основе ПЛИС...92	

Опровержение

Редакция журнала «Молодой ученый» отзываеет следующую статью, ранее опубликованную:

Кульнева И.И. Определение репутационного риска организации [Текст] / И.И. Кульнева, Н.И. Щеблыкина, Л.П. Гусева // Молодой ученый. — 2014. — №21. — С. 356–360.

Причина отзыва: плагиат, допущенный автором.

Информируем, что указанная статья в значительной части является переводом на русский язык опубликованной ранее статьи:

Тростяньська К. М. Ризикостворюючі фактори репутаційного ризику організації: визначення та упорядкування [Текст] / К. М. Тростяньська // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки», 2014. — Випуск 6. — Ч.3. — С.181–185.

МАТЕМАТИКА

Сложение коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения

Кувыкова Дарья Сергеевна, студент
Российский государственный гуманитарный университет

При многолетнем изучении полугрупп натуральных чисел было замечено, что при сложении двух коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения, в результате сложения $a\mathbb{N}+b\mathbb{N}$ (если $a=2$, a, b — любое нечетное натуральное число) мы получаем $\text{НОД}(a, b) \setminus \{ \text{все нечетные натуральные числа до } b \}$.

Давайте разберемся, есть ли какая-нибудь закономерность для вычисления множества исключений при сложении полугрупп натуральных чисел, где a — нечетное число; b — нечетное число, a — четное число; b — четное число, a — четное число; b — нечетное число, и, по возможности, установим ее.

Сначала же дадим определение полугруппы, натуральных чисел и бинарной операции.

Полугруппа — множество с заданной на нем ассоциативной бинарной операцией.

Бинарной операцией на множестве S называется отображение множества всех упорядоченных пар (x, y) элементов из S в множество S , то есть правило, сопоставляющее любой такой паре вполне определенный элемент из S — результат применения данной операции к x и y . В зависимости от выбора символа для обозначения операции указанный результат обозначается как $x + y$, $x \cdot y$, $x \circ y$, $x \text{ F } y$, $x \text{ T } y$ и т. п. **Операция** $+$ называется **ассоциативной**, если она удовлетворяет тождеству ассоциативности (по школьной терминологии, сочетательному закону): для любых x, y, z

$$(x + y) + z = x + (y + z).$$

Полугруппой называется всякое множество с заданной на нем бинарной ассоциативной операцией. Полугруппа S с операцией $+$ называется **коммутативной**, если для любых $x, y \in S$

$$x + y = y + x.$$

Если полугрупповая операция обозначена знаком $+$ [знаком «или отсутствием знака», то ее называют сложением [умножением] и говорят об аддитивной [мультипликативной] полугруппе.

Натуральные числа (естественные числа) — числа, возникающие естественным образом при счёте. После-

довательность всех натуральных чисел, расположенных в порядке их возрастания, называется **натуральным рядом**.

Существуют два подхода к определению натуральных чисел — это числа, возникающие при:

подсчёте (нумерации) предметов (*первый, второй, третий, ...*);

обозначении количества предметов (*нет предметов, один предмет, два предмета, ...*).

В первом случае ряд натуральных чисел начинается с единицы, во втором — с нуля. В подавляющем большинстве российских источников традиционно принят первый подход, то есть ноль не считается натуральным числом. Второй подход встречается у некоторых зарубежных авторов — например, он принят в трудах Бурбаки, где натуральные числа определяются как мощности конечных множеств. Кроме того, отсчёт с нуля широко распространён в программировании (например, для индексации массивов, нумерации битов машинного слова и т. д.).

Отрицательные и нецелые (рациональные, вещественные, ...) числа к натуральным не относятся.

Множество всех натуральных чисел принято обозначать символом \mathbb{N} (от лат. *naturalis* — естественный). Множество натуральных чисел является бесконечным, так как для любого натурального числа n найдётся натуральное число, большее чем n .

Примеры коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения:

$$3\mathbb{N}+7; 4\mathbb{N}+11\mathbb{N}; 2\mathbb{N}+5\mathbb{N} \text{ и т. д.}$$

Обратимся к истории исследования полугрупп натуральных чисел.

«За годы изучения этой темы опубликовано более 600 статей и более 500 тезисов докладов на различных конференциях, главным образом всесоюзных и международных. При этом более 270 статей напечатано в центральных отечественных математических журналах, более 130 — в международных журналах или трудах международных конференций, более 110 — в «Математических

записках Уральского университета» (выходивших в 60–80-х годах). Отмечу обобщающие публикации по областям исследований, которым в семинаре уделялось особенно большое внимание и в которые участники семинара внесли заметный (а в некоторых вопросах — определяющий) вклад. Это обзорные статьи [6] — [13], а также монографии [14] и [15]; вторая из монографий представляет собой не просто английский перевод, а модифицированную и расширенную версию первой. Несколько из упомянутых обзорных статей, как непосредственно видно по их названиям, посвящены проблематике тождеств и другим аспектам теории многообразий. В указанных трудах обзревается все основные достижения в соответствующих областях, принадлежащие многочисленным авторам из разных стран. Глава [16] справочной монографии по общей алгебре посвящена алгебраической теории полугрупп в целом и дает имеющий энциклопедический характер развернутый очерк этой теории (включая приложения к теориям формальных языков, автоматов и кодов) по состоянию на начало 90-х годов. Аналогичный характер имеют более ранние публикации автора данной заметки в Большой советской энциклопедии (3-е изд.) и пятитомной Математической энциклопедии (1977–1985): для первой была написана статья «Полугруппа», для второй — цикл из 40 статей по теории полугрупп. Недавно несколькими участниками семинара (М.В. Волковым, А.П. Замятиным и И.О. Коряковым) под руководством и при участии автора данной заметки подготовлен цикл из 11 статей для однотомной энциклопедии «Дискретная математика», выход которой в 2001 году.

Помимо оригинальных публикаций, определенное внимание было уделено нами и переводам на русский язык нескольких фундаментальных зарубежных трудов в областях, входящих в круг интересов участников семинара. Это двухтомная монография [17], основным переводчиком которой был В.А. Баранский (он перевел 11 глав из 12, одна глава переведена В.Г. Житомирским), монография [18] и учебное пособие [19], переведенные И.О. Коряковым., — по Л.Н. Шеврину.

Автором данной статьи были проведены некоторые эксперименты, которые будут приведены ниже.

Пусть $a=3, b=7$, тогда

$$3\mathbb{N}+7\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,2,4,5,8,11\};$$

Пусть $a=5, b=7$, тогда

$$5\mathbb{N}+7\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,2,3,4,6,8,9,11,13,16,18,23\};$$

Пусть $a=4, b=5$, тогда

$$4\mathbb{N}+5\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,2,3,4,6,7,11\};$$

Пусть $a=2, b=4$, тогда

$$2\mathbb{N}+4\mathbb{N}=2\mathbb{N};$$

Пусть $a=11, b=7$, тогда

$$11\mathbb{N}+7\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,2,3,4,5,6,8,9,10,12,13,15,16,17,19,20,23,24,26,27,30,31,34,37,38,41,45,48,52,59\};$$

Пусть $a=2, b=5$, тогда

$$2\mathbb{N}+5\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,3\};$$

Пусть $a=2, b=11$, тогда

$$2\mathbb{N}+11\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,3,5,7,9\}.$$

Результаты исследования.

При сложении двух коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения, в результате сложения $a\mathbb{N}+b\mathbb{N}$ (если $a=2, a, b$ -любое нечетное натуральное число) мы получаем $\text{НОД}(a, b) \setminus \{\text{все нечетные натуральные числа до } b\}$.

При сложении двух коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения, в результате сложения $a\mathbb{N}+b\mathbb{N}$ (если a — четное натуральное число, a, b — четное натуральное число) мы получаем $\text{НОД}(a, b) \setminus \text{пустое множество}$.

Для вычисления результата сложения двух коммутативных полугрупп натуральных чисел, где a — нечетное число, a, b — четное число и a, b — нечетные числа мною выведен алгоритм, который я приведу ниже.

Алгоритм.

1. Сумма будет равна $\text{НОД}(a, b)$.

2. Во множество исключений войдут: все числа, меньшие меньшего из чисел a и b .

Например, если $a < b$, то все числа, меньшие a .

3. Определяем наибольшее число множества исключений по формуле:

$$t \text{ (искомое число)} = ab - (a+b).$$

4. Сравниваем числа: $b, a+b, 2a$. Вписываем во множество исключений все числа, большие a , но меньшие меньшего из этих чисел.

Например, если b — наименьшее из этих чисел, то во множество исключений войдут все числа, большие a (т.к. $a < b$), но меньшие b .

5. Поочередно вычитаем из числа t : a n раз, b d раз, $a+b$ c раз, (где n, d, c — любые числа), пока в результате вычитания мы не получим одно из полученных ранее нами чисел.

Например, пусть $a=5, b=7$, тогда

$$5\mathbb{N}+7\mathbb{N}=\mathbb{N}\{1,2,3,4,6,8,9,11,13,16,18,23\};$$

Где 1,2,3,4-числа, меньшие a ; b — число между a и b (т.к. в данном случае b — наименьшее из чисел $a+b, 2a, b$); 8, 9, 11, 13, 16, 18 — результаты поочередного вычитания из наибольшего числа множества исключений чисел a n раз, b d раз, $a+b$ c раз, (где n, d, c — любые числа); 23 — наибольшее число множества исключений, выведенное по приведенной выше формуле.

Из приведенных выше экспериментов, полученных результатов был выведен алгоритм вычисления множества исключений при сложении коммутативных полугрупп натуральных чисел, замкнутых относительно сложения. Этот алгоритм в несколько раз облегчает процедуру поиска множества исключений и считанными операциями ограничивает область поиска исключений. Выведением данного алгоритма решается одна из многочисленных задач, возникающих при тщательном изучении полугрупп натуральных чисел, но, тем не менее, нерешенных задач,

с каждым днем становится все больше, а вопросы, не имеющие в настоящее время ответов, становятся все сложнее и сложнее. Автор данной статьи выражает надежду на то, что методом подобных исследований и экспериментов с течением времени ученым все-таки удастся найти правильные ответы на эти вопросы.

Литература:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E5%E8%E0_%D4%F0%E1%E5%ED%E8%F3%F1%E0
2. <http://dxdy.ru/topic9137.html>
3. http://enc-dic.com/enc_math/Perrona—frobeniusa-teorema-3104.html
4. <http://mathhelpplanet.com/>

Об основном состоянии одной блочно-операторной матрицы 2×2

Расулов Тулкин Хусенович, кандидат физико-математических наук, доцент;
Рашидов Анваржон Шарипович, ассистент
Бухарский государственный университет (Узбекистан)

Блочно-операторная матрица — это матрица, элементы которой являются линейными операторами в банаховом или гильбертовом пространствах [1]. Одним из специальных классов блочно-операторных матриц являются Гамильтонианы системы с несохраняющимся числом квантовых частиц на целочисленной решетке. Их количество может быть неограниченным, как в случае моделей спин-бозонов [2,3] или ограниченным, как в случае урезанных моделей спин-бозонов [4,5]. Отметим, что такие системы обычно возникают в задачах физики твердого тела [6], квантовой теории поля [7], статистической физики [8], магнитогидродинамики [9] и квантовой механики [10].

Через $T^d := (-\pi, \pi]^d$ обозначим d -мерный куб с соответствующим отождествлением противоположных граней. Всюду в работе T^d рассматривается как абелева группа в которой операции сложения и умножения на вещественное число введены как операции сложения и умножения на вещественное число в R^d по модулю $(2\pi Z)^d$. Например, если $d = 4$ и

$$a = \left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{6}, -\frac{2\pi}{3}, \frac{2\pi}{3}\right), b = \left(\frac{2\pi}{3}, -\frac{5\pi}{6}, -\frac{\pi}{2}, \frac{5\pi}{6}\right) \in T^4,$$

то

$$a + b = \left(-\frac{5\pi}{6}, -\frac{2\pi}{3}, \frac{5\pi}{6}, -\frac{\pi}{2}\right), 6a = (\pi, \pi, 0, 0) \in T^4.$$

Пусть C — одномерное комплексное пространство и $L_2(T^d)$ — гильбертово пространство квадратично-интегрируемых (комплекснозначных) функций, определенных на T^d . Обозначим через H прямую сумму пространств $H_0 := C$ и $H_1 := L_2(T^3)$ т. е. $H := H_0 \oplus H_1$

В гильбертовом пространстве H рассматривается следующая блочно-операторная матрица

$$h := \begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} \\ h_{01}^* & h_{11} \end{pmatrix}$$

где операторы $h_{ij} : H_j \rightarrow H_i, i \leq j, i, j = 0, 1$ определяются по формулам

$$h_{00}f_0 = \varepsilon f_0, h_{01}f_1 = \alpha \int_{T^d} v(t) f_1(t) dt, (h_{11}f_1)(p) = (\varepsilon + w(p))f_1(p), (f_0, f_1) \in H$$

Здесь ε - фиксированное вещественное число, $w(\cdot)$ и $v(\cdot)$ — вещественнозначные непрерывные функции на T^d , а $\alpha > 0$ — «параметр взаимодействия». Кроме того, $w(\cdot)$ есть неотрицательная функция, т. е. $w(p) \geq 0$ для всех $p \in T^d$.

В этих предположениях на параметры оператор h , действующий в гильбертовом пространстве H , является ограниченным и самосопряженным. При этом h_{01}^* сопряженный оператор к h_{01} и

$$(h_{01}f_0)(p) = \alpha v(p)f_0, \quad f_0 \in H_0.$$

Оператор h_{01} называется оператором уничтожения, а h_{01}^* называется оператором рождения [7]. Оператор уничтожения снижает количество частиц в заданном состоянии на единицу, а оператор рождения увеличивает число частиц в данном состоянии на единицу, и является сопряженным к оператору уничтожения. Такие операторы имеют широкое применение в квантовой механике, в частности, в изучении квантовых гармонических осцилляторов и систем многих частиц.

На протяжении всей работы под обозначениями $\sigma(\cdot)$, $\sigma_{ess}(\cdot)$ и $\sigma_{disc}(\cdot)$ понимаются спектр, существенный спектр и дискретный спектр ограниченного самосопряженного оператора, соответственно.

Пусть оператор h_0 действует в H как

$$h_0 := \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & h_{11} \end{pmatrix}.$$

Оператор возмущения $h - h_0$ оператора h_0 является самосопряженным оператором ранга 2. Следовательно, из известной теоремы Г. Вейля о сохранении существенного спектра при возмущениях конечного ранга вытекает, что существенный спектр оператора h совпадает с существенным спектром оператора h_0 . Известно, что

$$\sigma_{ess}(h_0) = [\varepsilon + m; \varepsilon + M].$$

где числа m и M определяются следующим образом

$$m := \max_{p \in T^d} w(p), \quad M := \max_{p \in T^d} w(p).$$

Из последних фактов следует, что

$$\sigma_{ess}(h) = [\varepsilon + m; \varepsilon + M].$$

Определим регулярную в $C \setminus [\varepsilon + m; \varepsilon + M]$ функцию

$$\Delta(z) := \varepsilon - z - \alpha^2 \int_{T^d} \frac{v^2(t) dt}{\varepsilon + w(t) - z}.$$

Функция $\Delta(\cdot)$ называется определителем Фредгольма, ассоциированным с оператором h .

Установим связь между собственными значениями оператора h и нулями функции $\Delta(\cdot)$.

Лемма 1. Число $z \in C \setminus [\varepsilon + m; \varepsilon + M]$ является собственным значением оператора h тогда и только тогда, когда $\Delta(z) = 0$.

Доказательство. Пусть число $z \in C \setminus [\varepsilon + m; \varepsilon + M]$ — есть собственное значение оператора h и пусть $f = (f_0, f_1) \in H$ — соответствующая собственная вектор-функция. Тогда эта вектор-функция удовлетворяет уравнению $hf = zf$ или системе уравнений

$$\begin{cases} (\varepsilon - z)f_0 + \alpha \int_{T^d} v(t)f_1(t) dt = 0, \\ \alpha v(p)f_0 + (\varepsilon + w(p) - z)f_1(p) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Так как $z \notin [\varepsilon + m; \varepsilon + M]$ из второго уравнения системы (1) для f_1 имеем

$$f_1(p) = -\frac{\alpha v(p)f_0}{\varepsilon + w(p) - z}. \quad (2)$$

Подставляя выражение (2) для f_1 в первое уравнение системы (1) заключаем, что система уравнений (1) имеет ненулевое решение тогда и только тогда, когда $\Delta(z) = 0$.

Лемма 1 доказана.

Из леммы 1 вытекает, что

$$\sigma_{disc}(h) = \{z \in \mathbb{C} \setminus [\varepsilon + m; \varepsilon + M] : \Delta(z) = 0\}.$$

С целью исследования собственных значений оператора h предположим, что

$$\int_{T^d} \frac{v^2(t)dt}{M - w(t)} < \infty$$

и положим

$$\alpha_0 := \sqrt{M} \left(\int_{T^d} \frac{v^2(t)dt}{M - w(t)} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Основным результатом работы является следующая теорема.

Теорема 1. При всех $\alpha > 0$ оператор h имеет не менее одного и не более двух собственных значений. Более того, если $\alpha \in (0; \alpha_0]$, то оператор h имеет единственное простое собственное значение и оно лежит левее $\varepsilon + m$, а при $\alpha \in (\alpha_0; +\infty)$ оператор h имеет по одному собственным значения, лежащих левее $\varepsilon + m$ и правее $\alpha + M$, соответственно.

Замечание 1. В теореме 1, собственное значение E_0 оператора h которое существует при всех $\alpha > 0$ обычно называется основным состоянием и в этом случае компоненты соответствующего собственного вектора-функции выглядят так:

$$f_0 = const \neq 0, \quad f_1(p) = -\frac{\alpha v(p) f_0}{\varepsilon + w(p) - E_0}.$$

Доказательство теоремы 1. Так как функция $\Delta(\cdot)$ является строго убывающей на полуосях $(-\infty; \varepsilon + m)$ и $(\varepsilon + M; +\infty)$, то отсюда и из теоремы о предельном переходе под знаком интеграла Лебега следует, что существуют пределы (конечное или бесконечное)

$$\Delta(\varepsilon + m) = \lim_{z \rightarrow \varepsilon + m - 0} \Delta(z), \quad \Delta(\varepsilon + M) = \lim_{z \rightarrow \varepsilon + M + 0} \Delta(z).$$

При этом по определению

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} \Delta(z) = +\infty, \quad \lim_{z \rightarrow +\infty} \Delta(z) = -\infty.$$

Очевидно, что функция $\Delta(\cdot)$ строго убывает от $+\infty$ до $\Delta(z_0)$ на промежутке $(-\infty; z_0)$, $z_0 \leq \varepsilon + m$ и от $\Delta(z_1)$ до $-\infty$ на промежутке $(z_1; +\infty)$, $z_1 \geq M + \varepsilon$. Следовательно, оператор h имеет собственное значение $e_0 < z_0$ тогда и только тогда когда $\Delta(z_0) < 0$ и имеет собственное значение $e_1 < z_1$ тогда и только тогда когда $\Delta(z_1) > 0$. Поэтому из соотношения

$$\Delta(\varepsilon + m) = -m - \alpha \int_{T^d} \frac{v^2(t)dt}{w(t) - m} < 0$$

следует, что при всех значениях параметра $\alpha > 0$ оператор h имеет хотя бы одно собственное значение, ниже $\varepsilon + m$. По определению числа α_0 и равенства

$$\Delta(M + \varepsilon) = -M + \alpha^2 \int_{T^d} \frac{v^2(t)dt}{M - w(t)}$$

следует, что

- 1) если $\alpha \in (0; \alpha_0]$, то оператор h не имеет собственных значений, лежащих правее $M + \varepsilon$;
- 2) если $\alpha \in (\alpha_0; +\infty)$, то оператор h имеет единственное простое собственное значение, лежащее правее $M + \varepsilon$.

Нетрудно убедиться, что если число $z = E \in \mathbb{R} \setminus [\varepsilon + m; \varepsilon + M]$ является собственным значением оператора h , то вектор-функция $f = (f_0, f_1)$ с компонентами

$$f_0 = \text{const} \neq 0, f_1(p) = -\frac{\alpha v(p)f_0}{\varepsilon + w(p) - E}$$

удовлетворяет уравнению $hf = Ef$ и $f \in H$. Теорема 1 доказана.

Замечание 2. Из доказательства теоремы 1 видно, что если интеграл

$$\int_{T^d} \frac{v^2(t)dt}{M - w(p)}$$

расходится, то для любого $\alpha > 0$ оператор h имеет одно собственное значение, лежащее правее $M + \varepsilon$.

Отметим, что теорема 1 играет важную роль при определении числа отрезков, а также их расположений, определяющих существенный спектр решетчатой модели светового излучения с неподвижным атомом и не более чем двумя фотонами. От этого часто зависит существование конечного и бесконечного числа собственных значений соответствующих модельных операторов.

Литература:

1. C. Tretter. Spectral Theory of Block Operator Matrices and Applications. Imperial College Press, 2008.
2. H. Spohn. Ground states of the spin-boson Hamiltonian. Comm. Math. Phys., 123 (1989), 277–304.
3. M. Huebner, H. Spohn. Spectral properties of the spin-boson Hamiltonian. Ann. Inst. Henri Poincare, 62:3 (1995), 289–323.
4. Ю. В. Жуков, Р. А. Минлос. Спектр и рассеяние в модели «спин-бозон» с не более чем тремя фотонами. Теор. и матем. физика, 103:1 (1995), 63–81.
5. R. A. Minlos, H. Spohn. The three-body problem in radioactive decay: the case of one atom and at most two photons. Topics in Statistical and Theoretical Physics, American Mathematical Society Translations — Series 2, 177 (1996), 159–193.
6. A. I. Mogilner. Hamiltonians in solid state physics as multiparticle discrete Schroedinger operators: problems and results. Advances in Sov. Math. 5 (1991), 139–194.
7. К. О. Фридрихс. Возмущения спектра операторов в гильбертовом пространстве. М.: Мир, 1972.
8. V. A. Malishev, R. A. Minlos. Linear infinite-particle operators. Translations of Mathematical Monographs. 143, AMS, Providence, RI, 1995.
9. A. E. Lifschitz. Magneto-hydrodynamic and spectral theory. Vol. 4 of Developments in Electromagnetic Theory and Applications. Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, 1989.
10. B. Thaller. The Dirac equation. Texts and Monographs in Physics. Springer, Berlin, 1992.

ФИЗИКА

Математическая модель асинхронного двигателя с переменными $\psi_r - I_r$ в произвольной системе координат

Емельянов Александр Александрович, доцент;
 Козлов Алексей Максимович, студент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Фуртиков Кирилл Алексеевич, студент;
 Реутов Александр Янович, студент;
 Королёв Олег Александрович, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

Данная работа является продолжением опубликованной статьи [1], в которой были подробно показаны без сокращений способы и технологии получения пространственных векторов $\vec{\psi}_s, \vec{\psi}_r, \vec{U}_s, \vec{U}_r, \vec{I}_s, \vec{I}_r$, в системе абсолютных единиц.

В работах [2; 3] приведено множество вариантов конечных результатов электромагнитного момента в зависимости от произведения проекций двух векторов ($\vec{\psi}_r - \vec{I}_s, \vec{\psi}_r - \vec{\psi}_s$ и т. д.). В этой статье сделан вывод одного из множества математических моделей асинхронного двигателя и сравнение полученных уравнений и структурной схемы с фундаментальной работой [3].

Итак, в работе [1] были получены основные уравнения асинхронного двигателя в произвольной системе координат Ω_K :

$$\vec{U}_s = \vec{I}_s \cdot R_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} + j\Omega_K \cdot \vec{\psi}_s; \tag{1}$$

$$\vec{U}_r = \vec{I}_r \cdot R_r + \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j(\Omega_K - \Omega) \cdot \vec{\psi}_r; \tag{2}$$

$$\vec{\psi}_s = L_s \cdot \vec{I}_s + L_m \cdot \vec{I}_r; \tag{3}$$

$$\vec{\psi}_r = L_r \cdot \vec{I}_r + L_m \cdot \vec{I}_s. \tag{4}$$

Переведем эти уравнения в систему относительных единиц.

В уравнениях (1) и (2) обе части разделим на U_δ :

$$\underbrace{\left[\frac{\vec{U}_s}{U_\delta} \right]}_{\vec{u}_s} = \underbrace{\left[\frac{R_s \cdot \vec{I}_s}{U_\delta} \right]}_{r_s} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{I}_s}{I_\delta} \right]}_{\vec{i}_s} + \underbrace{\frac{d \left[\frac{\vec{\psi}_s \cdot \Omega_\delta}{U_\delta} \right]}{\Omega_\delta \cdot dt}}_{\frac{d\vec{\psi}_s}{\Omega_\delta \cdot dt}} + j \underbrace{\left[\frac{\Omega_K}{\Omega_\delta} \right]}_{\omega_K} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{\psi}_s \cdot \Omega_\delta}{U_\delta} \right]}_{\vec{\psi}_s}$$

$$\boxed{\vec{u}_s = r_s \cdot \vec{i}_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{\Omega_\delta \cdot dt} + j\omega \cdot \vec{\psi}_s} \tag{5}$$

$$\boxed{\vec{u}_s = r_s \cdot \vec{i}_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{\Omega_\delta \cdot dt} + j\omega_k \cdot \vec{\psi}_s} \quad (5)$$

$$\underbrace{\left[\frac{\vec{U}_R}{U_\delta} \right]}_{\vec{u}_r} = \underbrace{\left[\frac{R_R \cdot \vec{I}_\delta}{U_\delta} \right]}_{r_r} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{I}_R}{I_\delta} \right]}_{\vec{i}_r} + \frac{d \left[\frac{\vec{\psi}_R \cdot \Omega_\delta}{U_\delta} \right]}{\Omega_\delta \cdot dt} + j \underbrace{\left[\frac{\Omega_k - \omega}{\Omega_\delta} \right]}_{\omega_k - \omega} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{\psi}_R \cdot \Omega_\delta}{U_\delta} \right]}_{\vec{\psi}_r}$$

$$\boxed{\vec{u}_r = r_r \cdot \vec{i}_r + \frac{d\vec{\psi}_r}{\Omega_\delta \cdot dt} + j(\omega_k - \omega) \cdot \vec{\psi}_r} \quad (6)$$

В уравнениях (3) и (4) обе части умножим на $\left[\frac{\Omega_\delta}{U_\delta} \right]$:

$$\underbrace{\left[\frac{\vec{\psi}_s \cdot \Omega_\delta}{U_\delta} \right]}_{\vec{\psi}_s} = \underbrace{\left[\frac{\Omega_\delta \cdot L_s \cdot I_\delta}{U_\delta} \right]}_{l_s} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{I}_s}{I_\delta} \right]}_{\vec{i}_s} + \underbrace{\left[\frac{\Omega_\delta \cdot L_m \cdot I_\delta}{U_\delta} \right]}_{l_m} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{I}_R}{I_\delta} \right]}_{\vec{i}_r}$$

$$\boxed{\vec{\psi}_s = l_s \cdot \vec{i}_s + l_m \cdot \vec{i}_r} \quad (7)$$

$$\underbrace{\left[\frac{\vec{\psi}_R \cdot \Omega_\delta}{U_\delta} \right]}_{\vec{\psi}_r} = \underbrace{\left[\frac{L_R \cdot \vec{I}_\delta}{U_\delta \cdot \Omega_\delta} \right]}_{l_r} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{I}_R}{I_\delta} \right]}_{\vec{i}_r} + \underbrace{\left[\frac{L_m}{I_\delta} \right]}_{l_m} \cdot \underbrace{\left[\frac{\vec{I}_s}{I_\delta} \right]}_{\vec{i}_s}$$

$$\boxed{\vec{\psi}_r = l_r \cdot \vec{i}_r + l_m \cdot \vec{i}_s} \quad (8)$$

Итак, основные уравнения асинхронного двигателя с к. з. ротором ($\vec{u}_r = 0$) имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \vec{u}_s = r_s \cdot \vec{i}_s + \frac{1}{\Omega_\delta} \cdot \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} + j\omega_k \cdot \vec{\psi}_s; \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} 0 = r_r \cdot \vec{i}_r + \frac{1}{\Omega_\delta} \cdot \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j(\omega_k - \omega) \cdot \vec{\psi}_r; \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \vec{\psi}_s = l_s \cdot \vec{i}_s + l_m \cdot \vec{i}_r = (l_m + l_{s\sigma}) \cdot \vec{i}_s + l_m \cdot \vec{i}_r; \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \vec{\psi}_r = l_r \cdot \vec{i}_r + l_m \cdot \vec{i}_s = (l_m + l_{r\sigma}) \cdot \vec{i}_r + l_m \cdot \vec{i}_s. \end{cases} \quad (12)$$

Электромагнитный момент определяется по формуле [2, с.131]:

$$m = \zeta_N \cdot k_r \cdot (\psi_{rx} \cdot i_{sy} - \psi_{ry} \cdot i_{sx}) \quad (13)$$

Уравнение движения:

$$m - m_c = T_j \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (14)$$

Так как электромагнитный момент определяется через переменные $\vec{\psi}_r$ и \vec{i}_s , то из уравнений исключим переменные $\vec{\psi}_s$ и \vec{i}_r .

Из уравнения (12) выразим \vec{i}_r :

$$\vec{i}_r = \frac{l_m}{l_m} \cdot \frac{1}{l_m + l_{r\sigma}} \cdot \vec{\psi}_r - \left[\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right] \cdot \vec{i}_s = \frac{1}{l_m} \cdot \left[\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right] \cdot \vec{\psi}_r - \left[\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right] \cdot \vec{i}_s$$

Обозначим $\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} = k_r$, тогда

$$\boxed{\vec{i}_r = \frac{k_r}{l_m} \cdot \vec{\psi}_r - k_r \cdot \vec{i}_s} \tag{15}$$

Из уравнения (11) исключим \vec{i}_r :

$$\vec{\psi}_s = \frac{l_m}{l_m} \cdot (l_m + l_{s\sigma}) \cdot \vec{i}_s + l_m \cdot \left(\frac{k_r}{l_m} \cdot \vec{\psi}_r - k_r \cdot \vec{i}_s \right) = l_m \cdot \left[\frac{l_m + l_{s\sigma}}{l_m} \right] \cdot \vec{i}_s + k_r \cdot \vec{\psi}_r - l_m \cdot k_r \cdot \vec{i}_s$$

Обозначим $\frac{l_m}{l_m + l_{s\sigma}} = k_s$, тогда

$$\vec{\psi}_s = \frac{l_m}{k_s} \cdot \vec{i}_s + k_r \cdot \vec{\psi}_r - l_m \cdot k_r \cdot \vec{i}_s = k_r \cdot \vec{\psi}_r + l_m \cdot \left(\frac{1}{k_s} - k_r \right) \cdot \vec{i}_s$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{k_s} - k_r &= \frac{l_m + l_{s\sigma}}{l_m} - \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} = \frac{(l_m + l_{s\sigma}) \cdot (l_m + l_{r\sigma}) - l_m^2}{l_m \cdot (l_m + l_{r\sigma})} = \frac{l_m^2 + l_m \cdot l_{r\sigma} + l_{s\sigma} \cdot l_m + l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma} - l_m^2}{l_m \cdot (l_m + l_{r\sigma})} = \\ &= \frac{l_m \cdot [l_{r\sigma} + l_{s\sigma} + l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma} \cdot l_m^{-1}]}{l_m \cdot (l_m + l_{r\sigma})}; \end{aligned}$$

Обозначим $l_{\sigma\sigma} = l_{r\sigma} + l_{s\sigma} + l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma} \cdot l_m^{-1}$.

$$\frac{1}{k_s} - k_r = \frac{l_{\sigma\sigma}}{l_m + l_{r\sigma}} \cdot \frac{l_m}{l_m} = \frac{l_{\sigma\sigma}}{l_m} \cdot \left[\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right] = \frac{l_{\sigma\sigma} \cdot k_r}{l_m}$$

Тогда

$$\vec{\psi}_s = k_r \cdot \vec{\psi}_r + l_m \cdot \frac{l_{\sigma\sigma} \cdot k_r}{l_m} \cdot \vec{i}_s = k_r \cdot \vec{\psi}_r + l_{\sigma\sigma} \cdot k_r \cdot \vec{i}_s$$

$$\boxed{\vec{\psi}_s = k_r \cdot \vec{\psi}_r + l_{\sigma\sigma} \cdot k_r \cdot \vec{i}_s} \tag{16}$$

В уравнении (10) подставим \vec{i}_r :

$$0 = r_r \cdot \left(\frac{k_r}{l_m} \cdot \vec{\psi}_r - k_r \cdot \vec{i}_s \right) + \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j\omega_k \cdot \vec{\psi}_r - j\omega \cdot \vec{\psi}_r \tag{17}$$

Отсюда выразим

$$\frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} = r_r \cdot k_r \cdot \vec{i}_s - r_r \cdot \frac{k_r}{l_m} \cdot \vec{\psi}_r - j\omega_k \cdot \vec{\psi}_r + j\omega \cdot \vec{\psi}_r \tag{18}$$

В уравнении (17) перейдем к оператору $\frac{d}{dt} = s$ и разложим векторы $\vec{\psi}_r$ и \vec{i}_s на проекции:

$$\vec{\psi}_r = \psi_{rx} + j\psi_{ry}$$

$$\vec{i}_s = i_{sx} + ji_{sy}$$

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \psi_{rx} + j \frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \psi_{ry} - r_r \cdot k_r \cdot i_{sx} - jr_r \cdot k_r \cdot i_{sy} + \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \cdot \psi_{rx} + j \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \cdot \psi_{ry} + \\ &+ j\omega_k \cdot \psi_{rx} - \omega_k \cdot \psi_{ry} - j\omega \cdot \psi_{rx} + \omega \cdot \psi_{ry} \end{aligned} \tag{*}$$

Проекция уравнения (*) на ось +1:

$$0 = \frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \psi_{rx} - r_r \cdot k_r \cdot i_{sx} + \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \cdot \psi_{rx} - \omega_k \cdot \psi_{ry} + \omega \cdot \psi_{ry} \quad (19)$$

Проекция уравнения (*) на ось +j:

$$0 = \frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \psi_{ry} - r_r \cdot k_r \cdot i_{sy} + \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \cdot \psi_{ry} + \omega_k \cdot \psi_{rx} - \omega \cdot \psi_{rx} \quad (20)$$

Из уравнения (20):

$$\left(\frac{r_r \cdot k_r}{l_m} + \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \psi_{ry} = r_r \cdot k_r \cdot i_{sy} + (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rx}$$

$$\frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \left(1 + \frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \cdot \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \psi_{ry} = r_r \cdot k_r \cdot i_{sy} + \underbrace{(\omega_k - \omega)}_{\beta_K} \cdot \psi_{rx}$$

Разделим обе части полученного уравнения на $(r_r \cdot k_r)$:

$$\frac{1}{l_m} \cdot \left(1 + \left(\frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \cdot \frac{1}{\Omega_{\delta}} \right) \cdot s \right) \cdot \psi_{ry} = i_{sy} + \frac{1}{r_r \cdot k_r} \cdot (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rx}$$

$$\frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \cdot \frac{1}{\Omega_{\delta}} = \frac{l_m \cdot (l_m + l_{r\sigma})}{r_r \cdot l_m \cdot \Omega_{\delta}} = \underbrace{\left[\frac{l_m + l_{r\sigma}}{r_r} \right]}_{T_r} \cdot \frac{1}{\Omega_{\delta}}$$

Тогда

$$\frac{1}{l_m} \cdot \left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \psi_{ry} = i_{sy} + \frac{1}{r_r \cdot k_r} \cdot (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rx}$$

В соответствии с [3] перейдем к переменным $\psi_{ry} \cdot \frac{k_r}{T_r}$ и $\psi_{rx} \cdot \frac{k_r}{T_r}$

$$\left(\frac{T_r}{k_r} \cdot \frac{1}{l_m} \right) \cdot \left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \left(\psi_{ry} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right) = i_{sy} - \frac{T_r}{k_r} \cdot \frac{1}{r_r \cdot k_r} \cdot (\omega_k - \omega) \cdot \left(\psi_{rx} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right)$$

Выразим

$$\left(\frac{T_r}{k_r} \cdot \frac{1}{l_m} \right) = \frac{l_m + l_{r\sigma}}{k_r \cdot r_r \cdot l_m} = \underbrace{\left[\frac{l_m + l_{r\sigma}}{l_m} \right]}_{\frac{1}{k_r}} \cdot \frac{1}{r_r \cdot k_r} = \frac{1}{r_r \cdot k_r^2}$$

$$\frac{1}{r_r \cdot k_r^2} \cdot \left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \left(\psi_{ry} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right) = i_{sy} - \frac{T_r}{r_r \cdot k_r^2} \cdot \beta_K \cdot \left(\psi_{rx} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right)$$

$$\left(\psi_{ry} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right) = \left(i_{sy} - \frac{T_r}{r_r \cdot k_r^2} \cdot (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rx} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right) \cdot \frac{k_r^2 \cdot r_r}{1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s} \quad (21)$$

Аналогично для уравнения (19):

$$0 = \left(\frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \psi_{rx} + \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \cdot \psi_{rx} \right) - r_r \cdot k_r \cdot i_{sx} - (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{ry}$$

$$\frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \left(1 + \frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \cdot \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \psi_{rx} = r_r \cdot k_r \cdot i_{sx} + (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{ry}$$

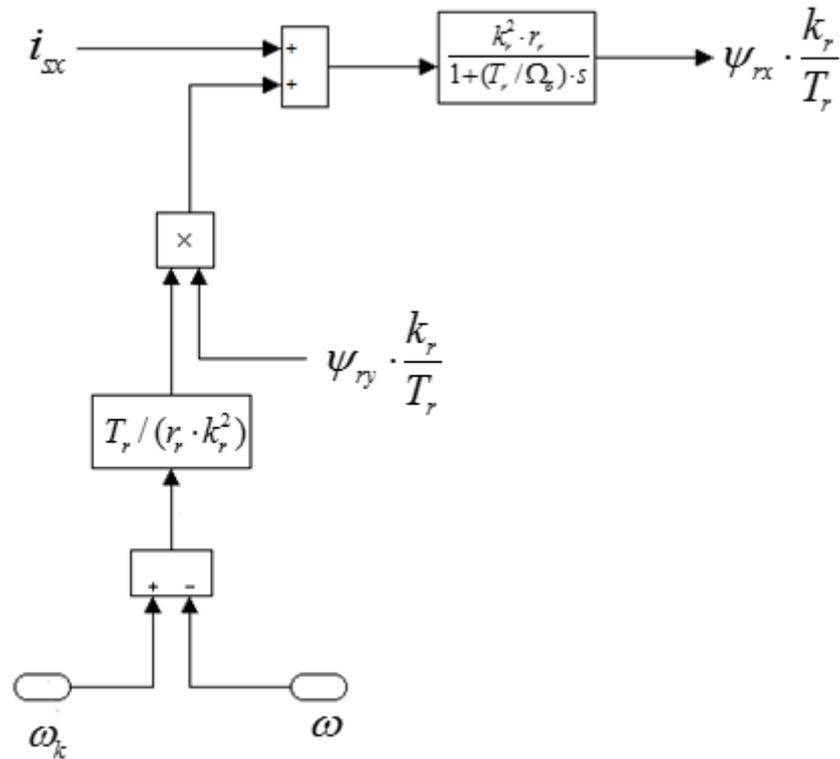


Рис. 2. Структурная схема для определения $\left(\psi_{rx} \cdot \frac{k_r}{T_r} \right)$.

Подставим в это уравнение $\left(\frac{1}{\Omega_0} \cdot \frac{d\bar{\psi}_r}{dt} \right)$ из уравнения (18):

$$\begin{aligned} \bar{u}_s &= r_s \cdot \bar{i}_s + \frac{1}{\Omega_0} \cdot k_r \cdot l_{\sigma\alpha} \cdot \frac{d\bar{i}_s}{dt} + k_r^2 \cdot r_r \cdot \bar{i}_s - \frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} \cdot \bar{\psi}_r - jk_r \cdot (\omega_k - \omega) \cdot \bar{\psi}_r + j\omega_k \cdot k_r \cdot l_{\sigma\alpha} \cdot \bar{i}_s + jk_r \cdot \omega_k \cdot \bar{\psi}_r = \\ &= \underbrace{(r_s + k_r^2 \cdot r_r)}_{r_3} \cdot \bar{i}_s + \frac{k_r \cdot l_{\sigma\alpha}}{\Omega_0} \cdot \frac{d\bar{i}_s}{dt} - \frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} \cdot \bar{\psi}_r - jk_r \cdot \omega_k \cdot \bar{\psi}_r + jk_r \cdot \omega \cdot \bar{\psi}_r + j\omega_k \cdot (k_r \cdot l_{\sigma\alpha}) \cdot \bar{i}_s + jk_r \cdot \omega_k \cdot \bar{\psi}_r \end{aligned}$$

Обозначим $r_3 = r_s + k_r^2 \cdot r_r$:

$$\begin{aligned} k_r \cdot l_{\sigma\alpha} &= k_r \cdot \left(l_{s\sigma} + l_{r\sigma} + \frac{l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma}}{l_m} \right) = k_r \cdot l_{r\sigma} + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \left(1 + \frac{l_{r\sigma}}{l_m} \right) = k_r \cdot l_{r\sigma} + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \left(\frac{l_m + l_{r\sigma}}{l_m} \right) = \\ &= k_r \cdot l_{r\sigma} + \frac{k_r \cdot l_{s\sigma}}{k_r} = k_r \cdot l_{r\sigma} + l_{s\sigma} = l_3 \end{aligned}$$

$$\frac{k_r \cdot l_{\sigma\alpha}}{r_3} = \frac{l_3}{r_3} = T_3$$

$$\frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} = \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \cdot \frac{k_r \cdot r_r}{l_m} = \frac{k_r}{T_r}$$

где $T_r = \frac{l_m + l_{r\sigma}}{r_r}$

Переведем уравнения с \bar{u}_s в изображениях, для этого выразим $\frac{d}{dt} = s$

$$\begin{aligned} \bar{u}_s &= r_s \cdot \bar{i}_s + \frac{l_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \cdot \bar{i}_s - \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\psi}_r \right) + jT_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\psi}_r \right) + j\omega_\kappa \cdot l_s \cdot \bar{i}_s \\ \bar{u}_s &= \left(r_s + \frac{l_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \right) \cdot \bar{i}_s - \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\psi}_r \right) + jT_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\psi}_r \right) + j\omega_\kappa \cdot l_s \cdot \bar{i}_s \\ r_s \cdot \left(1 + \frac{l_s}{r_s} \cdot \frac{1}{\Omega_\sigma} \cdot s \right) \cdot \bar{i}_s &= \bar{u}_s + \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\psi}_r \right) - jT_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\psi}_r \right) - j\omega_\kappa \cdot l_s \cdot \bar{i}_s \end{aligned}$$

Выразим векторы \bar{i}_s , \bar{u}_s и $\bar{\psi}_r$ через проекции:

$$\bar{i}_s = i_{sx} + j i_{sy}; \quad \bar{u}_s = u_{sx} + j u_{sy}; \quad \bar{\psi}_r = \psi_{rx} + j \psi_{ry}.$$

$$\begin{aligned} r_s \cdot \left(1 + \frac{T_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \right) \cdot i_{sx} + j r_s \cdot \left(1 + \frac{T_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \right) \cdot i_{sy} &= u_{sx} + j u_{sy} + \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) + j \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) - \\ - j T_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) + T_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) - j \omega_\kappa \cdot l_s \cdot i_{sx} + \omega_\kappa \cdot l_s \cdot i_{sy} \end{aligned} \quad (**)$$

Проекция уравнения (**) на действительную ось +1:

$$r_s \cdot \left(1 + \frac{T_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \right) \cdot i_{sx} = u_{sx} + \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) + T_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) + \omega_\kappa \cdot l_s \cdot i_{sy} \quad (23)$$

Проекция уравнения (**) на мнимую ось +j:

$$r_s \cdot \left(1 + \frac{T_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \right) \cdot i_{sy} = u_{sy} + \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) - T_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) - \omega_\kappa \cdot l_s \cdot i_{sx} \quad (24)$$

Из уравнения (17) выразим i_{sx} :

$$i_{sx} = \left(u_{sx} + \omega_\kappa \cdot l_s \cdot i_{sy} + \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) + T_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) \right) \cdot \frac{1}{r_s \cdot \left(1 + \frac{T_s}{\Omega_\sigma} \cdot s \right)}$$

Структурная схема для реализации тока i_{sx} в MatLab-Simulink дана на рис. 3.

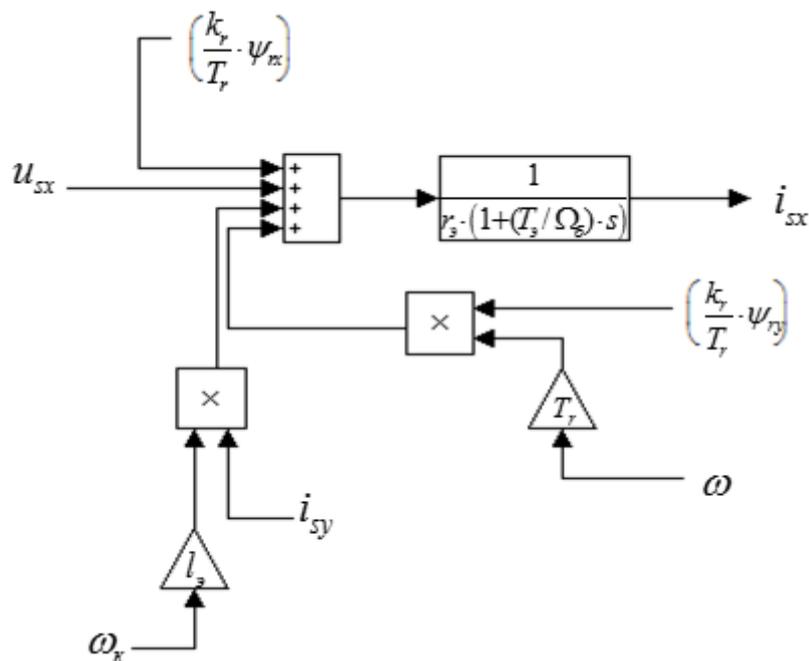


Рис. 3. Структурная схема проекции статорного тока i_{sx} на ось +1.

Аналогично из уравнения (24) выразим i_{sy} :

$$i_{sy} = \left(u_{sy} - \omega_{\kappa} \cdot l_{\sigma} \cdot i_{sx} + \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) - T_r \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) \right) \cdot \frac{1}{r_{\sigma} \cdot \left(1 + \frac{T_{\sigma}}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \right)}$$

Структурная схема, соответствующая этому уравнению, представлена на рис. 4.

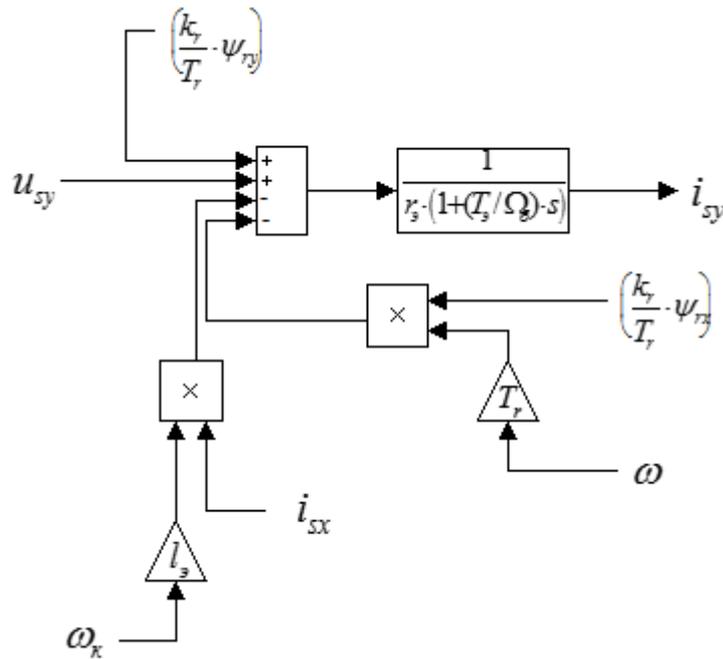


Рис. 4. Структурная схема проекции статорного тока i_{sy} на ось +j.

Структурная схема для реализации уравнения (13) дана на рис. 5:

$$m = \zeta_N \cdot k_r \cdot (\psi_{rx} \cdot i_{sy} - \psi_{ry} \cdot i_{sx}) = \zeta_N \cdot T_r \cdot \left(\left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{rx} \right) \cdot i_{sy} - \left(\frac{k_r}{T_r} \cdot \psi_{ry} \right) \cdot i_{sx} \right)$$

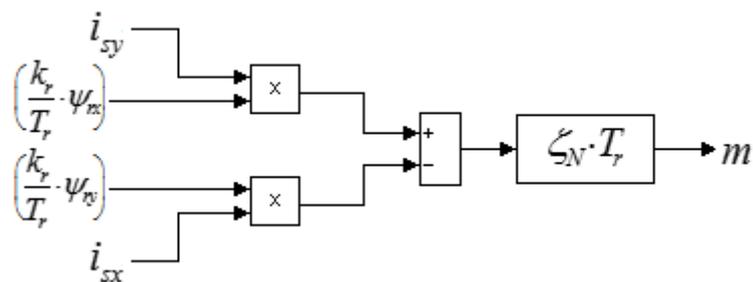


Рис. 5. Математическая модель электромагнитного момента m .

Наконец для уравнения (14):

$$m - m_c = T_j \cdot s \cdot \omega$$

$$\omega = (m - m_c) \cdot \frac{1}{T_j \cdot s}$$

Структурная схема дана на рис. 6.

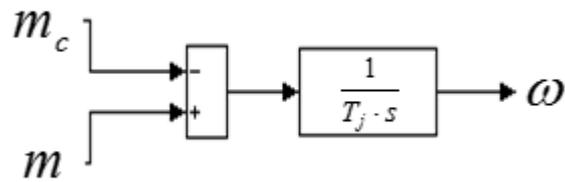


Рис. 6. Математическая модель уравнения движения.

На рис. 7. Представлены субблоки из математической модели АД, преобразователя координат и блока ориентации.

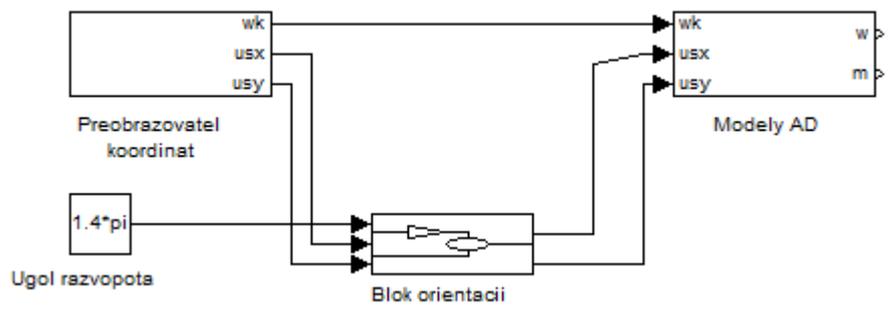


Рис. 7. Система из математической модели двигателя, преобразователя координат и блока ориентации.

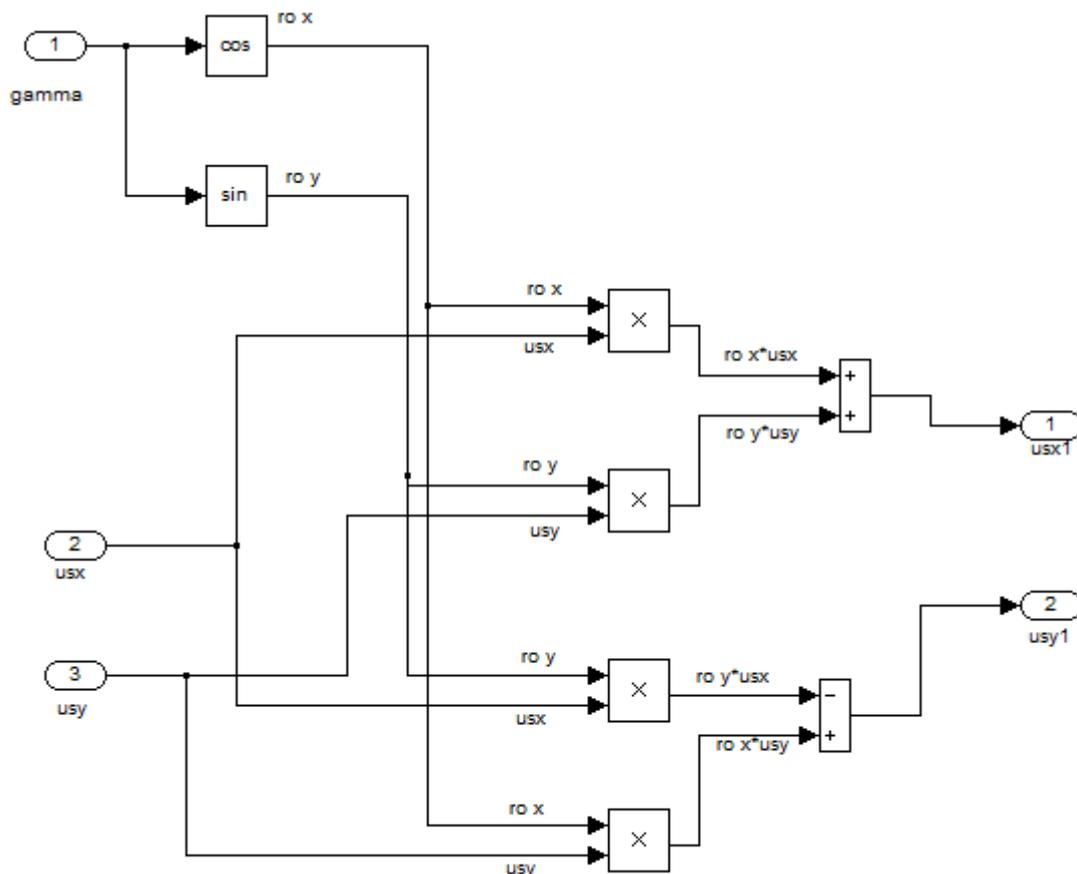


Рис. 8. Блок ориентации.

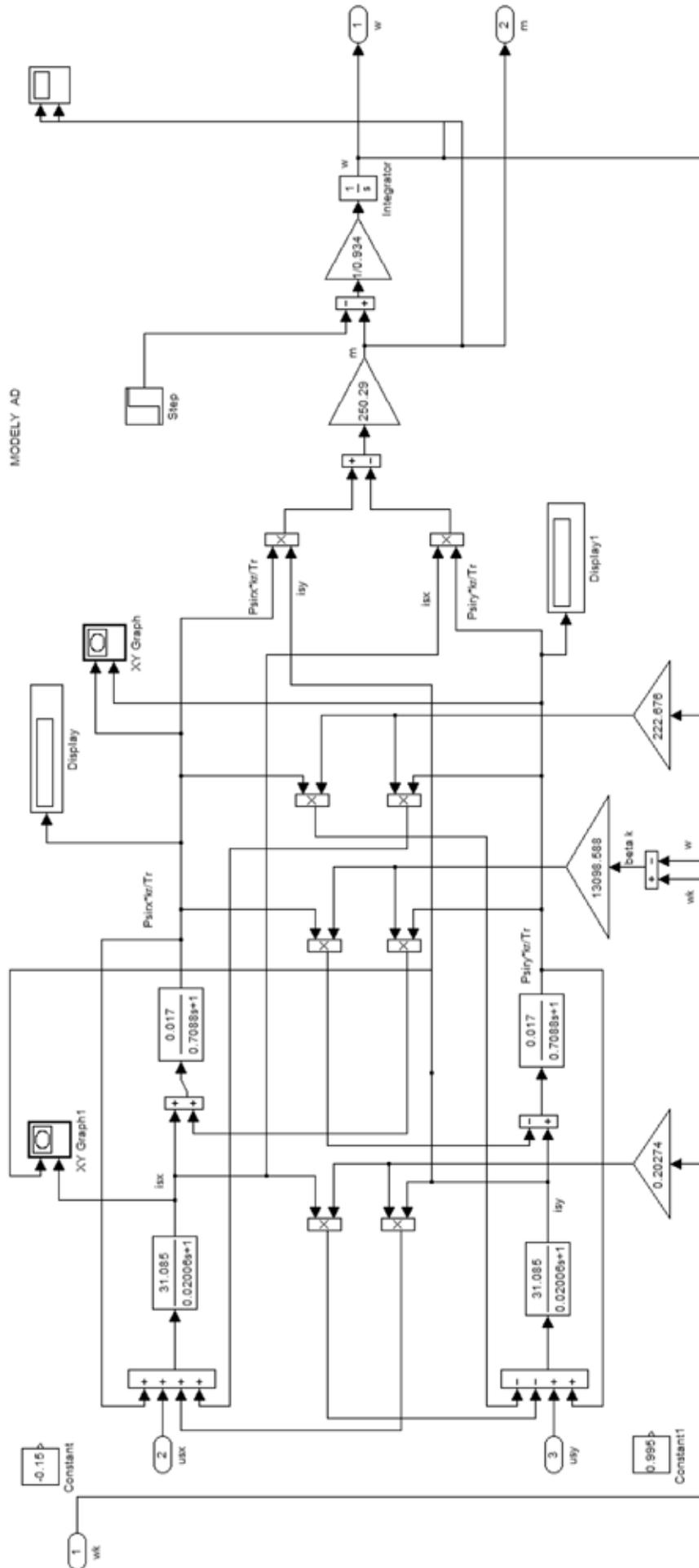


Рис. 9. Модель асинхронного двигателя

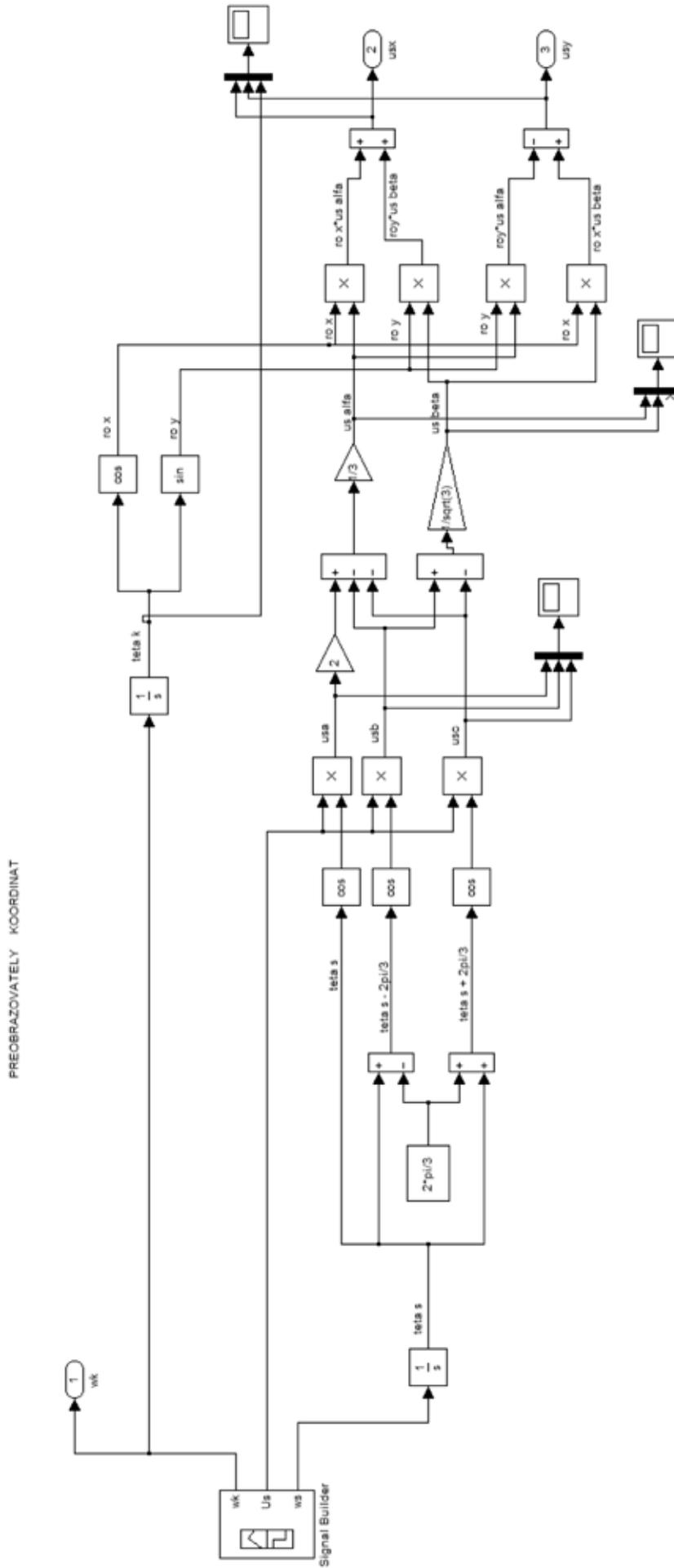


Рис. 10. Преобразователь координат

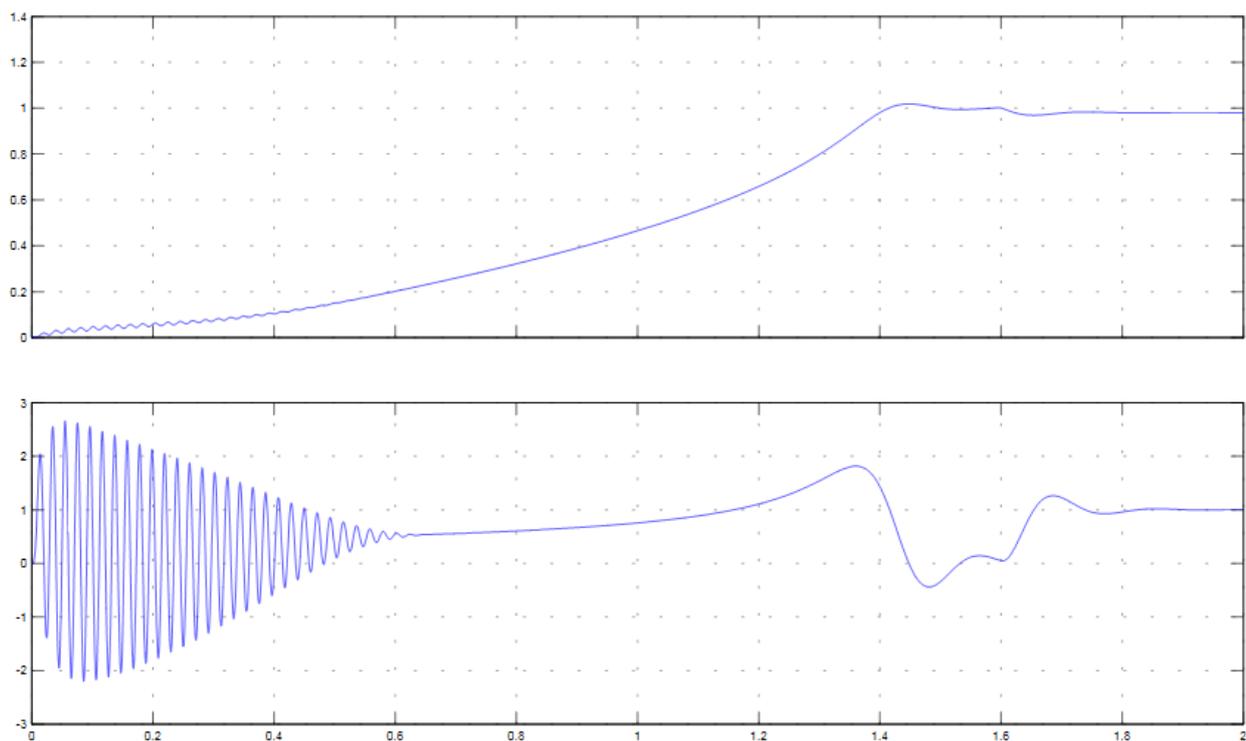


Рис. 11. Графики скорости и момента

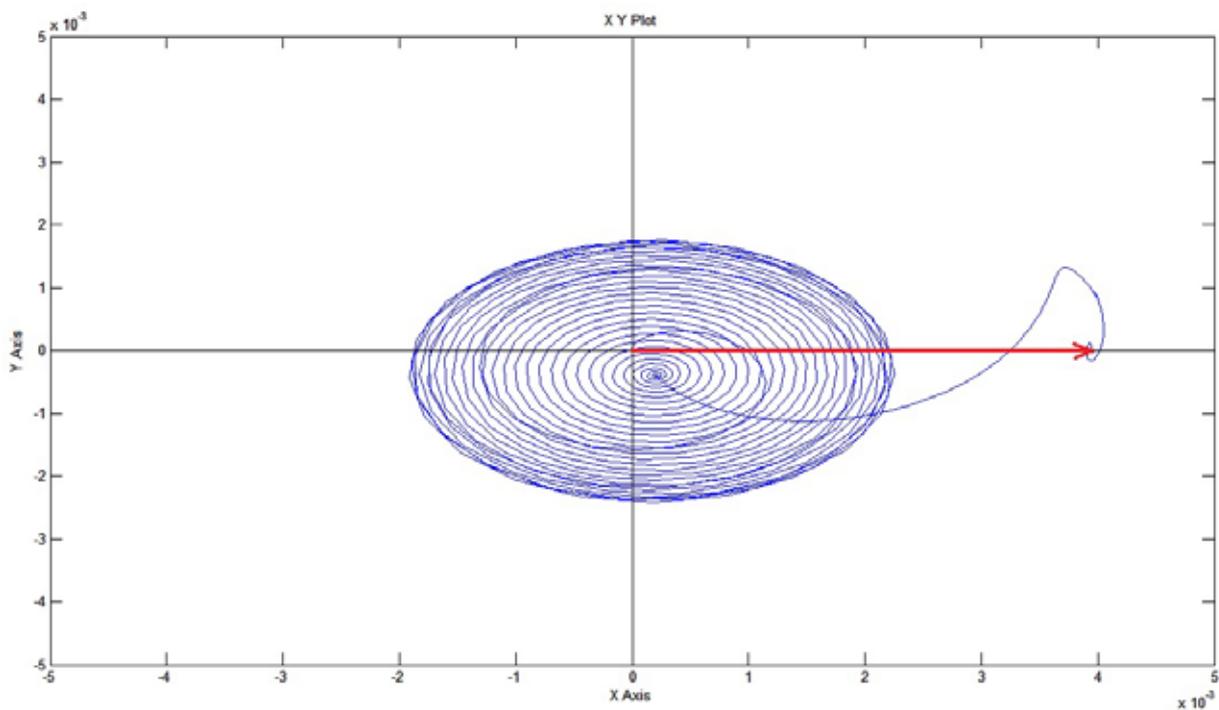


Рис. 12. Ориентация системы координат по потокосцеплению ротора

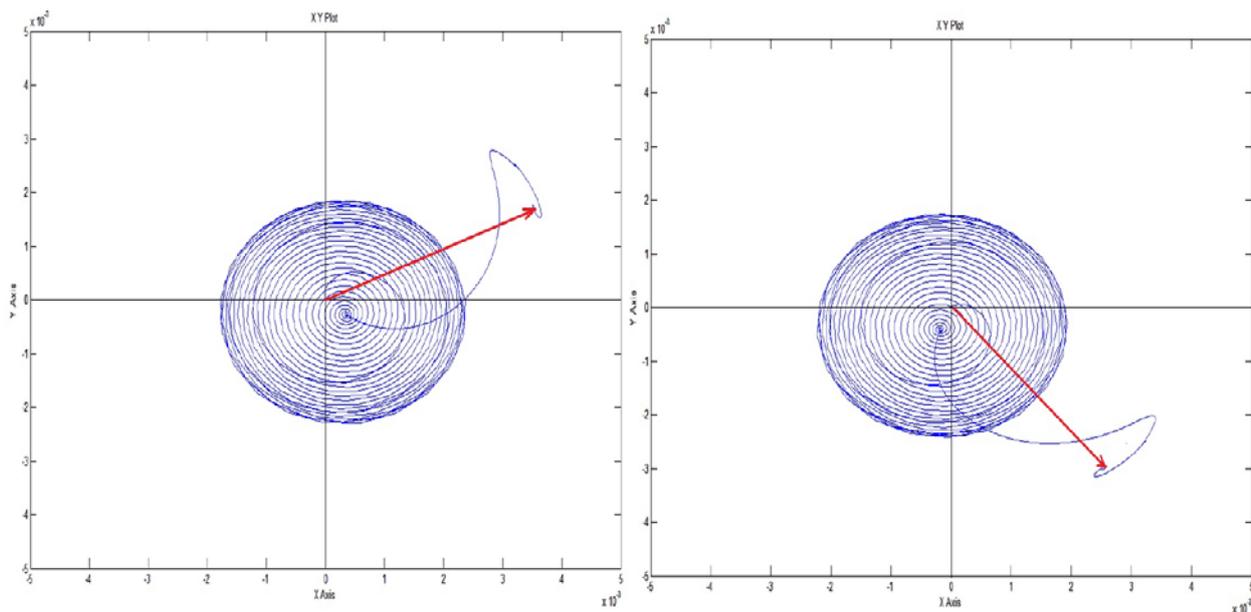


Рис. 13. Произвольная ориентация системы координат

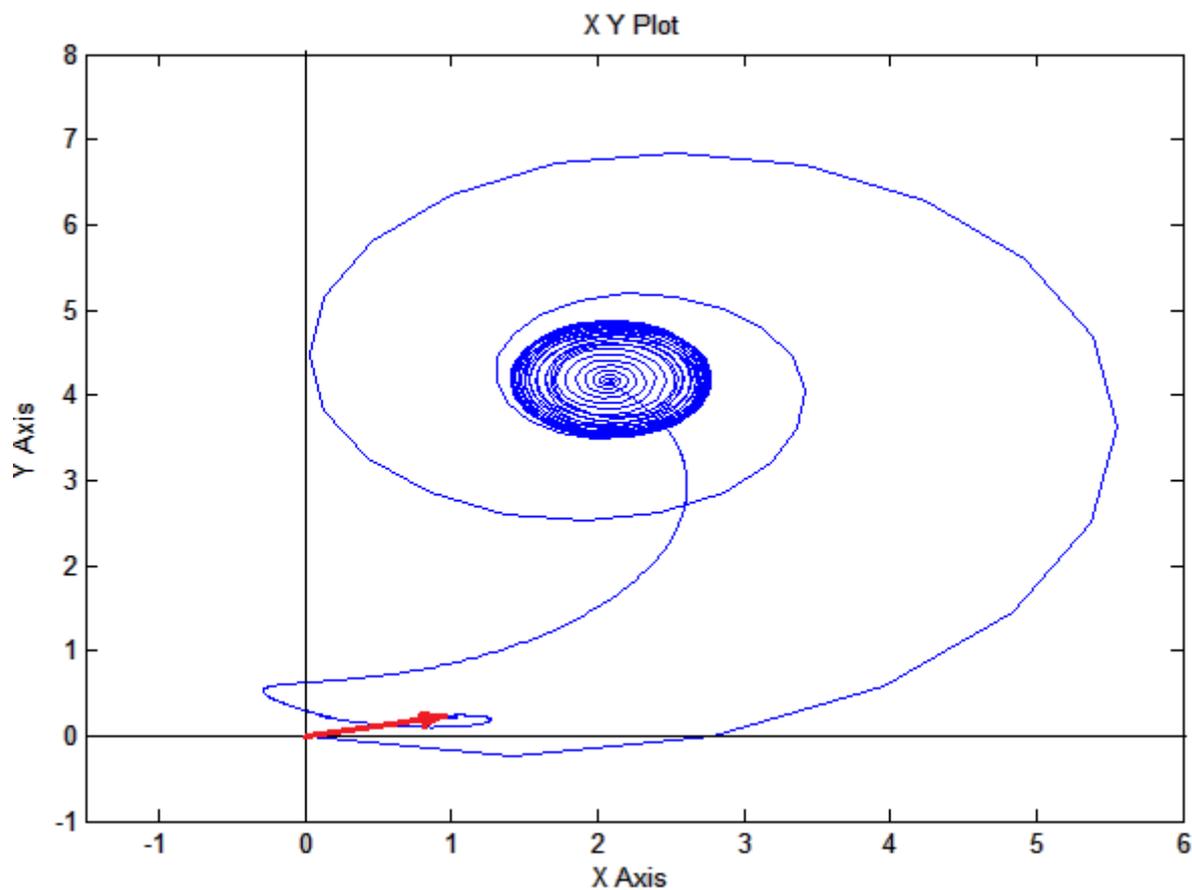


Рис. 14. Годограф изменения статорного тока i_s при пуске.

Литература:

1. Пространственные векторы в асинхронном двигателе в относительной системе единиц // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 133–156.
2. Шрейнер, Р.Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления [Текст]: учеб. пособие / Р.Т. Шрейнер, А.В. Костылев, В.К. Криволяз, С.И. Шилин. Под ред. проф. д. т. н. Р.Т. Шрейнера. Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 361 с.
3. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты Екатеринбург УРО РАН, 2000. 654 с.
4. Математическая модель АД в неподвижной системе координат с переменными / А.А. Емельянов [и др.] // Молодой ученый. — 2010. — № 3. Т. 1. — с. 8–23.

Математическое моделирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат с переменными $\Psi_r - i_s$

Емельянов Александр Александрович, доцент;

Козлов Алексей Максимович, студент;

Бесклеткин Виктор Викторович, студент;

Авдеев Александр Сергеевич, студент;

Чернов Михаил Владимирович, студент;

Кирыков Георгий Анатольевич, студент;

Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;

Фуртиков Кирилл Алексеевич, студент;

Реутов Александр Янович, студент;

Королёв Олег Александрович, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

Данная работа является продолжением опубликованной статьи [1], в которой были подробно показаны без сокращений способы и технологии получения пространственных векторов $\bar{\psi}_s, \bar{\psi}_r, \bar{U}_s, \bar{U}_r, \bar{I}_s, \bar{I}_r$, в системе абсолютных единиц. Для неподвижной системы координат, основные уравнения в векторной форме переведены в систему относительных единиц.

В работах [2; 3] приведено множество вариантов конечных результатов электромагнитного момента в зависимости от произведения проекций двух векторов ($\bar{\Psi}_r - \bar{i}_s, \bar{\Psi}_r - \bar{\Psi}_s$ и т.д.). В этой статье сделан вывод одного из множества математических моделей асинхронного двигателя и сравнение полученных уравнений и структурной схемы с фундаментальной работой [3].

Система уравнений описывающих АД с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе:

$$\bar{u}_s = r_s \cdot \bar{i}_s + \frac{1}{\Omega_a} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_s}{dt}; \quad (1)$$

$$0 = r_r \cdot \bar{i}_r + \frac{1}{\Omega_a} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} - j\omega \cdot \bar{\Psi}_r; \quad (2)$$

$$\bar{\Psi}_s = (l_m + l_{s\sigma}) \cdot \bar{i}_s + l_m \cdot \bar{i}_r; \quad (3)$$

$$\bar{\Psi}_r = (l_m + l_{r\sigma}) \cdot \bar{i}_r + l_m \cdot \bar{i}_s; \quad (4)$$

$$m = \zeta_N \cdot k_r \cdot (\Psi_{ra} \cdot i_{s\beta} - \Psi_{r\beta} \cdot i_{sa}); \quad (5)$$

$$m - m_\alpha = T_j \frac{d\omega}{dt}. \quad (6)$$

Так как электромагнитный момент определяется переменными $\bar{\Psi}_r$ и \bar{i}_s , то из системы уравнений (1) ... (4) исключаем переменные $\bar{\Psi}_s$ и \bar{i}_r .

Из уравнения (4) выразим ток \bar{i}_r :

$$\bar{i}_r = \frac{l_m}{l_m} \cdot \frac{1}{l_m + l_{r\sigma}} \cdot \bar{\Psi}_r - \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \cdot \bar{i}_s = \frac{1}{l_m} \cdot \left[\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right] \cdot \bar{\Psi}_r - \left[\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right] \cdot \bar{i}_s.$$

обозначим $k_r = \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}}$, тогда $\bar{i}_r = \frac{k_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r - k_r \cdot \bar{i}_s$ (7)

Далее, из уравнения (3) исключаем \bar{i}_r :

$$\bar{\Psi}_s = (l_m + l_{r\sigma}) \cdot \bar{i}_s + l_m \cdot \left(\frac{k_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r - k_r \cdot \bar{i}_s \right) = (l_m + l_{r\sigma} - l_m \cdot k_r) \cdot \bar{i}_s + k_r \cdot \bar{\Psi}_r = k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \bar{i}_s + k_r \cdot \bar{\Psi}_r,$$

где $l_m + l_{s\sigma} - l_m \cdot \underbrace{\left(\frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \right)}_{k_r} = \frac{l_m^2 + l_m \cdot l_{r\sigma} + l_m \cdot l_{s\sigma} + l_{r\sigma} \cdot l_{s\sigma} - l_m^2}{l_m + l_{r\sigma}} = \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} \cdot \underbrace{\left(l_{s\sigma} + l_{r\sigma} + \frac{l_{r\sigma} \cdot l_{s\sigma}}{l_m} \right)}_{l_{s\sigma}} = k_r \cdot l_{s\sigma}.$

$$\bar{\Psi}_s = k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \bar{i}_s + k_r \cdot \bar{\Psi}_r. \quad (8)$$

Из уравнения (2) исключаем переменную \bar{i}_r :

$$0 = r_r \cdot \left(\frac{k_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r - k_r \cdot \bar{i}_s \right) + \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} - j\omega \cdot \bar{\Psi}_r. \quad (9)$$

Выразим $\left[\frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} \right]$:

$$\left[\frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} \right] = -\frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r + r_r \cdot k_r \cdot \bar{i}_s + j\omega \cdot \bar{\Psi}_r. \quad (10)$$

Из уравнения (9):

$$\left(\frac{r_r \cdot k_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r + \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} \right) = r_r \cdot k_r \cdot \bar{i}_s + j\omega \cdot \bar{\Psi}_r.$$

Переведем полученное уравнение из оригинала в изображение $\left(\frac{d}{dt} = s \right)$:

$$\underbrace{\frac{r_r \cdot k_r}{l_m}}_{1/T_r} \cdot \left(1 + \frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \cdot \frac{1}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \bar{\Psi}_r = r_r \cdot k_r \cdot \bar{i}_s + j\omega \cdot \bar{\Psi}_r \quad (11)$$

$$\frac{l_m}{r_r \cdot k_r} = \frac{l_m \cdot (l_m + l_{r\sigma})}{r_r \cdot l_m} = \frac{l_m + l_{r\sigma}}{r_r} = T_r$$

Умножим обе части уравнения (11) на $\left(\frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \right)$:

$$\left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \bar{\Psi}_r = \frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \cdot r_r \cdot k_r \cdot \bar{i}_s + j\omega \cdot \underbrace{\left(\frac{l_m}{r_r \cdot k_r} \right)}_{T_r} \cdot \bar{\Psi}_r$$

$$\left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s \right) \cdot \bar{\Psi}_r = l_m \cdot \bar{i}_s + j\omega T_r \cdot \bar{\Psi}_r \quad (12)$$

Разложим векторы по проекциям: $\bar{\Psi}_r = \Psi_{r\alpha} + j\Psi_{r\beta}$; $\bar{i}_s = i_{s\alpha} + ji_{s\beta}$:

Подставим их в уравнение (12):

$$\left(1 + \left(\frac{T_r}{\Omega_{\delta}}\right) \cdot s\right) \cdot \Psi_{r\alpha} + j \cdot \left(1 + \left(\frac{T_r}{\Omega_{\delta}}\right) \cdot s\right) \cdot \Psi_{r\beta} = l_m \cdot i_{s\alpha} + j \cdot l_m \cdot i_{s\beta} + j\omega T_r \cdot \Psi_{r\alpha} - \omega T_r \cdot \Psi_{r\beta}; \quad (13)$$

Проекция уравнения (13) на ось +1:

$$\left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s\right) \cdot \Psi_{r\alpha} = l_m \cdot i_{s\alpha} - \omega T_r \cdot \Psi_{r\beta}; \quad (14)$$

Проекция уравнения (14) на ось +j:

$$\left(1 + \frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s\right) \cdot \Psi_{r\beta} = l_m \cdot i_{s\beta} + \omega T_r \cdot \Psi_{r\alpha}; \quad (15)$$

Из уравнения (14) определим $\Psi_{r\alpha}$:

$$\Psi_{r\alpha} = \frac{1}{1 + \left(\frac{T_r}{\Omega_{\delta}}\right) \cdot s} \cdot \left(l_m \cdot i_{s\alpha} - T_r \cdot (\omega \cdot \Psi_{r\beta})\right) \cdot \frac{1}{\frac{T_r}{\Omega_{\delta}} \cdot s + 1} \quad (16)$$

Уравнению (16) соответствует следующая структурная схема (рис. 1):

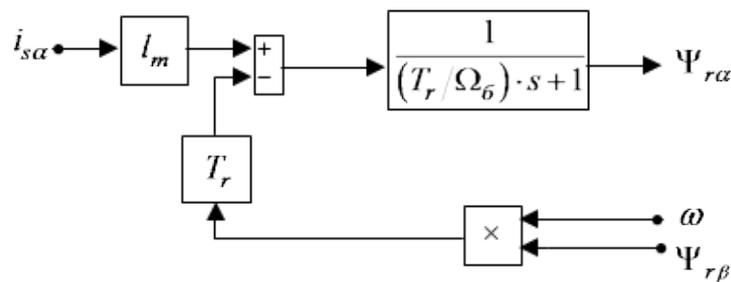


Рис. 1. Структурная схема для определения $\Psi_{r\alpha}$.

Из уравнения (15) определим $\Psi_{r\beta}$:

$$\Psi_{r\beta} = \left(l_m \cdot i_{s\beta} + T_r \cdot (\omega \cdot \Psi_{r\alpha})\right) \cdot \frac{1}{\left(\frac{T_r}{\Omega_{\delta}}\right) \cdot s + 1}; \quad (17)$$

Уравнению (17) соответствует следующая структурная схема (рис. 2):

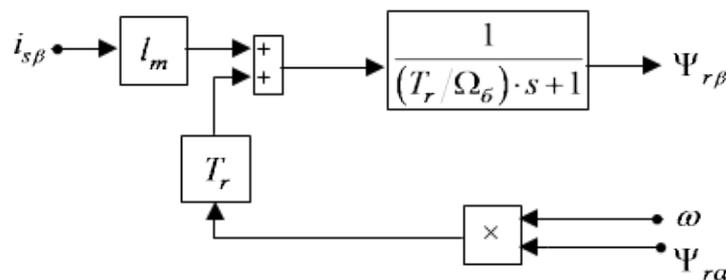


Рис. 2. Структурная схема для определения $\Psi_{r\beta}$.

В уравнении (1) подставим $\bar{\Psi}_s$ из (8):

$$\bar{u}_s = r_s \cdot \bar{i}_s + \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d}{dt} \cdot (k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \bar{i}_s + k_r \cdot \bar{\Psi}_r)$$

$$\bar{u}_s = r_s \cdot \bar{i}_s + \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \frac{d\bar{i}_s}{dt} + k_r \cdot \left[\frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} \right]$$

Подставим значение $\left[\frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} \right]$ из уравнения (10):

$$\bar{u}_s = r_s \cdot \bar{i}_s + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d\bar{i}_s}{dt} - \frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r + k_r^2 \cdot r_r \cdot \bar{i}_s + j\omega k_r \cdot \bar{\Psi}_r$$

$$\bar{u}_s = \left(\underbrace{(r_s + k_r^2 \cdot r_r)}_{r_3} \cdot \bar{i}_s + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot \frac{d\bar{i}_s}{dt} \right) - \frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r + j\omega k_r \cdot \bar{\Psi}_r$$

Переведем полученное уравнение из оригинала в изображение $\left(\frac{d}{dt} = s \right)$:

$$\left(r_3 + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \right) \cdot \bar{i}_s = \bar{u}_s + \frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r - j\omega k_r \cdot \bar{\Psi}_r$$

$$r_3 \cdot \left(1 + \left(\frac{k_r \cdot l_{s\sigma}}{r_3} \cdot \frac{1}{\Omega_{\sigma}} \right) \cdot s \right) \cdot \bar{i}_s = \bar{u}_s + \frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} \cdot \bar{\Psi}_r - j\omega k_r \cdot \bar{\Psi}_r$$

$$\frac{k_r^2 \cdot r_r}{l_m} = \frac{r_r}{\underbrace{l_m + l_{mr}}_{1/T_r}} \cdot k_r = \frac{k_r}{T_r};$$

$$T_3 = \frac{k_r \cdot l_{s\sigma}}{r_3} = \frac{k_r \left(l_{s\sigma} + l_{r\sigma} + \frac{l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma}}{l_m} \right)}{r_s + k_r^2 \cdot r_r} = \frac{k_r \cdot l_{r\sigma} + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \left(1 + \frac{l_{r\sigma}}{l_m} \right)}{r_s + k_r^2 \cdot r_r} = \frac{k_r \cdot l_{r\sigma} + k_r \cdot l_{s\sigma} \cdot \frac{l_m + l_{r\sigma}}{l_m}}{r_s + k_r^2 \cdot r_r} = \frac{k_r \cdot l_{r\sigma} + l_{s\sigma}}{r_s + k_r^2 \cdot r_r};$$

$$r_3 \cdot \left(1 + \frac{T_3}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \right) \cdot \bar{i}_s = \bar{u}_s + \frac{k_r}{T_r} \cdot \bar{\Psi}_r - j\omega k_r \cdot \bar{\Psi}_r; \tag{18}$$

Разложим векторы по проекциям:

$$\bar{u}_s = 1 \cdot \cos \omega_1 t + j1 \cdot \sin \omega_1 t;$$

$$\bar{\Psi}_r = \Psi_{r\alpha} + j\Psi_{r\beta};$$

$$\bar{i}_s = i_{s\alpha} + j \cdot i_{s\beta};$$

Подставим их в уравнение (18):

$$r_3 \cdot \left(1 + \frac{T_3}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \right) \cdot i_{s\alpha} + jr_3 \cdot \left(1 + \frac{T_3}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \right) \cdot i_{s\beta} = 1 \cdot \cos \omega_1 t + j1 \sin \omega_1 t + \frac{k_r}{T_r} \cdot \Psi_{r\alpha} + j\frac{k_r}{T_r} \cdot \Psi_{r\beta} - j\omega k_r \cdot \Psi_{r\alpha} + \omega k_r \cdot \Psi_{r\beta}; \tag{*}$$

Проекция уравнения (*) на ось +1:

$$r_3 \cdot \left(1 + \frac{T_3}{\Omega_{\sigma}} \cdot s \right) \cdot i_{sa} = 1 \cdot \cos \omega_1 t + \frac{k_r}{T_r} \cdot \Psi_{ra} + \omega k_r \cdot \Psi_{r\beta}; \tag{19}$$

Проекция уравнения (*) на ось +j:

$$r_s \cdot \left(1 + \frac{T_s}{\Omega_6} \cdot s \right) \cdot i_{s\beta} = 1 \cdot \sin \omega_1 t + \frac{k_r}{T_r} \cdot \Psi_{r\beta} - \omega k_r \cdot \Psi_{r\alpha}; \tag{20}$$

Из уравнения (19) выразим статорный ток $i_{s\alpha}$:

$$i_{s\alpha} = \left(1 \cdot \cos \omega_1 t + \frac{k_r}{T_r} \cdot \Psi_{r\alpha} + \omega k_r \cdot \Psi_{r\beta} \right) \cdot \frac{r_s^{-1}}{1 + \frac{T_s}{\Omega_6} \cdot s}; \tag{21}$$

Уравнению (21) соответствует следующая структурная схема (рис. 3):

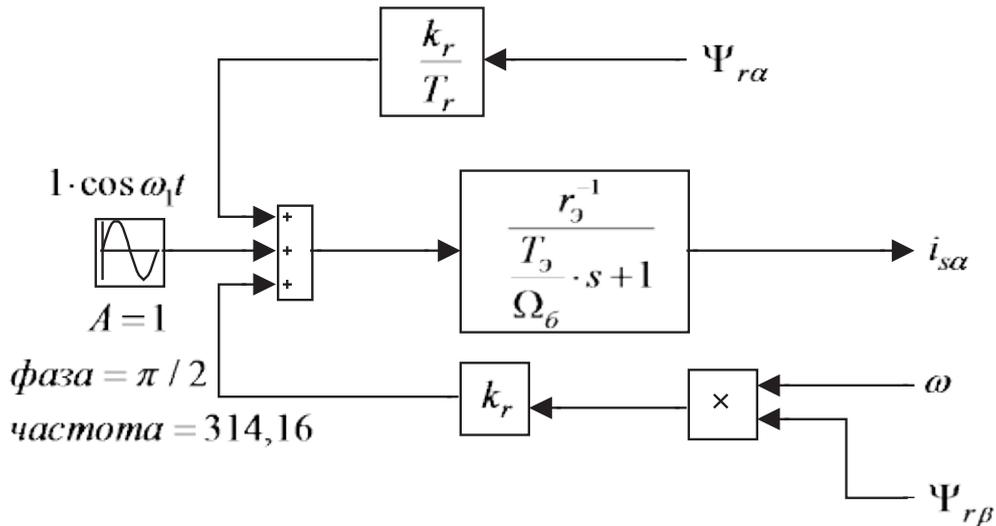


Рис. 3. Структурная схема для определения $i_{s\alpha}$.

Из уравнения (20) выразим статорный ток $i_{s\beta}$:

$$i_{s\beta} = \left(1 \cdot \sin \omega_1 t + \frac{k_r}{T_r} \cdot \Psi_{r\beta} - \omega k_r \cdot \Psi_{r\alpha} \right) \cdot \frac{r_s^{-1}}{\frac{T_s}{\Omega_6} \cdot s + 1}; \tag{22}$$

Уравнению (22) соответствует следующая структурная схема (рис. 4):

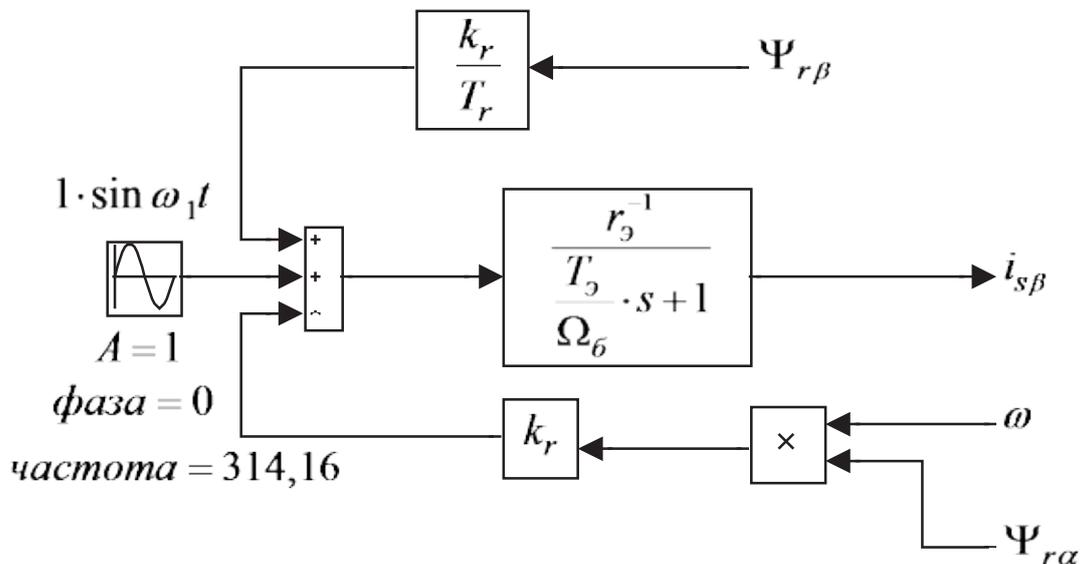


Рис. 4. Структурная схема для определения $i_{s\beta}$.

Электромагнитный момент определяется по формуле (5)

$$m = \xi_N \cdot k_r \cdot (\Psi_{r\alpha} \cdot i_{s\beta} - \Psi_{r\beta} \cdot i_{s\alpha}); \tag{**}$$

Структурная схема для реализации уравнения (5) дана на (рис. 5):

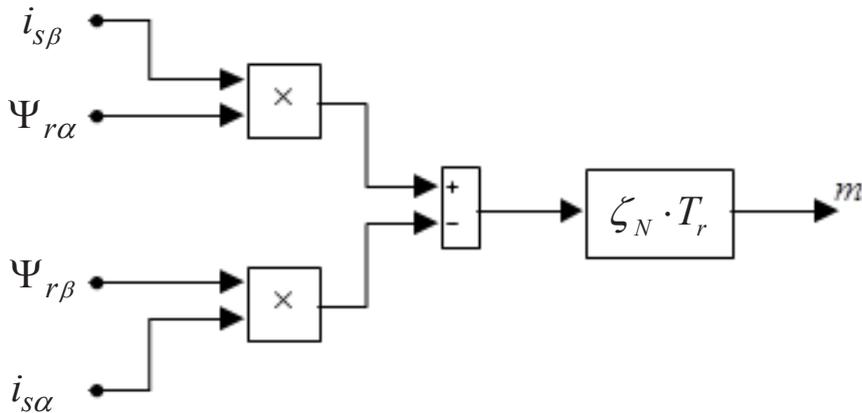


Рис. 5. Структурная схема для определения электромагнитного момента.

Наконец, для уравнения (6) структурная схема (рис. 6):

$$m - m_c = T_j \cdot s \cdot \omega;$$

$$\omega = (m - m_c) \cdot \frac{1}{T_j \cdot s}$$

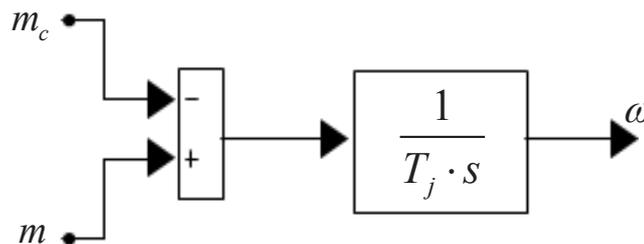


Рис. 6. Структурная схема для определения скорости.

В работе Шрейнера в главе 6 «Примеры» дан образец расчета параметров асинхронного двигателя. В наших дальнейших работах направленных на подготовку студентов к исследовательской работе, глава 6 окажет неоценимую помощь. Можно было бы по аналогии рассмотреть паспортные данные любого другого двигателя, но для проверки правильности выводов уравнений сделанных исследовательской группой самостоятельно, необходимо постоянно выходить на многие полученные результаты в работе [3]. Поэтому, этот пример расчета окажется очень полезным.

Номинальные данные:

Номинальный режим работы	S1;
Номинальная мощность	$P_N = 320 \text{ кВт};$
Номинальное фазное напряжение	$U_{s,N} = 380 \text{ В};$
Номинальный фазный ток	$I_{s,N} = 324 \text{ А};$
Номинальная частота	$f_N = 50 \text{ Гц};$
Номинальная синхронная скорость	$\Omega_{0N} = 104,7 \text{ рад/с};$
Номинальная скорость ротора	$\Omega_N = 102,83 \text{ рад/с};$
Номинальный КПД	$\eta_N = 0,944;$
Номинальный коэффициент мощности	$\cos \varphi_N = 0,92;$
Число пар полюсов	$z_p = 3.$

Параметры T-образной схемы замещения при номинальной частоте:

Активное сопротивление обмотки статора	$R_s = 0,0178 \text{ Ом};$
----------------------------------------	----------------------------

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора $X_{s\sigma} = 0,118 \text{ Ом};$

Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к статору $R_r = 0,0194 \text{ Ом};$

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора, приведенное к статору $X_{r\sigma} = 0,123 \text{ Ом};$

Главное индуктивное сопротивление $X_m = 4,552 \text{ Ом}.$

Базисные величины системы относительных единиц:

Напряжение $U_{\delta} = \sqrt{2}U_{s.N} = \sqrt{2} \cdot 380 = 537,4 \text{ В};$

Ток $I_{\delta} = \sqrt{2}I_{s.N} = \sqrt{2} \cdot 324 = 458,2 \text{ А};$

Частота $\Omega_{\delta} = \Omega_{s.N} = 2\pi f_N = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ рад/с};$

Скорость ротора $\Omega_{r.\delta} = \frac{\Omega_{\delta}}{z_p} = \frac{314,16}{3} = 104,72 \text{ рад/с};$

Сопротивление $Z_{\delta} = \frac{U_{\delta}}{I_{\delta}} = \frac{537,4}{458,2} = 1,1728 \text{ Ом};$

Потокоцепление $\Psi_{\delta} = \frac{U_{\delta}}{\Omega_{\delta}} = \frac{537,4}{314,16} = 1,711 \text{ В}\cdot\text{с};$

Индуктивность $L_{\delta} = \frac{\Psi_{\delta}}{I_{\delta}} = \frac{1,711}{458,2} = 3,733 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$

Используя номинальные данные двигателя, определяем:

$$M_{\delta} = k_{\Delta} \cdot M_N = k_{\Delta} \cdot \frac{P_N}{\Omega_N},$$

где $k_{\Delta} > 1$ – коэффициент, учитывающий различие значений электромагнитного момента и момента на валу двигателя в номинальном режиме ($R_{\Delta} = 1,0084$).

$$M_{\delta} = k_{\Delta} \cdot \frac{P_N}{\Omega_N} = 1,0084 \cdot \frac{320 \cdot 10^3}{102,83} = 3138,07 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

В качестве базисной мощности выбираем значение электромагнитной мощности двигателя в номинальном режиме, определяемое по следующей формуле:

$$P_{\delta} = M_{\delta} \cdot \Omega_{p.\delta} = 3138,07 \cdot 104,72 = 328,62 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Относительные значения параметров схемы замещения двигателя:

$$r_s = \frac{R_s}{Z_{\delta}} = \frac{0,0178}{1,1728} = 0,0152;$$

$$l_{s\sigma} = \frac{L_{s\sigma}}{L_{\delta}} = \frac{X_{s\sigma}}{(\Omega_{\delta} \cdot L_{\delta})} = \frac{X_{s\sigma}}{Z_{\delta}} = \frac{0,118}{1,1728} = 0,1006;$$

$$r_r = \frac{R_r}{Z_{\delta}} = \frac{0,0194}{1,1728} = 0,0165;$$

$$l_{r\sigma} = \frac{X_{r\sigma}}{Z_{\delta}} = \frac{0,0123}{1,1728} = 0,1049;$$

$$l_m = \frac{X_m}{Z_{\delta}} = \frac{4,552}{1,1728} = 3,881.$$

Механическая постоянная времени:

$$T_j = J_{\Sigma} \cdot \frac{\Omega_{r.\delta}}{M_{\delta}} = 28 \cdot \frac{104,72}{3138,07} = 0,934 \text{ с}.$$

Номинальное значение скольжения:

$$\beta_N = \frac{\Omega_{0N} - \Omega_N}{\Omega_{0N}} = \frac{104,72 - 102,83}{104,72} = 0,018.$$

Относительное значение номинальной скорости ротора:

$$\omega_N = (1 - \beta_N) = (1 - 0,018) = 0,982.$$

Нормирующий энергетический коэффициент:

$$\zeta_N = \frac{S_{s.N}}{P_{эм.N}} = \frac{3 \cdot U_{s.N} \cdot I_{s.N}}{P_\phi} = \frac{3 \cdot 380 \cdot 324}{328620} = 1,124.$$

$$S_{s.N} = 3 \cdot U_{s.N} \cdot I_{s.N} = 369360 \text{ ВА.}$$

$$R_s = \frac{l_m}{l_m + l_{s\sigma}} = \frac{3,881}{3,881 + 0,1006} = 0,9749;$$

$$R_r = \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} = \frac{3,881}{3,881 + 0,1049} = 0,9737;$$

$$l_{\sigma_3} = l_{s\sigma} + l_{r\sigma} + l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma} \cdot l_m^{-1} = 0,1006 + 0,1049 + \frac{0,1006 \cdot 0,1049}{3,881} = 0,2082;$$

При расчете режимов работы, для того чтобы $i_{sh} = 1$, $M_N = 1$, $U_{sN} = 1$, $\omega_{sN} = 1$ и $\beta_N = 0,018$ необходимо откорректировать r_r :

$$r_r = r_{rk} = \rho_N \cdot \beta_N = 0,9962 \cdot 0,018 = 0,0179,$$

где $\rho_N = 0,9962$ – корректирующий коэффициент [5, с. 296].

$$\alpha_r = k_r \cdot \frac{r_r}{l_m} = 0,9737 \cdot \frac{0,0179}{3,881} = 0,00451;$$

$$l_3 = k_r \cdot l_{r\sigma} + l_{s\sigma} = 0,9737 \cdot 0,1049 + 0,1006 = 0,20274;$$

$$l_3 = k_r \cdot l_{\sigma_3} = 0,9737 \cdot 0,2082 = 0,20274;$$

$$r_3 = r_s + k_r^2 \cdot r_r = 0,0152 + 0,9737^2 \cdot 0,0179 = 0,032171;$$

$$T_3 = \frac{l_3}{r_3} = \frac{0,20274}{0,032171} = 6,302;$$

$$k^2 \cdot r_r = 0,2737^2 \cdot 0,0179 = 0,017;$$

$$\frac{1}{r_3} = \frac{1}{0,032171} = 31,084;$$

$$T_r = \frac{l_m + l_{r\sigma}}{r_r} = \frac{3,881 + 0,1049}{0,0179} = 222,676;$$

$$\frac{T_r}{k_r^2 \cdot r_r} = \frac{222,676}{0,017} = 13098,587;$$

$$\frac{T_3}{\Omega_\phi} = \frac{6,302}{314,16} = 0,02006;$$

$$\frac{T_r}{\Omega_\phi} = \frac{222,676}{314,16} = 0,7088;$$

$$\zeta_N \cdot T_r = 1,124 \cdot 222,676 = 250,29.$$

Математическая модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат представлена на рисунке 7. Результаты математического моделирования приведены на рисунках 8...10.

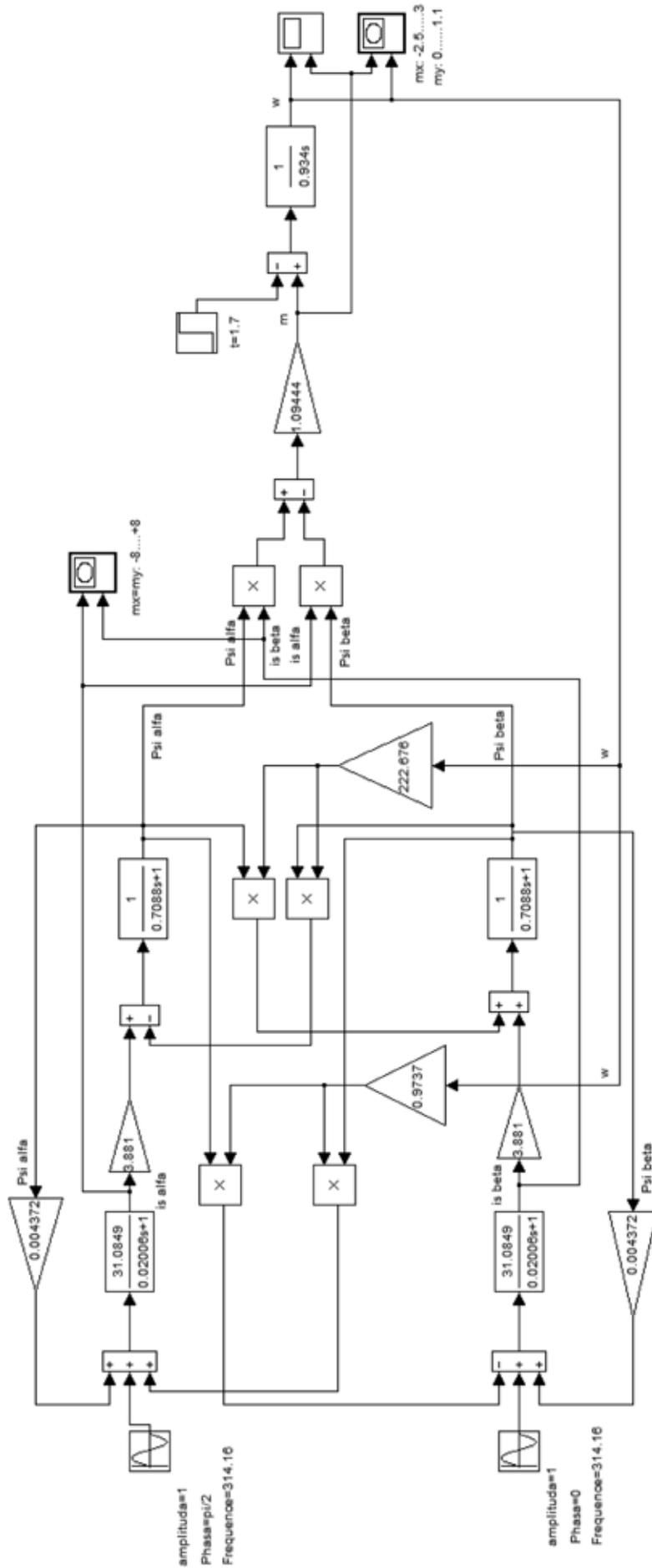


Рис. 7. Математическая модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат

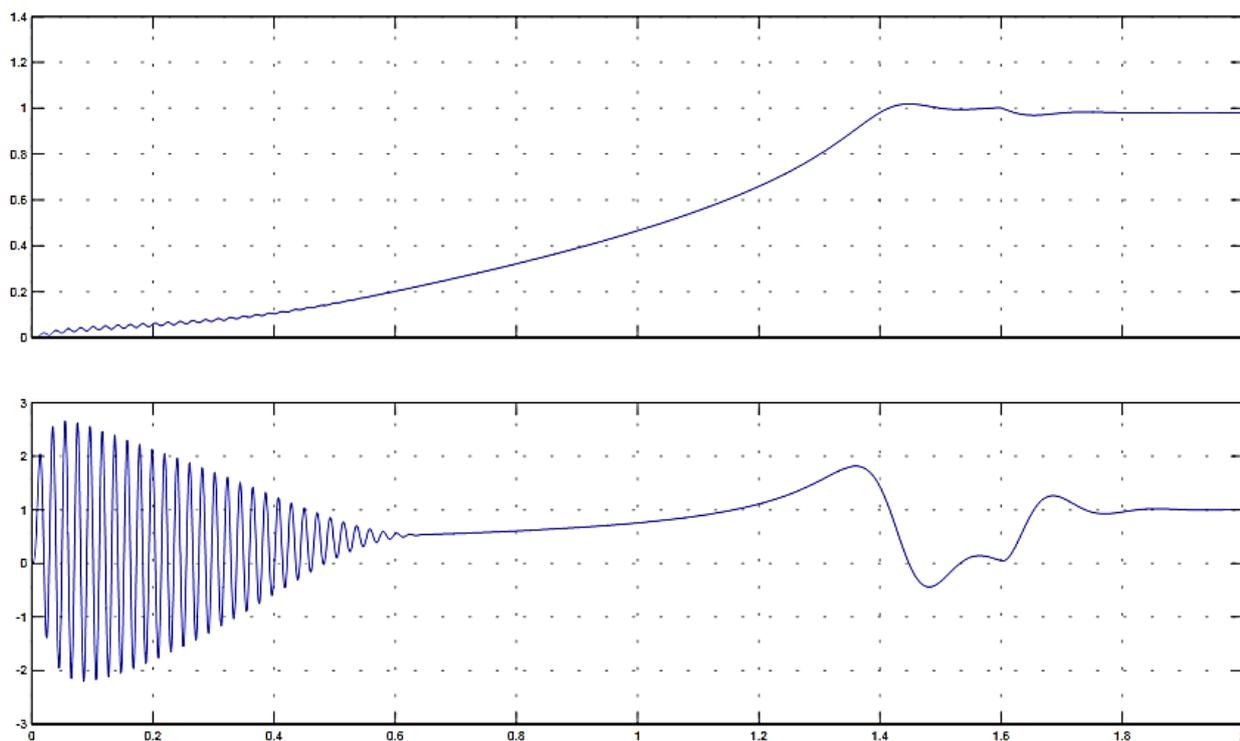


Рис. 8. Графики скорости и момента

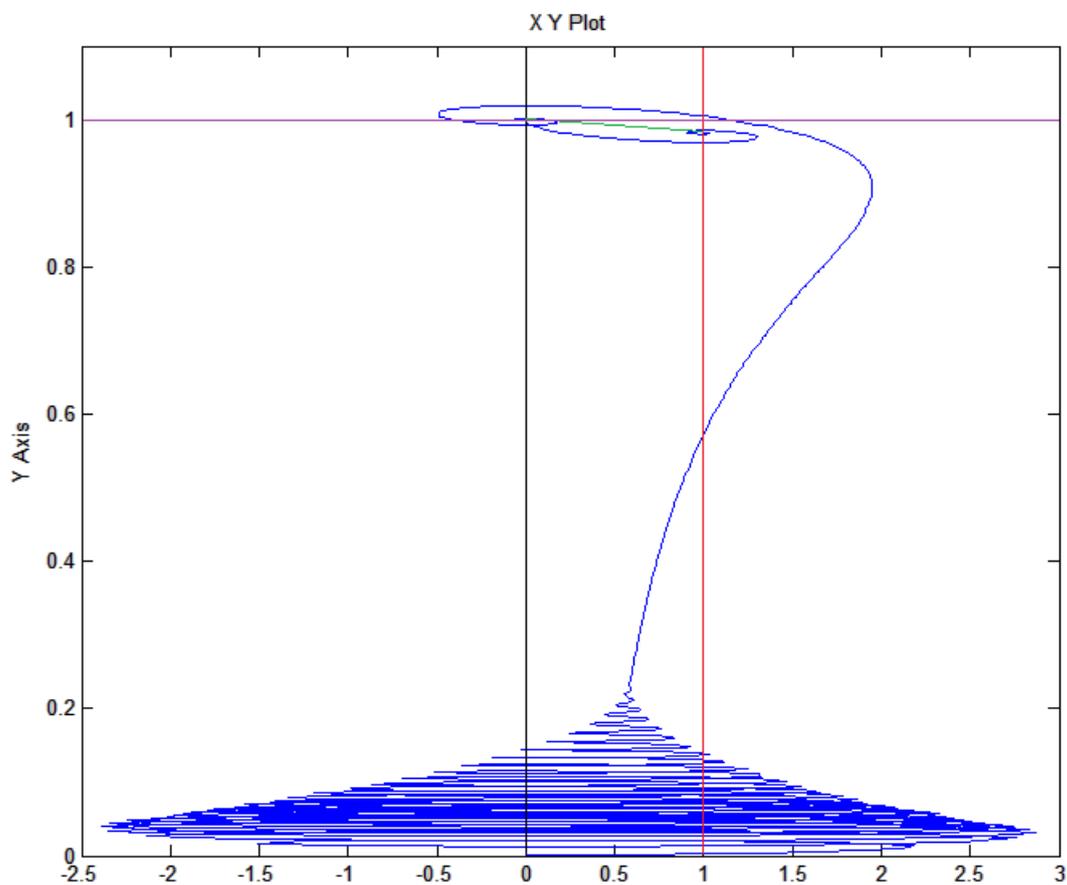


Рис. 9. Динамическая механическая характеристика при пуске и набросе нагрузки.

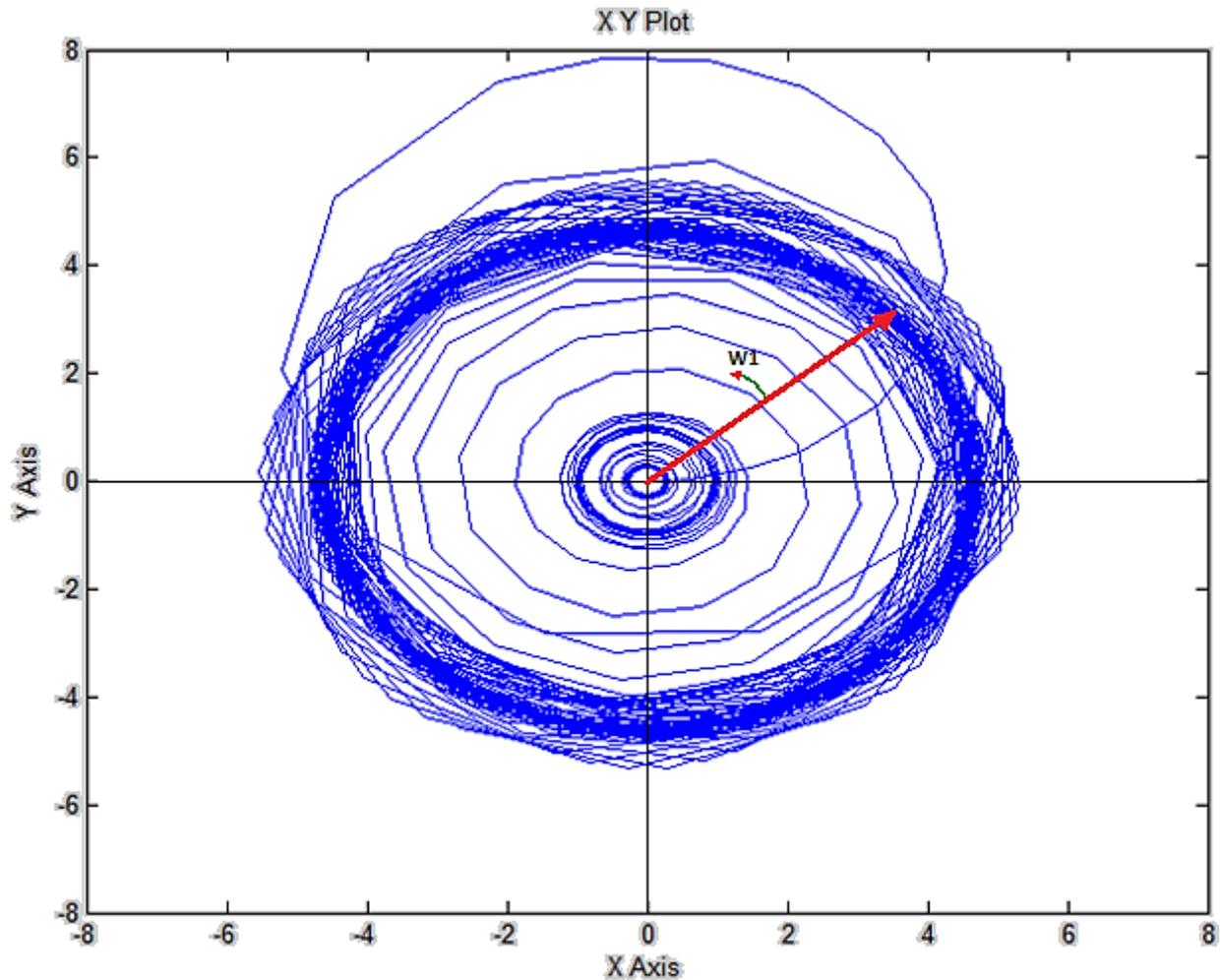


Рис. 10. Годограф вращающийся вектор тока статора в неподвижной системе координат.

Литература:

1. Пространственные векторы в асинхронном двигателе в относительной системе единиц // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 133–156.
2. Шрейнер, Р.Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления [Текст]: учеб. пособие / Р.Т. Шрейнер, А.В. Костылев, В.К. Кривовяз, С.И. Шилин. Под ред. проф. д. т. н. Р.Т. Шрейнера. Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 361 с.
3. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты Екатеринбург УРО РАН, 2000. 654 с.
4. Математическая модель АД в неподвижной системе координат с переменными / А.А. Емельянов [и др.] // Молодой ученый. — 2010. — № 3. Т. 1. — с. 8–23.

ИНФОРМАТИКА

Рекомендательная система на основе коллаборативной фильтрации

Брейкин Евгений Александрович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В настоящее время человечество производит десятки терабайт информации в день: фотографии, текст, логи серверов и т.д. На любом предприятии каждое действие записывается в базу данных. Эту информацию можно и нужно обрабатывать. Полученные данные используются для построения статистик, оптимизации направления бизнеса, привлечения новых клиентов и повышения продаж за счёт «персонализации» услуг.

Современные требования к методам анализа данных:

- а) большие объёмы данных (гигабайты, терабайты);
- б) разреженность, низкий коэффициент корреляции;
- в) простые и понятные результаты;
- г) быстрые инструменты анализа.

Традиционный метод — математическая статистика, неприменим к текущим задачам анализа, т.к. в его основе используется концепция усреднения по выборке, приводящая к операциям над фиктивными величинами. Относительно новая область науки анализа данных — Data Mining занимается поиском, разработкой и оптимизаций методов обработки данных.

Сфера применения Data Mining не ограничена — везде, где есть данные, можно найти «скрытые знания». Зачастую прибыль от использования систем обработки и анализа данных в десятки раз превышает стоимость их внедрения. Вот лишь несколько направлений, в которых обработка данных будет полезна:

- а) анализ потребительской корзины в интернет магазинах — для повышения продаж нужно уметь предсказывать желания клиента, на основе его поведения и поведения похожих на него пользователей;
- б) прогнозирование изменения клиентуры — важно уметь предсказать отток клиентов и, как следствие, снижение прибыли. Если вовремя обнаружить эту проблему, то можно значительно сократить убытки;

в) сегментация рынка — разделяя клиентов на категории, можно оптимизировать политику ведения бизнеса для каждого типа клиентов.

Одно из применений Data Mining — рекомендательные системы. Это информационные системы, задача которых, предложить пользователю действия, услуги или товары на основе предыдущих предпочтений его или пользователей, похожих на него по купленным товарам/услугам.

Алгоритмы фильтрации, используемые в рекомендательных системах, делятся на два типа:

- а) content-based фильтрация — собирает информацию (демографические данные, музыкальный жанр, анкета пользователя) для создания профиля по каждому клиенту или товару;
- б) коллаборативная фильтрация — основывается на поведении пользователя в прошлом. Каждому пользователю по данным всех транзакций ставятся в соответствие пользователи с похожей историей покупок/действий.

На данный момент, наиболее популярной считается коллаборативная фильтрация.

Алгоритм работы

Для расчета рекомендаций необходимо сформировать таблицу, в которой показано, какие товары/услуги клиент приобрёл, а какие нет. Данная таблица называется матрицей кросс-табуляции. Формирование происходит из таблицы транзакций, в которой содержатся данные о покупках каждого клиента с момента начала использования сервиса/магазина. Алгоритм получения и агрегация данных для построения матрицы кросс-табуляции, зависит от структуры базы данных и в данной статье не приводится.

Таблица 1. Пример матрицы кросс-табуляции

ID клиента	Услуга 1	Услуга 2	Услуга 3
154	1	1	1
155	1	0	0

Таким образом, по каждому столбцу таблицы, начиная со второго, можно построить бинарные вектора, которые будут соответствовать услугам в этих столбцах. Полученные вектора можно сравнивать и находить наиболее близкие друг к другу товары — те, которые наиболее часто приобретались вместе. Также бинарные вектора можно построить и по строкам, тогда при их сравнении будет рассчитываться мера «похожести» покупателей друг на друга — насколько похожи были их покупки.

Чтобы среди всех векторов для выбранной услуги найти наиболее похожие, необходимо вычислить меру сравнения с другими векторами. Можно использовать следующие меры:

- а) Косинусная мера;
- б) Коэффициент корреляции Пирсона;
- в) Евклидово расстояние;
- г) Коэффициент Танимото;
- д) Манхэттенское расстояние.

В рекомендательных системах наиболее часто используются косинусная мера и коэффициент корреляции Танимото. В данном описании алгоритма происходит сравнение товаров при помощи косинусной меры. Данная мера хорошо подходит для данных, в которых неизвестны оценки пользователей по каждому товару, но известен факт покупки.

Косинусная мера для двух векторов — это косинус угла между ними, который определяется как их скалярное произведение, деленное на длину каждого из двух векторов:

$$\cos(\vec{x}, \vec{y}) = \frac{\vec{x} \cdot \vec{y}}{||\vec{x}||_2 \times ||\vec{y}||_2}$$

Блок-схема предлагаемого алгоритма представлена на рисунке 1.

Для сбора данных необходимо сформировать несколько запросов к двум таблицам. На рисунке 2 представлена ER-диаграмма данных таблиц (в ней указаны только те строки, которые необходимы для расчёта рекомендаций).

При анализе и выработке рекомендаций, промежуточные данные могут храниться как в оперативной памяти, так и в базе данных.

Для построения таблицы, в которой будет отражена информация о близости каждого товара к другим, необходимо вычислить меры близости каждого вектора с остальными. Полученная симметричная матрица называется матрицей коллабораций. В таблице 2 представлен пример матрицы коллабораций, по которой будут выбираться рекомендации. При использовании косинусной меры близости значения в ячейках этой матрицы лежат в отрезке [-1;1], где максимальная близость выражается числом 1.

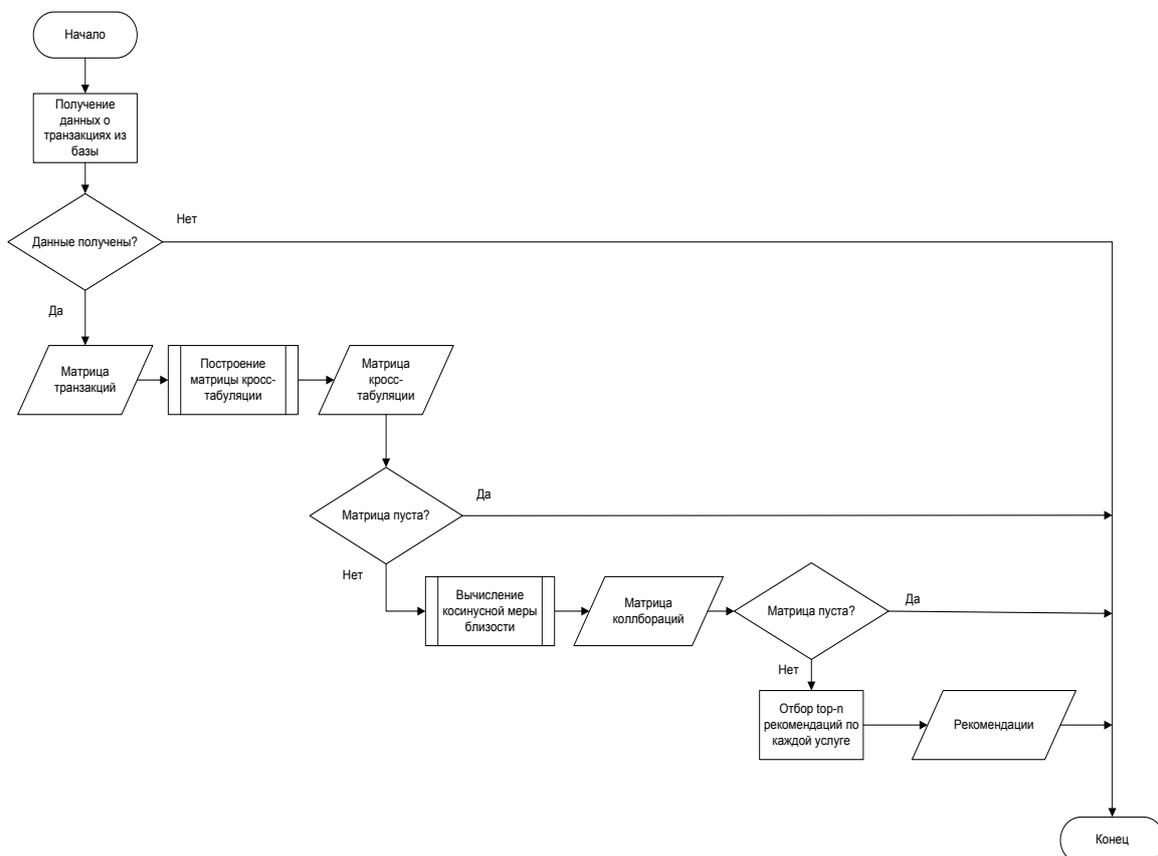


Рис. 1. Схема алгоритма работы вычисления рекомендаций

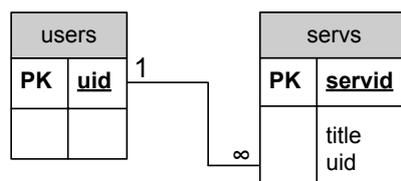


Рис. 2. ER-диаграмма

Таблица 2. Пример матрицы коллабораций

Название услуги	Услуга 1	Услуга 2	Услуга 3
Услуга 1	0	0.01345	0.08345
Услуга 2	0.01345	0	0.7504
Услуга 3	0.08345	0.7504	0

В данной статье был предложен алгоритм расчёта рекомендаций на основе метода коллаборативной фильтрации при помощи косинусной меры близости. Используя этот

алгоритм можно повысить уровень продаж интернет-магазинов, оптимизировать работу компании и т. п.

Литература:

1. Машинное обучение (курс лекций, К. В. Воронцов).
2. Jared Dean, «Big data, data mining and machine learning»
3. <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/>
4. <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender2/>
5. <http://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/mlstc12/15-recommender.pdf>

Обзор современных информационных технологий автоматизации деятельности в сфере ЖКХ

Горбачев Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Хакимова Эльвина Габдулшакировна, магистр
 Оренбургский государственный институт менеджмента

Одним из основных факторов влияния научно-технического прогресса на все сферы деятельности человека является широкое использование новых информационных технологий. Среди наиболее важных и массовых сфер, в которых информационные технологии играют решающую роль, особое место занимает сфера жилищно-коммунального хозяйства. Под влиянием новых информационных технологий происходят коренные изменения в технологии управления, повышается квалификация и профессионализм специалистов, занятых деятельностью в жилищно-коммунальной сфере.

В настоящее время многие категории населения часто используют информационные сервисы для оплаты коммунальных услуг через интернет. При этом в настоящее время большинство информационных сервисов, предоставляемых жильцам многоквартирных домов (МКД), ограни-

чивается электронными платежами и вводом показаний счетчиков (электрических, водяных, газовых), распечаткой квитанций. Для части жильцов и таких сервисов вполне достаточно. Но все большая часть жильцов выражает желание пользоваться дополнительными информационными сервисами, предоставляющими возможность комфортного общения с руководителями муниципалитетов, управляющими компаниями, руководством товариществ собственников жилья, поставщиками коммунальных услуг и ресурсов. Таким образом, создание таких информационных сервисов является одной из задач совершенствования информационных систем в жилищно-коммунальной сфере для управления многоквартирными домами.

Автоматизация процессов управления МКД и совершенствование ИТ-инфраструктуры ЖКХ, определяются следующими факторами:

- постановлениями РФ;
- международными стандартами;
- мировыми тенденциями в развитии информационных технологий;
- тенденциями развития рынка информационных систем для управления жилищно-коммунальным хозяйством (ЖКХ) в РФ;
- уровнем готовности ЖКХ к автоматизации деятельности по управлению МКД.

Для решения задачи формирования информационных ресурсов (цифрового информационного контента) в области ЖКХ (в частности, для управления ТСЖ) изданы постановления Правительства РФ от 23.09.2010 № 731 «Об утверждении стандарта раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами» [2]. В соответствии с указанными постановлениями, все управляющие компании и ТСЖ, занимающиеся управлением многоквартирными домами, обязаны раскрывать информацию о своей финансово-хозяйственной деятельности (в частности управления), о ценах и тарифах на свои услуги.

Как показывает практика, большинство ТСЖ на своих сайтах информацию публикуют либо не полностью, либо не публикуют вовсе. Следовательно, проблема заключается в том, что так и не создано единое информационное пространство, содержащее информационный цифровой контент, удобный как для органов управления, так и для жильцов. В связи с чем, предоставляется актуальным провести анализ и оценку информационных систем, применяемых в этой сфере.

Большинство отечественных информационных систем в ЖКХ предусматривают установку клиентских приложений непосредственно на компьютеры абонентов. Кроме этого, в большинстве отечественных информационных систем основное внимание уделено автоматизации только рабочих мест технических специалистов (управляющие компании, руководство ТСЖ, паспортные столы, бухгалтерии, аварийные службы).

Вместе с тем в последнее время отечественные компании по разработке программного обеспечения стали усиленно создавать информационные сервисы для удобства работы абонентов-жильцов на базе облачных технологий. Наглядным примером является программный комплекс «СТЭК-ЖКХ», который имеет в своем составе следующие программные модули [3]:

1. Расчеты с физическими лицами.
2. Паспортный стол.
3. АРМ Юриста (Работа с должниками — физическими лицами).
4. Аварийно-диспетчерская служба.
5. АРМ Кассира.
6. Расчеты с юридическими лицами.
7. Субсидии.

Постоянный доступ через Интернет ко всем вышеуказанным модулям происходит с помощью информационного сервиса «Стэк-Облако». Программный комплекс разра-

ботан специально для небольших организаций по управлению МКД, к которым относится и ТСЖ. Программный комплекс предоставляется как услуга, на условиях договора аренды, при этом на компьютере абонента установка клиентской части программного комплекса не производится.

Универсальная учетная система (УУС) «Виртуальный ИРЦ» (ВИРЦ) в конфигурации «Виртуальный ИРЦ — ЖКХ» (ВИРЦ — ЖКХ), разработанная компанией ПАФЭС, предоставляет пользователям (администрациям муниципалитетов, управляющим компаниям, ТСЖ, поставщикам жизнеобеспечивающих ресурсов и жителям) возможность доступа к облачным технологиям [4]. Основные функции «ВИРЦ ЖКХ» — автоматизация взаиморасчетов и объединение всех участников в гибридную виртуальную сеть. В 2014 году система получила дополнительные настройки автоматизации, и теперь в неё входят автоматизированные деловые процессы: регионального расчетного центра; государственной жилищной инспекции; регионального оператора фонда капитального ремонта; централизованная диспетчерская служба; управление текущим ремонтом; паспортной регистрационной службы; управление затратами; «личный кабинет» абонента ЖКХ.

Еще одна информационная система, предусматривающая использование облачных информационных технологий, — это Domosite.ru [1]. Информационная система развилась из небольшой социальной сети и позволяет создать единое информационное пространство для жителей МКД, технических сотрудников ТСЖ (управляющих компаний) и контролирующих органов для эффективного управления МКД и его имуществом. Основные возможности информационной системы:

1. Создание официальной страницы ТСЖ/УК с функцией размещения новостей и отчетности.
2. Отслеживание реестра жителей и собственников.
3. Подключение информационного сервиса «Пакет ДомоСтарт» и возможность выполнять следующие действия: осуществлять сбор и сдачу показаний счетчиков, напоминания абонентам по почте, отчеты по потреблению коммунальных услуг; вести журнал заявок с СМС-уведомлениями; вести календарь; участвовать в форуме для обсуждения тем, актуальных для ТСЖ, и обмена опытом.
4. Работа с диспетчерской службой;
5. Осуществление онлайн-оплаты за жилищно-коммунальные услуги с использованием банковских карт VISA и MasterCard.
6. Получение юридических услуг и консультаций.

Кроме этого, информационную систему для управления ЖКХ на базе облачных технологий разработал в 2012 году «Ростелеком» (информационная система «07. ЖКХ») [5]. Облачные информационные сервисы данной информационной системы предназначены для региональных и муниципальных органов власти, управляющих и ресурсоснабжающих организаций, расчетно-кассовых центров. Информационная система «07. ЖКХ» предо-

ставляет различным категориям абонентов следующие информационные сервисы:

— для органов государственной власти — оперативный мониторинг исполнения производственных и инвестиционных программ ресурсоснабжающих организаций, прогнозирование, расчет и целевое использование бюджетных средств на предоставление социальной поддержки отдельным категориям граждан и субсидий по оплате ЖКУ.

— для органов местного самоуправления — информирование граждан о деятельности организаций ЖКХ, ведение учета электронных паспортов всех объектов жилого фонда, оперативная координация деятельности всех управляющих организаций, верификация данных по расчетам между управляющими и ресурсоснабжающими организациями;

— для управляющих, ресурсоснабжающих организаций и расчетно-кассовых центров — биллинговые и платежные сервисы для проведения расчетов по многоставочным та-

рифам с возможностью автоматизированного сбора показаний с общедомовых и индивидуальных приборов учета;

— для населения — «Личный кабинет для населения», позволяющий удаленно, в любое время, получить актуальные сведения о состоянии лицевого счёта, заказать необходимые справки, ввести показания индивидуальных приборов учёта, оплатить счета и заказать дополнительные услуги.

Таким, образом, проведенный анализ показывает, что сфера ЖКХ в настоящее время в достаточной мере автоматизирована. Вместе с тем на предприятиях ЖКХ информационные системы применяются крайне редко и малоэффективно. В этой связи объективно возрастает потребность в проведении структурных преобразований в управлении ЖКХ, опирающихся на научно-обоснованный массив информации. Это необходимо для принятия эффективных управленческих решений и, что особенно значимо, для обеспечения контроля над деятельностью субъектов ЖКХ.

Литература:

1. Домосайт: <http://domosite.ru/> (дата обращения 17.06.2015)
2. Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. N 731» Об утверждении стандарта раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами».
3. Программный комплекс «СТЭК — ЖКХ» <http://stack-it.ru/> (дата обращения 17.06.2015)
4. Продукт: ПАФЭС: Виртуальный ИРЦ ЖКХ Регион <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения 17.06.2015).
5. «Ростелеком» представил результаты работы облачных сервисов информатизации ЖКХ <http://www.rostelecom.ru/projects/d332364/> (дата обращения 17.06.2015).
6. Саак, А. Э., Пахомов Е. В., Тюшняков В. Н. Информационные технологии управления: Учебник для вузов. — 2-е. изд. — СПб.: Питер, 2012. — 320 с.

Услуги в сфере телекоммуникации и их продвижение

Каримов Медер Каниметович, студент

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

На сегодняшний день рынок телекоммуникаций более чем насыщен. Услуги сотовой связи настолько проникли на рынок, что люди уже начинали отказываться от фиксированной связи. Современное общество уже ни ем не удивить так, как научно-технический прогресс с каждым днем идет вперед. И сейчас общество уже на рубеже перехода к новым источникам информационных технологий. Поэтому телекоммуникационные компании каждый день предоставляют новые сервисы и услуги.

Институты телекоммуникационных услуг, которые предоставляли только услуги мобильной связи, сейчас полностью перебазируют свою отрасль и уже уверенно предоставляют населению интернет и телевидение в цифровом формате. Но большинство операторов связи предлагают одинаковые сервисы, ориентируясь на одних и тех же по-

ребителей услуг. И поэтому, создается очень сложная конкуренция между ними.

В такой большой конкуренции очень сложно операторам привлечь к своим услугам новых клиентов, а иногда даже тяжело удерживать своих. В связи с этим каждый оператор пытается усилить свою маркетинговую структуру. Маркетинг в сфере телекоммуникаций имеет свои особенности. Классический маркетинг имеет место быть, но имеет свои тонкости.

В сфере телекоммуникации маркетинг отличается от классического так, как сама сфера имеет инфраструктурный характер, тем что растет роль средств связи и интернета в современном обществе.

Особенность маркетинга еще в том, что телекоммуникация вид связи, и как правило абонент не может оце-

нить качество предоставляемых услуг и это является проблемой для маркетинговой деятельности компаний. И они в связи с этим вынуждены искать разные методы подхода к абоненту.

Еще одной сложность в маркетинговом сегменте является то, что невозможно заранее определить, что в будущем будет пользоваться спросом, и будут ли востребованы новшества, в которые вложены немалые деньги.

Так же, как и все остальные услуги на рынке, телекоммуникационные услуги имеют свои свойства и инновации, которые нужно донести до потребителей понятным им языком, и тщательно проинформировать их об этих свойствах. Иначе потребитель может так и не начать пользоваться услугой. Но еще информируя потребителей нужно подчеркнуть их выгоду. Указывая на более значимую выгоду, нужно обратить внимание на предоставляемую услугу со стороны потенциальных потребителей

В товарной политике очень важно уделять внимание ассортименту предоставляемых услуг. И поэтому сегодняшние операторы связи работают в нескольких сферах телекоммуникационного рынка. К примеру, операторы местной связи предоставляют и интернет, и даже кабельное телевидение в цифровом формате. И также операторы мобильной связи кроме голосовых услуг предоставляют мобильный интернет и мобильное телевидение. Выводя тем самым рынок телекоммуникационных услуг на новый уровень. Операторы сотовой связи ввели услуги оповещения о смене номера абонента при переходе на обслуживание к другому оператору, деловой рынок имеет возможность выбрать услуги в рамках почтовых решений, а услуги обещанного платежа уже присутствуют почти у всех игроков рынка телекоммуникаций. В результате дополнительные услуги делают существующие услуги более удобными при их использовании.

Независимо от особенности используемых услуг они не могут предоставляться без дополнительного оборудования. То есть телекоммуникационное оборудование необходимо, без него не могут предоставляться дополнительные услуги. Это делает предоставляемую услугу более эффективной, и дает преимущество передать все компоненты потребителю. Компании, предоставляя интернет, продают вместе с ним роутер или модем, это даже дает дополнительную прибыль.

Еще одним сегментом маркетинга телекоммуникационного рынка является ценовая политика, так как от хорошо подобранных тарифов зависит дальнейшая конкурентоспособность компании. От того на сколько будет низкой цена на предоставляемые услуги будет зависеть и поток клиентов в компанию.

Компании, предоставляющие телекоммуникационные услуги тщательно сравнивают цены и наблюдают за тарифной политикой компаний — конкурентов, исходя из этого, меняют свои тарифы.

Применяется разные подходы для того чтобы привлечь больше клиентов, увеличить абонентскую базу и увеличить доходность услуг.

Так как услуги у телекоммуникационных компаний одинаковые для потребителя основную роль цена на них. Мобильный интернет нового поколения уже конкурирует с предоставлением «стационарного» интернета по скорости, поэтому цены «безлимиток» или 1 мегабайта сравнимы в рамках одного региона, хотя различия услуг у операторов дают потребителю возможность задуматься, что выбрать.

Сбытовая политика. Маркетинговая концепция не ограничивается лишь созданием качественного продукта, отвечающего потребностям клиентов и правильным установленным тарифов. Необходимо еще и соответствующим образом довести услугу до потребителей. Поэтому стратегия компании в области распределения имеет целью определение оптимальных способов реализации услуг.

В силу особенностей услуг, неделимости производства и потребления, невозможности транспортировки и складирования основным подходом к организации продаж в телекоммуникациях являются прямые продажи. То есть компания — оператор вступает во взаимосвязь со своим потребителем без посредников. Это помогает сэкономить на затратах посреднику, так как не нужно платить посредникам, которые в свою очередь могут не добросовестно и некачественно выполнить свою функцию.

Но существуют случаи, где необходима помощь посредников. Например, при предоставлении мобильной связи очень важно, чтобы сим карты были в легкой доступности для общества. Для этого открываются специализированные салоны продаж. Это дает возможность обслуживания клиентов посредниками и увеличения продаж.

Обслуживающий персонал является основным звеном связывающий поставщика услуги и потребителя. От него напрямую зависит репутация компании. Персонал должен предоставлять услуги в полной доступности в любое время, круглосуточно, если это возможно. Если не учитывается этот фактор в деятельности персонала, компания может понести ряд издержек. И так как потребителям важно сервисное обслуживание, нужно чтобы были — центры, где потребитель может получить консультацию от вежливого и профессионального представителя компании.

В отношении мероприятий по продвижению услуг действует тот же принцип, что и на других рынках: эффективными способами привлечения корпоративных клиентов являются профессиональные рекламные мероприятия в специальных изданиях, в то время как при привлечении массовых пользователей действенны средства массового охвата аудитории. В отдельную категорию можно выделить мероприятия, позволяющие вовлечь потребителей в бренд оператора, повысить продажи в кратковременном периоде за счет подарков и розыгрышей.

Правильно выбранные источники коммуникаций в коммуникациях являются залогом успеха. Для этого необходимо постоянно исследовать рынок, правильно формировать свою целевую аудиторию, доносить информацию об услуге как о совокупности выгод, значимых для потребителей. Область телекоммуникаций — одна из новых

и современных сфер экономики, которая продолжает развиваться и является наиболее перспективной, маркетинговые инструменты помогают завоевывать расположение

абонентов, удерживать позиции, тем самым увеличивать долю рынка компании, популярность компании и стабильный доход.

Литература:

1. Алабян, С. С. Россия в международной торговле услугами/С. С. Алабян, О. В. Морозенкова // Российский внешнеэкономический вестник. — 2013. — № 10. — с. 19–50.
2. Суханов, П. С. Тенденции мирового рынка мобильной связи и их влияние на телекоммуникационную отрасль России/П. С. Суханов // Российский внешнеэкономический вестник. — 2013. — № 10. — с. 99–109.
3. Суханов, П. Стратегии компаний мировой телекоммуникационной индустрии/П. Суханов // Международная экономика. — 2014. — № 1. — с. 59–69.

Обоснование необходимости внедрения ИС в бизнес-процессы предприятия

Савицкий Дмитрий Викторович, студент

Филиал Владивостокского государственного университета экономики и сервиса в г. Находка

С развитием информационных технологий и телекоммуникаций ИС всё тесней входят в нашу жизнь. Данное подкреплено и реформированием экономики Российской Федерации, с взятием курса на инновационное развитие экономики, всё чаще и чаще в большинстве предприятий и организаций используют различные средства информационно техники [1, с. 11].

Рассмотрим необходимость внедрения ИС в ООО «Мечта» — это предприятие общественного питания в Находкинском городском округе [2, с. 6].

Вся входная информация для решения задачи разделяется на условно-постоянную и оперативно-учетную. Условно-постоянная информация включает информацию о товарах, продаваемых в ООО «Мечта» (название, стоимость). Оперативно-учетная информация включает данные о проведении конкретной сделки:

- информация о поставщике (фамилия, имя, отчество, адрес, паспорт, телефон);
- информация о заказе (клиент, товар, количество товара, дата заключения заказа, стоимость заказа).

Выходной информацией для «ИС для отдела работы с клиентами» является: чек по заказу, прайс-лист товаров [3, с. 9].

Все документы должны выводиться на экран и печать. ООО «Мечта» все отделы взаимодействуют друг с другом. На рисунке 1 изображена схема информационных потоков.

В отделе планирования и финансирования при работе с заявлениями поставщиков данные заявлений вносятся в базу, затем рассматриваются, согласовываются с высшим руководством и формируются сам договор.

Каждому событию были поставлены в соответствии процесс, входные и выходные потоки, накопители данных и внешние сущности для описания связей между этим процессом и его окружением.

Как можно проследить из выше представленных декомпозиций, исследуемый нами отдел планирования и финансов осуществляет свою деятельность в глобальных информационных потоках, которые толком не систематизированы и отследить необходимый момент на промежуточном этапе не представляется возможным [4, с. 19].



Рис. 1. Схема информационных потоков

Как показал проведённый анализ, у ООО «Мечта» есть существенные конкуренты. Одним из конкурентных преимуществ исследуемой организации может стать отлаженная работа с поставщиками, сравнение прайс-листов поставщиков, выбор оптимального поставщика и экономия денежных средств.

Названное преимущество даст нам спроектированную ИС на основе анализа бизнес-процессов ООО «Мечта», а именно создать информационную систему для отдела планирования и финансирования в работе с поставщиками. Система должна выдавать отчет по запросу: прайс-лист, чек. Одной из задач при разработке АИС для отдела планирования и финансирования является разработка части, предназначенной для работы с базой данных. Разработка части о поставщиках включает в себя:

- система предоставления информации о товарах;
- система предоставление информации о поставщиках;
- система создания заказов;
- удобного и простого в использовании интерфейса [5, с. 67].

При изучении баз данных важнейшее место имеет их проектирование. Построение концептуальной модели представляет собой процесс моделирования смыслового наполнения базы данных. Концептуальная модель состоит из следующих трех основных компонентов:

Сущности — это элементы реального мира, которые могут существовать независимо. В моем случае сущностями являются: поставщики, товары, заказы и состав заказа. Сущность представляется в концептуальной модели прямоугольниками, в которых написано ее имя.

Атрибуты. Они описывают сущностью. Атрибуты отражаются овалами с указанием имен, которые прикреплены к сущности. В моем случае поставщику соответствуют: id_post, фамилия (familia), имя (name), отчество (otchestvo), адрес (adres), паспортные данные (pasport), телефон (telephone). Товару соответствуют: id_tovar, название (nazvanie), стоимость (stoimost).

Заказу соответствуют: id_zakaz, id_client, id_tovar, количество (kolicestvo), дата заключения (data_zakluchenia), стоимость заказа (stoimost_zakaza).

Связи. Связь представляет взаимодействие между сущностями. На диаграмме они осуществляются ромбами, которые соединяют сущности, участвующие в связи. В моем случае связь между поставщиком и заказом будет один ко многим, так как один поставщик может осуществить несколько заказов. Связь между товаром и заказом — один ко многим, так как один товар может фигурировать в разных заказах.

Кроме того, внедряемая технология должна упростить планирование работ и организацию взаимодействия всех членов коллектива, позволить четко контролировать сроки выполнения каждого этапа разработки, оперативно доводить до исполнителей все изменения

в общих концепциях на создаваемое программное изделие и изменения в соглашениях о связях между программой и внешней средой или между отдельными структурными элементами программы. Технология должна обеспечить простоту и однозначность прочтения всей документации [6, с. 20].

Сокращение сроков и снижение трудоемкости внедрения программного изделия зависят от его надежности.

Поэтому технология должна предусматривать организацию процессов верификации и тестирования алгоритмов и программ на стадии разработки, также подходы к отладке и испытаниям программы.

Технология должна обеспечивать возможность достаточно простой модификации программ при их эксплуатации, что необходимо для устранения обнаруженных ошибок или для изменения функций программы.

Таким образом, главной задачей специалистов отдела планирования и финансирования оказание становится — своевременная работа специалистов с документами, заявлениями поставщиков и учётом качественного оказания услуг.

Для того чтобы правильно и грамотно построить свою работу специалисты отдела планирования и финансирования используют нужные им первичные документы.

Вся система предоставлена в виде одного блока «Обработка заказа» и дуг, отображающих связи с функциями вне системы. На вход системы отображается информация о товарах и поставщиках. Результатами деятельности отдела планирования и финансирования работа с поставщиками и мониторинг прайс-листов.

Управляющим элементом структуры являются инструкции, которым следует персонал ООО «Мечта», а механизмом — персонал. Так как имея в наличии прайс-лист, можно будет сделать заказ, не дожидаясь приезда торгового представителя. Тут же распечатать чек и при желании собственным транспортом вывезти товар со склада поставщика. При внедрении данной ИС расчёт с поставщиками будет производиться только по безналу.

Для разработки БД было выбрано программное средство MS Access. Достоинством Access является то, что оно имеет очень простой графический интерфейс, который позволяет не только создавать собственную базу данных, но и разрабатывать простые и сложные приложения.

Кроме того, внедряемая технология должна упростить планирование работ и организацию взаимодействия всех членов коллектива, позволить четко контролировать сроки выполнения каждого этапа разработки, оперативно доводить до исполнителей все изменения в общих концепциях на создаваемое программное изделие и изменения в соглашениях о связях между программой и внешней средой или между отдельными структурными элементами программы. Технология должна обеспечить простоту и однозначность прочтения всей документации.

Литература:

1. Волкова, В. Денисов А. Теория систем: Учебное пособие для вузов/Волкова В. Денисов А. — М., Высшая школа, 2012. — 511 с.
2. Ясенев, В. Информационные системы и технологии в экономике/Ясенев В. — М., Юнити-Дана, 2011. — 560 с.
3. Кулемина, Ю. Информационные системы в экономике/Кулемина Ю. — М., Окей-книга, 2009. — 112 с.
4. Бугорский, В. Сетевая экономика: Учебное пособие для вузов/Бугорский В. — С-Пб, Финансы и статистика, 2001. — 256 с.
5. Бэкон Дж., Харрис Т. Операционные системы/Бэкон Дж., Харрис Т. — С-Пб, Питер, 2009. — 864 с.
6. Гниденко, И. Соколовская С. Информационные технологии в бизнесе: Учебное пособие/Гниденко И. Соколовская С. — М., Вектор, 2009. — 160 с.

Исследование криптосистем с открытым ключом на основе анализа алгоритма RSA

Трунова Алёна Александровна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Информационные технологии становятся неотъемлемой частью жизни каждого из нас. Мы передаем информацию через интернет, храним ее на своих компьютерах, пользуемся электронной почтой, оплачиваем покупки с помощью электронных денег... Вследствие этого возникает проблема — как передать нужную информацию нужному адресату втайне от других?

На сегодняшний день защита информации с помощью криптографических методов считается одной из самых надежных, т.к. эти методы решают проблемы, возникающие не только при хранении, но и при передаче информации. Но их слабым местом всегда была проблема передачи ключей.

Решение этой проблемы было найдено в середине 70-х годов XX века. Тогда были предложены криптосистемы с открытым ключом. Концепция криптографии с открытым ключом была предложена в 1976 г. У. Диффи и М. Хеллманом в работе «Новые направления в криптографии». В криптосистеме с открытым ключом для шифрования и расшифрования используются различные ключи. Общая идея такой системы заключается в использовании при зашифровке сообщения такой функции от открытого ключа и сообщения, которую очень трудно обратить. Это обеспечивает более высокую криптостойкость системы.

Достоинства асимметричных криптосистем:

- секретный ключ известен только одной стороне;
- секретный ключ не нужно передавать;
- ключи можно долго не менять;

Недостатки асимметричных криптосистем:

- более высокие затраты времени и других ресурсов;
- более длинные ключи;
- сложнее внести изменения.

Появление асимметричной криптографии открыло сразу несколько новых прикладных направлений, в частности системы электронной цифровой подписи (ЭЦП) и электронных денег.

Итак, криптосистема с открытым ключом (или двухключевая криптосистема, асимметричная криптосистема) — система шифрования и/или электронной цифровой подписи, при которой открытый ключ передается по открытому (то есть незащищенному, доступному для наблюдения) каналу и используется для проверки электронной цифровой подписи и для шифрования сообщения. Идея криптографии с открытым ключом очень тесно связана с идеей односторонних функций, которые обладают следующими свойствами:

— Если известно x , то $f(x)$ вычислить относительно просто

— Если известно $y=f(x)$, то для вычисления x нет простого (эффективного) пути.

В асимметричных криптосистемах для шифрования используется один ключ, а для расшифрования — другой. Первый ключ является открытым и может быть опубликован для использования всеми пользователями системы, которые зашифровывают данные. Расшифрование данных с помощью открытого ключа невозможно. Для расшифрования данных получатель зашифрованной информации использует второй ключ, который является секретным. Разумеется, ключ расшифрования не может быть определен из ключа шифрования. Раскрытие секретного ключа по известному открытому ключу должно быть вычислительно неразрешимой задачей.

RSA — криптографический алгоритм с открытым ключом, основывающийся на вычислительной сложности задачи факторизации больших целых чисел. Аббревиатура RSA образована от первых букв фамилий предложивших его авторов: Ronald Rivest, Adi Shamir, Leonard Adleman. В общем случае, криптосистема RSA относится к шифрам простой замены.

Для шифрования используется операция возведения в степень по модулю большого числа. Для дешифрования за разумное время (обратной операции) необходимо уметь

вычислять функцию Эйлера от данного большого числа, для чего необходимо знать разложения числа на простые множители.

В RSA каждый ключ состоит из пары целых чисел. Каждый участник создаёт свой открытый и закрытый ключ самостоятельно. Закрытый ключ каждый из них держит в секрете, а открытые ключи можно сообщать кому угодно или даже публиковать их.

Алгоритм создания ключей:

1. Выбираются два больших простых числа p и q (держатся в секрете).

2. Вычисляется модуль $n = p \cdot q$ и функция Эйлера $\varphi(n) = (p-1)(q-1)$.

3. Выбирается целое число e , взаимно простое со значением функции Эйлера от числа n из интервала $(1; \varphi(n))$.

4. Вычисляется d , учитывая, что e и d имеют мультипликативную обратную связь, т. е. $e \cdot d = 1 \pmod{\varphi(n)}$.

5. Пара чисел e и n публикуется как открытый ключ шифрования, а d сохраняется как закрытый (секретный) ключ.

6. Размер ключа связан с размером модуля n . Два числа p и q , произведением которых является модуль, должны иметь приблизительно одинаковую длину, поскольку в этом случае найти сомножители (факторы) сложнее, чем в случае, когда длина чисел значительно различается.

7. Если два числа чрезвычайно близки друг к другу или их разность близка к некоторому предопределённому значению, то возникает потенциальная угроза безопасности, однако такая вероятность — близость двух случайно выбранных чисел — незначительна.

Без ограничения общности положим $p > q$.

Возьмем $Y = (p+q)/2$ и $X = (p-q)/2$.

$n = p \cdot q = Y^2 - X^2$.

Имеем $Y = \sqrt{n - X^2}$.

Таким образом, значения p и q можно легко найти, если разность $p - q$ достаточно мала.

Оптимальный размер модуля определяется требованиями безопасности: модуль большего размера обеспечивает большую безопасность, но и замедляет работу алгоритма RSA. Длина модуля выбирается в первую очередь на основе значимости защищаемых данных и необходимой стойкости защищенных данных и во вторую очередь — на основе оценки возможных угроз.

При шифровании сообщение разбивается на блоки длиной меньше разрядности n . Зашифрованное сообщение будет состоять из блоков той же длины.

Шифрование производится по следующей формуле:

$C = E(e, n)(M) = M^e \pmod{n}$, где $E(e, n)$ — преобразование, а (e, n) — ключ зашифрования.

Для расшифрования используется то же преобразование, только с другим показателем степени:

$M = D(d, n)(C) = C^d \pmod{n}$, где $D(d, n)$ — преобразование, а (d, n) — ключ расшифрования.

Для вычисления числа d нужно использовать расширенный алгоритм Евклида, который работает только если

числа e и $\varphi(n)$ взаимно просты. Вычисление числа d сводится к решению уравнения $\varphi(n) \cdot x + e \cdot d = 1$ в натуральных числах. Число x не существенно.

Алгоритм RSA выполняет следующие задачи: обеспечения целостности и конфиденциальности информации, обеспечения аутентификации, обеспечения отказа от авторства или приписывания авторства.

Для проведения криптоанализа с помощью алгоритма RSA был зашифрован текст. Исходный текст имеет следующий вид:

Коротышки были неодинаковые: одни из них назывались малышами, а другие — малышками. Малыши всегда ходили либо в длинных брюках навыпуск, либо в коротеньких штанишках на помочах, а малышки любили носить платьица из пестренькой, яркой материи. Малыши не любили возиться со своими прическами, и поэтому волосы у них были короткие, а у малышек волосы были длинные, чуть не до пояса. Малышки очень любили делать разные красивые прически, волосы заплетали в длинные косы и в косы вплетали ленточки, а на голове носили бантики. Многие малыши очень гордились тем, что они малыши, и совсем почти не дружили с малышками. А малышки гордились тем, что они малышки, и тоже не хотели дружить с малышами. Если какая-нибудь малышка встречала на улице малыша, то, завидев его издали, сейчас же переходила на другую сторону улицы. И хорошо делала, потому что среди малышей часто попадались такие, которые не могли спокойно пройти мимо малышки, а обязательно скажут ей что-нибудь обидное, даже толкнут или, еще того хуже, за косу дернут. Конечно, не все малыши были такие, но ведь этого на лбу у них не написано, поэтому малышки считали, что лучше заранее перейти на другую сторону улицы и не попадаться навстречу. За это многие малыши называли малышек вообразульками — придумают же такое слово! — а многие малышки называли малышей забияками и другими обидными прозвищами.

Длина текста 1428 знаков с пробелами. Текст состоит из букв русского алфавита верхнего и нижнего регистра и знаков препинания.

Гистограмма открытого текста представлена на Рисунке 1.

Из гистограммы можно увидеть частоту встречаемости букв в данном литературном тексте.

Если разбить текст на биграммы, то их получится 570. На Рисунке 2 приведена диаграмма для полученных биграмм.

Шифрование и расшифрование текста с помощью RSA производилось с использованием следующих ключей: {17053, 86041} — открытый ключ, {8977, 86041} — закрытый ключ. Длина зашифрованного текста составляет 3336 знаков с пробелами. Возьмем за шифробозначения блоки, разделенные пробелами. Всего 570 шифробозначений. Гистограмма зашифрованного текста представлена ниже на Рисунке 3.

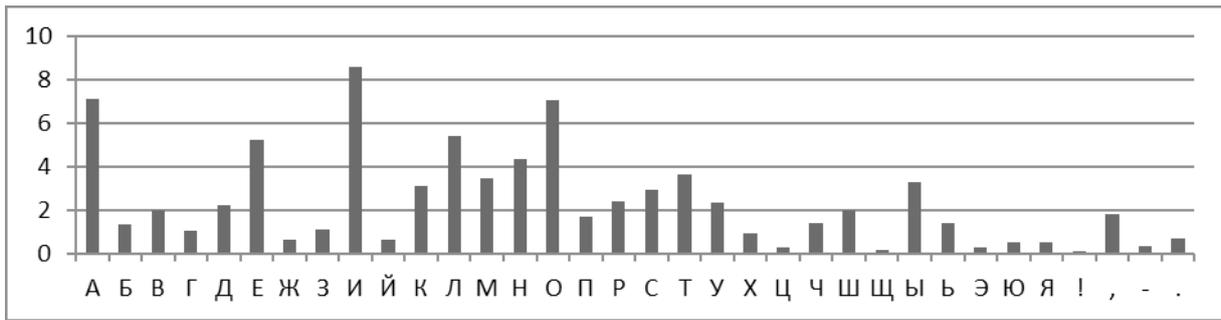


Рис. 1. Гистограмма открытого текста

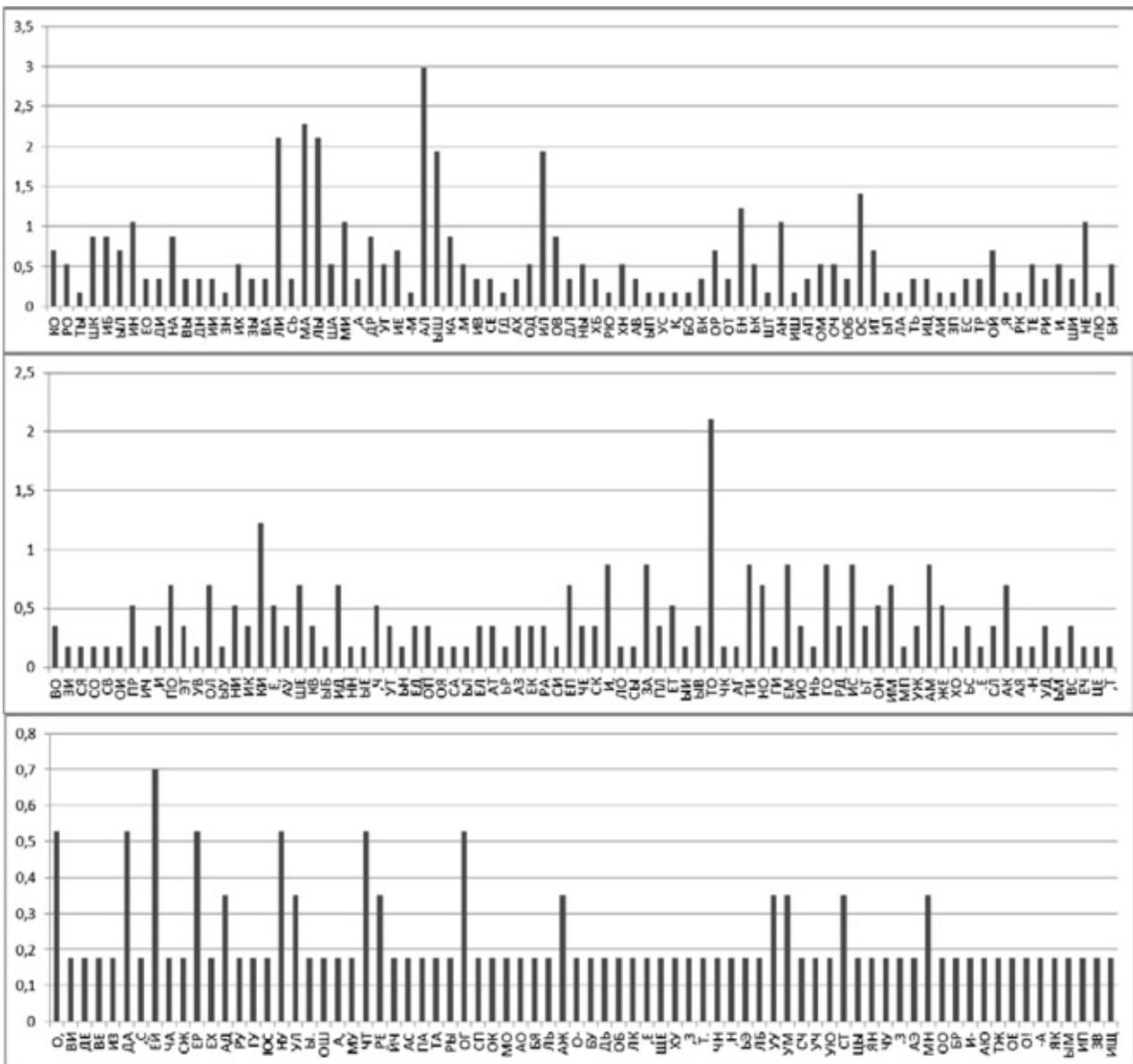


Рис. 2. Диаграмма биграмм открытого текста

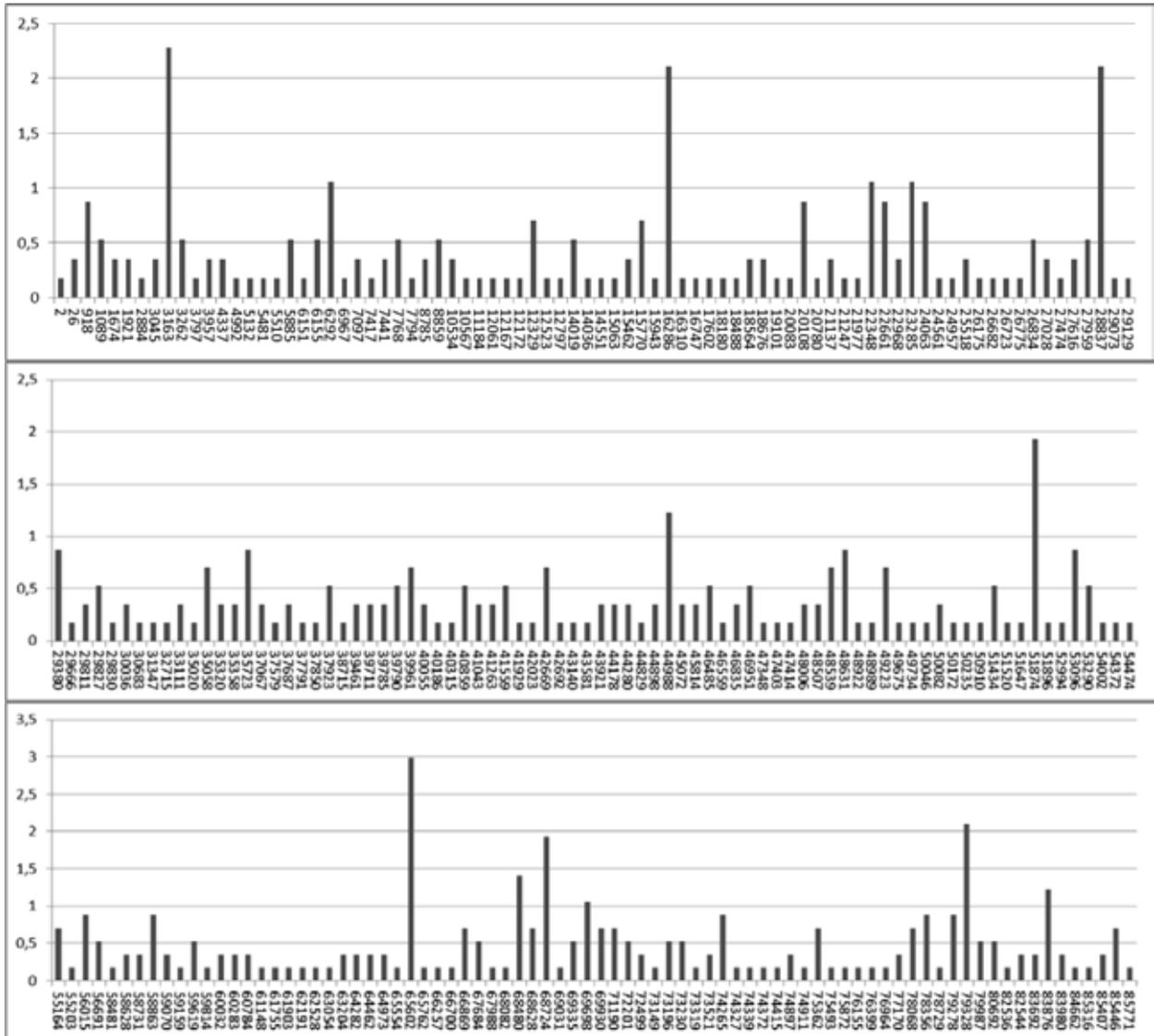


Рис. 3. Гистограмма зашифрованного текста

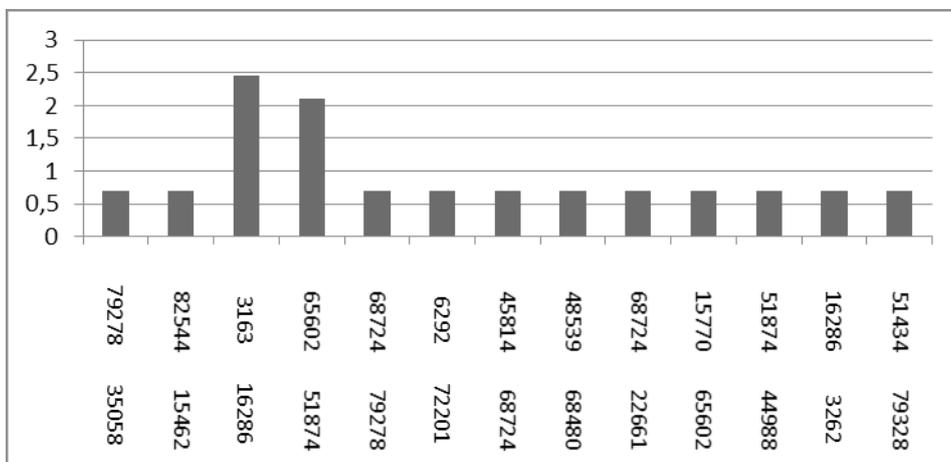


Рис. 4. Диаграмма биграмм зашифрованного текста

Разобьем текст на биграммы (всего 285 биграмм) и построим диаграмму. Т. к. повторения биграмм попадают очень редко, укажем на ней только те, которые встречаются больше одного раза (Рис. 4).

Криптоанализ шифртекста, полученного с помощью шифра RSA

Существует несколько способов взлома шифра RSA:

1. Попытка найти закрытый ключ, соответствующий необходимому открытому ключу. Это позволит нападающему читать все сообщения, зашифрованные открытым ключом и подделывать подписи. Для выполнения такой задачи необходимо найти сомножители p и q , что является сложной задачей, если ключи выбраны в соответствии с требованиями.

2. Поиск метода вычисления корня степени e из $\text{mod } n$. Т. к. $C = M^e \pmod{n}$, то корнем степени e из \pmod{n} является сообщение M . Вычислив корень, можно вскрыть зашифрованные сообщения и подделывать подписи, даже не зная закрытый ключ. Но в настоящее время неизвестны методы, которые позволяют взломать RSA таким образом, если ключ имеет большой размер.

3. Атака по предполагаемому открытому тексту. Нападающий, имея зашифрованный текст, предполагает, что сообщение содержит какой-то определенный текст, например, «Дальнейшие инструкции завтра», затем шифрует предполагаемый текст открытым ключом получателя и сравнивает полученный текст с имеющимся зашифрованным текстом. Такую атаку можно предотвратить, добавив в конец сообщения несколько случайных битов.

4. Если кто-то посылает одно и то же сообщение M трем корреспондентам, каждый из которых использует общий показатель $e = 3$, нападающий может перехватить эти сообщения и расшифровать сообщение M . Такую атаку можно предотвратить, вводя в сообщение перед каждым шифрованием несколько случайных бит.

5. Также существуют несколько атак по зашифрованному тексту (или атаки отдельных сообщений с целью подделки подписи), при которых нападающий создает некоторый зашифрованный текст и получает соответствующий открытый текст, например, заставляя обманным путем зарегистрированного пользователя расшифровать поддельное сообщение.

Кроме вышеперечисленного нужно соблюдать все необходимые требования безопасности, чтобы секретные ключи оставались в секрете, т. к. злоумышленник может попробовать завладеть ими, если система должным образом не защищена.

Поиск закрытого ключа, соответствующего необходимому открытому ключу. Закрытый ключ является произ-

ведением простых чисел p и q , поэтому нам необходимо найти эти сомножители. Для этого можно воспользоваться методом факторизации Ферма.

Метод основан на поиске таких целых чисел x и y , которые удовлетворяют соотношению $x^2 - y^2 = n$, что ведёт к разложению $n = (x - y)(x + y)$. Рассмотрим алгоритм поиска простых сомножителей по методу факторизации Ферма:

$$x^2 - y^2 = n \text{ равносильно } x^2 - n = y^2$$

Найдем $x = \sqrt{n}$ — наименьшее число, при котором разность $x^2 - n$ неотрицательна. Для этого для каждого значения $k \in \mathbb{N}$, начиная с $k=1$, будем вычислять $(\sqrt{n} + k)^2 - n$ до тех пор, пока значение этого выражения не будет являться точным квадратом. Таким образом, находим k , а затем вычисляем $x = \sqrt{n} + k$ и $y = \sqrt{x^2 - n}$. Полученные x и y являются искомыми простыми сомножителями.

Для обеспечения высокой надежности алгоритма RSA необходимо, чтобы используемые ключи соответствовали ряду требований:

- размеры ключей должны быть очень большими (рекомендовано 1024 бит, для особо важной информации — 2048 бит);

- числа p и q должны иметь приблизительно одинаковую длину, поскольку в этом случае найти сомножители (факторы) сложнее, чем в случае, когда длина чисел значительно различается;

- если разность $p - q$ достаточно мала, то их очень легко найти, следовательно, их значения не должны быть близки друг к другу.

Так как компьютер, который был использован для шифрования, имеет невысокие возможности, были выбраны небольшие ключи, поэтому вскрыть текст возможно (число 17053 легко раскладывается на множители).

Итак, алгоритм RSA является достаточно криптостойким шифром. Трудоемкость криптоанализа обеспечивается сложностью нахождения простых сомножителей закрытого ключа. В зависимости от защищаемых данных определяется длина ключа для обеспечения необходимой криптостойкости.

В настоящее время криптографическая система RSA получила широкое распространение. Она была первой системой, пригодной и для шифрования, и для цифровой подписи. Сейчас она используется в большом числе криптографических приложений, также ее используют в сочетании с симметричными криптосистемами.

Наука не стоит на месте. Вычислительные машины становятся еще мощнее, с их помощью можно решать все более и более сложные задачи. Поэтому и криптография должна постоянно совершенствовать свои методы, чтобы суметь противодействовать злоумышленникам.

Литература:

1. Бутакова, Н. Г., Семененко В. А., Федоров Н. В. Криптографическая защита информации: Учебное пособие. — М.: МГИУ, 2011. — 316 с.

2. Введение в криптографию/Под общей редакцией В. В. Яценко. — 3-е изд., доп. — М.: МЦНМО: «ЧеРо», 2000. — 288 с.
3. Коутинхо, С.. Введение в теорию чисел. Алгоритм RSA. — М.: Постмаркет, 2001. — 328 с.
4. Словарь криптографических терминов/Под редакцией Б. А. Погорелова и В. Н. Сачкова. — М.: МЦНМО, 2006.
5. Математическая криптография [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cryptography.ru/>

Описание принципа построения функциональной модели основных бизнес-процессов взаимодействия пользователей и подсистем в корпоративной информационной системе ЗАО «Михайловский бройлер»

Хихлуха Эдуард Олегович, студент;
Научный руководитель: Лаврушина Елена Геннадьевна, старший преподаватель
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

Данная работа раскрывает подход к построению функциональной модели основных бизнес-процессов взаимодействия пользователей и подсистем в корпоративной информационной системе предприятия промышленного птицеводства.

Ключевые слова: бизнес-процесс, диаграмма, корпоративная информационная система, программный модуль, модель.

Компания ЗАО «Михайловский бройлер» является крупнейшим производителем мяса птицы в Дальневосточном регионе России. Это современное производственное предприятие с четко налаженным производственным процессом и высоким уровнем технического оснащения. Предприятие оснащено современным оборудованием европейского производства, которое обеспечивает высокое качество выпускаемой продукции.

Основное направление хозяйственной деятельности предприятия ЗАО «Михайловский бройлер» — выпуск готовой продукции из мяса птицы.

Вся технология производственной деятельности компании строится вокруг трех основных этапов: инкубация и вывод цыплят; выращивание цыплят; убой и переработка цыплят.

По итогам проведения исследования корпоративной информационной системы ЗАО «Михайловский бройлер» была составлена функциональная модель основных бизнес-процессов взаимодействия пользователей и подсистем в корпоративной информационной системе (КИС).

На этапе построения этой модели выделяются основные процессы и объекты, непосредственно описывающие предметную область. Модель отражает только те процессы, которые представляют интерес при выполнении поставленной в проекте задачи.

Технически модель представляет собой набор взаимосвязанных диаграмм, представленных в нотации IDEF0. Схемы состоят из блоков, которые отображают «работы», или «процессы», происходящие в КИС предприятия. Между блоками проходят связующие их стрелки, обозначающие «объекты», участвующие в процессах. Объектами могут выступать как какие-либо физические

единицы (сырье, материалы, продукция, сотрудники, документация и т. д.), участвующие в выполнении процессов, так и данные (в т. ч. и цифровые).

Объекты могут иметь разную роль по отношению к процессам, для определения роли используется следующие строгие правила:

— стрелки, входящие в левую границу блока, являются «входящими объектами». Эти объекты используются в работе процесса для получения какого-то нового преобразованного объекта;

— стрелки, выходящие из правой границы блока, представляют объекты-результат выполнения процесса. Таким образом процесс по итогам своей деятельности преобразует поступающие объекты в результирующие объекты;

— в нижнюю границу блока входят стрелки, отображающие механизмы, совершающие процесс. Механизмами могут выступать работающие в КИС сотрудники предприятия, другие информационные подсистемы;

— в верхнюю границу входят стрелки, обозначающие объекты-правила, согласно которым осуществляется управление процессом. К ним могут относиться стандарты, нормы и правила выполнения процесса.

В диаграмме каждый блок может быть декомпозирован на несколько блоков меньшего уровня (с созданием новой соответствующей диаграммы), при этом все стрелки нижнего уровня, отражаются и на диаграмме верхнего уровня. Идентично, стрелки с верхнего уровня, отображаются на диаграмме нижнего уровня декомпозиции.

Построенная функциональная модель работы КИС предприятия ЗАО «Михайловский бройлер» состоит из 7 диаграмм, структурированных в трех уровнях глубины де-

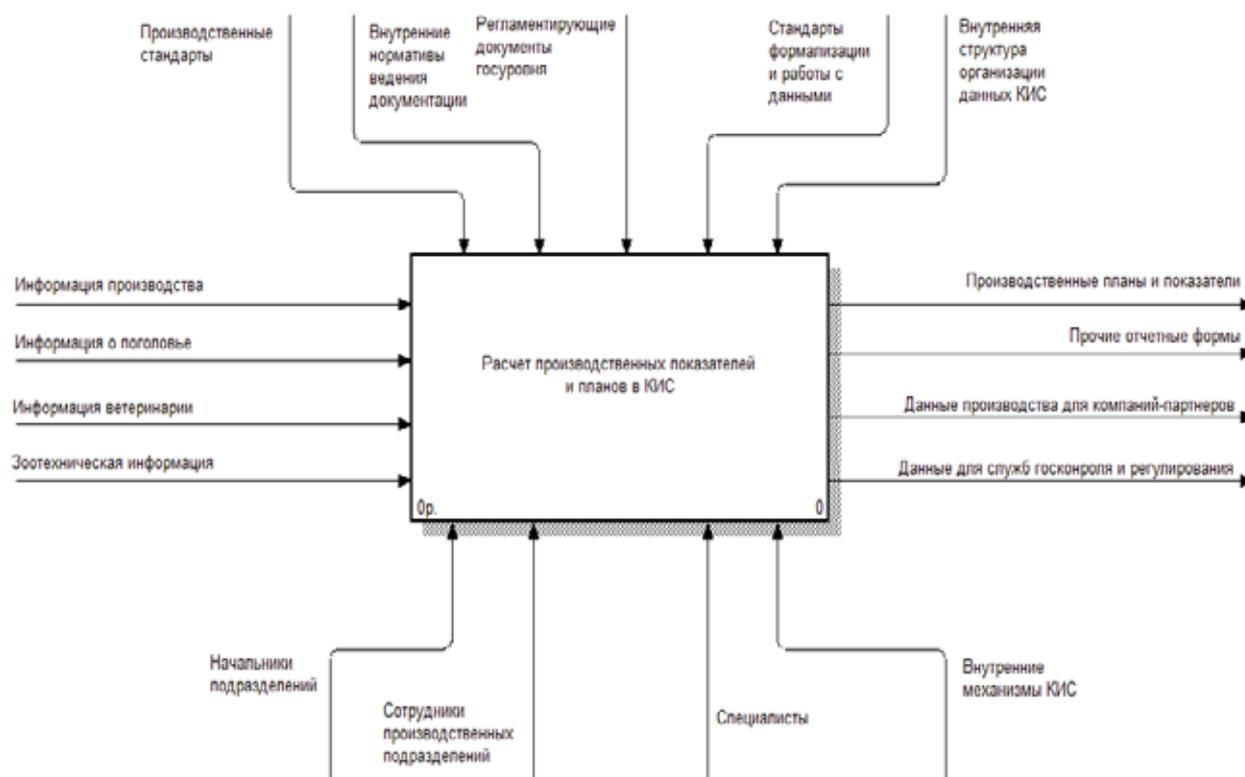


Рис. 1. Контекстная диаграмма модели

композиции (с нулевого по второй). Так как рассматриваемой предметной областью данного проекта является работа корпоративной информационной системы, то основными входящими и выходящими из процесса объектами являются информация и данные.

На рисунке 1 представлена диаграмма нулевого уровня — контекстная диаграмма.

Диаграмма нулевого уровня содержит только один блок «Расчет производственных показателей и планов в КИС». Данный процесс подразумевает общую работу всей КИС предприятия в дальнейшем декомпозируемую на список более мелких (конкретных) видов работ. Диаграмма нулевого уровня позволяет отобразить взаимодействие КИС с внешней средой, показать список объектов, которые являются непосредственными участниками процесса работы КИС. Ниже приведено описание всех объектов (стрелок), представленных на диаграмме.

К входящим объектам относится информация, потребляемая процессом «Расчет производственных показателей и планов в КИС», а именно следующие объекты: производственная информация, информация поголовья, информация ветеринарии и зоотехническая информация.

Производственная информация — представляет собой перечень информации, являющейся непосредственным итогом производственной деятельности предприятия. К данной информации относятся объемы производства, виды выпущенной продукции, распределение продукции по этапам производства, объемы остатков, планы выпуска, информация о сырье и т. д.

Информация о поголовье — выращиваемое поголовье птицы является основой выпускаемой в дальнейшем продукции для ЗАО «Михайловский бройлер». К информации о поголовье относятся: вес птицы, однородность распределения живой массы, количество голов в стадах, возраст и т. д.

Информация ветеринарии — производственный процесс выращивания птицы происходит в строгом соответствии всем ветеринарным нормам. Контроль за соблюдением этих норм осуществляет штатная ветеринарная служба. К ветеринарной информации относятся: объем потребляемых ветеринарных средств, план и результаты проведения ветеринарных мероприятий, учет (складской) ветеринарных средств, результаты плановых вскрытий падежа и т. д.

Зоотехническая информация — основной задачей зоотехнической службы является соблюдение зоотехнических правил содержания выращиваемого поголовья птицы. Достигается это путем управления кормлением выращиваемого стада. Таким образом, основной зоотехнической информацией является информация о потребляемых кормах, марках и объемах кормов, паспортные данные кросса птицы, объемы привесов/отвесов живой массы, информация о поении, о мероприятиях движения поголовья и т. д.

Выходящие из процесса объекты являются результатом его деятельности, которые в дальнейшем поступают во внешнюю среду. К выходящим объектам относятся: отчетные формы, данные производства для компаний-пар-

тнеров, данные для служб госконтроля и регулирования производства.

Производственные планы и показатели — один из основных результатов работы «Расчет производственных планов и показателей в КИС», представляющий итоговые данные, используемые в дальнейшем производственными подразделениями для фиксации своих текущих результатов хозяйственной деятельности и корректировки будущих. К данному типу данных относятся планы на производство продукции, отгрузки продукции дистрибьютору, организация работы производственного цеха, расчет обслуживания заявок на создание продукции и т. д.

Прочие отчетные формы — представляют собой результат компоновки и вывода данных из КИС. Отчетные формы реализованы как виртуальные документы, которые отображают соответствующий каждой форме и условию набор данных. Виртуальные документы могут быть сохранены как информационный документ, либо распечатаны, принимая тем самым вид физического носителя данных. К отчетным формам относятся выгрузки из базы данных КИС, карточки движения поголовья, с/х отчеты, расчеты привесов и т. д.

Данные производства для компаний-партнеров — для осуществления производственной деятельности, предприятию необходимо взаимодействовать с другими организациями: закупать сырье, оборудование, осуществлять прочую финансовую деятельность. Часть данных из КИС используется другими компания-партнера ЗАО «Михайловский бройлер» в виде скомпонованных выгрузок данных и информационных обменов.

Данные для служб госконтроля и регулирования — любое крупное производственное предприятие, имеющее стратегическую значимость, взаимодействует с органами государственного контроля. Данные оформляются в виде электронных документов, либо их печатных вариантов.

Каждый процесс осуществляется выполняющим его объектом-механизмом. В построенной модели к объектам-механизмам относятся начальники подразделений, сотрудники подразделений, специалисты и внутренние механизмы КИС.

Сотрудники подразделений выполняют основной объем работы по работе КИС: они собирают основной объем производственной информации непосредственно с мест-источников, вносят данные в КИС с первичных носителей, проверяют корректность введенных данных, выполняют производственные расчеты и формируют выходные данные.

Начальники подразделений работают в основном с уже внесенными в КИС данными. Идентично сотрудникам, они занимаются проверкой данных и выгрузкой необходимых результирующих форм данных.

Специалисты предприятия также чувствуют в расчёте производственных показателей в КИС. Идентично

начальникам подразделений, специалисты заняты лишь в работе с уже внесенным в КИС данными.

Внутренние механизмы КИС представляют набор программных правил и ограничений организации ведения данных в КИС. Внутренние механизмы КИС совместно с сотрудниками-операторами используются при распределении введенных данных по подсистемам и модулям, а также непосредственном расчете производственных показателей и планов силами заложенных в КИС механизмов.

Выполнение каждого процесса в функционально модели всегда осуществляется согласно определенным правилам и нормам его работы. Источники таких правилам и норм выражены через объекты-управления. Данные объекты регламентируют порядок выполнения процесса. К объектам управления относятся: производственные стандарты, внутренние нормативы ведения документации, регламентирующие документы государственного уровня, стандарты формализации и работы с данными, внутренняя структура организации данных в КИС.

На основе производственных стандартов происходит фиксирование производственных данных. Производственные стандарты определяют, какая информация должна фиксироваться в КИС (и на носителях других форматов) и какие выводы возможны к получению на ее основе.

Внутренние нормативы ведения документации — это принятые внутри предприятия ЗАО «Михайловский бройлер» стандарты оформления документов и оперативной отчетности. Они задают общий вид формируемых документов и их перечень.

Регламентирующие документы государственного уровня необходимы для создания отчетных форм для государственных служб контроля производственной деятельности. Они определяют какие отчетные документы должны быть сформированы в обязательном порядке, их структуру и наполнение данными. Идентичная организация работы свойственна всем крупным производственным предприятиям.

Два объекта управления процессами — «стандарты формализации и работы с данными», а также объект — «внутренняя структура организации данных» обусловлены внутренней программной структурой КИС. Согласно ним, определяется в какие модули и подсистемы заносятся производственные данные, в каких форматах и типах, они определяют маски ввода данных и прочее. Также на основе этих объектов определяются правила ввода данных в КИС пользователями — какие данные, как и куда вводить, правила редактирования — полнота данных и их корректность, и правила вывода — какие данные и из каких наборов учувствуют в формировании выгрузок и отчетных форм.

Для дальнейшего решения задач по модернизации работы КИС была проведена декомпозиция в соответствии с поставленными и решаемыми задачами.

Литература:

1. Лаврушина, Е. Г. Разработка имитационной модели работы убойного комплекса для совершенствования деятельности предприятия промышленного птицеводства // Мир науки, культуры, образования. — 2013. — № 3 (40). — С. 404–408.
2. Лаврушина, Е. Г. Использование различных моделей для описания деятельности предприятия / Е. Г. Лаврушина, Е. Г. Болдескул // Интеллектуальный потенциал вузов — на развитие дальневосточного региона России и стран АТР: материалы XII международной научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых исследователей: в 4 кн. — Владивосток, 2010. — Кн. 2.
3. Лаврушина, Е. Г. Формирование общего подхода к моделированию процессов управления промышленным предприятием / Е. Г. Лаврушина, П. В. Юдин // Инновации, технологии, экономика (ИНТЭК — 2011): материалы международной научно-практич. конф. / под ред. Н. В. Клорчковой. — Иваново, 2011.
4. Лаврушина, Е. Г. Функциональная модель деятельности предприятия промышленного птицеводства // Sworld: сб. науч. трудов по материалам международной научно-практич. конф. — Одесса, 2011. — № 2. — Т. 5.
5. Лаврушина, Е. Г. Построение комплексной системы планирования на предприятиях промышленного птицеводства // Наука в современном мире: материалы IV Международной научно-практич. конф. / под ред. Г. Ф. Гребенщикова. — М., 2011.
6. Лаврушина, Е. Г. Организация информационно-логистической системы управления в промышленном птицеводстве / Е. Г. Лаврушина, Н. А. Журавлёв // Sworld: сб. науч. трудов по материалам международной научно-практич. конф. — Одесса, 2012. — № 4. — Т. 31.

Конфигурирование и тестирование производительности вычислительного кластера на базе неоднородных многоядерных узлов

Чеботарев Павел Павлович, магистрант;

Шумейко Никита Олегович, магистрант;

Серов Сергей Сергеевич, магистрант;

Сницарук Дмитрий Геннадьевич, магистрант;

Андреев Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук

Волгоградский государственный технический университет

В работе рассматривается выбор оборудования, программного обеспечения, вопросы настройки и тестирования производительности вычислительного кластера на базе небольшого числа неоднородных многоядерных серверных узлов. Оценка производительности выполняется как с помощью традиционного теста Linpack, оптимизированного для конкретной конфигурации, так и с точки зрения производительности при решении прикладных задач.

Ключевые слова: вычислительный кластер, кластер рабочих станций (COW), массивно-параллельная обработка (MPP), High-performance computing (HPC), GPU, архитектура Intel Many Integrated Core (MIC), Intel Xeon Phi, Intel Xeon E5, Cent'OS, MPI, Linpack, Intel MKL, SIESTA, ANSYS, FlowVision, Mathematica, FRUND, Top50.

Введение

В настоящее время потребность в высокопроизводительных вычислительных системах и высокопроизводительных вычислениях в целом (high-performance computing или HPC) по-прежнему высока, несмотря на распространенность таких систем, так как ученым и конструкторам приходится обрабатывать все большие объемы информации и применять все более точные и реалистичные методы и средства моделирования. В первом случае речь может идти об интеллектуальных методах обработки так называемых больших данных (bigdata), во втором — о повышении точности уже используемых моделей, применении принципиально новых моделей и алгоритмов их обработки, моделировании в реальном времени или одновременном междисциплинарном моделировании. Последнее десятилетие характеризуется масштабным переходом к внедрению параллелизма вычислений благодаря повсеместному распространению многопроцессорных систем, удешевлению и повышению быстродействия сетевых инфраструктур. В сущности, оба больших класса задач (обработка bigdata и высокоточное моделирование исследуемых процессов или разрабатываемых конструкций)

могут с успехом эксплуатировать два вида параллелизма: параллелизм данных и параллелизм задач, предоставляемых параллельными архитектурами.

В то время как параллелизм внедряется во все современные автономные микропроцессорные системы, начиная от смартфонов и заканчивая серверными платформами, актуальность создания и эксплуатации многопроцессорных серверных комплексов не снижается. Это объясняется многим факторами, среди которых можно выделить прогресс сетевых технологий, глобальной сети Интернет, развитие технологий виртуализации, что привело к росту популярности облачной парадигмы вычислений. С другой стороны, рост мощности современных компьютеров сопровождается ростом потребности в вычислительной мощности как для задач BigData, так и для сверхсложного моделирования в традиционных и новых областях, которые формируют проблематику задач «большого вызова», требующих перехода к эксафлопсным значениям производительности. Растет и потребность в многопроцессорных системах и комплексах (кластерах) среднего класса, находящихся по производительности между передовыми супер-ЭВМ и настольными системами. Они необходимы как для ускорения сложного моделирования, для обработки средних по размеру массивов частных данных в необщедоступном облаке, так и для апробации крупномасштабных задач до их переноса на сверхбольшие облачные или иные доступные вычислительные ресурсы. Помимо предоставления мощных вычислительных ресурсов такие среднемасштабные комплексы позволяют централизовать обслуживание и специализированную инфраструктуру, предоставить в общее пользование специализированное программное обеспечение и хранилище данных и так далее.

В этой связи для такой научной и образовательной организации, как современный технический университет, наличие вычислительного кластера, хотя бы не очень крупного, является практически обязательным условием как поддержки учебного процесса для подготовки современных инженеров (не только программистов и специалистов по информационным технологиям), но и для поддержки научных исследований фундаментального и разработок прикладного характера. А рост возможностей современных вычислительных архитектур и сетевых технологий позволяет реализовать эту потребность относительно небольшими средствами.

Кластер можно определить как группу взаимосвязанных полноценных компьютеров, выполняющих совместно некоторую работу таким образом, что со стороны она воспринимается как единый вычислительный ресурс. Термин «полноценный» в данном случае означает, что такой компьютер может работать автономно, отдельно от кластера. Более узко вычислительный кластер — это относительно слабосвязанный многопроцессорный вычислительный комплекс с обменом данными между узлами (или процессами) путем передачи сообщений по каналам ввода-вывода. Относительно слабосвязанный потому, что существуют еще более слабосвязанные распределенные комплексы, которые обычно относят к классу грид-систем.

Развитие вычислительного кластера в Волгоградском государственном техническом университете

В Волгоградском государственном техническом университете (ВолгГТУ) на факультете электроники и вычислительной техники (ФЭВТ) развитие своего небольшого вычислительного кластера идет с 2007/2008 года, когда на базе первых приобретенных многоядерных серверов и рабочих станций был построен кластер рабочих станций (COW) под управлением системы Linux [1,2].

Кластер постоянно развивался, дополнялся новыми узлами и ускорителями разных архитектур (GPU, FPGA, MIC), оснащался различным системным и прикладным программным обеспечением. С 2009 года кластер ФЭВТ стал участником программы Университетский кластер [3]. С 2009 года с использованием кластера стали выполняться различные проекты и исследования, прежде всего в области моделирования физики твердого тела (ФТТ), в целом физической электроники, в области создания и использования инженерных систем нового поколения, в том числе системы ФРУНД (FRUND), разрабатываемой и развиваемой в ВолгГТУ, а также САПР T-Flex и CFD — пакета FlowVision [2,4–9]. На кластере стали выполняться расчеты в прикладных пакетах Abaqus, ANSYS, ModeFrontier и других учеными университета. Кластер также широко использовался в учебном процессе направления Информатика и вычислительная техника, начиная со 2 курса бакалавриата и во многих дисциплинах магистратуры. С 2014 года кластер начал использоваться и как тестовая площадка для решения задач обработки BigData. Пиковая производительность кластера на 12 основных узлах составила около 10 TFLOPS.

Осенью 2014 года в рамках государственной программы подготовки новых инженерных кадров в ВолгГТУ было принято решение о приобретении дополнительного оборудования для создания нового вычислительного кластера класса близкого к MPP. Новое оборудование было решено соединить с новыми компонентами имеющегося кластера, приобретенными в 2013–2014 годах по программе стратегического развития университета, для создания нового относительно мощного, хотя и небольшого вычислительного кластера.

Выбор оборудования, как и последующий монтаж, настройка, конфигурирование, установка системного и прикладного программного обеспечения кластера выполнялись силами сотрудников и студентов факультета ЭВТ.

Выбор аппаратного и системного программного обеспечения кластера

При рассмотрении вариантов создания кластера, приобретения нового и использования уже имеющегося на тот момент оборудования учитывались такие аспекты, как: имеющийся бюджет (достаточно скромный), предполагаемое к приобретению и уже установленное программное обеспечение (системное, прикладное, средства разработки), назначение кластера (поддержка ведущихся и планируемых научных и прикладных разработок, возможности оказания услуг на договорной основе, учебный процесс), энергопотребление, возможности охлаждения, возможность обслуживания, возможность использования кластера как единого вычислительного ресурса, актуальность приобретаемого оборудования в ближайшие несколько лет, опыт эксплуатации различного оборудования, достижение максимальной производительности минимальными средствами и некоторые другие аспекты. После анализа перечисленных факторов было решено остановиться на платформе IntelXeonE5 v3 как совместимой с имеющимися двумя узлами на базе IntelXeonE5, задействовать ранее приобретенное оборудование для интерконнекта на базе стандарта InfinibandFDR 56 Гбит/с, оснастить серверные платформы ускорителями IntelXeonPhi архитектуры MIC, а также — несколькими GPU ускорителями NVidia на базе архитектуры NvidiaKEPLER.

В дальнейшем при выборе набора ускорителей на первый план вышли два аспекта: сильно возросшая стоимость ускорителей NVidia (по соотношению пиковой производительности к стоимости они уступают и MIC ускорителям, и GPU компании AMD) и значительное усложнение использования узлов с разными ускорителями (даже на единой серверной платформе) как единого ресурса. В связи с этим, а также в связи с тем, что уже имеющиеся узлы на базе XeonE5 уже были оснащены XeonPhi, для тестовых расчетов уже имелись ускорители NVidia, а предполагаемое к установке прикладное программное обеспечение в основном имело заявленную поддержку архитектуры MIC по крайней мере через библиотеку IntelMKL, было принято решение остановиться на приобретении ускорителей XeonPhi. Это также позволило увеличить количество приобретенных узлов. При этом, конечно, нужно понимать, что это решение не является топовым и уступает GPUNVidia по ряду параметров.

Характеристики аппаратного и системного программного обеспечения кластера

Кластер, собранный на базе приобретенного и имевшегося оборудования состоит из 13 вычислительных узлов, аппаратные характеристики которых приведены в таблице 1.

Для объединения вычислительных узлов в сеть используется 36-портовый коммутатор стандарта InfiniBandFDR (56 Гбит/с) компании Mellanox. При использовании данного интерконнекта достигаются следующие преимущества (по сравнению со стандартными архитектурами ввода-вывода):

- совместно используемая система ввода-вывода создает общую точку соединения, уменьшая число прямых соединений (кабелей), что уменьшает требуемое число адаптеров и снижает общие издержки
- пропускная способность шин PCI, равная 500 Мбайт/с, разделяется между всеми устройствами, а для InfiniBand каждый канал имеет минимальную скорость соединения 500 Мбайт/с, увеличиваемую до 6 Гбайт/с; серверInfiniBand может иметь несколько высокоскоростных каналов ввода-вывода для использования с системами хранения или в коммуникациях — это устраняет узкие места;
- гибкость в размещении серверов и контроллеров ввода-вывода в пределах центра данных и способность добавлять вычислительные мощности отдельно от расширения системы хранения;
- сетевой протокол InfiniBand позволяет реализовать возможности глобальной маршрутизации в пределах пакетов данных, поддерживая различные местоположения систем хранения WAN;
- производительность сервера возрастает, поскольку задачи ввода-вывода переносятся в структуру InfiniBand [10].

В качестве операционной системы на управляющем и вычислительных узлах используется CentOS — дистрибутив Linux, основанный на коммерческом дистрибутиве RedHatEnterpriseLinux компании RedHat и совместимый с ним.

Таблица 1. Аппаратные характеристики вычислительных узлов

№	Наименование	11 узлов	2 узла
1	Процессор	Intel Xeon Processor E5-2650v3 (2,3 GHz, 10 ядер) x2	Intel Xeon Processor E5-2660 (2,2 GHz, 8 ядер) x2
2	Память	64GbDDR4	128GbDDR3
3	Жесткий диск	SSDIntel 240Gb	SATA 2 Tb
4	Сопроцессор	IntelXeonPhiCoproprocessor 31s1px2 (в одном из 11 узлов — x6)	IntelXeonPhiCoproprocessor 31s1px2/5110p

Для распределения обработки данных между узлами используется технология MPI. На кластере используется следующее специализированное ПО:

- для централизованного управления кластером используется XCAT, инструмент, спроектированный для управления большими кластерами с открытым исходным кодом.
- в качестве менеджера распределенных ресурсов используется TORQUE, обладающий большим количеством расширений от ведущих лабораторий в сфере HPC.
- для математических вычислений используется библиотека IntelMKL, в которую входят оптимизированные алгоритмы для решения задач линейной алгебры, векторной математики, статистики и так далее.

Настройка системного программного обеспечения кластера

Для запуска параллельных вычислений был установлен пакет для создания параллельных приложений IntelParallelStudioXE 2015 ClusterEdition. Ниже приведены переменные окружения, используемые для вызова команд компилятора:

```
export ICCROOT=/usr/local/intel/composerxe
export MPIROOT=/usr/local/intel/impi/5.0.3.048/impi/5.0.3.048
source $ICCROOT/bin/compilervars.sh intel64
source $MPIROOT/intel64/bin/mpivars.sh
```

Для осуществления высокоскоростного обмена данными между узлами при выполнении параллельных вычислений, использовалась сеть InfiniBand поколения FDR с пропускной способностью до 54 Гбит/с. Для соединения узлов была выбрана группа протоколов IPoIB, описывающая передачу IP-пакетов поверх InfiniBand. На всех узлах, имеющих InfiniBand платы был установлен драйвер OFED-3.12–1 с поддержкой IntelXeonPhi.

Пример настройки сетевого интерфейса InfiniBand приведен ниже:

```
DEVICE=ib0
BOOTPROTO=static
ONBOOT=yes
IPADDR=192.168.10.10
NETMASK=255.255.255.0
TYPE=Infiniband
```

С целью получения максимальной пропускной способности были настроены следующие параметры BIOS:

```
Intel® Hyper-Threading Tech — OFF
CPU Power and Performance — Performance
CPU C-State — Disabled
Socket PCIe — Gen3
```

Так же для большей производительности для сетевых плат InfiniBand стоит использовать слоты PCIe16.

В протоколе InfiniBand реализовано аппаратное решение для обеспечения прямого доступа к оперативной памяти другого компьютера — RDMA. Для того, чтобы включить поддержку RDMA в ОС необходимо добавить переменные окружения I_MPI_DEVICE=RDMA, I_MPI_FABRICS=DAPLi снять ограничения пользователя командой ulimit –l unlimited.

Чтобы протестировать пропускную способность соединения между двумя узлами использовалась утилита ib_read_bw, поставляемая вместе с драйвером OFED.

Результат теста пропускной способности выглядит следующим образом:

```
-----
RDMA_Read BW Test
Dual-port           : OFF           Device           : mlx4_0
Number of qps      : 1             Transport type   : IB
Connection type    : RC             Using SRQ        : OFF
TX depth           : 128
CQ Moderation      : 100
Mtu                 : 2048 [B]
Link type           : IB
Outstand reads     : 16
rdma_cm QPs        : OFF
Data ex. Method    : Ethernet
-----
```

```
local address: LID 0x04 QPN 0x004f PSN 0x220402 OUT 0x10 RKey 0x20010b00 VAddr 0x007f83e001d000
```

remote address: LID 0x01 QPN 0x004f PSN 0xbf5ae OUT 0x10 RKey 0x20011000 VAddr 0x007fc19b92e000

#bytes #iterations BW peak [MB/sec] BW average [MB/sec] MsgRate [Mpps]
655365000 6190.716097.430.086327

Тестирование производительности вычислительного кластера

Инструментом тестирования производительности кластера был выбран IntelMPOptimizedLinpackBenchmark. Данный тест является модифицированным и дополненным тестом HPL 2.1. Алгоритм теста заключается в решении плотной СЛАУ методом LU-декомпозиции исходной матрицы и работает следующим образом. При параллельном процессе на вычислительном кластере исходная матрица разделяется на логические блоки размерностью NBxNB (обычно NBxNB при расчетах лежит в интервале 32–256, а для систем с сопроцессорами в интервале 960–1280). Эти блоки в свою очередь разбиваются сеткой PxQ на более мелкие. Каждый из таких блоков отправляется отдельному процессору системы. Коэффициенты P и Q берутся в зависимости от структуры кластера, а их произведение не может быть больше имеющегося количества узлов. Конкретные значения P и Q следует выбирать в зависимости от коммуникационной среды.

За одну итерацию главного цикла факторизации подвергаются NB столбцов с последующим обновлением оставшейся части матрицы. Результаты разложения пересылаются всем узлам одним из шести алгоритмов распространения.

После разложения последовательно решается две системы уравнений:

$$Ly = f, Ux = y.$$

Тест считается выполненным, если:

$$r_n = O(1), r_1 = O(1) \text{ и } r_\infty = O, \text{ где} \tag{1}$$

$$r_n = \frac{\|Ax - f\|_\infty}{\|A\|_1 N_\varepsilon}; r_1 = \frac{\|Ax - f\|_\infty}{\|A\|_1 \|x\|_{1\varepsilon}}; r_\infty = \frac{\|Ax - f\|_\infty}{\|A\|_\infty \|x\|_{\infty\varepsilon}}$$

Эти условия означают, что задача решена верно, ε — точность представления чисел с плавающей точкой.

IntelMPOptimizedLinpack предлагает несколько вариантов тестов для оценки производительности систем с сопроцессорами. Нами был выбран тест xhpl_offload64, т.к. он позволяет распределять количество запускаемых MPI процессов на хосте и сопроцессорах.

Для тестирования производительности нами был проведен ряд тестов на разном количестве узлов (10+2, 11+1, 10+0) и с разным количеством запускаемых MPI процессов (1, 2, 4).

Согласно рекомендациям Intel, при использовании сопроцессоров в тесте Linpack, следует использовать значения параметра Nb: 960 для системы с 1 XeonPhi, 1024 для системы с 2 XeonPhi и 1280 для системы с 3 XeonPhi.

Для расчета параметра N Intel рекомендует пользоваться следующей формулой:

$$N_b * ROUND(\sqrt{(M_p * M / 8 * N_s) / N_b}),$$

где M_p — процент использования памяти, M — объем памяти, N_s — количество вычислительных узлов

Параметры настройки Linpack и полученные результаты тестирования приведены в таблице 2. Стоит отметить, что чем больше разница между P и Q, тем меньше максимальное число N и тем ниже оцениваемая производительность узлов. Таким образом, при разбиении узлов на произведение P и Q, необходимо выбирать примерно одинаковые P и Q.

Таблица 2. Производительность кластера при изменении настроек Linpack

№	N	Nb	P	Q	Производительность, TFLOPS
1	82944	1024	1	1	2.13
2	227328	1024	2	5	17,4
3	230400	1024	2	5	17,5
4	230400	1024	2	6	17,7
5	283584	1280	3	4	19,4
6	289280	1280	4	6	23.21

Проведенные тесты позволяют сделать вывод, что рост производительности при росте числа узлов не является пропорциональным, что подтверждается законом Амдала — Уэра, из которого следует, что последовательные участки параллельной программы ограничивают рост скорости их выполнения с ростом количества вычислителей [11].

Полученные показатели производительности позволили кластеру, состоящему всего из 13 узлов (а фактически в тесте использовались как вычислительные только 12 из них) занять 49 место в 22 редакции рейтинга Top50 СНГ [12]. Необходимо отметить, что выбранный вариант конфигурации показал при этом неплохое соотношение реальной и пиковой производительности (65,7 % для кластера в целом, до 74 % для 12 узлов) и высокую производительность на один узел (до 2 ТФлопс). Многие соседние по рейтингу системы показывают близкую производительность, имея в десятки раз больше узлов, из-за отсутствия ускорителей.

Настройка прикладного программного обеспечения

Для работы студентов и сотрудников ВолгГТУ на кластере установлено следующее программное обеспечение:

- IntelParallelStudio — параллельный пакет разработки программного обеспечения Intel, сочетающий в себе ведущие в индустрии C/C++ компилятор и Fortran компилятор, различные библиотеки, инструменты профилирования и многое другое [13];

- WolframMathematica — система компьютерной алгебры, используемая во многих научных, инженерных, математических и компьютерных областях;

- ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа [14];

- FlowVision — комплексное многоцелевое решение для моделирования трехмерных течений жидкостей и газа;

- NX Nastran — инструмент для проведения компьютерного инженерного анализа (CAE) проектируемых изделий методом конечных элементов (МКЭ) [15];

- SIESTA — компьютерная программа для эффективных расчётов электронной структуры и Abinitio методов в симуляции молекулярной динамики молекул и твердых тел.

Для распределения вычислительных ресурсов используется набор очередей TORQUE, разделяющих существующие ресурсы по совокупности вычислительных узлов. Доступ к очередям ограничен конкретными пользователями. Так, на базе кластера ВолгГТУ организованы следующие очереди:

- Packages — набор узлов, на которых установлены пакеты FlowVision, NX Nastran, ANSYS;

- Mathematica — набор узлов, на которых установлена WolframMathematica;

- Student — набор узлов, используемых для проведения лабораторных работ со студентами;

- All — очередь, содержащая все узлы для отдельных задач, для выполнения которых требуются все ресурсы.

Приведенные выше в таблице 2 значения производительности на тесте Linpack характеризуют производительность на известном и достаточно однобоком тесте, под который давно оптимизируют свои платформы все производители и который давно подвергается жесткой критике как недостаточно объективный. Интересно оценить производительность кластера на тех задачах, для которых предполагается его использование, сравнив его условно с предыдущим кластером. Это было частично выполнено после основного конфигурирования кластера весной 2015 года на нескольких отдельных примерах. Результаты оценки приведены в таблице 3.

Таблица 3. **Оценки роста производительности для ряда задач на одном узле кластера за счет применения новой серверной платформы и ускорителей**

Задача/пакет	Оценка роста производительности,
	раз
Моделирование на SIESTA (MKL, MIC)	2.5
Сравнение текста со списком текстов (MIC)	2–12
Новый решатель для CFDFlowVision (CPU, AVX2)	2
Новый решатель для пакета FRUND (CPU)	4
Моделирование на ANSYS (MKL)	2
Средняя OpenMP/MPI программа (AVX2)	2.5
Пакет молекулярной динамики CP2K	1,7–3
Программа моделирования методом Монте-Карло с использованием CPU/MIC	5–8

Часть результатов получена опытным путем, часть — по доступным материалам [7–10, 13, 14]. В скобках приведена архитектура, используемая для ускорения в конкретном примере.

Заключение

В ходе работы был собран, настроен и протестирован обновленный вычислительный кластер ВолгГТУ. По результатам тестирования можно сделать вывод, что полученная система способна выполнять широкий круг вычислительных задач, связанных с инженерными расчетами, имитационным моделированием, а также с учебной деятельностью. Производительность на тесте Linpack составила 23,13 TFLOPS, что составляет более 65% от пиковой, производительность одного узла в среднем — около 2 TFLOPS, пиковая производительность обновленного кластера в 3,5 раза выше, чем у его предшественника, оценка производительности на прикладных пакетах и программах моделирования для одного узла в среднем также дает ускорение вычислений в 3,6 раза, при этом в отличие от предыдущего существенно неоднородного кластера, обновленный кластер легче использовать как единый вычислительный ресурс.

Используемая архитектура и настройки для данного кластера допускают как одновременную работу множества пользователей (при решении небольших задач на специализированном ПО), так и решение крупных задач, которым необходимы все вычислительные ресурсы системы.

Литература:

1. Построение высокопроизводительной вычислительной кластерной системы на базе имеющегося парка компьютерной техники под управлением операционной системы GNU/Linux/Андреев А. Е., Попов Д. С., Жариков Д. Н., Сергеев Е. С. // Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в техн. системах». Вып. 6: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2009. — № 6. — С. 48–51.
2. Обучение программированию многоядерных процессоров и многопроцессорных ЭВМ/Андреев А. Е., Жариков Д. Н., Сергеев Е. С. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2008. Т. 5. № 5 (43). с. 110–112.
3. Андреев, А. Е. Факультетский кластер ФЭВТ ВолгГТУ и участие ВолгГТУ в программе «Университетский кластер» [Электронный ресурс]/Андреев А. Е., Жариков Д. Н., Шаповалов О. В. // Облачные вычисления. Образование. Исследования. Разработки: тез. докл. конф. (Москва, 15–16 апр. 2010 г.): в рамках программы «Университетский кластер»/Ин-т системного программирования РАН. — [М.], 2010. — С. 60. — <http://www.ispras.ru/ru/unicluster/>.
4. Применение файловых операций в MPI программах для распараллеливания вычислительных задач, зависящих от данных/Андреев А. Е., Гетманский В. В., Жариков Д. Н., Сергеев Е. С. // Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в техн. системах». Вып. 6: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2009. — № 6. — С. 45–47.
5. Решение систем дифференциально-алгебраических уравнений последовательным исключением множителей Лагранжа/Шаповалов О. В., Гетманский В. В., Андреев А. Е., Горобцов А. С. // Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Вып. 10: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2011. — № 3. — С. 31–33.
6. Система для расчёта тепловых технологических процессов машиностроения/Андреев А. Е., Громов Е. Г., Резников М. В., Шаповалов О. В. // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Вып. 7: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2009. — № 12. — С. 124–126.
7. Применение векторных инструкций в алгоритмах блочных операций линейной алгебры/Андреев А. Е., Егунов В. А., Насонов А. А., Новокшенов А. А. // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Вып. 21: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2014. — № 12 (139). — С. 5–11.
8. Андреев, А. Е. Реализация динамической балансировки нагрузки между ЦПУ и сопроцессорами архитектуры Intel MIC в пакете молекулярного моделирования CP2K/Андреев А. Е., Куц Д. В., Насонов А. А. // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Вып. 21: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2014. — № 12 (139). — С. 11–16.
9. Шаповалов, О. В. Применение библиотеки параллельных шаблонов в разработке геометрического ядра/Шаповалов О. В., Андреев А. Е., Фоменков С. А. // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2014. — № 11. — С. 8–12.
10. Свободная интернет-энциклопедия Wikipedia [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/InfiniBand>, свободный (дата обращения: 06.06.2015).
11. Свободная интернет-энциклопедия Wikipedia [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Амдала, свободный (дата обращения: 06.06.2015).

12. ТОП 50. Суперкомпьютеры. Текущий рейтинг. 22-ая редакция от 31.03.2015. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://top50.superscomputers.ru/?page=rating>, свободный (дата обращения 06.06.2015).
13. Свободная интернет-энциклопедия Wikipedia [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_Parallel_Studio, свободный (дата обращения: 06.06.2015).
14. Свободная интернет-энциклопедия Wikipedia [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Mathematica>, свободный (дата обращения: 06.06.2015).
15. SystemPLMSoftware [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/nx/for-simulation/, свободный (дата обращения: 08.06.2015).

Математическая модель маркетинговой кампании, использующей несколько коммуникационных каналов

Черноног Валерия Сергеевна, магистрант
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

В данной работе рассматривается построение математической модели маркетинговой кампании, суть которой — отправление сообщений по разным коммуникационным каналам разным группам целевых аудиторий в соответствии с заранее разработанными стратегиями.

Данная модель может быть использована для определения целевых аудиторий, на которые следует направлять рекламную кампанию, и для выбора оптимальной стратегии.

Ключевые слова: математическое моделирование, маркетинговая кампания, имитационное моделирование

The mathematical model of marketing campaign, which uses multiple communication channels

Chernonog V. S.
Candidate for a master's degree, Financial University under the Government of the Russian Federation

In this paper a mathematical model of a marketing campaign is considered, which essence — sending messages across multiple communication channels to different groups of target audiences in accordance to defined strategies.

This model and method of data analysis can be used to identify target audiences, to which should be sent messages, and to select the optimal strategy.

Keywords: mathematical modelling, marketing campaign, simulation modeling

В настоящее время потребители перенасыщены рекламой во всех ее видах, поэтому проблема выбора оптимальной стратегии и правильных каналов коммуникации для информирования аудитории является важной и актуальной. Одним из методов решения этой задачи является построение модели маркетинговой кампании и дальнейшее ее применения и анализ.

В общем смысле, модель — это упрощенная версия реальности: устройства или процесса, которая создается для изучения свойств и взаимосвязей реальной системы.

Моделирование — это изучение объекта или системы объектов и их свойств с помощью создания их моделей. На этой идее основывается практически любой научный метод: в теории используются в основном абстрактные модели, для экспериментов — предметные.

Моделирование используется в нескольких случаях:

1. Когда нет возможности использовать реальную систему для исследования.
2. Если даже такая возможность есть, эксперименты дорогостоящи.

Разумеется, при построении модели часть свойств реальной системы берутся за основу и исследования направлены на изучение именно этих признаков. Остальными же пренебрегают сознательно, то есть изучение направлено не на ре-

альный объект, а на модель этого объекта с выбранными свойствами. Поэтому с течением времени многие научные выводы становятся неактуальными, их приходится обновлять в соответствии с изменениями реальной системы.

В своей работе я буду касаться математического моделирования, то есть создания математического представления реальности: замена объекта математической моделью и последующее изучение этой модели и связывание ее с реальным объектом путем гипотез, идеализаций и упрощений.

Объектом исследования является маркетинговая кампания, предметом — планирование маркетинговой кампании по информированию целевой аудитории с помощью разных коммуникационных каналов, выбор оптимальной стратегии. Для этих целей выбран инструмент математического и имитационного моделирования и последующий анализ данных.

Тема данной работы актуальна, поскольку уже долгое время планирование рекламных кампаний остается весьма важным вопросом для бизнеса, ведь пробел в коммуникациях компании значит либо недостаточную известность бренда, что приводит к меньшему объему продаж, либо полному провалу компании, особенно для новых товаров. Однако чаще руководители понимают, что в рекламу нужно инвестировать, но возникает новая проблема — деньги потрачены, а результата нет. Поэтому маркетологам необходим такой инструмент, который помог бы определиться, на кого нацеливать рекламную кампанию, на что обращать внимание, а также какую из множества стратегий выбрать с учетом ограниченного бюджета.

В результате работы была построена модель маркетинговой кампании, которая функционирует следующим образом: выбирается одна из 4 описанных стратегий, отправляются сообщения целевым аудиториям в соответствии с выбранной стратегией, подсчитывается результат и сравнивается с требуемым. Этот инструмент может быть использован в реальной ситуации для компании, знающей свою аудиторию, их уровень знания бренда и имеющей несколько стратегий маркетинговых кампаний, чтобы определиться с оптимальным планом действий.

Построение модели

В своей работе я разрабатывала модель маркетинговой кампании для стабильной фирмы с какой-то определенной продуктовой линией. Задача это кампании — проинформировать потребителей, которые разделяются на сегменты, о товарах, напомнить им о компании и поднять их уровень знания бренда. Для информирования используются четыре коммуникационных канала, а именно, ролики на телевидении, ролики на радио, контекстная реклама в интернете и наружная реклама — щиты.

Для реализации модели был выбран язык C++, поскольку сочетание объектно-ориентированности и быстрой вычислимости соответствует поставленным задачам.

В модели использованы следующие концепты: сообщение, целевая аудитория, канал.

Рассмотрим подробнее каждый концепт модели.

Целевая аудитория

В современном мире конкуренции покупатели всегда стоят перед выбором разных брендов, ведь многие компании предлагают одни и те же товары, кстати говоря, иногда по очень разной цене. И тогда ключевую роль в выборе бренда начинает играть знание бренда (от англ. «brand awareness»).

Знание бренда — степень узнаваемости бренда потенциальными покупателями, бренд обычно связывается с конкретным продуктом. Знание выражается в процентах от целевого рынка.

В данной модели рассматривается четыре целевые аудитории, разбитые в зависимости от уровня знания бренда: ядро (Core), те, кому нравится бренд (Liked), те, кто слышал о бренде (Interested), остальные (Rest).

У каждой целевой аудитории есть следующие параметры:

Размер — в процентах от всего рынка

Уровень знания бренда — в процентах, показывает, насколько аудитория лояльна к бренду.

Разбиение я определила следующим образом:

0–5 % знания — потребители не слышали вообще о бренде; характеристика группы Rest

5–30 % — потребители знают о существовании бренда; характеристика группы Interested

30–60 % — потребители знают о существовании бренда и позитивно к нему относятся, возможно, хотели бы приобрести; характеристика группы Liked.

60–100 % — потребители покупали товары бренда и им понравилось, выбирают бренд среди конкурентов; характеристика группы Core.

Помимо размера аудитории и ее уровня знания я учитываю коэффициент забывания информации, то есть, если представитель аудитории не получает напоминания о бренде в течение какого-то времени, он постепенно забывает о нем. Параметр забывания тоже зависит от целевой аудитории, у ядра он меньше, у остальной аудитории выше.

При получении сообщения у аудитории увеличивается знание в соответствии с коэффициентом `knowledge_inc`, а уменьшается, если сообщение не получено, в соответствии с коэффициентом `knowledge_dec`.

Описание структуры целевой аудитории на языке C++:

```
struct TargetAudience {
enum Type {UndefinedLower, Rest, Interested, Liked, Core, UndefinedUpper, Last};
string name;
People people;
pair<double, double> knowledge_range;
double knowledge_inc;
double knowledge_dec;
```

```
TargetAudience () {}
TargetAudience (const People& a_people,
const pair<double, double>& a_knowledge_range,
double a_knowledge_inc,
double a_knowledge_dec,
const string& a_name = «»)
: people (a_people),
knowledge_range (a_knowledge_range),
knowledge_inc (a_knowledge_inc),
knowledge_dec (a_knowledge_dec),
name (a_name) {};
```

Сообщение

Для увеличения знания целевой аудитории в рамках рекламной кампании отправляются сообщения. Сообщения бывают двух типов: по продукту — когда цель кампании — увеличить продажи этого продукта, или по бренду — когда цель — увеличить лояльность аудитории, обычно сообщения по бренду используются для новых брендов, либо при ребрендинге. В последующем анализе данных считалось, что все сообщения — по бренду, для уменьшения объемности данных.

В структуре `Message` ключевую роль играет функция отправки сообщения. На вход ей подается адресат (название группы целевой аудитории, которой отправляется сообщение), тип сообщения (по продукту или по бренду), канал коммуникации, по которому сообщение передается.

После отправки происходит пересчет уровня знания всех целевых аудиторий, те, кто превысил уровень знания своей аудитории — переходит в ту, которой он удовлетворяет. Соответственно, после каждой отправки сообщения меняются размеры целевых аудиторий из-за того, что происходит переход представителей из одной группы в другую.

Ниже описание структуры `Message` и функции отправки сообщения на языке C++:

```
struct Message {
struct Message {
static void Send (int target_audience, int channel) {
vector< vector<People> > adds (TargetAudience::Last);
for (int ta_type = TargetAudience::Rest; ta_type <= TargetAudience::Core; ++ta_type) {
if (ta_type == target_audience) {continue;}
TargetAudience& ta = Market::Get (ta_type);
People& people = ta. people;
people. lower += ta. knowledge_dec;//пересчет уровня знания
people. upper += ta. knowledge_dec;
vector<People> slice;
people. Slice (slice);
for (int slice_index = 0; slice_index < slice. size (); ++slice_index) {
if (!slice [slice_index].Defined () || slice_index == ta_type) {continue;}
adds [slice_index].push_back (slice [slice_index]);
}
ta. people = slice [ta_type];
}
TargetAudience& ta = Market::Get (target_audience);
```

```

People people0 (ta.people.size * Channel::efficiency [channel],
ta.people.lower + ta. knowledge_inc, //пересчет уровня знания
ta.people.upper + ta. knowledge_inc);
People people1 (ta.people.size * (1.0 — Channel::efficiency [channel]),
ta.people.lower + ta. knowledge_dec,
ta.people.upper + ta. knowledge_dec);
vector<People> slice0, slice1;
people0. Slice (slice0); //распределение клиентов, которые вышли за
people1. Slice (slice1); //пределы своей группы
for (int slice_index = 0; slice_index < slice0. size (); ++slice_index) {
if (slice_index == target_audience) {continue;}
if (slice0 [slice_index].Defined ()) {
adds [slice_index].push_back (slice0 [slice_index]);
}
if (slice1 [slice_index].Defined ()) {
adds [slice_index].push_back (slice1 [slice_index]);
}
}
ta. people = slice0 [target_audience] + slice1 [target_audience];
for (int ta_type = TargetAudience::Rest; ta_type <= TargetAudience::Core; ++ta_type) {
TargetAudience& ta = Market::Get (ta_type);
for (int index = 0; index < adds [ta_type].size (); ++index) {
ta. people = ta. people + adds [ta_type] [index];
}
}
//cout <<Market::Sum () <<endl;
}};

```

Канал

В построенной модели сообщения отправляются через 4 разных канала: телевидение, радио, интернет и наружная реклама. Для более точного подсчета влияния канала учитывалась эффективность каждого. Данные по эффективности были взяты из исследования эффективности рекламного сообщения агентства MPG, результаты которого опубликовало РБК. Цифры получились следующие (в среднем): телевидение — 52%, радио — 45%, интернет — 60%, наружная реклама — 47%.

У структуры Channel есть два параметра — тип и эффективность.

Стоит отметить, что для подсчета эффективности канала берется не только среднее значение, но и определенный разброс, 10–20%. Например, разброс для значения эффективности интернет-рекламы больше, потому что в зависимости от демографических свойств аудитории (возраст, пол) различается взаимодействие с интернетом.

Описание структуры Channel на языке C++:

```

struct Channel {
enum Type {TV, Radio, Internet, OutDoor, Last};
static double efficiency [];};
double Channel::efficiency [] = {0.5208, 0.447, 0.6575, 0.4749};
const double d_eff [] = {0.2, 0.1, 0.25, 0.1}; //разброс

```

Описание процесса

В данной модели рассматривается маркетинговая стратегия, длящаяся 1 месяц, каждый день отправляется сообщение одной из аудиторий по одному из каналов. Выбор адресата и канала происходит случайно из четырех заранее продуманных стратегий.

Стратегия 1: каждой группе аудиторий по очереди отправляется сообщение, перебираются все каналы и все аудитории.

Стратегия 2: сообщения отправляются только группам Interested и Liked по всем каналам.

Стратегия 3: сообщение отправляется всем, кроме Rest, по каналам TV и Internet.

Стратегия 4: отправка сообщения Core и Liked по всем каналам, кроме радио.

Выбор именно описанных выше стратегий объясняется несколькими факторами. Во-первых, большее число стратегий существенно усложняют анализ данных, во-вторых, рассмотрены типичные стратегии, которые реально применяются на практике.

После выбора стратегии происходит ее реализация и пересчет размеров аудиторий. Критерием успеха кампании является удовлетворение неравенству: $\text{factor} > k$, где k — вручную подобранный коэффициент, а factor — скалярное произведение вектора полученных размеров аудиторий после кампании (Rest, Interested, Liked, Core) и вектора ценности каждой аудитории: 0 для Rest, 0.2 для Interested, 0.3 для Liked и 0.5 для Core. Был выбран такой критерий, поскольку ценность каждой аудитории для бренда разная — ядро является ключевой аудиторией, чем больше людей перешло в нее, тем больше эффективность кампании.

Заключение

Основным результатом работы можно считать построение собственной модели маркетинговой кампании, которая может найти применение на практике.

Модель состоит из следующих концептов: целевая аудитория, сообщение, канал, стратегия. Целевые аудитория различаются по уровню знания бренда, который представлен в процентах, и по размерам. Сообщения могут иметь тип: по бренду или по продукту, канал, по которому передается сообщение, и аудитория, на кого оно нацелено. Рассматриваются 4 канала: телевидение, радио, интернет и наружная реклама, каждый из которых имеет свою оценку эффективности. Модель показывает, закончится ли рекламная кампания успехом при выбранной стратегии и данном состоянии рынка, если успех мы принимаем за определенный вектор.

Литература:

1. Ioana Olariu, Integration of mathematical models in marketing theory and practice, Studies and Scientific Researches. Economics Edition No. 16–17, 2011–2012, Romania
2. Kotler, Ph., (1970), Operations Research and Model Building in Marketing, Handbook of Modern Marketing, McGraw Hill
3. Anatoly Zhigljavsky, Statistical modelling in market research, School of Mathematics, Cardiff University, Cardiff, U. K.
4. Ingene, C. A., Parry M. E. (2004) Mathematical models of distribution channels, Springer.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Автоматизированная информационно-справочная система технической библиотеки

Акимов Сергей Александрович, студент
Московский государственный университет леса

В данной статье рассматривается вариант организации, хранения и представления многочисленной литературы, располагающейся на компьютере. Основное внимание в работе акцентируется на сочетании словарно-справочной системы, системы хранения документов и постреляционной базы данных. Такой взгляд будет интересен специалистам в области программной прикладной автоматизации.

Ключевые слова: автоматизация, программирование, информационно-справочная система, техническая библиотека, хранение файлов.

Электронная библиотека — упорядоченная коллекция разнородных электронных документов (в том числе книг, журналов), снабженных средствами навигации и поиска. Может быть веб-сайтом, где постепенно накапливаются различные тексты. Для курса технической библиотеки создана автоматизированная информационно-справочная система.

Наша система является подпрограммой «Информационно Управляющей Системы Кафедры (ИУСК)».

Подпрограмма включает:

- 1) постреляционную базу данных литературы, в формат полей БД включены: а) год издания
б) дисциплина
в) научное направление
г) издательство и т. д.
- 2) каталог привязки каждого литературного источника к одному или нескольким тематическим разделам по различным критериям.
- 3) информационно-поисковая

Система включает базу данных — совокупность самостоятельных материалов (Научную литературу, лекций, расчетов, учебно-методических пособий и иных подобных материалов) представленных в объектной форме.

Пишется программа, формирующая базу данных, далее база данных редактируется под нашу систему работы с литературой, архив литературы создаётся по годам, при этом вся литература прокодирована, а так же поддерживает проверку по двойникам. Создаётся информационный сервис по распределению литературы в различные разделы

Мониторинг поступающих книг и пополнение информации о книгах осуществляется на основе электронных

библиотеках издательства «Лань» (это ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.), которая в данное время хранится в файловой системе компьютера. Обработка этих данных требует разработки специального подхода, ускоряющего и упрощающего перевод всех данных в автоматизированную систему.

Для автоматизации процесса переноса информации в базу данных принято решение «просканировать» компьютер на наличие имеющихся материалов, сформировать необходимые данные для записи в БД и загрузить информацию в систему хранения. Для систематизации и улучшения доступа к информации в БД предлагается использовать специальным образом сформированный иерархический каталог.

Разрабатывается древовидный каталог. На основе этого каталога система автоматически формирует систему папок, в которую помещаются документы из файловой системы в формате отдельного файла или в виде целой папки. После этого система обрабатывает построенную систему папок и формирует БД и заносит все документы в хранилище. Система поддерживает все вложенные папки и создает дополнительные удобства для пользователя.

Особенность данной системы в том, что документ хранится один раз, но может принадлежать большому количеству разделов. При этом система автоматически распознает дубликаты, но связку по разделам сохраняет. Таким образом, выбрав определенный документ, в его аннотации мы можем видеть не только название файла с его

расширением, но и адрес каждой папки, где он содержится. Пишется программа, формирующая базу данных, далее база данных редактируется под нашу систему работы с литературой, архив литературы создаётся по годам, при этом вся литература прокодирована, а также поддерживает проверку по двойникам. Создаётся информационный сервис по распределению литературы в различные разделы.

Каждому файлу документа присвоено свое системное имя, это имя строится по принципу: дата и время занесения файла в базу данных, а также последних трех цифр объема файла. Это имя мы также можем видеть в аннотации документа.

В аннотации документа может содержаться неограниченное число атрибутов. Свойство постреляционной базы

данных обеспечивает возможность повтора полей и допускает в одной записи встроенную таблицу.

Доступ к документам обеспечивается сервисом постреляционной БД, позволяющим осуществлять поиск по всем атрибутам.

В итоге можно сказать, что данная система:

- может использоваться на любом компьютере
- ускоряет поиск документов
- уменьшает объем, используемой для хранения данных, памяти
- легко управляемая
- обеспечивает связку, т.е. доступ к документу из разных разделов каталога
- обладает достаточной надежностью и поддержкой истории изменений

Литература:

1. Обработка баз данных на Visual Basic®.NET. Джеффри П. Мак-Манус; Джеки Голдштейн; Кевин Т. Прайс 2002 год;
2. Системы управления базами данных (СУБД). Источник: «ru.wikipedia.org»;
3. Базы данных. Разработка приложений Автор: Л. В. Рудикова Издательство: БХВ-Петербург Год: 2006;
4. Шарон, Т. Электронные библиотеки в Интернете./Т. Шарон, А. Франк // Науч. и технич. б-ки. — 2001

Исследование процесса кровообращения на основе четырёхкамерной математической модели

Алиев Нариман Эльшан оглы, магистрант
Тамбовский государственный технический университет

В данной статье исследуется процесс кровообращения с помощью спроектированной программы, представляющей виртуальную программу оценки состояния кровообращения на основе четырехкамерной математической модели сердечно-сосудистой системы, написанная в среде LabVIEW.

Исследуемые показатели кровообращения — это усредненные показатели, полученные перед эктубацией пациентов, в качестве нормы (опорного значения) берем усредненные результаты группы пациентов перед кожным разрезом. Средняя площадь поверхности по группе пациентов равна $1,7\text{ м}^2$ [1].

В программу вводятся первоначальные показатели функции, нормы показателей функции и свойств, общий порог отклонения и дополнительные показатели масса и рост человека (рис. 1). Общий порог отклонения был задан 15%.

После первого цикла расчета программа выявляет максимально отклонившуюся функцию от нормы (напротив данного показателя функции кровообращения и его относительного отклонения загорается соответствующая индикация).

Наиболее отклонившейся функцией является венозное давление (ВД), об этом свидетельствует загоревшаяся ин-

дикация. Далее после нахождения программой максимально отклонившейся функции находится свойство, которое оказало на эту функцию наибольшее воздействие (напротив данного показателя свойства кровообращения и его относительного отклонения загорается соответствующая индикация) (рисунок 2).

По рисунку 2 видно, что загорелась индикация свойства индекса эластичности вен ($I_{ЭВ}$). Результаты значений функций кровообращения после нормализации по свойству $I_{ЭВ}$ (рис. 3).

Горящая зеленая индикация свидетельствует о максимально отклонившейся функции F_j (ВД), а красная индикация загорается напротив той функции F_{j+1} (АД), которая максимально отклонилась после нормализации по свойству D_i ($I_{ЭВ}$).

После расчета программа определяет характер изменения ВД — как патологический или адаптивный. Про-

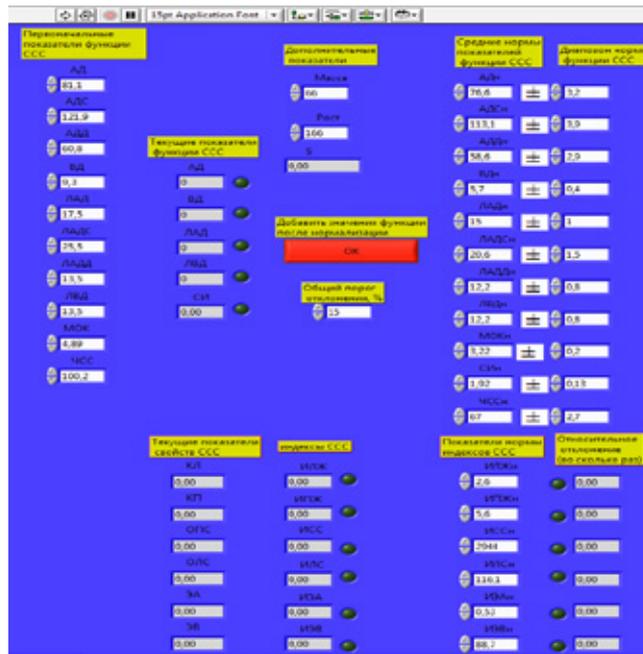


Рис. 1. Ввод необходимых данных

Значения функций после поочередной подстановки свойств

	ИЛЖ	ИГЖ	ИСС	ИЛС	ИЭА	ИЭВ	ИЭЛА	ИЭЛВ
АД	75,8493	85,8167	113,191	81,3888	80,9081	60,4741	79,5846	75,7192
ВД	8,66227	9,09284	9,10942	9,29489	9,24	6,90636	9,08885	8,64741
ЛАД	20,876	18,6153	17,1422	17,6629	17,3879	12,9964	17,1035	16,2728
ЛВД	17,1495	14,3597	13,2233	13,4926	13,4129	10,0254	13,1935	12,5527
СИ	2,67532	3,0552	2,81342	2,87071	2,85375	2,13301	2,80707	2,67073

Рис. 2. Значения функций после поочередной подстановки свойств

Функции	Отклонение (во сколько раз)	Отличие в % содержания	Относительное отклонение до нормализации	Относительное отклонение после нормализации	
АД	60,47	-1,27	-27	0,0571	-0,236
ВД	6,91	1,21	17	0,490	0,192
ЛАД	13	-1,15	-15	0,154	-0,143
ЛВД	10,03	-1,22	-22	0,101	-0,196
СИ	2,13	1,11	10	0,403	0,105

Рис. 3. Значения функций и их отклонения после нормализации модели по свойству ИЭВ

грамма выявила, что изначальное изменение ВД так серьезно, что не может быть компенсировано никакими другими изменениями, и поэтому, возможно, носит патологический характер.

Отклонения функция больше заданного порога. Продолжим анализ для выявления сопутствующих патологических и адаптивных реакций кровообращения.

За текущую наиболее изменившуюся функцию принимаем артериальное давление (АД). И все действия

первого цикла повторяются, с учетом, что за место возможного давления (ВД) берется артериальное давление (АД).

Наиболее отклонившейся функцией является артериальное давление (АД), об этом свидетельствует загоревшаяся индикация (рисунку 4). Свойство, которое на АД максимально повлияло, также определяется индикацией. Это свойство индекс общего периферического сопротивления (ИСС).

Значения функций после нормализации путем поочередной подстановки свойств

	ИЛЖ	ИПЖ	ИСС	ИЛС	ИЗА	ИЭВ	ИЭЛА	ИЭЛВ
АД	56,76	64,1837	84,8616	60,7044	59,8601	58,9731	59,0848	60,3316
ВД	6,45565	6,77378	6,82828	6,90427	6,80825	6,70736	6,72006	6,86187
ЛАД	15,5612	13,8654	12,8501	13,1206	12,8124	12,6225	12,6464	12,9133
ЛВД	12,7834	10,6952	9,91203	10,0223	9,88294	9,7365	9,75493	9,96078
СИ	1,99421	2,27599	2,10932	2,13279	2,10313	2,07197	2,07589	2,1197

Рис. 4. Значения функций после нормализации по свойствам

Функции	Отклонение (во сколько раз)	Отличие в % содержания	Относительное отклонение до нормализации	Относительное отклонение после нормализации	
АД	84,86	1,11	10	-0,236	0,102
ВД	6,83	1,2	17	0,192	0,181
ЛАД	12,85	-1,17	-17	-0,143	-0,155
ЛВД	9,91	-1,23	-23	-0,196	-0,208
СИ	2,11	1,1	9	0,105	0,094

Рис. 5. Значения функций и их отклонения после нормализации модели по свойству ИСС

Значения функций после нормализации путем поочередной подстановки свойств

	ИЛЖ	ИПЖ	ИСС	ИЛС	ИЗА	ИЭВ	ИЭЛА	ИЭЛВ
АД	79,71	90,24	84,89	85,19	83,49	82,82	82,91	84,68
ВД	6,39	6,69	6,83	6,83	6,69	6,64	6,64	6,79
ЛАД	15,4	13,7	12,85	12,97	12,59	12,49	12,5	12,77
ЛВД	12,65	10,57	9,91	9,91	9,71	9,63	9,64	9,85
СИ	1,97	2,25	2,11	2,11	2,07	2,05	2,05	2,1

Рис. 6. Значения функций после нормализации по свойствам

Функции	Отклонение (во сколько раз)	Отличие в % содержания	Относительное отклонение до нормализации	Относительное отклонение после нормализации	
АД	79,71	1,04	4	0,102	0,0398
ВД	6,39	1,12	11	0,181	0,114
ЛАД	15,4	1,03	3	-0,155	0,0263
ЛВД	12,65	1,04	4	-0,208	0,0363
СИ	1,97	1,03	3	0,0940	0,0275

Рис. 7. Значения функций и их отклонения после нормализации модели по свойству ИЛЖ

Программа выявила наиболее отклонившуюся функцию после нормализации и наиболее отклонившуюся функцию до нормализации (рис. 5).

По красной индикации видно, что наиболее изменившийся показатель после нормализации по свойству ИСС является легочное венозное давление (ЛВД), так как его отклонение от опорного значения больше чем у остальных.

После расчета программа определяет характер изменения АД — как патологический или адаптивный. Программа выявила, что изменение артериального давления (АД), возможно, носит адаптивный характер.

Отклонения функций больше заданного порога. Продолжим анализ для выявления сопутствующих патологических и адаптивных реакций кровообращения.

За текущую наиболее изменившуюся функцию принимаем легочное венозное давление (ЛВД). И все действия первого цикла повторяются, с учетом, что за место артериального давления (АД) берется легочное венозное давление (ЛВД).

Наиболее отклонившейся функцией является легочное венозное давление (ЛВД), об этом свидетельствует загоревшаяся индикация. Свойство, которое на ЛВД максимально повлияло, также определяется ин-

дикацией (рис. 6). Это свойство индекс левого желудочка ($I_{ЛЖ}$).

Программа выявила наиболее отклонившуюся функцию после нормализации и наиболее отклонившуюся функцию до нормализации (рис. 7).

По красной индикации видно, что наиболее изменившийся показатель после нормализации по свойству $I_{ЛЖ}$ является венозное давление (ВД), так как его отклонение от опорного значения больше чем у остальных.

Теперь программа определяет характер изменения ЛВД — как патологический или адаптивный. Программа выявила, что существующая гиперфункция левого желудочка является причиной ухудшения состояния сердечно-сосудистой системы, и поэтому изменение ЛВД, возможно, носит патологический характер.

По рисунку 7 видно, что процентные отклонения всех показателей функций не превышают заданного порога от-

клонения в 15%, поэтому на этом этапе можно прекратить анализ.

Заключение

Была реализована программа оценки состояния кровообращения в программной среде LabVIEW. На основе реальных показателей сердечно-сосудистой системы произведено исследование процесса кровообращения и получены результаты исследования.

Таким образом, на основе полученного анализа и проведения трех этапов нормализации, получаем, что для нормализации кровообращения необходимо воздействовать на эластичность вен и насосную способность левого желудочка, учитывая, что ключевой патологией и первоначальной причиной нарушения является нарушение венозного давления и соответственно изменение эластичности вен. Это может быть медикаментозное воздействие, либо оперативное вмешательство.

Литература:

1. Блохина, О. В. Разработка биотехнической системы оценки состояния сердечно-сосудистой системы при острых нарушениях кровообращения: дис. канд. техн. наук. — М., 2008. — 173 с.
2. Применение четырехкамерной модели сердечно-сосудистой системы человека/Фролов С. В., Синдеев С. В., Алиев Н. Э. и др. // II Международная конференция «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах»

Проектирование входного каскада приёмного модуля Ки-диапазона

Андронов Максим Игоревич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Введение

В настоящее время радиотехнические системы (РТС) достигли высокого уровня развития и способны выполнять самые разнообразные задачи. Одной из областей применения РТС является связь. Отдельным классом связанных систем являются системы космической или спутниковой связи.

В данной статье рассматривается приёмный модуль Ки-диапазона с техническими требованиями, соответствующими ГОСТ Р 50788–95 [1]. В процессе написания статьи будут рассмотрены вопросы теории, расчета и проектирования входного каскада спутникового конвертера.

Основная часть

Современный этап развития радиоэлектроники ознаменовался широким внедрением техники и приборов сверхвысоких частот (СВЧ) во многие отрасли науки и техники. Начав свое развитие в радиолокации, техника СВЧ распространилась на радиосвязь, телевидение, телеметрию и другие отрасли радиоэлектроники [2]. Именно СВЧ применяется в космической связи для передачи больших объ-

емов информации через спутники связи (непосредственно телевизионное вещание, связь с космическими кораблями и орбитальными станциями, автоматическими космическими аппаратами); в дальней радиорелейной и кабельной связи, обеспечивающей передачу телевизионных и телефонных сигналов на большие расстояния [3].

Большинство действующих систем спутниковой связи на базе геостационарных спутников работают в диапазонах С (3.4–7 ГГц) и Ки (10.7–14.8 ГГц). На практике Ки-диапазон делится на 2 поддиапазона: нижний Lo (ниже 11.7 ГГц) и верхний Hi (выше 11.7 ГГц).

В сравнении с С-диапазоном, так же используемом в системах спутниковой связи и телевидения, Ки-диапазон имеет ряд преимуществ. С увеличением частоты уменьшается длина волны, а эффективность приемных зеркальных антенн пропорциональна числу длин волн, укладываемых в ее поперечнике, следовательно, при одинаковой эффективности для Ки-диапазона требуется антенна, меньшего размера. Другое важное преимущество заключается в том, что при одинаковых размерах антенна в Ки-диапазоне имеет коэффициент усиления примерно на 10 дБ больше, чем в С-диапазоне.

статочна велика. Чтобы избежать нелинейных искажений сигнала на выходе УПЧ, в первом каскаде устройства следует поставить автоматическую регулировку усиления (АРУ), задача которой снизить уровень максимального сигнала на вход смесителя с 5 дБм до -24 дБм.

Для регулировки усиления необходимо подавать на усилитель мощности различное напряжение, в зависимости от мощности принятого сигнала. Для реализации АРУ часть принятого и усиленного сигнала, равная 20дБ, через направленный ответвитель на связанных линиях попадает на детектор, после чего детектор, оценив мощность сигнала, выдает на операционный усилитель рассчитанное ниже напряжение. Так, при наихудшем сигнале детектор подает напряжение, равное $U=0.5В$, при наилучшем сигнале $U=1.6В$. Структурная схема усиления и управления напряжением изображена на рисунке 4.

После чего в операционном усилителе напряжение умножается на коэффициент ОУ. Максимальное усиление на рабочей полосе, согласно документации усилителя, достигается при напряжении $U=0...1В$, минимальное при $U=4...5В$.

От операционного усилителя требуется наличие на выходе напряжения, отличающегося от входного в K раз, то есть $U_{вых} = U_{вх} \cdot K$. Для этого необходимо подать на неинвертирующий вход ОУ входной сигнал, а на инвертирующий-часть выходного сигнала с резистивного делителя напряжения. Таким образом выходное напряжение операционного усилителя рассчитывается по формуле: $U_{ввых} = U_{вх} \cdot (1 + \frac{R_2}{R_1})$, расположение R_1 и R_2 изображено на рисунке 5.

При $K=3$ минимальное напряжение на выходе ОУ будет равно $U=1.5В$, максимальное $U=4.8В$. Согласно

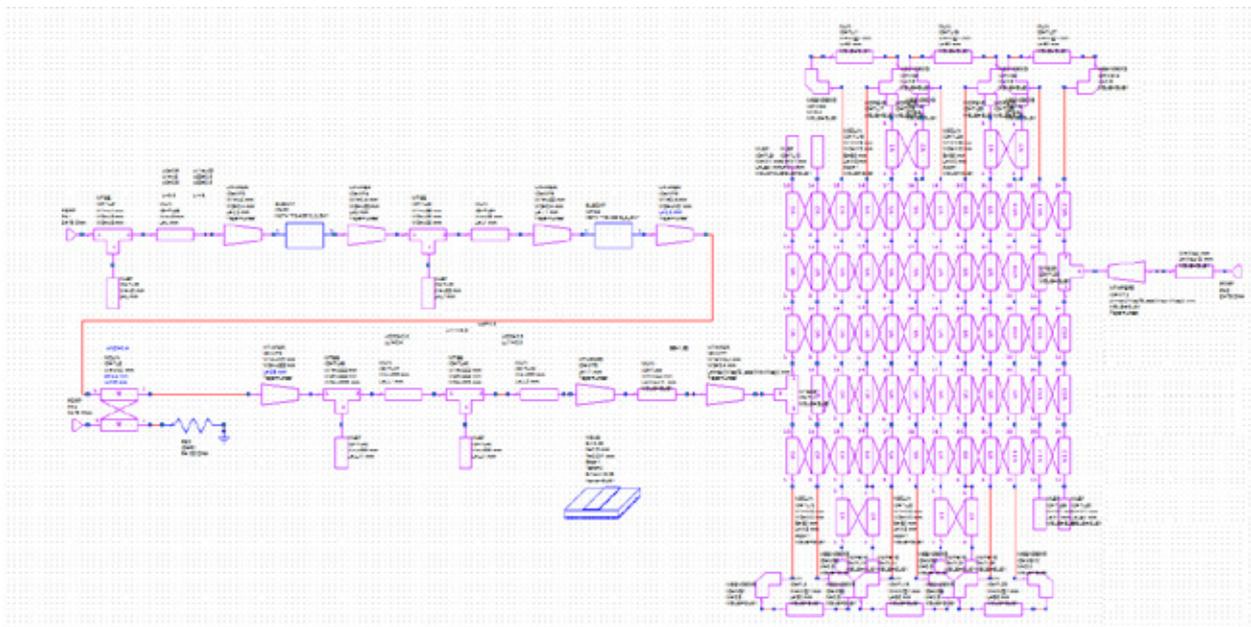


Рис. 3. Модель каскада усиления и фильтрации в среде Microwave Office

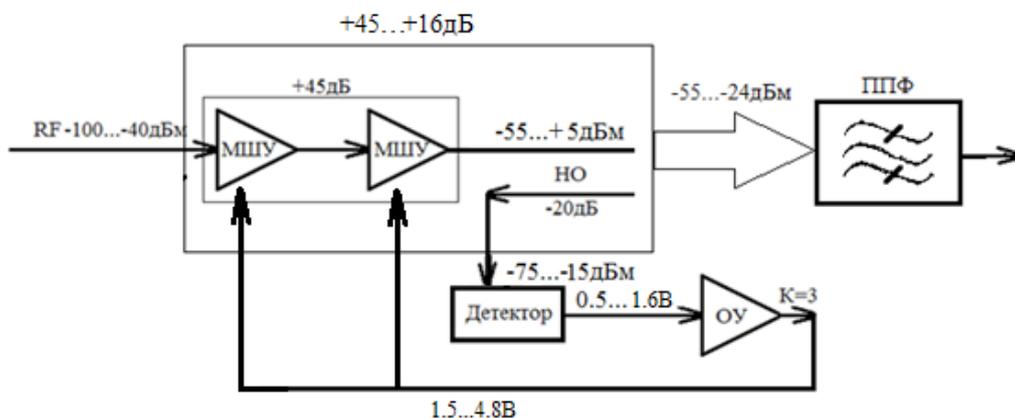


Рис. 4. Схема усиления и управления напряжением

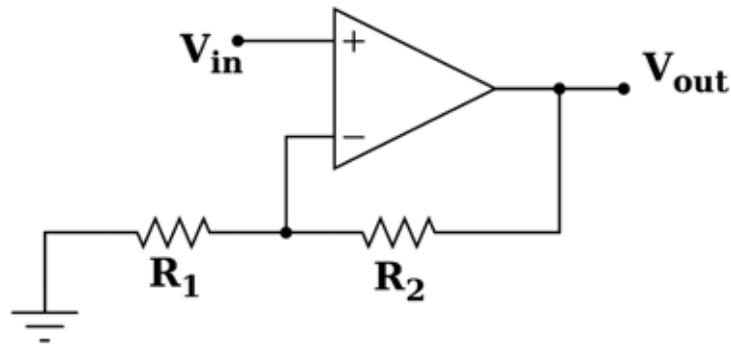


Рис. 5. Неинвертирующий операционный усилитель

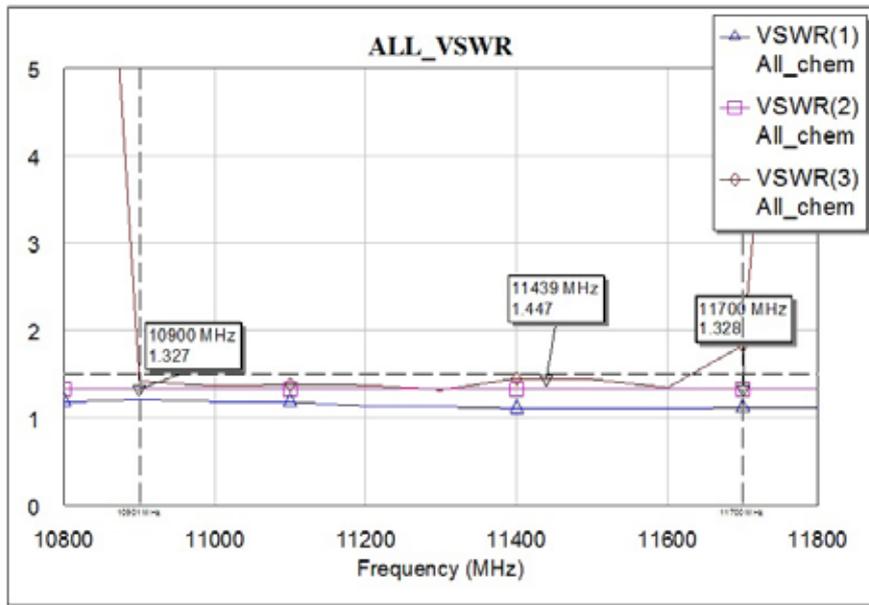


Рис. 6. КСВН всего каскада

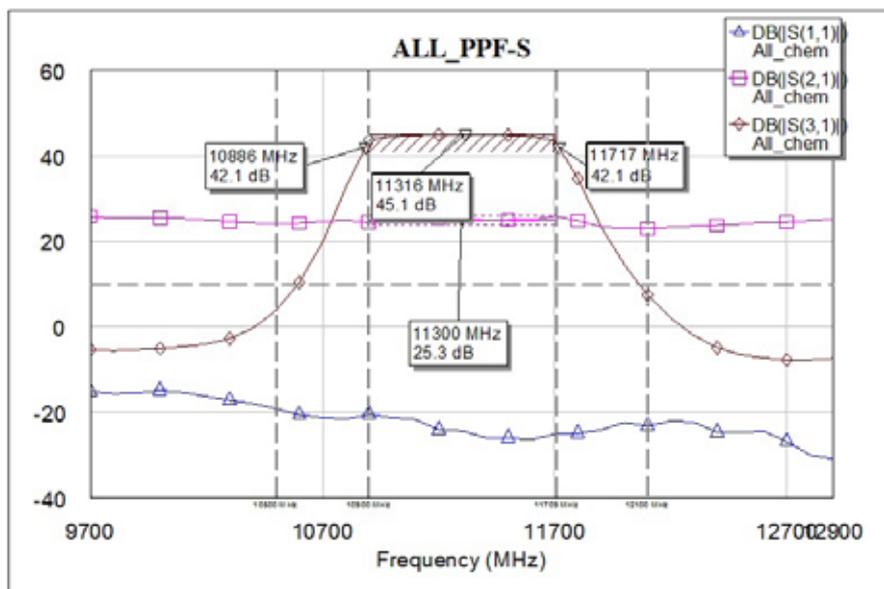


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика всего каскада

документации к усилителю мощности на рабочей частоте при $U=4.8\text{В}$ коэффициент усиления будет равен $G=8\text{дБ}$ из чего следует, что при наилучшем входном сигнале выходная мощность после тракта усиления будет равна $P_{\text{вых}} = -24\text{дБм}$, при наихудшем сигнале $P_{\text{вых}} = -55\text{дБм}$.

В результате моделирования получены следующие характеристики:

— Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) (Рис. 6): максимальный КСВН в пределах полосы равен 1.447, что означает, что сигнал не отражается в обратную сторону.

— Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) (Рис. 7.): на центральной частоте коэффициент усиления равен 45.1 дБ. Ответвление в сторону детектора равно 20дБ.

После моделирования в среде Mentor Graphics произведено проектирование печатной платы в среде Mentor Graphics. Топология каскада усиления и фильтрации, изображена на рисунке 8. Также, на рисунке 9 изображен сборочный чертеж, дающий представление о расположении и взаимной связи составных частей, и обеспечивающий возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

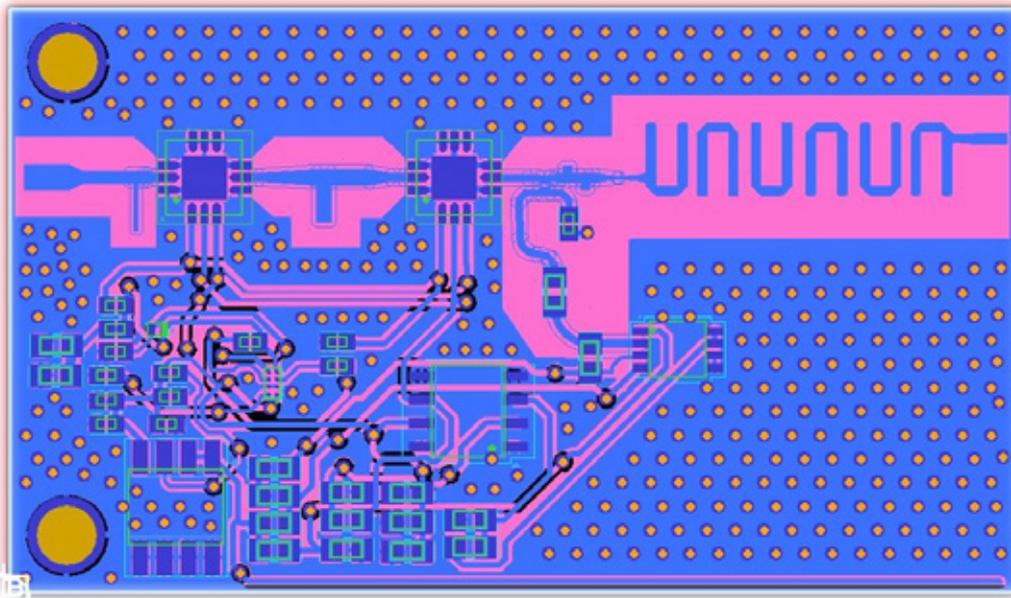


Рис. 8. Топология каскада усиления и фильтрации

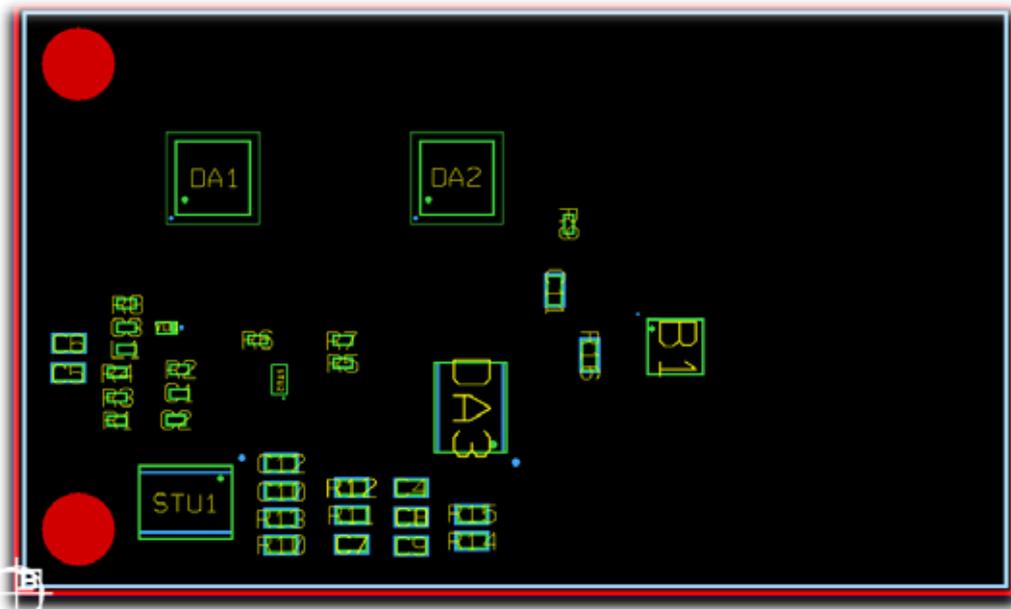


Рис. 9. Сборочный чертеж каскада усиления и фильтрации

Вывод

Спроектированный входной каскад приёмного модуля соответствует требованиям ГОСТ Р 50788–95. Значение полосы пропускания каскада, разработанного в среде Mi-

crowave Office, соответствует теоретическому — 10.9–11.7 ГГц. Полученные характеристики представлены в виде графиков. Результатом проектирования является топология печатной платы в среде Mentor Graphics.

Литература:

1. ГОСТ Р 50788–95 Установки непосредственного приема программ спутникового телевизионного вещания. Классификация. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений. — М.: Изд-во стандартов, 1995. — 30 с.
2. Альтман, Д. Л. Устройства сверхвысоких частот. — М.: Издательство «Мир», 1968. — 484 с.
3. Григорьев, А. Д. Электродинамика и техника СВЧ. — М.: Издательство «Высшая школа», 1990. — 335 с.
4. ГОСТ 24375–80 РАДИОСВЯЗЬ. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1980. — 60 с.

Программный комплекс мониторинга здоровья детей в ДОУ

Антонов Евгений Игоревич, магистрант;
 Баев Александр Васильевич, магистрант
 Тамбовский государственный технический университет

В данной статье описана база данных, которая позволяет производить расчеты уровня развития ребенка, также спроектированная программа, которая предоставляет в удобном виде результаты медицинских осмотров детей в дошкольных образовательных учреждениях.

Развитие, воспитание, образование детей дошкольного возраста и сохранение их здоровья является весьма актуальной и важной государственной проблемой. В последние два десятилетия наблюдается негативная тенденция, которая связана с ухудшением состояния здоровья детей дошкольного возраста. За этот период заболеваемость на каждую 1000 человек населения увеличилась в Российской Федерации с 615,6 до 725,6. При этом наибольший рост заболеваемости регистрируется у детей дошкольного возраста: за последние 10 лет число заболеваний у дошкольников увеличилось в 2,5 раза. Известно, что до 20% детей рождаются уже больными. Но большинство родившихся детей в процессе формирования организма начинают терять здоровье, хотя биологический потенциал индивида предполагает его стабильное развитие до 35 лет.

Исходя из этого наблюдается тенденция к необходимости повсеместного внедрения систем мониторинга развития и здоровья детей. Мониторинг развития и здоровья может проводиться относительно различных функциональных систем организма и факторов, которые воздействуют на эти системы. Одной из групп таких факторов, по которым следует проводить мониторинг, являются алиментарные факторы (от лат. *alimentum* — пища). Так как в дошкольном возрасте у детей происходит интенсивное развитие всех органов и организма в целом. Поэтому один и тот же результат обследования дошкольника при его оценке относительно двух моментов времени разностью всего в один месяц может дать различный ре-

зультат. Исходя из этого, можно сделать вывод о необходимости иметь данные за весь период развития ребенка, для выявления каких-либо отклонений от норм развития.

Существуют различные определения понятия «мониторинг». Так, мониторинг может определяться:

- оперативная информационно-аналитическая система наблюдений за
 - динамикой показателей;
 - постоянное наблюдение объекта управленческой деятельности, анализ его состояния посредством изменения реальных результатов с заданными целями;
 - наблюдение с целью предупреждения нежелательных тенденций развития, непрерывное наблюдение за каким-либо процессом для определения соответствия намеченным тенденциям и результатам, а также обозначение ближайших перспектив с выдачей оперативной информации.

Основная сфера практического применения мониторинга — это информационное обслуживание управления в различных областях деятельности. Мониторинг применяется к определенным объектам для решения определенно-поставленных задач, при этом, имеет общие характеристики и свойства. Широкое применение систем мониторинга в области медицины объясняется их влиянием на повышение уровня здоровья населения. По области применения эти системы можно разделить на три класса и несколько подклассов. Например, одной из систем мониторинга медицинской продукции является ав-

томатизированная информационная система мониторинга медицинских изделий (АИС ММИ), разработанная ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники (ВНИИИМТ)» Росздравнадзора. При помощи АИС ММИ осуществляется контроль состояния и использования медицинской техники, которая эксплуатируется в учреждениях здравоохранения. Мониторинг оснащенности учреждений: 42 здравоохранения осуществляется на федеральном, региональном уровне и непосредственно в лечебно-профилактическом учреждении (ЛПУ).

Системы мониторинга здоровья населения используются во всем мире уже в течение последних нескольких десятилетий. Так, автоматизированная система медицинских осмотров для взрослого населения компании «SearleMedidateInc». (1968 год) или центр массовых обследований населения фирмы «TokioShibaauraElectricCoLtd». (1970 год). Такие комплексы вблизи промышленных объектов используются, как правило с целью определения степени влияния промышленного объекта на организм человека и для принятия своевременных мер по исправлению экологической ситуации [43].

Перед комплексами мониторинга здоровья населения, как правило ставятся, такие задачи, как: обеспечение периодической проверки состояния здоровья; составление аналитических обзоров по результатам обследований; обеспечение предварительного обследования при госпитализации; снижение нетрудоспособности, инвалидности и смертности; уменьшение общей стоимости лечения. Особую значимость имеют ИСМ здоровья детей, поскольку от здоровья подрастающего поколения зависит будущее экономики, культуры и нации в целом.

В разработанном программном комплексе используется реляционная СУРБД в которой хранятся и обрабатываются данные, атак же программа с удобным пользовательским интерфейсом. База данных на рисунке 1 здоровья включает 25 таблицы. Для создания базы данных использовалась программа SQLite. **SQLite** — компактная встраиваемая реляционная база данных. Понятие «встраиваемая» означает, что SQLite не использует парадигму клиент-сервер, то есть движок SQLite не является отдельно работающим процессом, с которым взаимодействует программа, а предоставляет библиотеку, с которой программа компонуется и движок становится составной частью программы. Сама библиотека SQLite написана на C, но существует большое количество привязок к другим языкам программирования, в том числе PHP.

Всю структуры базы данных можно разделить на условные группы:

Структура групп дошкольного образовательного учреждения;

- Управление медицинскими осмотрами;
- Физическая модель БД медицинских осмотров;
- Физическая модель БД осмотров групп здоровья;
- Физическая модель БД осмотров физической подготовленности;

— Физическая модель БД таблиц диапазонов норм показателей.

На рисунке 2 представлена часть базы данных, которая отвечает за расчет соответствия показателей состояния ребенка с нормативными таблицами.

Программная часть всей системы является связующим звеном комплекса, так как с ее помощью и данные полученные с МКД «Здоровый ребенок» и данных которые вносит непосредственно медицинский работник дошкольного образовательного учреждения. Так же программа предоставляет результаты оценки уровня физического развития и здоровья, как каждого ребенка, так и группы в целом.

При открытии программы появляется диалоговое окно «Главная форма» на которой находятся следующие кнопки при нажатии на которые открываются соответствующие окна и формы программы:

— «Управление группами» при нажатии на эту кнопку открывается окно в котором можно выбирать группу и просматривать список воспитанников рисунок 3;

— «Медицинский осмотр» при нажатии на эту кнопку медсестра попадает в окно для внесения и просмотра данных полученных в ходе медицинских осмотров ребенка и средних показателей всей группы рисунок 4;

— «Физическое развитие» по нажатию этой кнопки открывается окно с информацией о уровне физической подготовленности детей рисунок 5;

— «Группы здоровья» по нажатию кнопки открывается окно с информацией о принадлежности детей к группам здоровья.

Управление группами. В этом окне слева находится выбор учебного года и выбор группы. При нажатии кнопки выбор заполняется, все остальное пространство списком детей выбранной группы, с общей информацией о ребенке: ФИО, дата рождения, адрес проживания и пол ребенка.

Медицинский осмотр. В окне медицинского осмотра необходимо выбрать группу, учебный год, а так же начало либо конец учебного года.

После чего появляется список группы, если осмотр уже был проведен, то показатели будут заполнены и будет возможность распечатать протокол осмотра. Так же в окне можно увидеть и статистику развития по всей группе в целом.

Показатели можно вносить вручную, после измерения параметров ребенка, но можно и получать данные с МДК «Здоровый ребенок», что значительно упрощает и ускоряет процесс сбора и обработки информации.

При фиксации АД необходимо выбрать размер манжеты, если размер манжеты не соответствует возрасту ребенка, то программа вносит корректировку показаний.

После сбора всех показателей о ребенке необходимо нажать кнопку «Сохранить результат».

Физическая подготовленность. В окне физическая подготовленность необходимо так же выбрать: группу, учебный год, начало или конец учебного года, после чего

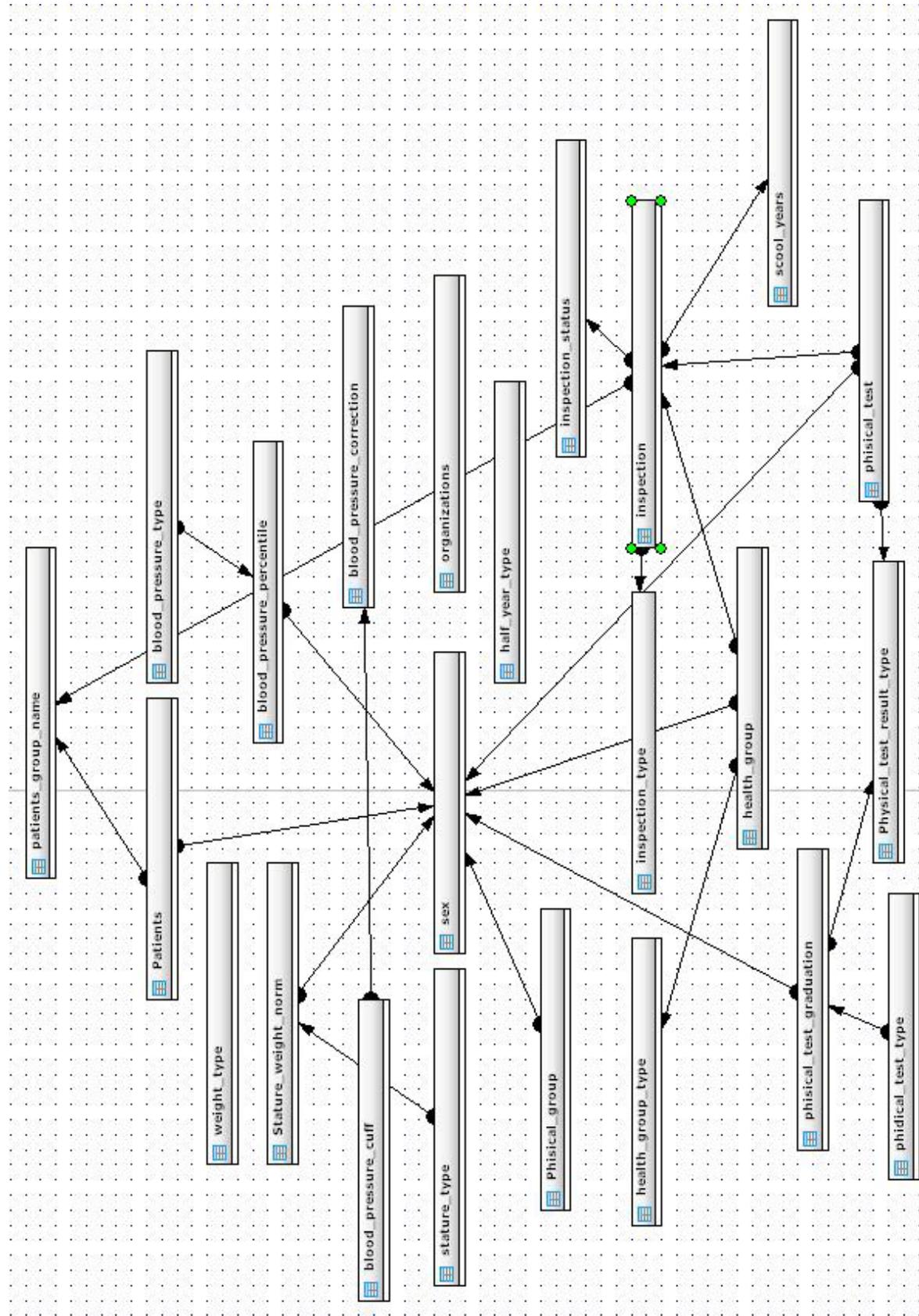


Рис. 1. Концептуальная схема БД ИСМ здоровья детей

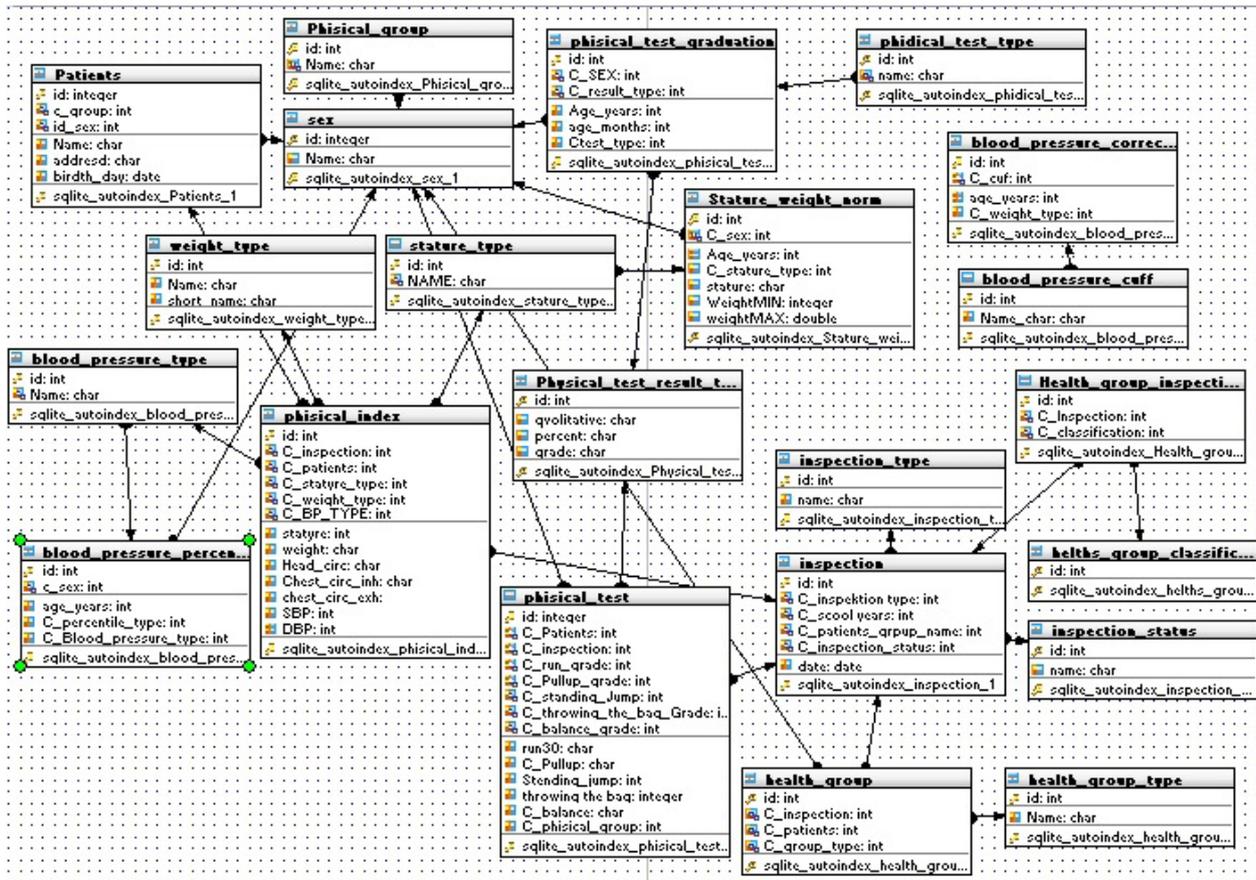


Рис. 2. Физическая модель БД таблиц диапазонов норм показателей

появится список детей с результатами выполнения необходимых физических упражнений, которые необходимы для определения уровня физического развития.

Программа дает возможность внесения параметров полученных в ходе обследования физических параметров, а именно: время бега на 10 метров с хода, бега на 30 метров

На главную | Управление группами

Учебный год:

Список группы

№ группы	Название	ФИО	Пол	Дата рождения	Адрес
1	Капитоши	Пономарева Катя	женский	19.12.2010	г.Тамбов ул.Московская д.3, кв 10
2	Непоседы	Лежнев Михаил	Мужской	21.03.2010	г.Тамбов ул.Мичуринская д.6, кв 50
3	Пчелки	Краснин Вячеслав	Мужской	01.03.2010	г.Тамбов ул.Советская д.140, кв 36
4	Радуга	Потапова Марина	Женский	15.05.2010	г.Тамбов ул.Московская д.3, кв 48
5	Кскольчик	Крышкина Татьяна	Женский	20.07.2010	г.Тамбов ул.Куйбышева д.20, кв.110
6	Рыбки	Абрамов Илья	Мужской	30.04.2010	г.Тамбов, ул.Рабочая д.19, кв.63
7	Фантазеры	Кучерявый Максим	Мужской	25.08.2010	г.Тамбов ул. Володарского д.6, кв 3
8	Лучики	Совенкова Дарья	Женский	15.09.2010	г.Тамбов ул.Б.- Васильева д.5, кв 32
9	Чудастики	Петров Дмитрий	Мужской	13.06.2010	г.Тамбов ул. Володарского д.16, кв 88
10	Задорные	Клейменова Александра	женский	25.01.2010	г.Тамбов, ул.Рабочая д.7, кв.25
11	Почемучки	Пономарева Катя	Женский	29.11.2012	г.Тамбов, ул. Куйбышева д.10 кв. 18
12	Светлячки	Гладышев Александр	Мужской	28.02.2010	г.Тамбов, ул. Пензенская д.16 кв. 35

Выбрать | Добавить | Добавить | Изменить | Удалить

Поиск

Рис. 3. Форма для управления группами в ДОУ

Рис. 4. Форма медицинского осмотра

Рис. 5. Форма Физическая подготовленность

со старта, длинны прыжка с места, Высота прыжка вверх, (для детей с 4 лет), дальность броска 150–200 грамм-ового мешочка с песком (правой и левой рукой). Так же есть разделение на девочек и мальчиков, так как нормативы различны для мальчиков и девочек.

Заключение

Были изучены мировые и отечественные ИСМ мониторинга здоровья, по результатам этого исследования стало

известно, что необходимо использовать самые передовые технологии, которые на данный момент в дошкольных учреждениях не используются..

Разработан метод обработки данных о уровне физического развития и здоровья дошкольников, в котором для расчетов уровня развития ребенка применяется аппарат реляционной алгебры, что позволяет использовать современные центильные возрастно-половые нормативы и перевести основную вычислительную часть на реляционную СУБД.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с двойной системой топливоподачи (ДСТ) при оптимальных значениях установочных УОВТ на мощностные и экономические показатели дизеля при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи, мощностные и экономические показатели.

Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при работе на ДТ и на метаноле с ДСТ на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ представлены на рисунке 1 [1–11].

Из графика видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается расход топлива от 1,4 кг/ч при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 4,75 кг/ч при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 3,35 кг/ч, или 70,5%. Минимальное значение удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ и составляет $g_e = 266 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При нагрузке $p_e = 0,594 \text{ МПа}$ значение $g_e = 282 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Значение эффективного к. п. д при уве-

личении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,19$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,285$ при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Максимальное значение достигается при $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ и составляет $\eta_e = 0,32$. При увеличении нагрузки также увеличивается температура ОГ. Так, у опытного дизеля при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ значение $t_r = 215^\circ\text{C}$ и при увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ составляет $t_r = 560^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 345°C , или 61,6%. Расход воздуха при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ составляет 87,5 кг/ч и уменьшается до 83,5 кг/ч при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Уменьшение составляет 4,6%. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на ДТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 4,35$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до значения $\alpha = 1,25$ при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$. Снижение составляет 71,3%. Коэффициент напол-

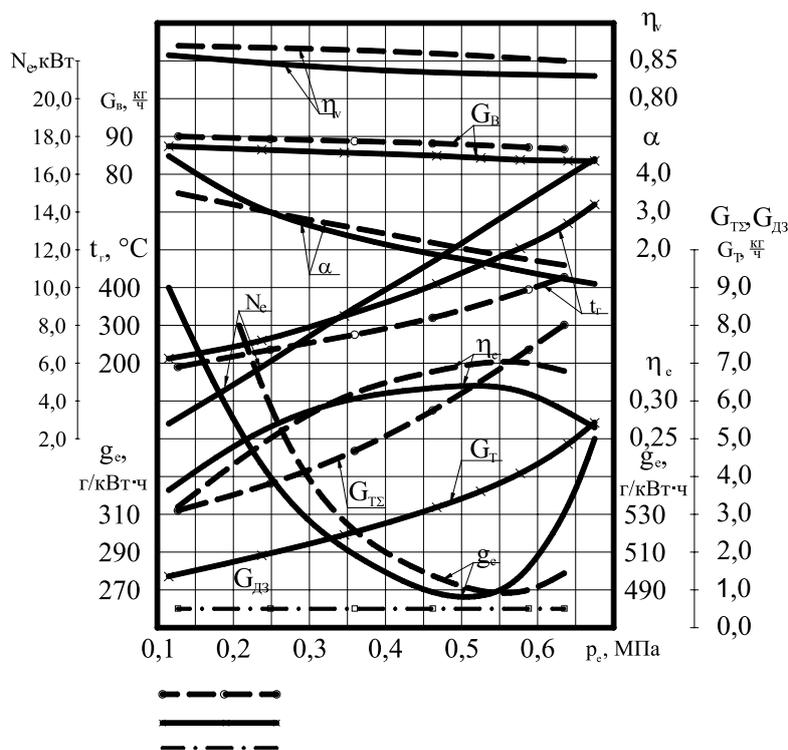


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$; — — — — — дизельный процесс, — — — — — метанол с запальным ДТ

нения при малых нагрузках ($p_e = 0,127$ МПа) равен 0,855 и при максимальной нагрузке ($p_e = 0,635$ МПа) составляет 0,830. Снижение составляет 2,9% [12–21].

Из кривых, представленных на рисунке 1, видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на ДТ и на метаноле с ДСТ мощностные и экономические показатели изменяются во всём диапазоне изменения нагрузки. Из графика видно, что при работе дизеля на метаноле с ДСТ при увеличении нагрузки увеличивается суммарный расход топлива от 3,1 кг при $p_e = 0,127$ МПа до 8,0 кг при $p_e = 0,635$ МПа. Увеличение составляет 4,9 кг/ч, или 61,2%. Минимальное значение суммарного удельного эффективного расхода топлива достигается при $p_e = 0,55$ МПа и составляет $g_{e\sigma} = 488$ г/(кВт·ч). При нагрузке $p_e = 0,594$ МПа значение $g_e = 490$ г/(кВт·ч). Величина эффективного к. п. д. при увеличении нагрузки увеличивается с $\eta_e = 0,16$ при $p_e = 0,127$

МПа до $\eta_e = 0,34$ при $p_e = 0,635$ МПа, при этом максимальное значение достигается при $p_e = 0,55$ МПа и составляет $\eta_e = 0,352$. При увеличении нагрузки также увеличивается температура ОГ. Так, при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $p_e = 0,127$ МПа значение $t_r = 190^\circ\text{C}$, а при увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,635$ МПа составляет $t_r = 425^\circ\text{C}$. Увеличение составляет 235°C , или 55,3%. Расход воздуха при $p_e = 0,127$ МПа составляет 90 кг/ч и уменьшается до 86,5 кг/ч при $p_e = 0,635$ МПа. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 3,5$ при $p_e = 0,127$ МПа до значения $\alpha = 1,6$ при $p_e = 0,635$ МПа. Снижение составляет 54,3%. Коэффициент наполнения при малых нагрузках ($p_e = 0,127$ МПа) равен 0,87, а при максимальной нагрузке ($p_e = 0,635$ МПа) снижается до значения равного 0,85 [22–29].

Литература:

1. Скрябин, М.Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
2. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
3. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
4. Лопатин, С.О., Скрябин М.Л. Влияние применения метаноле-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
5. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
6. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
7. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
8. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Скрябин, М.Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
10. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
11. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
12. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.

13. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
14. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
15. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
16. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажевого содержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
17. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 445–448.
18. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
19. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
20. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
21. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
22. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
23. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
24. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
25. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Шишканов Е.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
26. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Олейник М.А., Дубинецкий В.Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С. 13–16.
27. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
28. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Анфилатов А.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
29. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.

Изменение массовой концентрации оксидов азота в дизеле при работе на метаноле

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с двойной системой топливоподачи (ДСТ) в зависимости от различных установочных УОВТ на массовую концентрацию оксидов азота в отработавших газах (ОГ) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи, массовая концентрация оксидов азота.

Графики влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ на массовую концентрацию C_{NOx} оксидов азота в ОГ, рассчитанную по результатам экспериментальных данных, полученных при номинальной частоте вращения двигателя ($n = 1800 \text{ мин}^{-1}$), снятые при $\Theta_{\text{дт}}$ (30...38°) и $\Theta_{\text{м}}$ (30...38°) представлены на рисунке 1 [1–11].

Если при оптимальных значениях установочных УОВТ ($\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$) массовая концентрация C_{NOx} оксидов азота в ОГ дизеля составляет $0,45 \text{ г/м}^3$, то при большем значении $\Theta_{\text{м}} = 38^\circ$ массовая концентрация C_{NOx} в ОГ дизеля возрастает и составляет $0,54 \text{ г/м}^3$. При значении $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$ массовая концентрация C_{NOx} оксидов азота составляет $0,47 \text{ г/м}^3$ [12–21].

Кривые изменения значений массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в ОГ дизеля, полученные при устано-

вочном УОВТ $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$ и различных углах впрыскивания метанола $\Theta_{\text{м}}$, показывают, что при установочных УОВТ $\Theta_{\text{м}}$, равных 34° и 30° , массовая концентрация C_{NOx} оксидов азота в ОГ дизеля равна, соответственно, $0,48 \text{ г/м}^3$ и $0,45 \text{ г/м}^3$ [22–30].

Графики изменения значений массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в ОГ дизеля, полученные при установочном УОВТ $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$ и различных углах впрыскивания метанола $\Theta_{\text{м}}$, показывают, что при установочных УОВТ $\Theta_{\text{м}}$, равных 38° , 34° и 30° массовая концентрация C_{NOx} оксидов азота в ОГ дизеля равна, соответственно, $0,48 \text{ г/м}^3$, $0,43 \text{ г/м}^3$ и $0,46 \text{ г/м}^3$. Из графика видно, что при увеличении угла УОВТ $\Theta_{\text{м}}$ массовая концентрация C_{NOx} оксидов азота в ОГ дизеля изменяется по сложной зависимости [31–38].

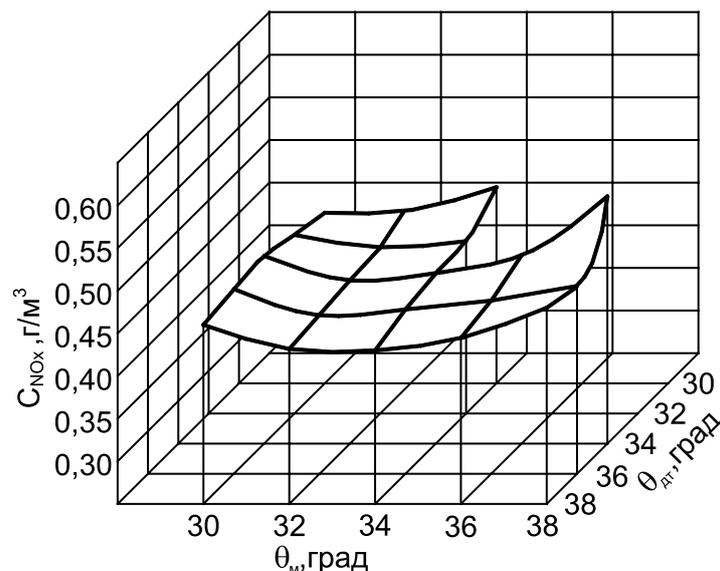


Рис. 1. Влияние применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от различных установочных УОВТ на массовую концентрацию оксидов азота в ОГ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,585 \text{ МПа}$, $q_{\text{цдт}} = 6,6 \text{ мг/цикл}$

Литература:

1. Скрябин, М.Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
2. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
3. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
4. Лопатин, С.О., Скрябин М.Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
5. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
6. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
7. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
8. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Скрябин, М.Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
10. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
11. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
12. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
13. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
14. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
15. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
16. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
17. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91).С. 445–448.
18. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
19. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
20. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.

21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С. 13–16.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
29. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
30. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
31. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
32. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
33. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
34. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
35. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
36. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
37. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
38. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.

Изменение мощностных и экономических показателей дизеля при работе на метаноле

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с двойной системой топливоподачи (ДСТ) при оптимальных значений установочных УОВТ на мощностные и экономические показатели дизеля при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи, мощностные и экономические показатели.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала ($n = 1800 \text{ мин}^{-1}$) и оптимальных значений установочных УОВТ представлены на рисунке 1 [1–9].

Анализируя изменения значений мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ значительно выше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ расход топлива при работе дизеля на ДТ составляет 1,85 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 3,95 кг/ч. Увеличение составляет 2,13 раза [10–18].

При $p_e = 0,65 \text{ МПа}$ расход метанола также выше, чем при работе дизеля на ДТ. Если при работе на ДТ расход топлива равен 7,15 кг/ч, то при этой же нагрузке, но при работе на метаноле с ДСТ расход равен 10,6 кг/ч. Увеличение составляет 48,3%. Увеличение расхода топлива связано с тем, что метанол обладает меньшей теплотворной способностью, и для сохранения мощностных показателей на уровне дизеля, работающего на ДТ, метанол нужно подавать в большем количестве. Удельный расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ соответственно также выше, чем при работе дизеля на ДТ. На номинальном режиме значение $g_e = 273 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$ при работе дизеля на ДТ, при работе дизеля на метаноле с ДСТ и этой же нагрузке составляет $g_{e\Sigma} = 502 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$. Увеличение составляет 83,9%. Значение эффективного к. п. д. при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ и работе дизеля на ДТ составляет

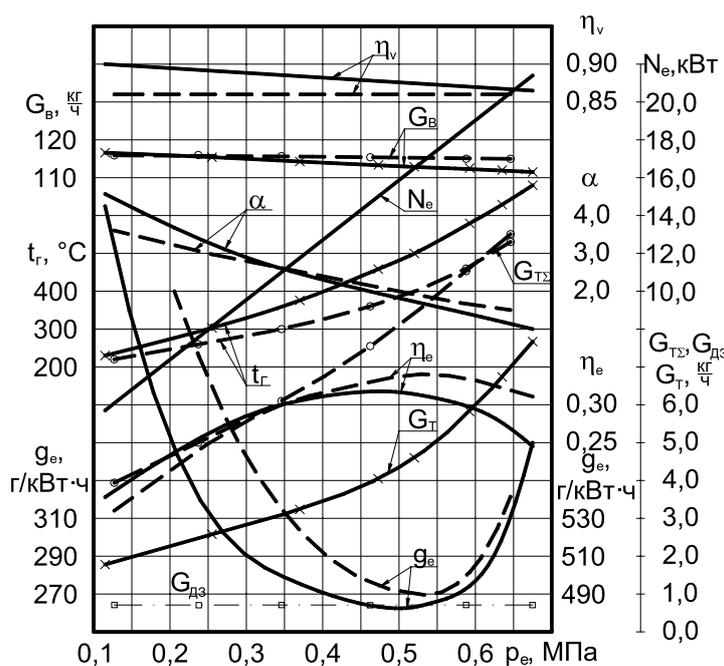


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 $\Theta_{дт} = 34^\circ$ и $\Theta_m = 34^\circ$ в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$:
— — дизельный процесс, - - - метанол с запальным ДТ

0,185, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,16. Снижение составляет 13,5%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,65$ МПа значение η_e для дизеля при работе на ДТ составляет 0,266, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,320 [19–25].

Увеличение составляет 20,3%. Температура ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всём диапазоне изменения нагрузки меньше, чем у дизеля, работающего на ДТ. Так, при $p_e = 0,127$ МПа $t_r = 235^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $t_r = 220^\circ\text{C}$. Снижение составляет 6,4%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,65$ МПа значение $t_r = 645^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ и $t_r = 535^\circ\text{C}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 110°C , или 17%. Расход воздуха на малых нагрузках при работе дизеля на различных топливах имеет

одинаковое значение. При увеличении нагрузки ($p_e = 0,65$ МПа) расход воздуха для дизеля, работающего на ДТ, составляет 112 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 115 кг/ч, увеличение составляет 2,7%. Коэффициент избытка воздуха при $p_e = 0,127$ МПа и работе дизеля на ДТ составляет 4,45, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 3,6$. Снижение составляет 19,1%. При $p_e = 0,65$ МПа значение α при работе дизеля на ДТ составляет 1,15, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\alpha = 1,5$. Увеличение составляет 30,4%. Коэффициент наполнения при $p_e = 0,127$ МПа и работе дизеля на ДТ составляет 0,90, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,86$. Снижение составляет 4,4%. При $p_e = 0,65$ МПа значение η_v для дизеля, работающего на ДТ, составляет 0,865, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,86$. [26–30].

Литература:

1. Скрябин, М.Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
2. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
3. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
4. Лопатин, С.О., Скрябин М.Л. Влияние применения метаноле-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
5. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
6. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
7. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
8. Скрябин, М.Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
9. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
10. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
11. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
12. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
13. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
14. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.

15. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливopодачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеcодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
16. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91).С. 445–448.
17. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливopодачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеcодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
20. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О.П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О.П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О.П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливopодачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
29. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
30. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.

Массовая концентрация оксидов азота в дизеле при работе на дизельном топливе и метаноле

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с двойной системой топливоподачи (ДСТ) в зависимости от различных установочных УОВТ на массовую концентрацию оксидов азота в отработавших газах (ОГ) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи, массовая концентрация оксидов азота.

Графики влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ при различных установочных УОВТ на массовую концентрацию C_{NO_x} оксидов азота в ОГ, рассчитанную по результатам экспериментальных данных, полученных при частоте вращения двигателя ($n = 1400 \text{ мин}^{-1}$), снятые при $\Theta_{\text{дт}}$ ($30 \dots 38^\circ$) и $\Theta_{\text{м}}$ ($30 \dots 38^\circ$) представлены на рисунке 1 [1–12].

Если при оптимальных значениях установочных УОВТ ($\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$) массовая концентрация C_{NO_x} в ОГ дизеля оксидов азота составляет $0,47 \text{ г/м}^3$, то при большем значении $\Theta_{\text{м}} = 38^\circ$ массовая концентрация C_{NO_x} в ОГ дизеля возрастает и составляет $0,55 \text{ г/м}^3$. При значении $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$ массовая концентрация C_{NO_x} оксидов азота составляет $0,48 \text{ г/м}^3$ [13–21].

Кривые изменения значений массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота в ОГ дизеля, полученные при установочном УОВТ $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$ и различных углах впрыскивания метанола $\Theta_{\text{м}}$, показывают, что при установочных УОВТ $\Theta_{\text{м}}$, равных 34° и 30° , массовая концентрация C_{NO_x} оксидов азота в ОГ дизеля равна, соответственно, $0,50 \text{ г/м}^3$ и $0,47 \text{ г/м}^3$ [22–30].

Графики изменения значений массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота в ОГ дизеля, полученные при установочном УОВТ $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$ и различных углах впрыскивания метанола $\Theta_{\text{м}}$, показывают, что при установочных УОВТ $\Theta_{\text{м}}$, равных 38° , 34° и 30° , массовая концентрация C_{NO_x} оксидов азота в ОГ дизеля равна, соответственно, $0,49 \text{ г/м}^3$, $0,45 \text{ г/м}^3$ и $0,48 \text{ г/м}^3$ [31–36].

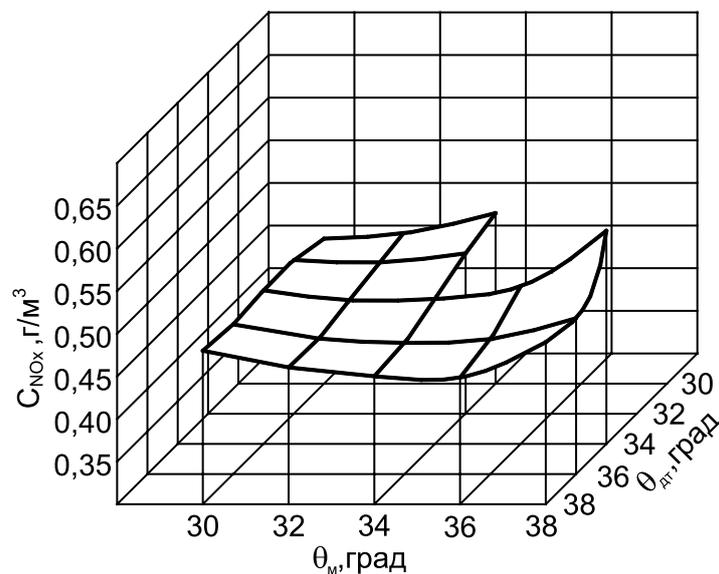


Рис. 1. Влияние применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от различных установочных УОВТ на массовую концентрацию оксидов азота в ОГ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,594 \text{ МПа}$, $q_{\text{цд}} = 6,0 \text{ мг/цикл}$

Литература:

1. Скрябин, М.Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
2. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
3. Скрябин, М.Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
4. Лопатин, С.О., Скрябин М.Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
5. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
6. Лиханов, В.А., Гребнев А.В., Бузмаков Ю.Г., Скрябин М.Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
7. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
8. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Скрябин, М.Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
10. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
11. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
12. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
13. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
14. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
15. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
16. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
17. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91).С. 445–448.
18. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
19. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
20. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.

21. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С. 13–16.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
29. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
30. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
31. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
32. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.
33. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Санкт-Петербург, 1999.
34. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
35. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
36. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.

Мощностные и экономические показатели дизеля при работе на дизельном топливе и метаноле

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с двойной системой топливоподачи (ДСТ) в зависимости от различных установочных УОВТ на мощностные и экономические показатели от изменения частоты вращения.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи, мощностные и экономические показатели.

Влияние применения метанола на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала и оптимальных значений установочных УОВТ представлены на рисунке 1 [1–12].

Анализируя изменения значений мощностных и экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на различных топливах в зависимости от изменения частоты вращения и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ значительно выше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ расход топлива при работе дизеля на ДТ составляет 3,6 кг/ч, а при работе на метаноле — 6,4 кг/ч. Увеличение составляет 77,7%. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ расход метанола также выше, чем при работе дизеля на ДТ [13–21].

Если при работе дизеля на ДТ расход топлива равен 6,3 кг/ч, то при этой же частоте вращения и работе дизеля на метаноле с ДСТ расход равен 10,6 кг/ч. Увеличение составляет 68,3%. Удельный расход топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ соответственно также выше, чем при работе дизеля на ДТ. Значение эффективного к. п. д. при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе дизеля на ДТ составляет 0,305, а при работе на метаноле с ДСТ — 0,34. Увеличение составляет 11,5%. При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение η_e для дизеля, работающего на ДТ составляет 0,29, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,305. Увеличение составляет 5,2%. Температура ОГ при работе дизеля на метаноле с ДСТ во всём диапазоне изменения частоты вращения меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ значение $t_r = 485^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ, а при ра-

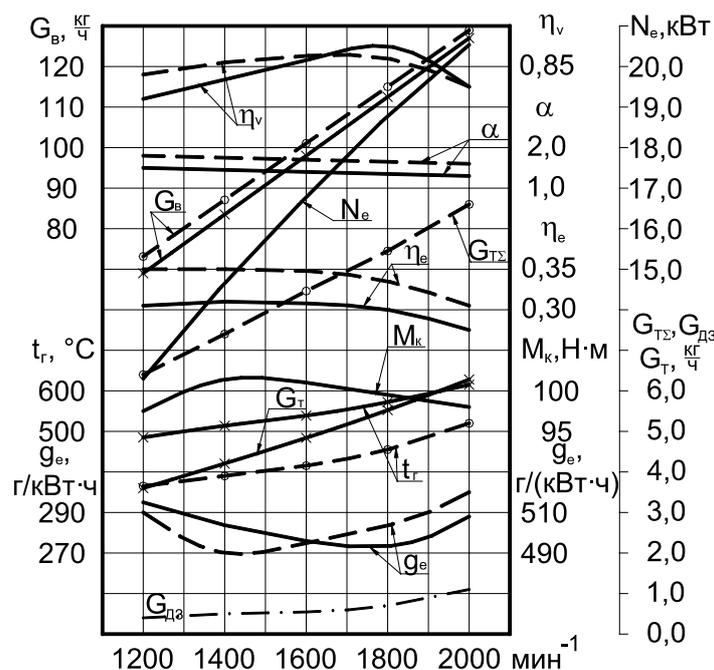


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{М}} = 34^\circ$ в зависимости от изменения частоты вращения;
— — дизельный процесс, - - - метанол с запальным ДТ

боте дизеля на метаноле с ДСТ — $t_r = 365^\circ\text{C}$. Снижение составляет 24,7%. При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение $t_r = 615^\circ\text{C}$ при работе дизеля на ДТ и $t_r = 520^\circ\text{C}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 95°C , или 15,4%. Расход воздуха при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ при работе дизеля на ДТ составляет 58 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 66 кг/ч, увеличение составляет 13,8%. При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ расход воздуха для дизеля,

работающего на ДТ, составляет 125 кг/ч, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 126,5 кг/ч. Коэффициент наполнения при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и работе дизеля с ДСТ составляет 0,81, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,84$. Увеличение составляет 3,7%. При $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ значение η_v для дизеля, работающего на ДТ, составляет 0,875, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ $\eta_v = 0,86$. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение коэффициента наполнения совпадает и составляет 0,825 [22–32].

Литература:

1. Скрябин, М. Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
2. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
3. Скрябин, М. Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
4. Лопатин, С. О., Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
5. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
6. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
7. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
8. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Скрябин, М. Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
10. Скрябин, М. Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
11. Скрябин, М. Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
12. Скрябин, М. Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
13. Скрябин, М. Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
14. Скрябин, М. Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
15. Скрябин, М. Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
16. Скрябин, М. Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливopодачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеcодержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.

17. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 445–448.
18. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
19. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
20. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
21. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
22. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
23. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
24. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
25. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Шишканов Е.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
26. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Олейник М.А., Дубинецкий В.Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.
27. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
28. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Анфилатов А.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
29. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
30. Анфилатов, А.А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
31. Анфилатов, А.А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
32. Анфилатов, А.А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.

Удельный эффективный расход топлива дизеля при работе на метаноле

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты влияния применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с двойной системой топливоподачи (ДСТ) в зависимости от различных установочных УОВТ на удельный эффективный расход топлива при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$.

Ключевые слова: дизель, метанол, двойная система топливоподачи, удельный эффективный расход топлива.

Влияние применение метанола с ДСТ на удельный эффективный расход топлива дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ на номинальном режиме работы при $n=1800 \text{ мин}^{-1}$ представлено на рисунке 1.

4. Лопатин, С. О., Скрябин М.Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
5. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М.Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
6. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М.Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
7. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
8. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Скрябин, М.Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
10. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
11. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
12. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
13. Скрябин, М.Л. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 430–433.
14. Скрябин, М.Л. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 433–436.
15. Скрябин, М.Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 436–439.
16. Скрябин, М.Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажевого содержания // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 442–445.
17. Скрябин, М.Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 445–448.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
19. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
20. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
21. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
22. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О.П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.

26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. с. 170–173.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
29. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
30. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование эффективных показателей дизеля при работе на природном газе, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4–1 (35). с. 79–81.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Киров, 1999.

Совершенствование технологии макаронных изделий с добавлением растительного сырья (патентный поиск)

Аптрахимов Денис Рафаилович, соискатель;

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

Смольникова Фарида Харисовна, кандидат технических наук, доцент
Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Патентные исследования по теме «Совершенствования технологии макаронных изделий с добавлением растительного сырья» проводилось с целью отслеживания и анализа данной отрасли. Макароны являются распространенным продуктом питания [7, 8]. Создание продуктов питания лечебного и профилактического назначения, комплексное использование пищевого сырья, повышение качества, пищевой и биологической ценности вырабатываемой продукции является важным составляющим «Концепции государственной политики в области здорового питания населения», что и определяет актуальность исследований, направленных на поиск путей решения этих задач [1, 3, 9–12]. За счет того, что в России макаронные изделия популярны и потребляются в большом количестве, представляется возможность реально и эффективно проводить профилактику различных видов заболеваний с помощью выпуска изделий улучшающие качества и пищевой ценности, благодаря различным растительным добавкам [5]. При использовании растительного сырья происходит обогащение макаронных изделий пищевыми волокнами, органическими кислотами, витаминами и натуральными красителями. От внесения определенного количества добавок зависят структурно-механические и варочные свойства макаронных изделий [2]. При увеличении дозировки расти-

тельной добавки увеличиваются полезные свойства макаронных изделий и иногда ухудшаются некоторые свойства. Поэтому для каждого вида сырья необходимо тщательно рассчитывать оптимальное количество добавок в макаронные изделия, которые обогащают этот продукт целым рядом полезных веществ [6]. При применении нетрадиционного сырья следует учитывать влияние сырья на физиологические, химические, изменение сроков хранения макаронных изделий и изменений свойств макаронных изделий в процессе и после варки.

Проведен анализ информации по содержанию по следующим классам (см. табл. 1).

Мы проанализировали следующие изобретения:

1) Патент РФ № 2289952 от 27.12.2006 «Состав теста для производства макаронных изделий» (авторы: Корячкина С. Я., Осипова Г. А.). Способ предусматривает состав теста для производства макаронных изделий. Тесто содержит муку пшеничную и воду, а также белоксодержащие добавки — муку бобовых культур, а именно или муку гороховую в количестве 10% от массы муки пшеничной, или муку чечевичную в количестве 10% от массы муки пшеничной, или комплексную добавку, состоящую из муки фасоловой в количестве 2,5% от массы муки пшеничной и рябинового пюре в количестве 7,5% от массы муки пшеничной. Изобретение позволяет увеличить со-

Таблица 1. Темы, по которым проводили поиск (по международной классификацией МПК)

Индекс	Тема
A23L1/16	Состав теста для производства макаронных изделий
A23L1/16	Макаронные изделия «Здоровье» с облепиховым шротом
A23L1/10 A23L1/025	Способ производства вспученного продукта из семян льна

держание белка и сбалансировать белки макаронных изделий по аминокислотному составу, получить макаронные изделия с высокими органолептическими и структурно-механическими показателями качества.

2) Патент РФ № 2548188 от 20.04.2015 «Макаронные изделия «Здоровье» с облепиховым шротом» (авторы: Никулина Е.О., Иванова Г.В., Кольман О.Я.). Предложены макаронные изделия с облепиховым шротом, содержащие муку пшеничную, воду и дополнительно полифункциональную добавку — порошок, полученный из обезжиренного облепихового шрота, в количестве 3–10% к массе муки. Изобретение позволяет получить макаронные изделия с повышенной биологической ценностью.

3) Патент РФ № 2446708 от 10.04.2012 «Способ производства макаронных изделий» (авторы: Шнейдер Т.И., Казеннова Н.К., Шнейдер Д.В., Шилин С.А.). Предложен способ производства макаронных изделий путем приготовления в мукосмесителе теста из муки, воды и корректирующей добавки, формования и сушки макаронных изделий. В качестве муки используют безглютеновые виды муки из ряда: мука рисовая, гречневая, кукурузная. В состав изделий вводят дополнительное сырье из ряда: крахмал, мука гороховая, пшенная, соевая, люпиновая, амарантовая, порошки овощные и фруктовые. Готовят в мукосмесителе предварительную смесь из дополнительного сырья и части муки. Затем в смесь последовательно добавляют основную массу муки и корректирующую добавку и ведут замес при влажности теста 30–35% и температуре воды 30–50°C. Использование изобретения позволяет изготавливать макаронные изделия, предназначенные как для профилактических целей, так и для удовлетворения потребности человека в пищевом продукте, а также для того, чтобы производить макароны на основе местной сельскохозяйственной продукции.

4) Патент РФ № 2511758 от 10.04.2014 «Способ производства вспученного продукта из семян льна» (авторы: Гунькин В.А., Сусянок Г.М.). Способ производства вспученного продукта из семян льна включает замачивание семян, сушку семян ИК-лучами, их обработку ИК-лучами. Замачивание семян в воде осуществляют при температуре 18–20°C в течение 28 часов до достижения семенами влажности 35–37%. Сушку семян ИК-лучами проводят при длине волны 0,9–1,1 мкм и плотности лучистого потока 11–13 кВт/м² в течение 2,0–2,5 мин до влажности 28–30%. Обработку семян ИК-лучами осуществляют при длине волны 0,9–1,1 мкм и плотности лучистого потока 20–22 кВт/м² в течение 80–90 с до достижения се-

менами температуры 170–180°C. Осуществление изобретения обеспечивает улучшение качества и повышение биологической ценности готового продукта.

5) Патент РФ № 2222223 от 27.01.2004 «Способ производства макаронных изделий с использованием нетрадиционного сырья — амаранта» (авторы: Петрова Е.В., Шерстнева М.В., Шнейдер Д.В.). Способ производства макаронных изделий предусматривает замес теста из пшеничной муки, пищевой обогатительной добавки и воды с корректирующей добавкой до достижения тестом влажности не менее 30%, формование изделий и сушку. В качестве пищевой обогатительной добавки используют продукты переработки амаранта зерновых и/или овощных сортов, а в качестве корректирующей добавки используют соли фосфорной кислоты в количестве 0,03–1,00% к массе муки. Использование обогатительных добавок из амаранта позволяет повысить биологическую ценность макаронных изделий, снизить микробиологическую загрязненность готового продукта. Корректирующая добавка в виде солей фосфорной кислоты улучшает структуру теста и облегчает его формование, позволяет повысить варочные свойства — снизить переход сухих веществ в варочную воду и увеличить упругость сваренных изделий.

6) Патент РФ № 2163455 от 27.02.2001 «Способ производства макаронных изделий» (авторы: Савватеева Л.Ю., Савватеев Е.В., Карталов А.Н. и др.). При производстве макаронных изделий в муку вносят подготовленную сухую растительную добавку, включающую пророщенное зерно и хвощ, а также минеральную добавку в виде йодированного мела. Растительную добавку дополнительно обогащают такими составляющими, как облепиха, клевер, корневище пырея, лист крапивы, корень одуванчика и плоды аронии, а также осуществляют подготовку добавки путем дробной терморегулируемой обработки во влажной среде с последующей сушкой. Технический результат заключается в расширении ассортимента макаронных изделий адаптационно-профилактического и детоксикационного воздействия, обогащенных добавками природного происхождения, содержащими йод, кальций, гликозиды и другие биологически активные вещества.

7) Патент РФ № 2166863 от 20.05.2001 «Способ приготовления макаронных изделий» (авторы: Глазунов А.А., Шнейдер Т.И., Шнейдер Д.В. и др.). Способ предусматривает замес теста из муки, жидкой фазы и обогатительной добавки, формование изделий и сушку. В качестве обогатительной добавки используют смесь, включающую в себя

порошок топинамбура и йодированную соль, взятые в соотношении (9,9—98,5): (1,5—90,9) мас. ч., при этом обогательную добавку вносят в количестве 0,1—20% к массе муки. Изобретение позволяет получить макаронные изделия с повышенной биологической ценностью, обогащенные инулином, витаминами и йодом, а также получить макаронные изделия из муки, не содержащей клейковины (рисовой, ржаной, кукурузной, гречневой, овсяной).

По результатам исследований изучена возможность профилактики ряда заболеваний у потребителей макаронных изделий [4]. Патентные исследования показали наличие инновационных разработок в производстве макаронных изделий. Обогащение таких продуктов питания как макаронные изделия, целесообразно в связи с их устойчивым потреблением, относительно доступной ценой.

Литература:

1. Иванова, Т.Н. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: учебник. — М.: «Академия», 2004. с. 254—263.
2. Волощук, Г.Г., Манк В., Юрчак В. Влияние овощных порошков на качество макаронных изделий // Хлебопродукты. 2005. № 12. с. 44—46.
3. Корячкина, С.Я., Осипова Г.А. Способ производства макаронных изделий из нетрадиционного сырья // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2006. № 6. с. 33—35.
4. Петрова, Е.В., Глазунов А.А. и др. Макаронные изделия для здорового питания. ГНИИХП. <http://www.takmaster.info/>.
5. Медведева, М. Г., Петрухин С.А., Линд А.Р. Кисломолочный продукт СГОЛ и качество макаронных изделий // Хлебопечение России. 2000. № 4. с. 26—27.
6. Волочков, А., Осипова Г. Производство макаронных изделий с использованием альтернативного сырья // Хлебопродукты. 2008. № 2. с. 38—39.
7. Аптрахимов, Д.Р., Ребезов М.Б. Обзор рынка макаронных изделий // Современное бизнес-пространство: актуальные проблемы и перспективы. 2014. № 2 (3). с. 116—118.
8. Кекк, В.В., Прохасько Л.С., Аптрахимов Д.Р. Исследование рынка макаронных изделий в г. Челябинске // Молодой ученый. 2015. № 4 (84). с. 200—202.
9. Кекк, В.В., Прохасько Л.С., Аптрахимов Д.Р., Боган В.И. Оценка качества макаронных изделий // Молодой ученый. 2015. № 5 (85). с. 155—158.
10. Муратбаев, А.М., Асенова Б.К., Касымов С.К., Ребезов М.Б. Инновационные технологии обогащения муки из различных зерновых культур (патентный поиск) // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 394—396.
11. Серикова, А.С., Смольникова Ф.Х., Нурымхан Г.Н., Нургазезова А.Н., Утегенова А.О., Ребезов М.Б. Разработка рецептур продуктов для рационального и сбалансированного питания // Молодой ученый. 2015. № 10—3 (90). с. 39—444.
12. Миронова, И.В., Галиева З.А., Ребезов М.Б., Мотавина Л.И., Смольникова Ф.Х. Основы лечебно-профилактического питания: учебное пособие. — Алматы: МАП, 2015. — 112 с.

Алгоритмы помехоустойчивого кодирования и их аппаратная реализация на основе ПЛИС

Ахметов Наиль Раилович, студент;
Макаров Александр Александрович, студент
Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (г. Москва)

Возрастающее быстродействие современных вычислительных систем требует увеличения скорости передачи данных. В силу различных помех прием двоичных данных может быть ошибочным. В результате возникает проблема обеспечения надежной передачи цифровой информации по каналам с шумами. Важнейший вклад в решение данной проблемы вносит теория помехоустойчивого кодирования.

Известно, что главное преимущество программной реализации кодов — это низкая стоимость и простота реали-

зации. Но при этом у нее есть такие недостатки как низкая производительность, загрузка дополнительной работой центрального процессора.

Аппаратные реализации стоят дороже, чем программные, так как используют дополнительную аппаратуру для выполнения операций. При этом они разгружают центральный процессор и системную шину и позволяют увеличить быстродействие, за счет замены последовательностей операций на операцию, выполняемую за один такт. Большой аппаратной производитель-

ности можно достичь путем применения компонентной базы — программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Таким образом, применение ПЛИС дает большую аппаратную гибкость за счет его реконфигурируемости, а также возможность отладки и, при необходимости, изготовления в кремнии без избыточности, присущей ПЛИС.

Для исследования были выбраны коды по следующим критериям. Код для проверки целостности данных — CRC (Cyclic redundancy check) код, базирующийся на полиномиальной арифметике, код, который предназначен для исправления однократной ошибки — код Хэмминга (простейший линейный код) и код для исправления многократных ошибок — Код Рида-Соломона (недвоичный линейный код) [1].

Языком описания был выбран SystemVerilog, служащий для описания и верификации аппаратуры, являющийся расширением языка Verilog. Для исследования аппаратной реализации данных алгоритмов использовалась ПЛИС типа FPGA семейства Cyclone III, разработанной фирмой Altera на 39600 логических элементов. Была выбрана среда проектирования Quartus II, соответствующая данной ПЛИС, а также инструмент логического синтеза DesignVision.

Основным достоинством аппаратной реализации помехоустойчивых кодов на FPGA является параллельное вычисление. Аппаратная реализация алгоритмов в первую очередь нужна для получения максимального быстродействия выполнения операций кодирования и декодирования в устройстве.

Блок состоит из регистра управления, регистра контрольной суммы и логики расчета CRC. С помощью регистра управления можно: включить и выключить режим начального заполнения; установить формат записываемых данных. Одним из битов регистра управления является CI — бит инициализации контрольной суммы. Мультиплексор управляется сигналом FORM — поле задания формата записываемых данных. Триггер-защелка применяется для защелкивания входных данных. Регистр контрольной суммы используется для инициализации контрольной суммы, приема данных, для которых вычисляется контрольная сумма и считывания полученного значения контрольной суммы.

Кодирование и декодирование кодов Рида-Соломона является довольно сложной задачей. Его решение выливается в громоздкий, запутанный и крайне неочевидный код, который требует широких знаний от разработчика во многих областях высшей математики [3].

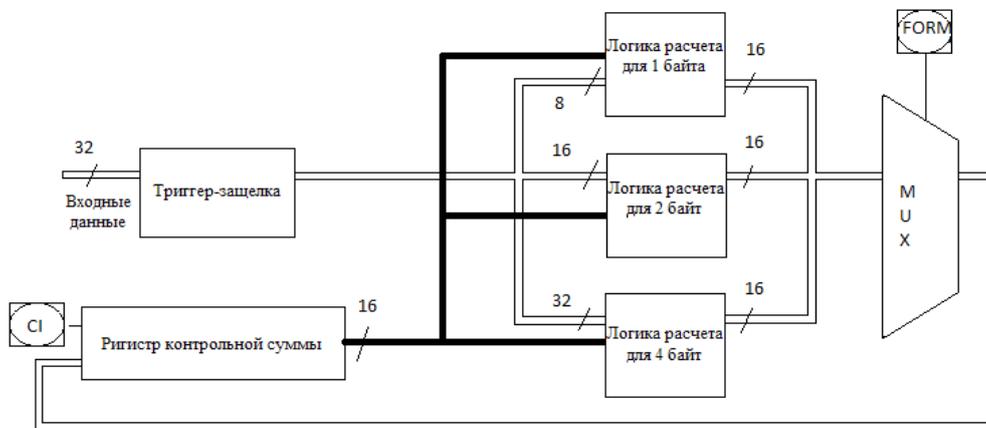


Рис. 1. Функциональная схема для блока вычисляющий CRC код для одного байт, слово и двойное слово

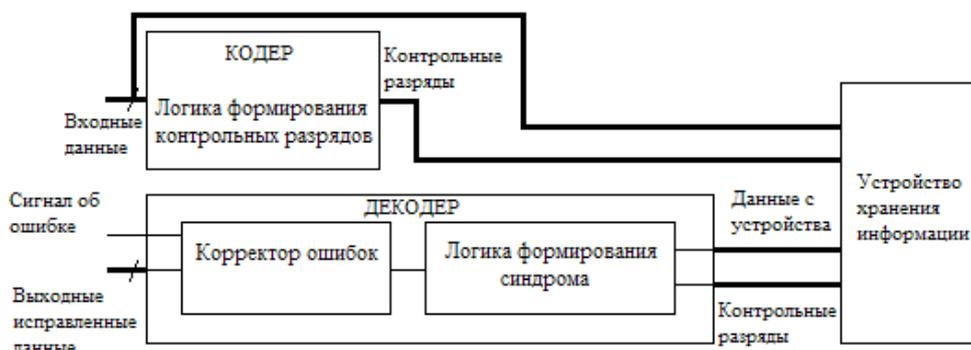


Рис. 2. Функциональная схема для блока реализующий код Хэмминга

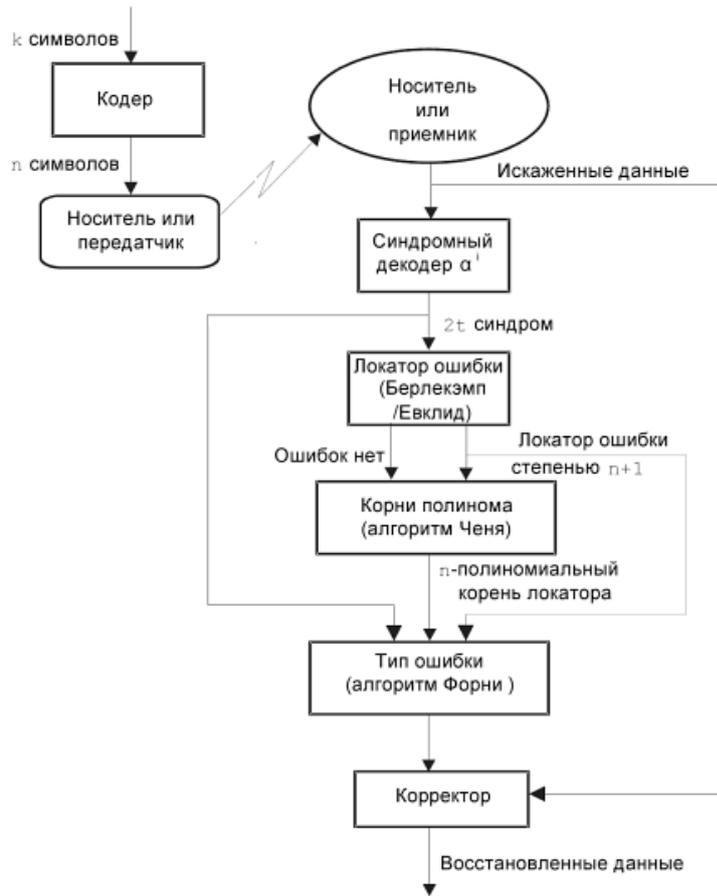


Рис. 3. Функциональная схема декодирования кода Рида-Соломона

На рисунке представлена типовая схема декодирования, которая получила название авто регрессионного спектрального метода декодирования. Существует много различных схем для декодирования данных с использованием кода Рида-Соломона. Представленная на рисунке 3 схема декодирования является универсальной. Архитектура кодера представляет собой соединение сдвиговых регистров, которые объединены с помощью сумматоров и умножителей, функционирующих по правилам арифметики Галуа [1].

Важным этапом разработки является синтез логической схемы. Логический синтез — это процесс получения списка соединений логических вентилей из абстрактной модели поведения логической схемы (например, на уровне регистровых передач (RTL — RegisterTransferLevel)) [2].

В среде проектирования Quartus II для каждого блока функциональной схемы приводится ряд следующих элементов: LogicCells (общее количество ячеек для элемента); LC Registers (общее количество регистров в одной ячейке); LUT (OnlyLCs — количество элементов только комбинаторной логики, входящих в ячейку); Register — OnlyLCs (количество элементов только регистровой логики); LUT/RegisterLCs (количество элементов комбинаторной либо регистровой логики) [4].

Количество занимаемых логических ячеек для блока реализующий код Хэмминга на FPGA фирмы AlteraCyclone

III, что составляет менее 1 % кристалла. Totallogiclements 147/39600 (< 1 %).

Результаты, полученные на этапе синтеза используя библиотеку Altera для блока реализующий код Рида — Соломона.

Количество занимаемых логических ячеек для блоков, реализующих код CRC и Хэмминга на FPGA фирмы AlteraCyclone III, составляет менее 1 % кристалла, что показывает их простоту реализации и малое количество затрат ресурсов при разработке. Код Рида — Соломона занимает 2692 элементов из 39600, что составляет 7 % кристалла. Такие аппаратные затраты кода Рида — Соломона объясняются его эффективностью работы.

В результате синтеза была получена оценка логических элементов, занимаемых каждым блоком в ПЛИС. Для дальнейшей разработки их «в кремнии» нужно провести синтез в библиотеке TSMC по нормам 90 нм, для получения оценки задержек, а также площади блоков на кристалле.

Очевидно, что блоки, реализующие каждый из рассмотренных алгоритмов, должны работать «в связке» с устройством обработки информации. Таким устройством было выбрано микропроцессорное ядро KM211 семейства КРОЛИК. При синтезе было установлено ограничение на временные задержки 1 нс. В результате синтеза при заданных усло-

Таблица 1. Результат синтеза для блока, вычисляющий код CRC для одного байта данных, слова и двойного слова

Hierarchy Node	Logic Cells	Logic Registers	LUT-Only LCs	Registers-Only LCs	LUT/Registers LCs
CRC	242	36	206	4	32

Таблица 2. Результат синтеза для Хэмминга

Hierarchy Node	Logic Cells	Logic Registers	LUT-Only LCs	LUT/Registers LCs
Hamming	147	2	145	2
-decod	41	0	41	0
-encod	27	0	27	0

Таблица 3. Результат синтеза для кода Рида-Соломона

Hierarchy Node	Logic Cells	Logic Registers	LUT-Only LCs	Memory Bits	Registers-Only LCs	LUT/Registers LCs
RS_top	2692	1409	1168	54	211	1198
-decod	2342	1201	1141	54	202	999
-encod	350	208	27	0	9	199

виях для всех блоков задержка составила не более 1нс. Это значит, что возможно использование блока, реализующего каждый из рассмотренных кодов, как отдельного функционального блока в микроконтроллере.

Площадь блока Рида-Соломона составляет 19000 мкм², что почти в 15 раз больше площади, занимаемой блоком, реализующим код Хэмминга. Это занимает довольно большую площадь кристалла, что влияет на сумму при заказе микроконтроллера. Для примера, площадь ядра КМ211 семейства КРОЛИК, занимаемая в кремнии, составляет 90000 мкм².

В работы были исследованы некоторые методы кодирования для повышения надежности хранения информации, а именно: циклический избыточный код (CRC код), код Рида-Соломона и код Хэмминга.

CRC код является удачным решением в тех случаях, когда коррекция ошибок не требуется и достаточно лишь проверить, успешно ли прошла передача [3]. Этот метод обладает такими достоинствами как невысокие затраты ресурсов, простота реализации в аппаратных устройствах, а также готовый сформированный математический аппарат из теории линейных циклических кодов. Поэтому этот код является популярным, а также хорошим средством для обнаружения ошибок на практике, например, когда возникают ошибки из-за наличия в канале передачи данных шума.

Коды Хэмминга — это наиболее известные из самоконтролирующихся и самокорректирующихся кодов [3]. Код Хэмминга способен обнаружить и исправить однократную ошибку. Существует модифицированный код Хэмминга, способный исправлять одиночную и обнаруживать двойную ошибки.

Коды CRC и Хэмминга в отличие от Рида-Соломона используют меньше аппаратных затрат, а также площади в кристалле, что позволяет в дальнейшем реализовать их в виде отдельного функционального блока для микроконтроллера КРОЛИК. Такие коды можно использовать для повышения надежности хранения ключевой информации, например, в банковских картах. При этом данное улучшение не будет сильно влиять на сложность устройства и удобство пользования картой.

Код Рида-Соломона является наиболее мощным кодом, который исправляет многократные пакеты ошибок. В настоящий момент коды Рида — Соломона имеют очень широкую область применения благодаря их способности находить и исправлять многократные пакеты ошибок. Их можно применять для исправления ошибок во многих системах: устройствах памяти, беспроводных или мобильных коммуникациях, спутниковых коммуникациях, цифровом телевидении. Тем не менее, процессы кодирования и декодирования требуют больших затрат, что сильно ограничивает область его применения.

Литература:

1. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки // М.: Мир, 2009. — 593 с.
2. Максфилд, К. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца // М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. — 408 с.

3. Бояринов, И. М. Самопроверяющиеся схемы и алгоритмы декодирования двоичных кодов Хэмминга, БЧХ-кодов и кодов Рида-Соломона // М.: Институт системного анализа РАН, 2008. — 111 с.
4. Поляков, А. К. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры на ПЛИС // М.: МЭИ, 2012. — 221 с.

Объектно-ориентированные расширения в программировании систем автоматизации

Ахметов Наиль Раилович, студент;
Макаров Александр Александрович, студент
Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (г. Москва)

В области программирования систем автоматизации на производстве сегодня наблюдаются две тенденции: во-первых, в этой сфере применяются компьютерные информационные технологии (ИТ), во-вторых, при написании прикладных программ с успехом используется модульный принцип.

Оптимизация затрат на проектирование систем автоматизации в производстве, в том числе в машиностроении, а также в мобильных приложениях, автоматизации зданий сегодня является одним из высокоприоритетных вопросов. Программирование прикладных задач составляет значительную часть этих затрат. Неудивительно, что многие ведущие компании, работающие в данной области, всерьез задумываются над тем, какие концепции или парадигмы программирования систем управления им стоит использовать в будущем [2].

Объектно-ориентированное расширение стандарта МЭК 61131-3:

Расширения стандарта должны подчиняться следующим требованиям:

- ООП расширения должны быть не обязательными, а опциональными;
- ООП и не ООП программирование можно совмещать;
- Существующие приложения должны полностью поддерживаться с возможностью их плавной трансформации в ООП по мере целесообразности;
- ООП должно быть применимо во всех языках МЭК 61131-3;
- Программист не должен сталкиваться со сложными определениями.

Функции расширения:

К основным расширениям до объектно-ориентированного программирования в стандарте МЭК 61131-3 относятся следующие достоинства:

- FUNCTION_BLOCK расширены до классов (как C++ расширил структуры до классов);
- METHOD/END_METHOD добавлены методы;
- Вызов метода: Instance. Method (P1, P2, ...);
- EXTENDS — наследование;
- INTERFACE — использование интерфейсов;

— IMPLEMENTS реализация интерфейса внутри функционального блока;

— THIS/SUPER доступ к методам базовых классов.

Основное расширение касается превращения функционального блока (FUNCTION_BLOCK) в класс. Подобным образом структуры выросли в классы в языке C++. Это достигается введением методов. Фактически метод это функция, встроенная в функциональный блок. В реализации функции доступны не только значения ее параметров и локальных переменных, но и данные экземпляра функционального блока. В итоге, вызов метода всегда включает имена экземпляра и метода [1].

Следующий пример, представленный на рисунке 1, показывает определение и вызов простого метода.

```

TYPE Direction: (Forward, Backward);
END_TYPE

FUNCTION_BLOCK Pump
VAR
    Enabled: BOOL;
    Direction: Direction;
END_VAR

METHOD GetState : BOOL
    GetState := Enabled;
END_METHOD

METHOD Start: BOOL      (* Метод Start *)
VAR_INPUT
    WantedDirection: Direction;
END_VAR
    Enabled := TRUE;
    Direction := WantedDirection;
END_METHOD
END_FUNCTION_BLOCK

PROGRAM Main
VAR
    Pump1: Pump;
    Pump2: Pump;
END_VAR
(*Вызов метода Start*)
Pump1.Start(Forward);
Pump2.Start(Backward);
END_PROGRAM

```

Рис. 1. Определение и вызов простого метода

Естественно, вызов метода можно выполнить и в графических языках, как проиллюстрировано на рисунке 2.

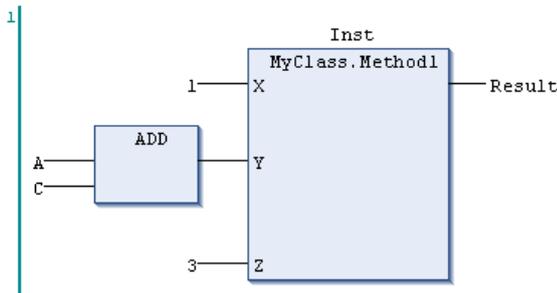


Рис. 2. Определение и вызов простого метода на языке стандарта МЭК 61131-3 FBD

Даже если функциональный блок имеет методы, ни что не мешает использовать его обычным образом, как определено в стандарте МЭК 61131-3.

Помимо пользовательских методов и стандартной реализации, функциональный блок включает два предопределенных метода: **Init** и **Exit**.

Init — вызывается неявно для всех экземпляров всех функциональных блоков после загрузки кода приложения или холодного рестарта контроллера.

Exit — вызывается перед горячим обновлением кода экземпляра, перед сбросом или управляемым отключением питания ПЛК. Например, его можно применить для корректного завершения работы [3].

Для упрощения, правила видимости заданы требовательно, что представлено в таблице 1.

Уже существующий класс может быть дополнен с помощью ключевого слова **EXTENTS**, как проиллюстрировано на рисунке 3.

Однако реальную мощь ООП дает возможность создания **интерфейсов**. Под интерфейсом понимается набор методов работающих с одинаковыми параметрами, но разными реализациями для разных функциональных блоков. Интерфейс можно передать в качестве параметра и программный компонент (POU) не будет в действительности заботиться о том, какой функциональный блок им применяется [1].

Следующий пример на рисунке 4 иллюстрирует данную технику.

Таблица 1. Возможности доступа элементов

Тип элемента	Внешний доступ на чтение	Внешний доступ на запись	Внешний отзыв
VAR	-	-	-
VAR_INPUT	-	+	-
VAR_OUTPUT	+	-	-
METHOD	-	-	+

```

FUNCTION_BLOCK MonitoredPump EXTENTS Pump
VAR
    MonitoredState: (OK, Error);
END_VAR

METHOD HasError : BOOL;
    HasError := MonitoredState <> OK;
END_METHOD

END_FUNCTION_BLOCK

PROGRAM Main
VAR
    Pump1: Pump;
    Pump2: MonitoredPump;
END_VAR
    Pump1.Start(Forward);
    IF NOT Pump2.HasError THEN
        Pump1.Start(Backward); (*Все методы базового класса доступны *)
    END_IF
END_PROGRAM
    
```

Рис. 3. Наследование в стандарте МЭК 61131-3

Множество функциональных элементов, на которые разбита программа — Program Organization Units (POU), каждый из которых может состоять из функций, функци-

ональных блоков и программ. Любой элемент МЭК — программы может быть сконструирован иерархически из более простых элементов [4];

```

INTERFACE Drive

METHOD HasError : BOOL;
END_METHOD

METHOD Home : BOOL;
END_METHOD

METHOD MoveAbsolute : BOOL;
VAR_INPUT
    Pos: DINT;
END_VAR
END_METHOD

END_INTERFACE

```

Рис. 4. Создание интерфейса

```

FUNCTION_BLOCK CANDrive IMPLEMENTS Drive
VAR
    CANId: DINT;
    State: (OK, ParamError, DriveError, CommError);
    InHoming: BOOL;
END_VAR

METHOD HasError : BOOL;
    HasError: State <> OK;
END_METHOD

METHOD Home : BOOL;
    IF NOT InHoming THEN
        WriteSDO(CANId, 16#4711, 16#02, 1); (* Команда на иск. *)
        InHoming := TRUE;
    ELSE
        Home := ReadSDO(CANId, 16#4711, 16#03);
        InHoming := NOT Home;
    END_IF
END_METHOD

METHOD MoveAbsolute : BOOL;
VAR_INPUT
    Pos: DINT;
END_VAR
... (* Реализация абсолютного перемещения *)
END_METHOD

METHOD SetCanId : BOOL;
VAR_INPUT
    Id: DINT;
END_VAR
    CANId := Id;
END_METHOD

END_FUNCTION_BLOCK

```

Рис. 5. Наследование от реализованного ранее интерфейса

Теперь напишем несколько функциональных блоков, реализующих интерфейс Drive (привод) с помощью ключевого слова **IMPLEMENTS**, как проиллюстрировано на рисунке 5.

Как можно видеть, все методы интерфейса Drive наполнены специальными реализациями, построенными на CAN сообщениях. Сверх того здесь присутствуют некоторые специфические переменные и методы. В данном случае это метод, устанавливающий CAN Id. Далее можно описать еще один вид привода, например аналоговый (AnalogDrive). В нем можно реализовывать методы совершенно иначе, чем для цифрового привода (CANDrive) [4].

Теперь можно написать функциональный блок, получающий интерфейс в качестве параметра, как проиллюстрировано на рисунке 6.

Данный POU сможет работать с разными типами приводов, причем обратите внимание, что ни какой их дифференциации в нем абсолютно нет, как проиллюстрировано на рисунке 7.

Также легко можно применять интерфейсы как обычные типы данных, например, создавать массивы. Это позволяет использовать следующий прием:

В заключение, сталкиваемся с вопросом: действительно ли программистам ПЛК нужна технология ООП?

Исследования тысяч приложений созданных в CoDeSys показали, что уже сейчас многие программисты пытаются реализовать конструкции ООП в своих проектах. Имея дело с абстрактными приводами, сетями или агрегатами машин, они создают функциональные блоки с управля-

```

FUNCTION_BLOCK InitMove
VAR_INPUT
    D: Drive;
    Pos: INT;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    Done: BOOL;
END_VAR
IF Drive.Home() THEN
    IF Drive.MoveAbsolute(Pos) THEN
        Done := TRUE;
    END_IF
END_IF
END_FUNCTION_BLOCK
    
```

Рис. 6. Вызов метода реализованного интерфейса

```

VAR
    IM1, IM2: InitMove;
    DriveCAN1: CANDrive;
    DriveAna2: AnalogDrive;
END_VAR
DriveCAN1.SetCANId(12);
IM1(D := DriveCAN1, Pos := 100);
IM2(D := DriveAna2, Pos := 200);
    
```

Рис. 7. Работа с переопределением переменных

```

VAR
    AD: ARRAY[1..2] OF Drive;
    DriveCAN1: CANDrive;
    DriveAna2: AnalogDrive;
    I: INT;
END_VAR
DriveCAN1.SetCANId(12);
AD[1] := DriveCAN1;
AD[2] := DriveAna2;
FOR I := 1 TO 2 DO
    AD[I].Home();
END_FOR
    
```

Рис. 8. Использование интерфейса как тип данных

емым специальными флагами поведением. Это, указывает на растущую необходимость прихода объектного подхода в мир автоматизации. Достаточно многие пользователи 3S пытаются самостоятельно компенсировать отсутствие ООП, прилагая значительные усилия, чтобы иметь возможность автоматически генерировать код для однопользовательских приложений. Некоторые же открыто призывают к добавлению объектно-ориентированной функциональности.

С одной стороны, программисты, имеющие соответствующее образование и опыт, смогут более эффективно работать в области прикладного программирования контроллеров. Они будут снабжены необходимыми техноло-

гиями и инструментарием, хорошо зарекомендовавшим себя в создании программ для персональных компьютеров в области ИТ. В самом деле, многие профессиональные программисты давно ждут таких расширений.

С другой стороны, есть технологи и инженеры, которым хорошо известна функциональность и специфические характеристики их машин и производств. В будущем они смогут сосредоточиться на своих основных задачах и создавать собственные машины, включая полноценные управляющие программы, с помощью модулей, которые разработают для них программисты. И всё это не написав ни единой строчки кода!

Литература:

1. Дитер Хесс. Объектно-ориентированные расширения МЭК 61131-3 // Современные технологии автоматизации. 2006 г. № 2.
2. Зюбин, В. Е. К пятилетию стандарта IEC 1131-3. Итоги и прогнозы // Приборы и системы управления. 1999 г. № 1.
3. Шамгунов, Н. Н., Корнеев Г. А., Шалыто А. А. State Machine — расширение языка Java для эффективной реализации автоматов // Санкт-петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики. Кафедра «Технологии программирования». 2004
4. Шопырин, Д. Г., Шалыто А. А. Объектно-ориентированный подход к автоматному программированию. 2003.

Математические модели формирования длительности цикла для станочного оборудования

Васильев Георгий Леонидович, аспирант;

Ефимов Юрий Валерьевич, кандидат технических наук;

Манаков Александр Андреевич, студент;

Чамеев Василий Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Уральский государственный лесотехнический университет (г. Екатеринбург)

Изложена математическая модель формирования длительности цикла для лесопильных станков. Приведены регрессионные уравнения зависимостей величин формирующих длительность цикла от доминирующих факторов.

Основной математической модели формирования длительностей цикла t_d для станочного оборудования является математическое описание случайной величины t_d .

Длительность цикла деления лесоматериалов t_d на станках в цехах, как случайная величина, описывается различными функциями. По исследованиям кафедры ТОЛП УГЛТУ в большинстве случаев это логарифмически нормальное распределение (52,1% выборок). С нормальным распределением согласуются 31,8% выборок. В остальных случаях (16,1%) величина t_d не противоречит распределениям Эрланга и экспоненциальному. У 24 выборок из 189 сходимость по критерию Р (χ^2) оказалось несколько меньше критического значения 0,1 [1].

Среди факторов, обуславливающий случайный характер t_d , существуют доминирующие. Это параметры ле-

соматериалов и их деления. Учет их влияния на величину t_d возможен различными способами.

Изучение схем деления лесоматериалов показало, что основным обобщающим параметром, характеризующим деление и влияющим на величину t_d , является постав или что тоже самое — число резов n_p , зависящее как от размерно-качественных параметров лесоматериалов, так и от размеров готовой продукции. Приняв это во внимание и на основании теории производительности машин и механизмов, величина t_d для цикло-проходных станков и однопозиционных торцовочных запишется в виде

$$t_d = n_p t_{1p},$$

а для проходных станков при продольном делении лесоматериалов

$$t_d = t_M \ell + t_{1p},$$

где t_{1p} — цикловое время на один рез; t_M — длительность деления единицы длины лесоматериала, зависящая от постава; l — длина лесоматериала; $t_{1п}$ — длительность циклового простоя.

Длительность цикла t_d для станков Гр-деления круглых лесоматериалов представляют в виде двух слагаемых — длительности деления бревна t_i и $t_{1п}$. Первое слагаемое определяется произведением сомножителей t_M и l , а длительность циклового простоя $t_{1п}$, согласно теории производительности (на примере лесопильной рамы)

$$t_{1п} = t_B - t_C,$$

где t_B — время выполнения вспомогательных операций.

Длительность деления свободного конца бревна t_C составляет

$$t_C = t_M l_C,$$

где l_C — длина свободного конца бревна.

Величина t_B , как известно, состоит из следующей суммы затрат на выполнение элементов цикла

$$t_B = t_X + t_3 + t_p + t_{3л},$$

где t_X — время на разжим бревна и холостой ход тележки; t_3 — время загрузки тележки бревном, зажима его и ориентирования по порокам; t_p — время рабочего хода; $t_{3л}$ — время загрузки лесопильной рамы бревном и надвигания его до пил.

Перечисленные составляющие цикла t_d являются случайными величинами. Приведённое ниже статистическое описание длительностей выполнения элементов цикла получено для коротышёвой рамы РК по статистическим замерам 1608 брёвен, собранным в производственных условиях Камышловского цеха в летний период. Постав за весь период наблюдений был равен 32–60–60–60–32. Околостаночные операции не механизированы. Сбор статистических данных производился по методике [2, 3], обработка по методике [4], проверка на адекватность приведена в работе [5].

Результаты статистической обработки распределений случайных величин t_3, t_p, t_M, t_X, l_C для указанных условий позволили получить регрессионные уравнения зависимостей параметров случайных величин t_3, t_M (для берёзы и осины) и l_C от доминирующего фактора (табл. 1). Распространение полученных статистических данных для других моделей лесопильных рам и других условий их функционирования, отличающихся от условий в Камышловском цехе, возможно введением поправочных коэффициентов. Учитывая это, для дальнейших исследований принимаются следующие математические модели параметров функционирования лесопильной рамы.

Длительность загрузки тележки бревном подчиняется нормальному закону с параметрами $\bar{t}_3 = f(d_i)$ и $\sigma_3 = f(d_i)$, уравнения которых указаны в таблице 1.

Таблица 1. Регрессионные уравнения зависимостей величин t_3, t_p, t_M, t_X, l_C от доминирующих факторов

Уравнение	$\pm r$	m_r	F_ϕ	$F_{0.05}$	Коэффициенты уравнений определены при	№ ур-я
1	2	3	4	5	6	7
$\bar{t}_3 = 0,0085d_i^2 - 0,1190d_i + 9,3101, \text{ с}$	-	-	19,82	1,69	11,5 см $\leq d_i \leq$ 37,5 см	(1)
$\sigma_3 = 0,0037d_i^2 - 0,0711d_i + 2,3648, \text{ с}$	-	-	25,85	1,69		(2)
$\bar{t}_p = 6,36 \text{ с}$	-	-	-	-	-	(3)
$\sigma_p = 1,36 \text{ с}$	-	-	-	-	-	(4)
$\bar{t}_{мб} = 0,0164 \sum h + 16,1569, \text{ с}$	0,99	0,005	50,16	1,75	190 мм $\leq h \leq$ 1770 мм	(5)
$\sigma_{мб} = -0,0000007 \sum h^2 + 0,0029 \sum h + 3,989, \text{ с}$	-	-	3,54	1,75		(6)
$\bar{t}_{МО} = 0,0141 \sum h + 14,152, \text{ с}$	0,98	0,007	42,49	2,04	200 мм $\leq h \leq$ 2130 мм	(7)
$\sigma_{МО} = -0,0000005 \sum h^2 + 0,0029 \sum h + 3,0268$	-	-	17,03	2,04		(8)
$\bar{t}_X = 9,04, \text{ с}$	-	-	-	-	-	(9)
$\sigma_X = 3,18, \text{ с}$	-	-	-	-	-	(10)
$\bar{l}_c = 15,5 + 1,1245l_i - 0,00299l_i^2 + 0,00000027l_i^3, \text{ см}$	-	-	53,65	2,37	100 см $\leq l_i \leq$ 305 см	(11)
$\sigma_c = -13,498 + 0,173l_i - 0,000232l_i^2, \text{ см}$	-	-	4,98	2,60	160 см $\leq l_i \leq$ 305 см	(12)

Примечания: $\pm r$ и m_r — коэффициент корреляции и его ошибка; F_ϕ и $F_{0.05}$ — критерии Фишера (фактическое значение и при $F=0,05$).

Длительность рабочего хода немеханизированной тележки описывается логарифмически нормальным законом. При перемещении её на расстояние $S_H=3$ м среднее значение $\bar{t}_3^H=6,36$ с среднеквадратическое отклонение $\sigma_3^H=1,36$ с (при обработке статистических данных о затратах времени t_p использовались только те замеры, в которых брёвна подавались в лесопильную раму без ожидания распиловки). Учитывая, что значения S_H в других производственных условиях могут быть другими, можно записать:

$$\bar{t}_p^H = 6,36 S_H/3, \text{ с}; \sigma_p^H = 0,214 \bar{t}_p^H, \text{ с}.$$

Для механизированных тележек и конвейеров принимаем

$$\bar{t}_p^H = S_H/V_p; \sigma_p^H = 0,$$

где V_p — скорость перемещения бревна впереди рамным устройством (по паспортной характеристике), м/с.

Длительность холостого хода не противоречит логнормальному закону. Статистики величины t_x следующие

$$\bar{t}_x^H = 9,04 S_H/3, \text{ с}; \sigma_x^H = 0,352 \bar{t}_x^H, \text{ с};$$

$$\bar{t}_x^H = S_H/V_x, \text{ с}; \sigma_x^H = 0.$$

Продолжительность загрузки бревна толщиной d_i в лесопильную раму t_{3i}^i состоит из двух слагаемых

$$t_{3i}^i = t_{S_3}^i + t_{\Delta}^i,$$

где $t_{S_3}^i$ — затраты времени на подачу i -го бревна в передние приводные вальцы; t_{Δ}^i — время надвигания i -го бревна до пил со скоростью $i-1$ бревна V_1^{i-1} на расстояние S_{Δ}^i .

Первое слагаемое $t_{S_3}^i$ в математической модели определяется

$$t_{S_3}^i = S_3^i / V_3^i.$$

Здесь $V_3^i = kV_1^{i-1}$, где k — коэффициент, учитывающий трение бревна о передние приводные вальцы, при подаче его в них, 0,5; S_3^i — расстояние подачи i -го бревна от передних приводных вальцов.

Параметр S_{Δ}^i — путь, который i -ое бревно пройдёт со скоростью $i-1$ бревна, равен

$$S_{\Delta}^i = S_{II} - S_3^i,$$

где S_{II} — расстояние от передних приводных вальцов до пильных полотён.

Расстояние подачи S_3^i в модели зависит от состояния смежных торцов брёвен (рис. 1). В идеальном случае, встреча торцов брёвен происходит перед передними вальцами (рис. 1а). Следующие основные состояния рассматриваются в момент конца рабочего хода тележки с i -

ым бревном $t_{кр}^i$ и начала подачи его в передние вальцы $t_{нзл}^i$.

Во втором случае, в момент времени $t_{нзл}^i$, задний торец $i-1$ бревна находится между пильными полотнами и передними вальцами (рис. 1б, 1в). В третьем случае, в тот же момент времени — за пильными полотнами (рис. 1г, 1д).

При прохождении брёвен через лесопильную раму без межторцовых разрывов (рис. 1а) текущее время прохождения заднего торца $i-1$ бревна через передние вальцы $t_{ПВ}^{i-1}$ равно текущему времени $t_{нзл}^i$. В этой ситуации текущее время начала деления i -го бревна совпадает с текущим временем конца деления $i-1$ бревна, т. е. $t_{не}^i = t_{ке}^{i-1}$ и, следовательно, затраты времени t_{3i}^i полностью совмещаются с временем деления свободного конца $i-1$ бревна t_c^{i-1} . Значение S_3^i для рассмотренного состояния смежных торцов брёвен принято равным $S_3^i = 0$.

Во втором случае, при $t_{ке}^{i-1} \geq t_{нзл}^i$, возможны два варианта, зависящие от длины i -го бревна l_i и параметров S_c^i , S_T , где S_c^i — межторцовый разрыв в момент времени $t_{нзл}^i$; S_T — минимальное расстояние от переднего вальца до клещей зажимной тележки. При $l_i > S_c^i + S_T$ (рис. 1б), т. е. при достаточной длине бревна для возможного устранения межторцового разрыва S_c^i , определение S_3^i при принято по формуле

$$S_3^i = S_c^i \psi_i,$$

где ψ_i — случайное число генерируемое по равномерному закону в интервале [0, 1]. В противном случае, т. е. при $l_i \leq S_c^i + S_T$ (рис. 1в), имеем

$$S_3^i = S_{3\max}^i \psi_i,$$

где $S_{3\max}^i = l_i - S_T$ — максимально возможное устранение межторцового разрыва.

Значение S_c^i для случая, изображённого на рис. 1б

$$S_c^i = S_{II} - l_c^{i-1},$$

где l_c^{i-1} — длина свободного конца бревна в момент времени $t_{нзл}^i$.

$$l_c^{i-1} = l_c^{i-1} - S_{хзр\max}^{i-1},$$

где $S_{хзр}^{i-1}$ — путь пройденный $i-1$ бревном за время выполнения вспомогательных операций с i -ым бревном $t_{хзр}^i$.

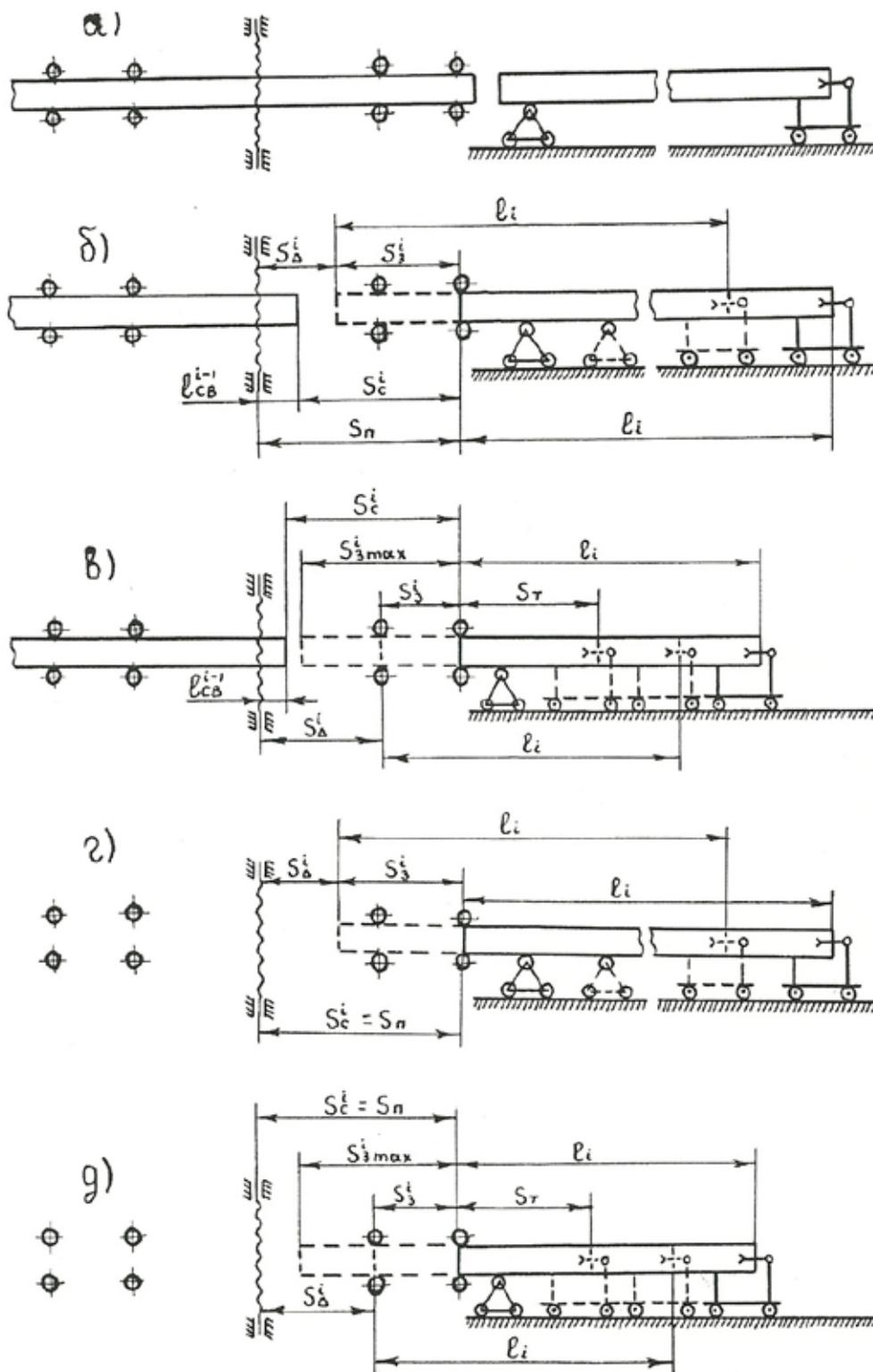


Рис. 1. Состояние смежных торцов брёвен при загрузке лесопильной рамы

$$S_{хзр}^i = V_l^{i-1} t_{хзр}^i,$$

где $t_{хзр}^i = t_x^i + t_3^i + t_p^i$.

В третьем случае, когда $t_{ке}^{i-1} \leq t_{нзл}^i$ (рис. 1г, 1д),

предусмотрены также два варианта, аналогично рассмотренным ранее. Если $l_i > S_c^i + S_T$ (рис. 1г)

$S_3^i = S_3^{max} \psi_i$, а $S_3^{max} = l_i - S_T$. При $l_i \geq S_{II} + S_T$ (рис. 1д) $S_3^i = S_{II} \psi_i$.

Величину подачи для лесопильных рам устанавливают исходя из работоспособности пил, качества пиления и мощности рамы по источнику [6] подача на один оборот рамы при распиловке хвойной древесины для моделей РД 50–3, РД 75–7 и РД 80–2 изменяется обратно пропорционально суммарной высоте запила $\sum h$ по гиперболической кривой от 52 мм до 8 мм. При малых значениях $\sum h$ расчётные подачи велики, но их ограничивают по условиям качества пиления до 44 мм.

Для малого лесопиления на одноэтажных рамах имеются сведения в источнике [7].

Длительности деления единицы длины бревна (1 м) t_M для брёвен по толщине из мелкой и средней групп лесоматериалов не противоречат логнормальному распределению, а из крупной — нормальному. Средние значения \bar{t}_M и СКО σ_M для берёзы и осины зависят от d_i . Для учёта поставов лесопильных рам вместо толщин брёвен d_i введены суммарные высоты пропилов $\sum h$, приходящихся на одно бревно. В этой связи, среднее значение продолжительности деления брёвен \bar{t}_M толщиной d_i на лесопильной раме модели M с ходом пильной рамы H , частотой вращения главного вала n принимается равным

$$\bar{t}_M^K = K_H K_O K_T K_C \bar{t}_M^{PK},$$

а СКО (по коэффициенту вариаций случайной величины \bar{t}_M^{PK})

$$\sigma_M^M = (\sigma_M^{PK} / \bar{t}_M^{PK}) \bar{t}_M^M.$$

Здесь $\bar{t}_M^{PK} = f(\sum h)$ и $\sigma_M^{PK} = f(\sum h)$ — статистики случайной величины для коротышёвой рамы РК, определяемые для берёзы и осины по формулам табл. 1;

Литература:

1. Лившиц, Н. В., Обвинцев В. В., Чамеев В. В. Математическое описание операций раскря сырьё и полуфабрикатов в лесоперерабатывающих цехах леспромхозов // Межвуз. сб. науч. тр./Ленингр. лесотех. акад. — 1977. — Вып. 6. — Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса. — с. 106–110.
2. Еремеев, А. А., Федотова О. А., Бобыкина Е. Г., Чамеев В. В. Статистические наблюдения за функционированием лесотехнического объекта // Леса России и хозяйство в них: Вып. 1 (35)/Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2010. — с. 64–68.
3. Еремеев, А. А., Федотова О. А., Бобыкина Е. Г., Чамеев В. В., Меньшиков Б. Е. Разработка журнала статистических наблюдений для станков проходного типа при раскря круглых лесоматериалов на пилопродукцию // Леса России и хозяйство в них: Вып. 2 (36)/Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2010. — с. 51–57.
4. Еремеев, А. А., Федотова О. А., Бобыкина Е. Г., Сафонов А. А., Ивачёва К. В., Терентьев В. В., Чамеев В. В. Вероятностно-статистическая модель операции пиления круглых лесоматериалов для станков проходного типа // Леса России и хозяйство в них: Вып. 3 (37)/Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2010. — с. 53–63.
5. Еремеев, А. А., Бобыкина Е. Г., Сафонов А. А., Ивачёва К. В., Терентьев В. В., Чамеев В. В. Проверка математических моделей, алгоритмов и программ комплекс-программы «ЦЕХ» на адекватность реальным производственным условиям лесоперерабатывающих цехов по переработке круглых лесоматериалов на пилопродукцию // Научное творчество молодёжи — лесному комплексу России: матер. VII Всерос. научн.-техн. конф./Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2011. Ч. 1. — с. 29–31.
6. Головач, А. Ф. Электрические машины и электромашин деревообрабатывающих станков/А. Ф. Головач. — М.: Лесная промышленность, 1968. — 338 с.

$K_H = 410/H$ — коэффициент, учитывающий ход пильной рамки; $K_O = 215/n$ — коэффициент, учитывающий частоту вращения коленвала лесопильной рамы; K_T — коэффициент, учитывающий сезон работы рамы (для летних условий $K_T = 1$, для зимних $K_T = 1,1$); K_C — коэффициент, учитывающий сортность брёвен (для 1..2 с. $K_C = 0,78..0,85$; для 3 с. $K_C = 1$) [8].

Определение среднего значения раскря сосновых брёвен длиной 1 м \bar{t}_{MC} возможен по формуле, выведенной для дальнейшего использования

$$\bar{t}_{MC} = \bar{t}_{MB} - \left[(\bar{t}_{MB} - \bar{t}_{MO}) \frac{K_{II}^B - K_{II}^C}{K_{II}^B - K_{II}^O} \right],$$

где K_{II} — коэффициент, учитывающий изменение удельного сопротивления резанию в зависимости от породы (для берёзы — 1,25, сосны — 1, осины — 0,85).

Вывод зависимости $\bar{t}_{MC} = f(\sum h)$ возможен при определении координат точек M ($\sum h_{\min}, \bar{t}_{MC}$), N ($\sum h_{\max}, \bar{t}_{MC}$), составлении и решении двух линейных уравнений с двумя неизвестными

$$\bar{t}_{MC} = 0,0150 \sum h + 14,9079, \text{ с.}$$

Длина свободного конца бревна l_c , необходимая для определения параметра t_c , как случайная величина, зависит от группы распиливаемого сырья по длине. Распределения l_c не противоречат нормальному закону, параметры которого \bar{l}_c и σ_c определяются через доминирующий фактор — длину брёвен по формулам табл. 1.

Полученные модели положены в основу моделирующего алгоритма по формированию параметров распиловки.

7. Оптимизация производственных процессов лесоперерабатывающих цехов леспромхозов по переработке низкокачественной древесины: Отчет о НИР/УЛТИ N 24/78–3; Руководитель Н. В. Лившиц; исполн. В. В. Обвинцев, В. В. Чамеев и др.; N ГР 80032639; Инв. N Б977002. — Свердловск, 1980–94 с.
8. Переработка низкокачественных бревен/В. Ф. Ветшева, В. А. Горн, В. Н. Хлебодаров, З. Т. Чанчикова. — М.: Лесная промышленность, 1982. — 80 с.

Анализ системы теплоснабжения Воронежа

Дарбинян Юрий Сергеевич, магистрант

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассмотрена структура системы теплоснабжения города Воронеж. Приведено описание основных источников тепловой энергии, структура и потребление тепловой энергии. Выявлены основные проблемы в теплоснабжении города.

Ключевые слова: теплоснабжение; котельная; теплопотребление; температурный график.

В городском округе город Воронеж преобладает централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и районных котельных. Централизованно обеспечивается около 90% суммарной нагрузки потребителей города. Теплоснабжение жилого и производственного фондов в городе Воронеж осуществляется от 73 предприятий. Общее количество котельных по городскому округу составляет 260.

Основными источниками тепловой энергии города являются:

— источники комбинированной выработки электрической и тепловой энергии филиала ОАО «Квадра» — «ВРГ» с установленной тепловой мощностью 1966 Гкал/ч, (ТЭЦ-1—1181 Гкал/ч; ТЭЦ-2—785 Гкал/ч);

— 11 котельных с установленной тепловой мощностью более 100 Гкал/ч, общая установленная мощность составляет 1665,5 Гкал/ч;

— 21 котельная имеет установленную тепловую мощность от 20 до 100 Гкал/ч, общая установленная мощность составляет 1110,3 Гкал/ч;

— 14 котельных с установленной тепловой мощностью от 10 до 20 Гкал/ч, общая установленная мощность составляет 196,7 Гкал/ч;

— 214 котельных имеют установленную мощность менее 10 Гкал/ч, общая установленная мощность составляет 642,1 Гкал/ч, теплоснабжение от данных котельных осуществляется в локальных зонах, влияние на централизованную систему теплоснабжения они не оказывают.

Общая установленная мощность тепловых источников города составляет 5580,6 Гкал/ч, в т.ч. по котельным — 3614,6 Гкал/ч.

Системы централизованного теплоснабжения города Воронежа имеют развитую сеть трубопроводов, протяженностью около 900 км в двухтрубном исчислении (без учета сетей горячего водоснабжения). Влияние на систему теплоснабжения оказывают разности геодезических отметок правобережной и левобережной части города,

а также значительная удаленность потребителей от источников, достигающая 8 километров.

Годовое количество тепловой энергии в горячей воде, реализованное потребителям (с учетом потерь при транспортировке) крупными теплоснабжающими и теплосетевыми организациями, показано на диаграмме (рис. 1). Как видно из рис. 1, самыми крупными поставщиками являются такие предприятия, как ООО «Воронежская ТСК», МПК «Воронежтеплосеть».

Анализ теплопотребления в городском округе город Воронеж за последние годы (рис. 2) говорит о неуклонном росте спроса на тепловую энергию.

Наблюдается устойчивая тенденция роста потребления тепловой энергии. Максимальное теплопотребление в 2013 г. связано с ростом производства промышленной продукции и с большой продолжительностью стояния низких наружных температур воздуха в отопительном периоде.

Теплопотребляющие установки абонентов (отопительные и вентиляционные) подключены преимущественно по зависимой схеме. По независимой схеме подключаются новые дома, оборудованные автоматизированными ИТП и высотой более 12 этажей. В котельных малой мощности, при совпадении гидравлического и температурного режимов сети и теплопотребителя, системы отопления присоединяются непосредственно.

На рис. 3 представлены типы подключения систем отопления потребителей в процентном отношении.

Следует отметить значительное количество домов, подключенных к сети через элеватор 53,7%.

Передача требуемого количества теплоты потребителям осуществляется в результате качественного регулирования посредством температурных графиков. В настоящее время утвержденные температурные графики для большинства источников теплоснабжения составляют 95/70 или 95/65. Только две котельные имеют утвержденный график 105/70 (ОАО «ВАСО», ООО «СИТЭП»).

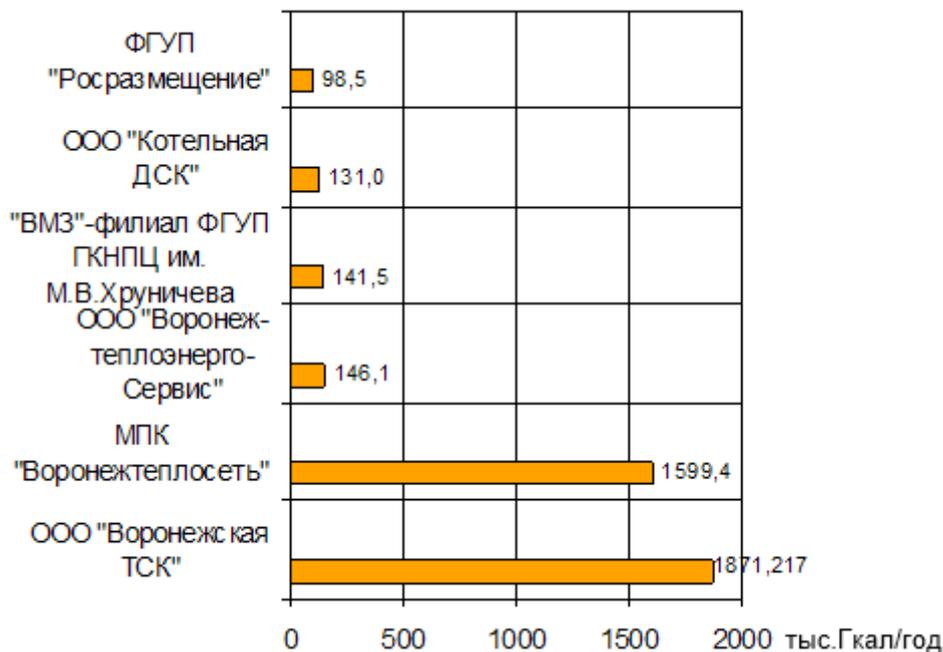


Рис. 1. Количество отпущенной тепловой энергии, тыс. Гкал/год



Рис. 2. Потребление тепловой энергии в Воронеже

При вводе в эксплуатацию ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 проектные значения температурных графиков составляли 150/70 со срезкой 130°C [4]. Крупные котельные имели график 120/70 [2]. В последние десятилетия произошел постепенный переход на более низкие графики, что обусловлено значительным износом оборудования и сетей, достигающим 90%, установленной чугунной арматурой и отсутствием необходимого местного регулирования температуры у абонентов. Ввиду утверждения в последние годы в системе теплоснабжения температурных графиков 95/65 и ниже, в системах отопления, оборудованных элеваторами, наблю-

даются перетопы зданий. У большинства потребителей отсутствуют автоматизированные ИТП, а существующие элеваторные узлы не обеспечивают должного регулирования. Во многих случаях линии «подмеса» отглушены и температурный график сети и абонента часто тождественны. Линии рециркуляции ГВС отсутствуют у 47% потребителей ГВС. Износ сетей горячего водоснабжения составляет 74,62% (в основном — муниципальные (бесхозные) участки теплотрасс и вводные трубопроводы ГВС).

Система горячего водоснабжения в городе Воронеж закрытая. Системы горячего водоснабжения подклю-

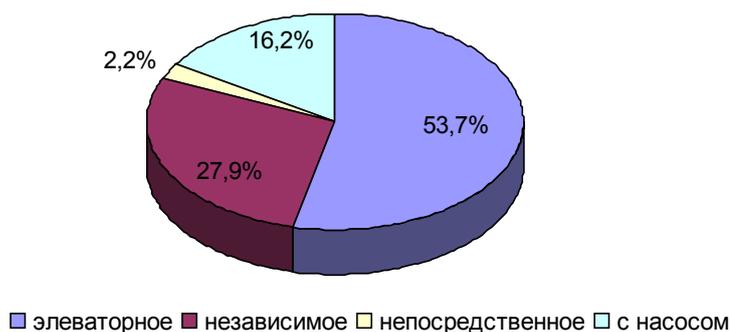


Рис. 3. Распределение по типам подключения систем отопления

чены преимущественно через ЦТП, через водо-водяные теплообменные аппараты. Многоквартирные жилые дома подключены преимущественно по смешанной схеме, а здания административного назначения по одноступенчатой схеме.

В городе ведется работа по модернизации ИТП абонентов, восстановлению циркуляционных трубопроводов систем ГВС, автоматизации вводов и ЦТП, замены теплообменного оборудования на энергоэффективное.

Большое число отказов происходит на бесхозяйных тепловых сетях, находящихся в неудовлетворительном состоянии, передаваемых на балансы теплосетевых организаций. Одной из проблем является большое количество бесхозяйных тепловых сетей в г. Воронеж. Недостаточное внимание уделяется вопросам определения остаточного ресурса трубопроводов и защите от коррозии.

Проблемой в организации надежного теплоснабжения является наличие зон ненормативной надежности [3].

Многие участки тепловых сетей выработали свой ресурс. В условиях отсутствия надлежащего финансирования плановые ремонты и замены теплотрасс проводятся нерегулярно. Ограничениями при проведении ремонтных работ на тепловых сетях для многих теплоснабжающих предприятий городского округа являются недостаточное количество ремонтной техники, необходимого запаса арматуры, материалов и отсутствие квалифицированного ремонтно-технического персонала.

На большинстве котельных отсутствуют резервы по мощности, что вызывает необходимость строительства источников теплоснабжения малой мощности. Перспективные кварталы застройки находятся преимущественно на окраинах города где нет свободных мощностей. Темпы строительства не всегда соответствуют Генеральному плану [1]. Котельные проектируются под конкретный объект без учета перспективного строительства. В результате часто проектируются крышные и пристроенные котельные малой мощности.

Литература:

1. Китаев, Д. Н. Развитие системы теплоснабжения городского округа город Воронеж в долгосрочной перспективе/Д. Н. Китаев //Инженерные системы и сооружения. — 2010. — № 2 (3). — с. 72–77.
2. Китаев, Д. Н. Погрешность расчета температурного графика тепловой сети при использовании показателей отопительных приборов/Д. Н. Китаев // Промышленная энергетика. — 2013. — № 7. — с. 34–37.
3. Китаев, Д. Н., Булыгина, С. Г., Слепокурова М. А. Вариантное проектирование систем теплоснабжения с учетом надежности тепловой сети/Д. Н. Китаев, С. Г. Булыгина, М. А. Слепокурова // Журнал «Молодой ученый». — 2010. — № 7 (18). — с. 46–48.
4. Китаев, Д. Н., Золотарев, А. В., Шестых, Н. С. Перспективные схемы использования когенерационных установок в системах теплоснабжения/Д. Н. Китаев, А. В. Золотарев, Н. С. Шестых // Инженерные системы и сооружения. — 2012. — № 2 (7). — с. 26–29.

Техническое диагностирование внутридомового газового оборудования

Дроздов Алексей Сергеевич, эксперт, специалист неразрушающего контроля;
Садомский Яков Анатольевич, эксперт, специалист неразрушающего контроля
ООО «Эталон» (г. Сыктывкар)

Шарапов Сергей Вячеславович, эксперт
ЗАО «АЦ-НАКС-Коми» (г. Сыктывкар)

Проанализированы правовые основы технического диагностирования внутридомового газового оборудования. Показано, что проведение технического диагностирования наряду с его заменой обеспечивает надежную эксплуатацию внутридомового газового оборудования.

Ключевые слова: техническое диагностирование, внутридомовое газовое оборудование.

Правительством Российской Федерации и Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору уделяется большое внимание состоянию внутридомового газового оборудования.

Безопасное использование и содержание внутридомового газового оборудования (ВДГО) наряду с техническим и аварийно-диспетчерским обслуживанием, ремонтом и заменой, обеспечивается также путем технического диагностирования [1].

08 января 2015 г. вступили в силу Правила проведения технического диагностирования внутридомового и внутриквартирного газового оборудования.

Данные правила распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт внутридомового газового оборудования либо приобретающие газ в качестве коммунального ресурса для предоставления гражданам коммунальной услуги по газоснабжению, а также физических лиц (граждан), в том числе собственников (наимателей) жилого дома либо помещения, приобретающих газ для удовлетворения личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности.

Задачами технического диагностирования ВДГО являются:

- а) определение фактического технического состояния ВДГО;
- б) поиск и определение неисправностей указанного оборудования;
- в) определение возможности его дальнейшего использования.

Объектами технического диагностирования внутридомового газового оборудования являются:

- а) наружные газопроводы (подземные и надземные) — вводные газопроводы и газопроводы-вводы;
- б) внутренние газопроводы;
- в) резервуарные установки сжиженного газа;
- г) групповые и индивидуальные баллонные установки сжиженного газа;
- д) технические устройства — запорная, регулирующая и предохранительная арматура, системы контроля загазованности, приборы учета газа;

е) газоиспользующее оборудование [2].

Первичная диагностика внутреннего газопровода проводится по истечении нормативного срока службы — 30 лет со дня ввода газопровода в эксплуатацию [3].

Если срок эксплуатации определить невозможно, то решение о техническом диагностировании принимает специализированная организация, осуществляющая техническое обслуживание и ремонт данного оборудования.

Периодичность проведения технического диагностирования ВДГО после окончания срока службы — составляет 5 лет [2].

Газораспределительная организация в случае истечения нормативного срока службы и отсутствия положительного заключения по результатам технического диагностирования внутридомового газового оборудования, вправе приостановить подачу газа с предварительным письменным уведомлением заказчика [1].

Проведение технического диагностирования внутридомового газового оборудования обеспечивается путем заключения договора о техническом диагностировании указанного оборудования с организацией, отвечающей требованиям, определяемым Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, а именно: имеющей в своем составе квалифицированный персонал и лабораторию неразрушающего контроля, аттестованную в установленном порядке [2]. Указанные специализированные организации не могут создаваться на базе или при участии обслуживающих газопроводы предприятий и должны быть полностью независимы от них [3].

Заказчиком по договору о техническом диагностировании внутридомового газового оборудования является:

- а) в отношении внутридомового газового оборудования многоквартирного дома — управляющая организация, товарищество или кооператив, индивидуальный предприниматель, приобретающие газ в качестве коммунального ресурса для предоставления гражданам коммунальной услуги по газоснабжению, а при непосредственном управлении многоквартирным домом собственниками помещений в многоквартирном доме — собственники таких помещений;

б) в отношении внутридомового газового оборудования в домовладении — собственник домовладения;

Техническое диагностирование состоит из поиска и определения неисправностей внутридомового газового оборудования, а также контроля с применением методов неразрушающего контроля.

По результатам диагностирования оформляется заключение с указанием рекомендаций по обеспечению безопасной эксплуатации данного оборудования. Использование газового оборудования с не устраненными

неисправностями и дефектами, выявленными в ходе технического диагностирования, не допускается.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации внутридомового газового оборудования, эксплуатирующегося после окончания срока службы, требуется принятие решения о проведении технического диагностирования или его замены, иначе может произойти авария с человеческими жертвами и разрушением самого жилого дома.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2013 г. № 410 «О мерах по обеспечению безопасности при использовании и содержании внутридомового и внутриквартирного газового оборудования».
2. Правила проведения технического диагностирования внутридомового и внутриквартирного газового оборудования, утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2013 г. № 613.
3. МДС 42–1.2000 — Положение о диагностировании технического состояния внутренних газопроводов жилых и общественных зданий. Общие требования. Методы диагностирования.

Структурообразование геоплимерного вяжущего на основе магматических горных пород с добавкой шлака

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь;
Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;
Кузнецова Александра Юрьевна, студент;
Уразова Алина Андреевна, студент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Изучено влияние параметров состава безобжигового геоплимерного вяжущего на основе магматических горных пород с добавкой шлака. Установлено, что увеличение дозировки шлака с 6 до 30% значительно повышает прочность вяжущего и темпы ее набора. Показано, что тонкость помола горной породы оказывает влияние на прочность вяжущего в поздние сроки твердения, что характеризует горную породу как активный компонент вяжущего.

Ключевые слова: геоплимер, гранит, базальт, доменный шлак, структурообразование, прочность.

Геоплимеры относятся к числу наиболее активно развивающихся направлений разработки новых видов строительных материалов. Несмотря на значительное число публикаций, посвященных проблеме структурообразования геоплимерных материалов, многие аспекты их твердения остаются неясными.

В настоящее время разработано несколько разновидностей этих материалов, но наиболее перспективными считаются активированные щелочами или силикатами натрия золы ТЭС и другие виды природных и техногенных алюмосиликатных материалов [1, 2]. Считается, что твердение этих материалов обусловлено растворением в гиперщелочных растворах алюмо- или кремнекислородных мономерных групп минералов горных пород и технических продуктов, которые затем образуют трехмерные полимерные структуры, обеспечивающие достаточно высокие

деформативно-прочностные характеристики и долговечность материала [1].

Для модифицирования геоплимеров могут использоваться различные материалы [1, 2], наиболее распространенным из которых является доменный гранулированный шлак. Введение этого компонента в состав вяжущего придает ему гидравлические свойства и повышает прочность. Увеличение расхода шлака с 6 до 30% в вяжущих на основе гранита и базальта, измельченных до удельной поверхности 350 м²/кг, повышает прочность вяжущего в несколько раз (см. таблицу 1). При дальнейшем увеличении расхода шлака прочность практически не изменяется. Кроме того, повышение дозировки шлака обеспечивает более высокий рост прочности составов, твердеющих в воде, чем составов, твердевших в воздушно-влажностных условиях.

Таблица 1. Влияние расхода шлака на прочность вяжущего на основе гранита и базальта

Горная порода	Условия твердения	Прочность вяжущего, МПа, при содержании в нем шлака, %					
		6	12	18	24	30	36
Гранит	воздушно-влажные	10,5	28,3	38,0	56,4	69,9	70,9
Базальт		10,8	24,2	34,1	48,4	57,1	57,4
Гранит	в воде	7,3	31,7	45,9	69,0	84,4	84,0
Базальт		10,1	29,4	43,8	64,3	80,2	76,9

Анализ данных в таблице позволяет сделать вывод о том, что шлак вносит значительно более высокий вклад в структурообразование геополимерного вяжущего на основе магматических горных пород. Однако увеличение дозировки шлака обеспечивает не только более высокую прочность, но и ведет к росту усадки вяжущего, что может негативно отразиться на прочности и долговечности строительных материалов на основе такого вяжущего.

Многokратное повышение прочности вяжущего при увеличении расхода шлака с 6 до 30% позволяет предположить, что этот материал является активным компонентом вяжущего, а измельченная горная порода служит инертным наполнителем, снижающим усадочные деформации. Однако исследование влияния удельной поверх-

ности шлака и горной породы на прочность не подтверждают эту гипотезу. Повышение тонкости помола горных пород оказывает влияние на прочность в более поздние сроки твердения (рис. 1), что характеризует их как менее активный, чем шлак, но не инертный компонент вяжущего.

Фазовый состав продуктов взаимодействия доменного шлака и щелочных активаторов не достаточно изучен. Отмечается, что в состав могут входить гидросиликаты кальция и ксонолит, гидротальцит, а также минералы цеолитовой группы [3, 4]. В работе [5] установлено, что при активации шлака метасиликатом натрия продукты реакции не содержат цеолитовых минералов. Проведенные нами исследования ИК-спектров поглощения показали, что после твердения в течение 28 суток вяжущее

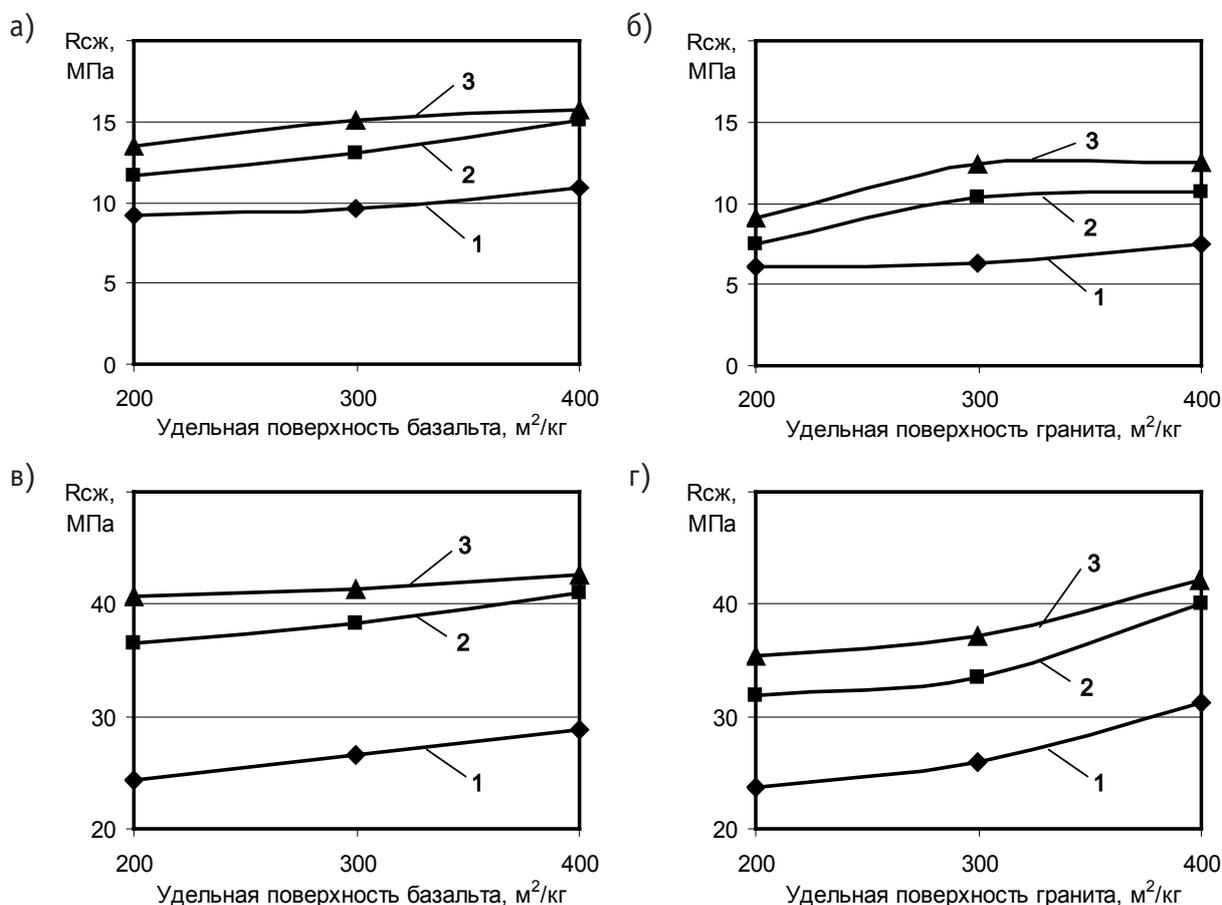


Рис. 1. Зависимость прочности вяжущего в возрасте 3 (а, б) и 28 сут (в, г) от удельной поверхности базальта (а, в) и гранита (б, г) при различной удельной поверхности шлака: 1–200 м²/кг; 2–300 м²/кг; 3–400 м²/кг

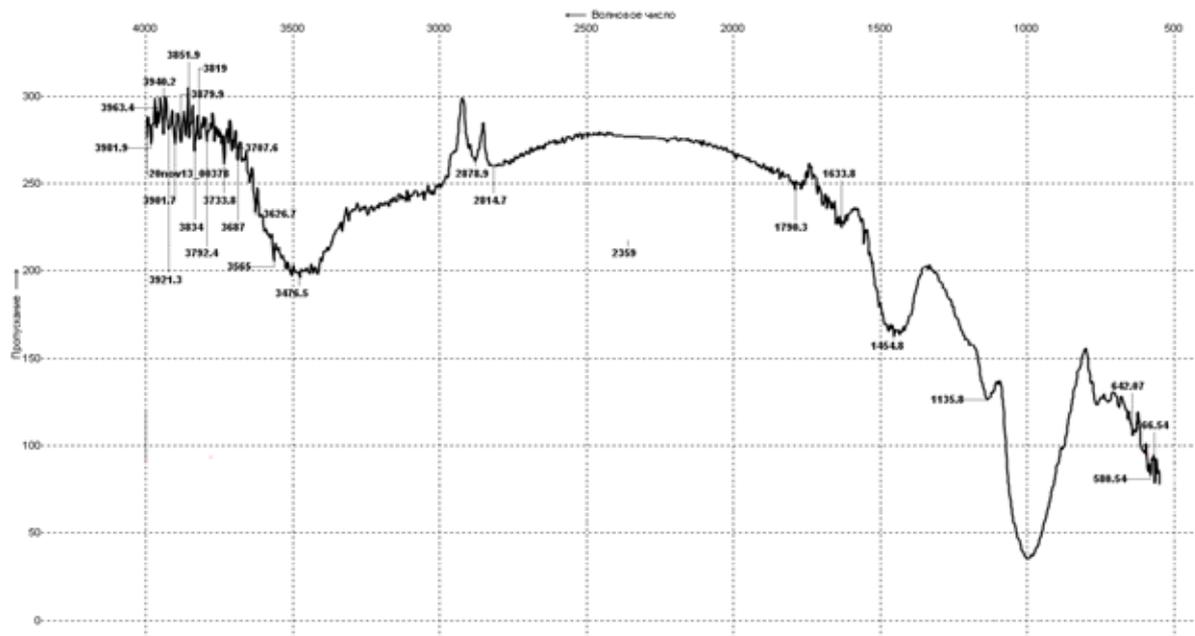


Рис. 2. Спектры поглощения в инфракрасном диапазоне вяжущего на основе гранита (75%) и шлака (25%), активированных метасиликатом натрия (отмечены линии, характерные для цеолитов)

на основе 25% шлака и 75% гранита содержит цеолитовые минералы (рис. 2). Это подтверждает, что исследованное вяжущее можно отнести к геополимерным, для которых характерно образование минералов этой группы.

Выводы

На ранних стадиях твердения вяжущих на основе горных пород с добавкой шлака прочность обеспечива-

ется в основном за счет твердения шлака, а роль горной породы сводится к снижению усадочных деформаций вяжущего. Из-за низкой химической активности минералов магматических горных пород при их взаимодействии с щелочным активатором влияние этого фактора проявляется на поздних стадиях структурообразования. Влияние удельной поверхности измельченного гранита и базальта на прочность характеризует их как активный компонент вяжущего.

Литература:

1. Davidovits, J. Geopolymer Chemistry and Applications/J. Davidovits. Saint Quentin, France: Geopolymer Institute, 2011. 632 p.
2. Ерошкина, Н.А. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов: монография/Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. Пенза: ПГУАС, 2014. 128 с.
3. Глуховский, В.Д. Вяжущие композиционные материалы контактного твердения/В.Д. Глуховский, Р.Ф. Рунова, С.Е. Максумов. Киев: Вища школа, 1991. 243 с.
4. Caijun, Shi. Hydration of alkali-slag cements at 150°C/Shi Caijun, Wu. Xuequan, Tang. Mingshu // Cement and Concrete Research. 1999. Vol. 21, Issue 1. P. 91–100.
5. Wang, Shao-Dong. Hydration products of alkali activated slag cement/Shao-Dong Wang, K. L. Scrivener // Cement and Concrete Research. 1995. Vol. 25, Issue 3. P. 561–571.

Исследование влияния добавки бентонита на свойства раствора на основе композиционного цемента

Замчалин Михаил Николаевич, студент;

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Представлены результаты исследования влияния добавки бентонита на свойства мелкозернистого бетона. Установлено, что бентонит значительно ухудшает консистенцию смеси и снижает плотность раствора. Добавка может быть использована для снижения водоотделения и расслоения высокопластичных и литых бетонных смесей.

Ключевые слова: композиционный цемент, бентонит, суперпластификатор, прочность, мелкозернистый бетон.

Современная цементная отрасль оказывает значительное влияние на изменения окружающей среды. Общемировое производство портландцемента в 2014 году превысило 3 млрд. тонн. При производстве 1 тонны клинкера выделяется 0,8–0,9 тонн этого парникового газа [1]. Технология этого материала относится к числу наиболее «грязных» с точки зрения выбросов углекислого газа. Источниками эмиссии этого парникового газа в производстве цемента является декарбонизация сырья и сжигание углеводородного топлива.

Портландцемент обладает уникальными технико-строительными свойствами, поэтому его производство, несмотря на экологические проблемы, в ближайшее время будет возрастать. В связи с этим снижение содержания клинкера в бетонах и растворах — важная задача современного строительного материаловедения. Один из основных путей решения этой задачи — получение композиционных цементов с применением различных минеральных добавок.

Для развития технологии производства и применения композиционного цемента необходимо проведение исследований, направленных на поиск новых, более эффективных минеральных добавок, исследование влияния их на свойства цемента и бетона, а также выявление оптимальных областей применения композиционных цементов.

Для снижения доли клинкера в цементе и улучшения его свойств в настоящее время используют широкий спектр минеральных добавок природного происхождения — опоки, диатомиты, также применяют промышленные отходы — золы-уноса, шлаки и др. [1–4]. Одной из минеральных добавок, используемых для получения штукатурных растворов [5], смешанных композиционных растворов [6] на основе портландцемента является использование бентонитовых глин, которые характеризуются высокой водоудерживающей способностью. Ос-

новное применение бентониты находят в нефтегазовой отрасли при изготовлении буровых растворов [7].

В настоящей работе проводились исследования оценки эффективности введения минеральной добавки бентонита в состав мелкозернистого бетона. С учетом особенности добавки бентонита существенно снижать технологичность цементной смеси [5, 6] были проведены сравнительные исследования оценки эффективности бентонита в составах с добавкой суперпластификатора (СП) и без суперпластификатора. Для оценки влияния добавки бентонита на свойства бетона проводилось планирование эксперимента и в качестве факторов, оказывающих влияние, были выбраны X_1 — содержание добавки бентонита в % от веса вяжущего и X_2 — водоцементное отношение. Содержание добавки бентонита составляло 6 и 12 %, В/Ц от 0,43 до 0,5 (в составах с СП В/Ц варьировалось от 0,29 до 0,44).

При проведении исследований использовались: цемент ПЦ500Д0 (изготовитель ОАО «Мордовцемент»), бентонитовая глина, суперпластификатор Meliflux 5581 (BASF, Германия) и сурский кварцевый песок (Пензенская область). Содержание СП составляло 0,5 % от веса композиционного цемента, соотношение вяжущего к песку во всех составах было постоянным и составляло 1:2.

Результаты исследований влияния бентонита на удобоукладываемость растворной смеси показали, что добавка бентонита значительно загущает растворную смесь (рис. 1. а) и введение пластификатора Meliflux 5581 не позволяет существенно устранить этот недостаток (рис. 1. б).

Добавка бентонита также негативно сказывается на прочности после тепловлажностной обработки (рис. 2. а), что связано с тем, что прочность глинистых частиц намного ниже прочности цементного камня. За счет снижения В/Ц в результате использования добавки пластификатора (рис. 2. б) прочность увеличивается примерно в 1,3–2 раза.

При твердении в нормальных условиях введение добавки бентонита повышает прочность при более высоком

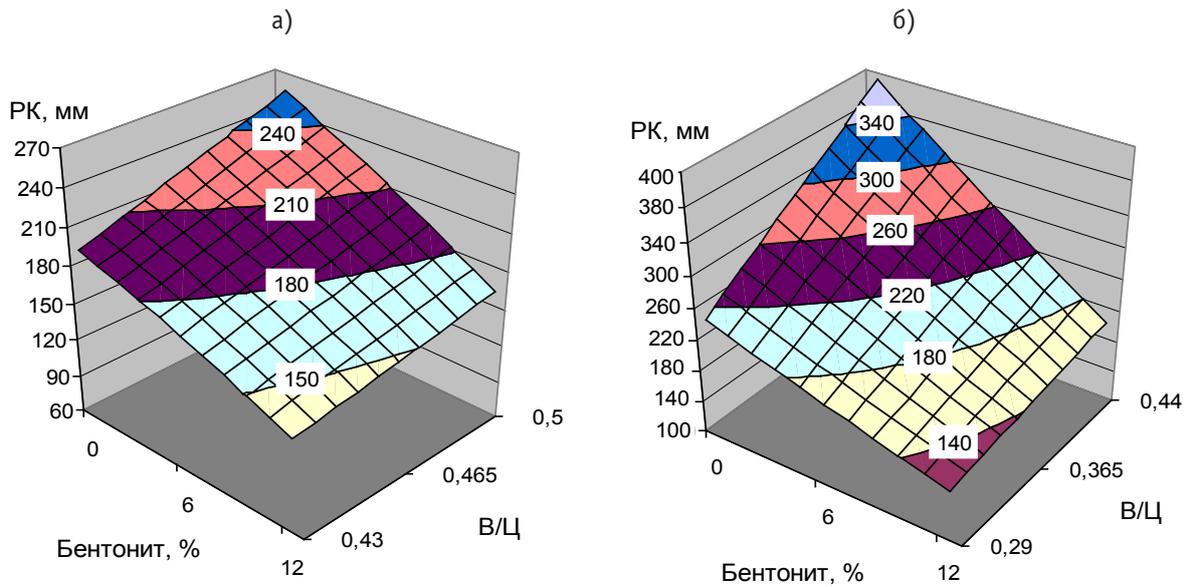


Рис. 1. Расплыв конуса раствора на композиционном цементе в зависимости от содержания бентонита и В/Ц: а) без добавки СП; б) с 0,5% добавкой СП

водоцементном отношении, а при низком — уменьшает (рис. 3. а.). Это можно объяснить снижением водоотделения и расслоения растворной смеси повышенной дозировкой воды. При введении суперпластификатора в состав смеси характер зависимости меняется: при отсутствии бентонита прочность возрастает при снижении В/Ц (рис. 3. б). При введении 12% добавки прочность снижается и практически не зависит от В/Ц отношения.

График зависимости плотности раствора от содержания в составе вяжущего бентонита свидетельствует

о том, что введение бентонита приводит к снижению плотности в результате более низкой прочности зерен бентонита по сравнению с цементом.

Выводы:

Полученные результаты показывают, что применение добавки бентонита не эффективно в обычных бетонах. С учетом загущающего эффекта бентонит может быть использован для снижения водоотделения и расслоения высокопластичных и литых бетонных смесей.

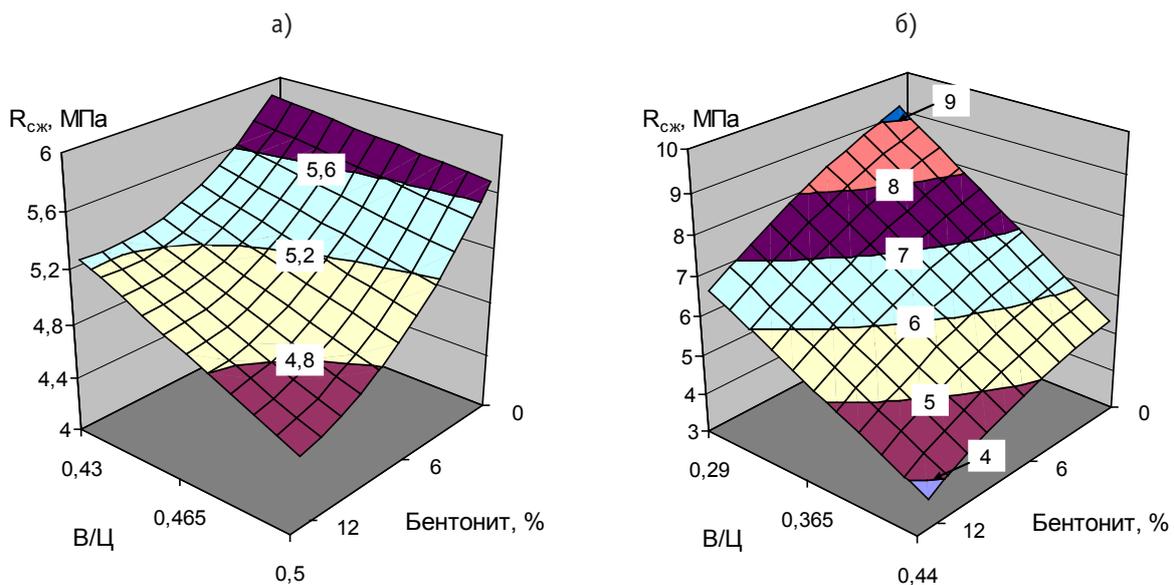


Рис. 2. Прочность раствора на композиционном цементе после ТВО при 80 °С в зависимости от содержания бентонита и В/Ц: а) без добавки СП; б) с 0,5% добавкой СП

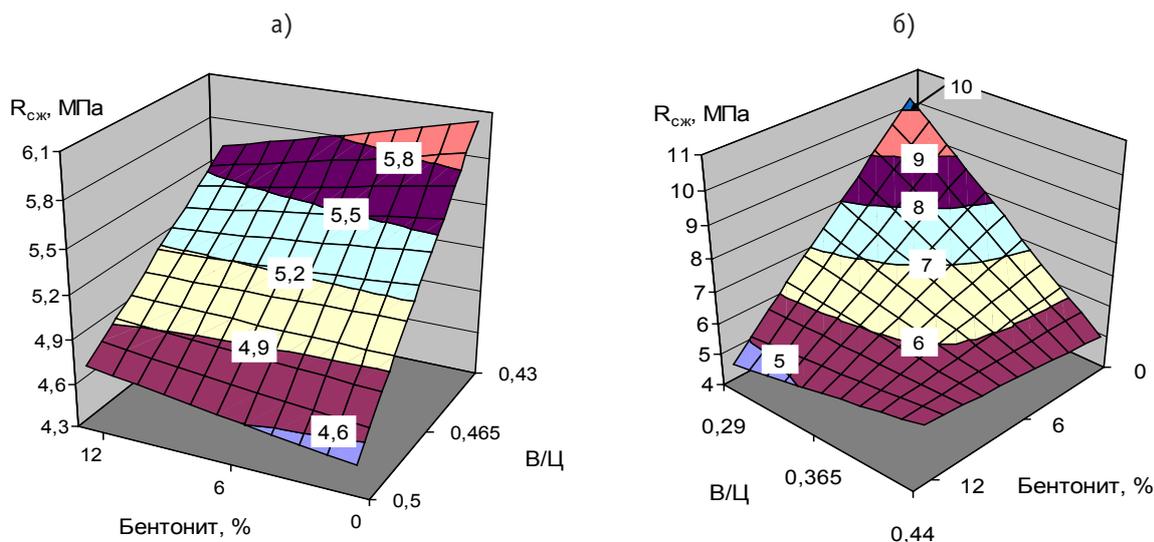


Рис. 3. Прочность раствора на композиционном цементе через 4 сут твердения в нормальных условиях в зависимости от содержания бентонита и В/Ц: а) без добавки СП; б) с 0,5% добавкой СП

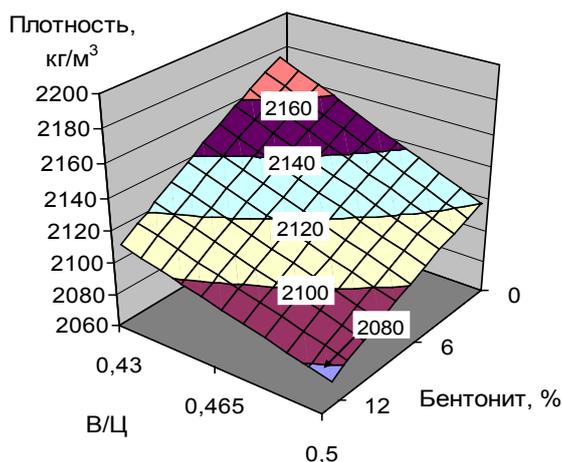


Рис. 4. Плотность раствора на композиционном цементе через 4 сут твердения в нормальных условиях в зависимости от содержания бентонита и В/Ц

Литература:

1. Van den Heede P, De Belie N. Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: Literature review and theoretical calculations // Cement and Concrete Composites. 2012. Vol. 34, Iss. 4. P. 431–442.
2. Коровкин, М. О. Эффективность суперпластификаторов и методология её оценки: моногр./М. О. Коровкин, В. И. Калашников, Н. А. Ерошкина. Пенза: ПГУАС, 2012. 144 с.
3. Коровкин, М. О. Влияние высококальциевой золы-уноса на свойства самоуплотняющегося бетона/М. О. Коровкин, В. И. Калашников, Н. А. Ерошкина // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 1. с. 49–53.
4. Коровкин, М. О. Эффективность использования диатомита в качестве компонента минерально-химической добавки/М. О. Коровкин, Д. С. Саженко, Н. А. Ерошкина // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 253–255.
5. Химич, Т. С. Модифицированная добавка бентонитовой глины для штукатурных растворов на основе портланд-цемента: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.23.05/Т. С. Химич. — Челябинск, 2007. 21 с.
6. Seriki Oluwasegun Oluwaseyi. Effects of ordinary portland cement-bentonite Blend on compressive strength of concrete mixes using 19 mm size coarse aggregate. Federal university of technology, akure, ondo state. 2011. 61 p.

7. Сабитов, А. А. Бентониты России: состояние освоения и перспективы развития сырьевой базы / А. А. Сабитов, Е. С. Руселик, Ф. А. Трофимова, А. Н. Тетерин // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 5. с. 8–17.

Изменение пористости карбонатных пород под влиянием знакопеременных температурных воздействий в присутствии минерализованных вод

Захаров Евгений Васильевич, кандидат технических наук
Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН (г. Якутск)

В лаборатории горной теплофизики ИГДС СО РАН проведены экспериментальные исследования по установлению влияния циклов замораживания-оттаивания на пористость горных пород в присутствии минерализованных вод. В работе исследовались доломитизированный известняк и доломит трубки «Мир» с различными начальными значениями пористости, а в качестве минерализованных вод использовались подземные воды (хлоридно-кальциевого состава) Далдыно-Алаakitского района с концентрациями 100 и 200 г/л.

Из исследуемых пород были изготовлены образцы кубических форм с ребром 20 мм, в количестве не менее 60 штук каждый, и в соответствии с ГОСТ 8269.0–97 определены основные физические свойства каждого кубического образца. Затем образцы разделялись на группы (по пористости, концентрации рассола, температуре замораживания, количеству выполненных циклов замораживания-оттаивания), маркировались и в течении 2 суток выдерживались в минеральном рассоле для насыщения пор. По истечению времени насыщения, образцы в тех же рассолах помещали в морозильную камеру при температурах -5°C , -10°C и -20°C .

Выдержка исследуемых пород в морозильной камере при температуре -5°C , насыщенных в рассолах с концентрациями 100 и 200 г/л, не привело к их замерзанию. А при температуре -10°C не произошло замерзания образцов насыщенных рассолом с концентрацией 200 г/л. Это связано с высокой минерализацией природного рассола, согласно кривой приведенной на рис. 1 температура замерзания рассола с концентрацией 100 г/л составляет $-7... -8^{\circ}\text{C}$, а при концентрации 200 г/л $-17... -18^{\circ}\text{C}$.

Необходимо отметить, что насыщение исследуемых образцов в рассолах в течении 48 часов, не привело к их дезинтеграции. Однако, воздействие первого цикла замораживания-оттаивания при температуре -10°C способствовало появлению продольных трещин (по направлению у половины образцов доломитизированного известняка (см. рис. 2). Визуально степень разрушения исследуемых образцов при концентрации рассола 100 г/л и температуре -20°C оказалась больше, чем при температуре -10°C .

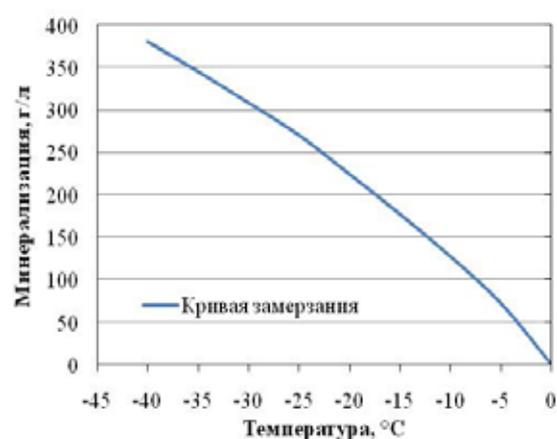


Рис. 1. Диаграмма температур замерзания природных подземных вод Далдыно-Алаakitского района в зависимости от степени минерализации



Рис. 2. Воздействие первого цикла замораживания-оттаивания на образцы доломитизированного известняка (Срассола=100 г/л, $t=-10^{\circ}\text{C}$)

Воздействие трех циклов замораживания-оттаивания на образцы доломитизированного известняка привело к появлению значительных повреждений в породе. При последующем увеличении количества циклов замора-



Рис. 3. Воздействие 5 циклов замораживания-оттаивания на образцы доломита (Срассола=200 г/л, t=-20 °C)

живания-оттаивания до 5 и 10 циклов, интенсивность накопления дефектов заметно снизилась.

Образцы доломита, в отличие от образцов известняка, при различных температурах и концентрациях рассола после воздействия заданного числа циклов замораживания-оттаивания не дезинтегрировались (рис. 3). На всех образцах доломита независимо от температуры замораживания наблюдалась пленка окислов железа и мелких кристалликов соли, выпавших из раствора.

Образцы пород после воздействия заданного числа циклов замораживания-оттаивания вынимались из рассола и высушивались сначала при комнатной температуре, а затем в сушильном шкафу при температуре $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Зная массу образца и определив методом парафинирования объемную плотность горных пород (по ГОСТ 8269.0-97), в том числе и дезинтегрировавшихся образцов, рассчитывали пористость каждого образца после воздействия на него циклов замораживания-оттаивания.

Анализируя полученные данные, были построены графики изменения начальной пористости доломитизированного известняка и доломита в зависимости от концентрации порового раствора, температуры замораживания образцов и количества циклов замораживания-оттаивания (рис. 4, 5). Для каждой породы рассчитан 95% доверительный интервал, границы которого приведены на рисунках (рис. 4-7).

Исходная пористость образцов доломита — выше 10%. В отличие от доломита, образцы доломитизированного известняка ввиду различной пористости были разделены на 3 класса (по начальным значениям пористости):

- 1 — образцы с начальной пористостью 4-7%;
- 2 — образцы с начальной пористостью 7-10%;
- 3 — образцы с начальной пористостью выше 10%.

Проведенные испытания показали, что под влиянием трех циклов замораживания-оттаивания пористость исследованных образцов в среднем увеличивается на 10-50% по сравнению с первоначальным значением.

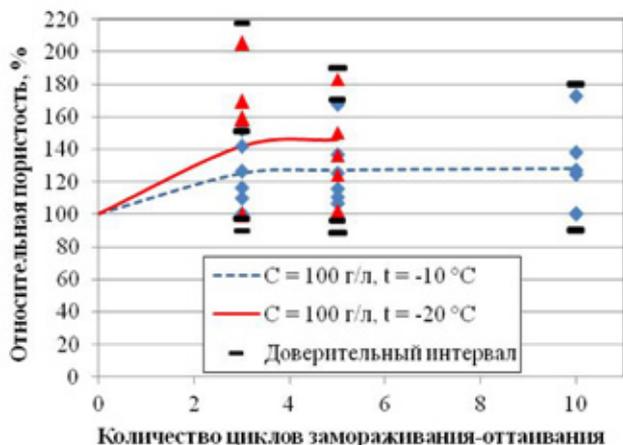


Рис. 4. Изменение пористости доломитизированного известняка под влиянием циклов замораживания-оттаивания

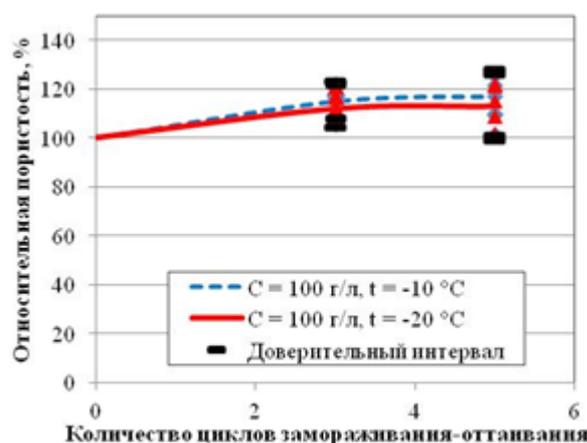


Рис. 5. Изменение пористости доломита от количества циклов замораживания-оттаивания

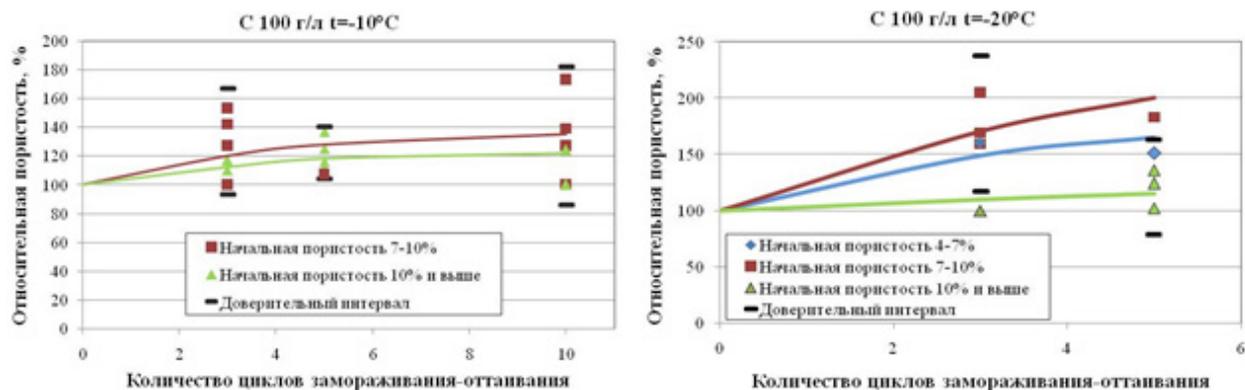


Рис. 6. Изменение пористости доломитизированного известняка в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания при концентрации порового раствора 100 г/л и температурах замораживания -10°C и -20°C

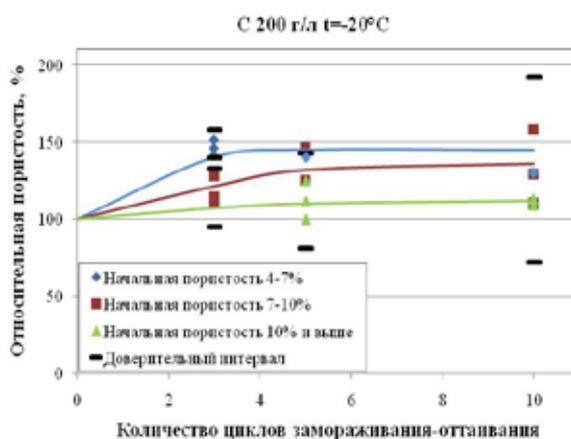


Рис. 7. Изменение пористости доломитизированного известняка в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания при концентрации порового раствора 200 г/л и температуре замораживания -20°C .

В ходе проведенных экспериментов был определен диапазон пористости доломитизированного известняка (рис. 6, 7), который наиболее подвержен влиянию циклического замораживания-оттаивания. Максимальное изменение пористости показывают образцы, обладающие начальной пористостью (в исходном состоянии) до 10%.

Заключение

Проведенные исследования показали, что знакопеременное температурное воздействие в присутствии ми-

нерализованных вод приводит к существенному изменению пористости исследуемых образцов. Установлено, что под влиянием трех-пяти циклов замораживания-оттаивания относительная пористость исследованных образцов увеличивается на 10–50% по сравнению с первоначальным значением. Максимальное изменение пористости показали образцы доломитизированного известняка с начальной пористостью до 10%.

Литература:

1. Дроздов, А.В. Природные и техноприродные резервуары промышленных стоков в криолитозоне (на примере Якутской части Сибирской платформы)/А.В. Дроздов. — Якутск: ИПК СВФУ, 2011. — 416 с.
2. ГОСТ 8269.0–97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний (с Изменениями N 1, 2). — Введ. 01.07.1998 — Государственный стандарт Российской Федерации (Изменение N 2 введено в действие на территории РФ с 01.09.2009). — 109 с.
3. Попов, Л.Н. Лабораторные испытания строительных материалов и изделий/Л.Н. Попов. — Москва: Высшая школа, 1984. — 168 с.
4. Кассандрова, О.Н. Обработка результатов наблюдений/О.Н. Кассандрова, В.В. Лебедев. — Москва: Наука, 1970. — 104 с.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 13 (93) / 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)
Агаев 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: Бурьянов П. Я.

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