

МОЛОДОЙ
УЧЁНЫЙ



III Международная научная конференция

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



Чита

УДК 62(01)
ББК 30
Т38

Главный редактор: *И. Г. Ахметов*

Редакционная коллегия сборника:

М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, А. В. Каленский, В. А. Куташов, К. С. Лактионов, Н. М. Сараева, О. А. Авдеюк, О. Т. Айдаров, Т. И. Алиева, В. В. Ахметова, В. С. Брезгин, О. Е. Данилов, А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, Т. П. Жуйкова, Х. О. Жураев, М. А. Игнатова, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, В. М. Кузьмина, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, Т. В. Матроскина, М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин, А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова

Руководитель редакционного отдела: *Г. А. Кайнова*

Ответственные редакторы: *Е. И. Осянина, Л. Н. Вейса*

Международный редакционный совет:

З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), Б. Б. Бидова (Россия), В. В. Борисов (Украина), Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия), А. Данатаров (Туркменистан), А. М. Данилов (Россия), А. А. Демидов (Россия), З. Р. Досманбетова (Казахстан), А. М. Ешиев (Кыргызстан), С. П. Жолдошев (Кыргызстан), Н. С. Игисинов (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия), А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева (Россия), Е. П. Колпак (Россия), В. А. Куташов (Россия), Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес (Украина), М. А. Нагервадзе (Грузия), Ф. А. Нурмамедли (Азербайджан), Н. Я. Прокопьев (Россия), М. А. Прокофьева (Казахстан), Р. Ю. Рахматуллин (Россия), М. Б. Ребезов (Россия), Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан), А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан)

Технические науки: теория и практика: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Чита, Т38 апрель 2016 г.). — Чита: «Молодой ученый», 2016. — vi, 140 с.

ISBN 978-5-905483-21-9

В сборнике представлены материалы VIII Международной научной конференции «Технические науки: теория и практика».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)
ББК 30

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Бутенко В. В.

Особенности применения фильтров обработки изображений перед поиском объектов на изображениях. 1

Дошина А. Д., Михайлова А. Е., Карлова В. В.

Устройства виртуальной реальности. 3

Курилов Ф. М.

Моделирование систем защиты информации. Приложение теории графов 6

Макеев А. С.

Анализ АСУ ТП дожимной насосной станции в рамках процесса управления рисками ИБ 9

Рахимов Б. К.

Мобильные приложения 15

Романова О. О., Абросимова Е. В., Улеев А. С.

Моделирование бизнес-процесса «Сервисное обслуживание автомобилей». 16

Степура Е. Н.

Автоматизированное добавление печатных штампов при помощи Adobe Acrobat 6.0 благодаря использованию Visual Basic (VBA) и JavaScript. 19

Тимощенко А. В.

Исследование особенностей аутентификации пользователей корпоративных сетей с использованием USB-ключей 21

Чайкина М. Л., Топорков П. А.

Модель системы освещения на основе микроконтроллера.
Применение в качестве наглядного материала при обучении 22

Явтуховский Е. Ю.

Анализ систем обнаружения вторжений на основе интеллектуальных технологий. 27

2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Абиева М. С., Бозымбаев Б. Д., Алтыбаева М. М., Бейсек Л. Б.

Перспективы развития Li-Fi 30

Бакытов А. Б., Нурпеисова Д. А., Медеуов С. А., Дарменалы П. Е.

Критерии качества связи цифровых радиорелейных линий связи 32

Волков А. Н.

Негативное влияние эффекта «горячих» носителей в полевых транзисторах. 35

Жетпсбаева А. Т., Бозымбаев Б. Д., Зубайраев Т. Н.

Актуальный метод криптографий, основанный на квантовых свойствах фотонов. 38

Спатарь Е. В.

Транкинговые системы связи и их использование в МЧС РФ 40

Ульянов А. В.

Управление шаговым двигателем с помощью NI MyRIO. 43

Шибeko P. B.

Автомобильное весоизмерительное устройство 46

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Ющенко В.Б., Грабенко Л.С.

Автоматизированный комплекс переработки бытового мусора и его дальнейшее использование в социальной сфере 51

4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Дараев А.М., Султанов А.К., Сибаетов А.С.

Анализ регулятора скорости замкнутой следящей системы двигатель постоянного тока – тиристорный преобразователь 57

Зильгараева А.К., Круговых Т.В., Ненашев Е.А.

Сети с использованием технологии FTTH 60

Нурмагамбетов А.А.

Применение датчиков положения ротора для создание вращающего момента вентильного электродвигателя 63

5. ЭНЕРГЕТИКА

Галка Г.А., Романов А.А.

Анализ эффективности работы саморазмораживающейся холодильной машины 67

Джулаева Ж.Т.

Исследования нелинейного корректирующего устройства замкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» на ЭВМ 69

Касымова А.Е.

Исследование нелинейной системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» 72

Мельничук В.Г.

Исследование методов оптимизации энергосбережения в электроприводах в системе ПЧ-АД 77

Садвокасова Ж.Д.

Анализ устойчивости замкнутой нелинейной системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» 78

Самсоненко А.И.

Параметрический синтез системы управления двухдвигательного вентильного электропривода на ЭВМ 80

Соломатин А.С., Мирзоян А.Г., Суруджян А.С.

Использование приливных электростанций в системе энергоснабжения 85

Соломатин А.С., Мирзоян А.Г., Суруджян А.С.

Исследование энергосберегающих технологий 88

Степанов А.Г., Меньшенин С.Е.

Увеличение пропускной способности как средство повышения энергетической эффективности работы ЛЭП 92

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Водин Д.В.

Ионное азотирование как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента 95

Водин Д.В.

Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента 96

Данатаров А., Аширов С., Мухамметмырадов К., Худайбердиев Р.

Исследование технологического процесса и параметров машин для внесения жидких удобрений в условиях Туркменистана 98

Зоркин А.Я., Масленникова М.В., Ткаченко В.О.

Термокомпрессионная технологическая оснастка для диффузионной сварки и пайки в вакуумных печах 100

Зоркин А.Я., Масленникова М.В., Филатов Г.Г.

Диффузионная сварка замедляющих систем 103

Сапрыкина Т.В.

Сравнительная оценка применения очистных комбайнов в метаноопасных лавах 105

8. СТРОИТЕЛЬСТВО

Иванова С.С., Морозов Р.В., Павинев И.А.

Основы оценки эффективности инвестиций в энергосберегающие технологии в строительстве. 108

Манохин П.Е., Шишкина С.Л.

Определение социального эффекта от реконструкции общественных зданий 111

9. ТРАНСПОРТ

Кондрашов И.А.

Повышение эффективности электрифицированного железнодорожного транспорта путём использования системы постоянного тока повышенного напряжения и накопителей энергии. 114

Тюфанова А.А.

О возможности применения системного подхода к проблеме управления движением судов 118

12. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Вайскрובה Е.С., Чечерина С.А.

Перспектива разведения страусов в России в период введения санкций на сельскохозяйственные товары 121

Искаков Р.М., Хасанов К.К.

Современные представления о перспективных смесителях компонентов комбикормов 124

Искаков Р.М., Хасанов К.

Системный анализ процесса продольно-поперечного смешивания компонентов комбикормов 129

14. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Данатаров А., Аширов С., Мухамметмырадов К., Худайбердиев Р.

Экологические требования к орошению почв в условиях Туркменистана 133

Орынбасар Р.О., Котик Е.П., Кошкинбаев А.К.

Technical requirements to the working agent for flooding on the deposit Alibekmola 135

Хаитов Б.У.

Графо-аналитический метод определения линии общего уклона плоской кривой 137

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Особенности применения фильтров обработки изображений перед поиском объектов на изображениях

Бутенко Вероника Вячеславовна, аспирант
Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова

В статье рассматриваются особенности применения фильтров обработки изображений в целях улучшения качества перед поиском объектов на изображениях.

Фильтры обработки изображений применяются для наложения различных эффектов, повышения качества изображений путём устранения ложных данных или улучшения характеристик. Тип используемого фильтра зависит от задачи. При выборе необходимо ориентироваться не только на вид зашумлённости, если задача заключается в восстановлении изображения, но и на само изображение. В ряде случаев возможно существенно уменьшить помехи, вносимые камерой, оптической системой.

Например, при выделении границ на изображении детектором Кенни.

Детектор использует фильтр на основе первой производной от гауссианы. Так как он восприимчив к шумам, изображение сворачивается гауссовым фильтром.

Фильтр Гаусса

Фильтр Гаусса — фильтр размытия изображения, который использует нормальное распределение (также называемое Гауссовым распределением) для вычисления преобразования, применяемого к каждому пикселю изображения.

Каждому элементу изображения соответствует число, называемое весовым множителем. Совокупность всех весовых множителей составляет весовую функцию. Для однозначного определения центрального элемента, размер окна должен быть нечётным. Ядро свёртки позволяет усилить или ослабить компоненты изображения. Матрица перемещается по изображению, при этом весовая функция в процессе перемещения остаётся неизменной [1–7, 10, 12].

В каждой точке весовая функция поэлементно умножается на значение соответствующих пикселей исходного изображения и произведения суммируются. Полученная сумма присваивается тому пикселю нового изображения, который соответствует положению центра окна. Результат записывается во временную матрицу, чтобы исключить влияние обработанных пикселей на необработанные.

У крайних пикселей изображения всегда отсутствуют некоторые соседние пиксели, следовательно, нет данных для полных вычислений. Это обходится либо применением фильтра только к части изображения, при этом границы остаются необработанными, либо дополнением данными [11, 12].

От размера матрицы свёртки зависит степень размытия конечного изображения (Рис.1).

Если изображение будет слишком сильно сглажено, наиболее информативные границы детектор не обнаружит (Рис.2–3). Точность обнаружения зависит от нижнего и верхнего порога.

Верхний порог используется для уменьшения влияния шума. Нижний порог — при прослеживании.

Порог для детектора подбирается в зависимости от средней яркости всех пикселей изображения. Приблизительно нижний порог равен 100, верхний — 250.

В изображении, обработанном детектором Кенни, преобладают прямые линии и другие простые геометрические формы (треугольник, круг, квадрат, прямоугольник), которые возможно детектировать с помощью преобразования Хафа, например, для поиска оконного проёма, двери или круглой розетки.

Предварительная обработка изображения играет важную роль при дальнейшем детектировании объектов. Выравнивание уровней яркости, контрастности, резкости позволяет получить усреднённое изображение пригодное для дальнейшего использования.

Усреднение изображений

Усреднение изображений — один из способов обработки, основой которого является свёртка. Такие фильтры можно разделить на линейные и нелинейные. Принцип действия линейных заключается в суммировании количества пикселей внутри выборки и делением полученной суммы на число пикселей. Нелинейные базируются на сортировке значений пикселей и выборе одного оптимального [9, 8].



Рис. 1. Пример работы фильтра Гаусса: а) изображение в градациях серого; б) после применения фильтра с матрицей свёртки 3×3



Рис. 2. Пример работы детектора Кенни: а) сглаженное изображение (матрица 3×3); б) границы, обнаруженные детектором Кенни



Рис. 3. Пример работы детектора Кенни: а) сглаженное изображение (матрица 5×5); б) границы, обнаруженные детектором Кенни

Усреднение может быть управляемым и взвешенным. Управляемые фильтры имеют свободно регулируемые параметры и можно выбрать такое ядро свёртки, которое будет зависеть от текстуры изображения. Во взвешенных фильтрах каждый пиксель входит в сумму свёртки со своим весовым множителем.

Один из видов нелинейного усреднения — это медианный фильтр. Значения пикселей записываются в ряд, ряд сортируется и возвращается центральный элемент, то есть медиана ряда. Применение этого фильтра даёт хорошие результаты для сохранения перепадов оттенков, различных границ и устранения локальных пиков яркости. По сравнению с линейными фильтрами медианные лучше сохраняют контуры изображения [11].

Аналогично работают экстремальные фильтры, пиксели выбираются с минимальной и максимальной интен-

сивностью для увеличения тёмных и ярких объектов, эффекты эрозии и наращивания. Сила эффекта зависит от размера матрицы свёртки.

Ещё один из видов усреднения — биномиальный фильтр. Это фильтр, у которого коэффициенты уменьшаются по мере удаления от центра и тем самым уменьшают влияние этих частей, что влечёт за собой наименьшее размытие изображения. Он является линейным усреднением и позволяет бороться с шумом Гаусса.

Фильтры обработки изображений отличаются быстрой работой и являются простыми в реализации. Но выбор фильтра зависит от задачи, вида зашумлённости и от самого изображения. Например, импульсный шум лучше всего удаляется нелинейными фильтрами, а для устранения Гауссова шума используется линейная фильтрация.

Литература:

1. A Practical Introduction to Computer Vision with OpenCV (Wiley-IS&T Series in Imaging Science and Technology). K. Dawson-Howe. — Wiley. — 2014. — p.234
2. Algorithms for Image Processing and Computer Vision. J. R. Parker. — Wiley. — 2010. — p.504
3. Computer Vision in C++ with the OpenCV Library. A. Kaehler, G. Bradski. — O'Reilly Media. — 2015. — p.575
4. Facial Feature Detection and Tracking in a New Multimodal Technology-Enhanced Learning Environment for Social Communication. J. Chen and O. Lemon. IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications, 2009.
5. Hua Gu Guangda and Su Cheng Du. Feature Points Extraction from Faces. Image and Vision Computing NZ, 2003.
6. Learning Image Processing with OpenCV. G. Bueno Garcia, O. D. Suarez, J. L. Espinosa Aranda, J. Salido Tercero, I. Serrano Gracia. — Packt Publishing. — 2015. — p.232
7. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. G. Bradski, A. Kaehler. — O'Reilly Media. — 2008. — p.555
8. OpenCV Computer Vision Application Programming Cookbook Second Edition. R. Laganiere. — Packt Publishing. — 2014. — p.374
9. OpenCV for Secret Agents. J. Howse. — Packt Publishing. — 2015. — p.302
10. OpenCV v 2.4.12.0 documentation «Motion Analysis and Object Tracking» [Электронный ресурс] URL: http://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/motion_analysis_and_object_tracking.html
11. Цифровая обработка изображений. Р. Гонсалес, Р. Вудс — М.: Техносфера, 2006. — стр. 1072
12. Обработка изображений и анализ данных. Труды Института системного анализа Российской академии наук — М.: Либроком, 2008. — стр. 368

Устройства виртуальной реальности

Дошина Анна Дмитриевна, студент;

Михайлова Александра Евгеньевна, студент;

Карлова Виктория Васильевна, студент

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова

Данная статья описывает понятие виртуальной реальности. Раскрывает основные направления устройств виртуальной реальности, и описывает их применения в современной жизни человека на сегодняшний день и в ближайшем будущем.

Ключевые слова: виртуальная реальность, устройства виртуальной реальности, очки виртуальной реальности, head-mounted display.

Виртуальная реальность и девайсы

Виртуальная реальность — это созданный техническими средствами мир, в котором человек ощущает себя

практически также как и в реальном мире. Насколько человеку комфортно в созданной реальности, и как он себя ведет, определяет степень погружения в созданный технологиями мир.

Непрерывно идет процесс развития технологий виртуальной реальности. Продуктом первых работ данных технологий можно считать немое кино, а одним из последних — шлемы виртуальной реальности. На данный момент обилие различных устройств виртуальной реальности просто поражает воображение.

На сегодняшний день технология виртуальной реальности нашла широкое применение в области развлечений и тренажеров. Ярким примером стали очки виртуальной реальности или, как их еще называют, шлемы виртуальной реальности. После того, как человек наде-

вает на себя такие очки — все, что он видит — это виртуальный мир.

Шлем виртуальной реальности (Head-mounted display) — устройство, позволяющее частично погрузиться в мир виртуальной реальности, создающее зрительный и акустический эффект присутствия в заданном управляющим устройством пространстве. Представляет собой конструкцию, надеваемую на голову, снабженную видеоэкраном и акустической системой. Название «шлем» достаточно условное: современные модели гораздо больше похожи на очки, чем на шлем (Рис. 1).



Рис. 1. Очки виртуальной реальности

Шлем создаёт объёмное изображение, демонстрируя два изображения — по одному для каждого глаза (Рис. 2).

Кроме того, шлем может содержать гироскопический или инфракрасный датчик положения головы.



Рис. 2. Объёмное изображение, созданное для каждого глаза

Типичные шлемы виртуальной реальности используют один или два дисплея с линзами и иногда зеркалами. В качестве дисплеев могут использоваться миниатюрные электронно-лучевые приборы, ЖК-дисплеи, LCos-проекторы, органические светодиоды. Также могут использоваться несколько микродисплеев для увеличения поля зрения.

Шлемы виртуальной реальности условно можно разделить на два класса по способности комбинировать искусственное изображение с реальным:

— Большинство шлемов могут отображать лишь искусственное (виртуальное) изображение.

— Некоторые шлемы позволяют комбинировать реальное и виртуальное изображение, реализуя дополненную реальность или смешанную реальность.

Применение

Шлемы применяются военными и государственными службами, а также в гражданской и коммерческой области, например, в медицине, видеоиграх, спорте и т.д.

Авиация и государственные службы

Дисплеи, монтируемые на шлем могут использоваться пилотами военных вертолетов и самолетов. В частности, они могут использоваться для отображения пространства в условиях низкой освещенности.

Военными, полицией и пожарными нашлемные дисплеи могут использоваться для изучения тактической информации или ИК-изображений.

Инженерные, научные и медицинские применения

Шлемы виртуальной реальности могут использоваться для стереоскопического отображения информации при работе с системами автоматизированного проектирования, при ремонте сложных систем. Применяются в хирургии для изучения томографических снимков.

Видеоигры и развлечения

Недорогие шлемы виртуальной реальности используются для трехмерных видеоигр. Дешевые видео очки позволяют просматривать фильмы.

В едином порыве компании-конкуренты пытаются убедить нас, что шлемы виртуальной реальности — новый предмет первой необходимости, must have для каждого дома, школы, научного, военного и медицинского учреждения. И, конечно же, номер один в списке покупок каждого геймера. Но даже если не вникать в частные недостатки каждого конкретного девайса, сама идея использовать шлем в качестве игрового устройства выглядит очень сомнительно. И на то есть целый ряд причин:

1. Вес

На первый взгляд, ~330 граммов (это без учёта проводов) не кажутся серьезной проблемой. Но стоит заметить, что даже крупные мониторные наушники редко выходят за границы 300 граммов. И уже после часа работы в таких наушниках болят уши и шея.

2. Двухмерная графика

Если предположить, что шлемы начнут задавать тон индустрии, развивая трехмерную графику и поставив

крест на двухмерной графике — это станет огромным шагом назад для всего изобразительного искусства. Именно сейчас художники становятся, как никогда избрательными, а в рамках двумерной графики открываются всё новые и новые стили и направления.

3. Ограниченность жанров

Единственная цель шлема — заставить вас на минутку поверить в реальность окружающего, слившись со своим персонажем в единое целое. Но многие жанры работают совсем по другим принципам. В некоторых играх нет даже персонажа, с которым нужно «сливаться».

4. Последствия для здоровья

Киберболезнь. В реальном мире вы получаете входящие сигналы от нескольких органов чувств, и все они находятся в идеальной согласованности между собой. В виртуальной реальности наш мозг ожидает такой же согласованности. Но по факту различные чувства оказываются не синхронизированы, и происходит разлад. Кроме того, был проведен эксперимент с лабораторными мышами. Оказалось, когда грызуны попадают в виртуальность, 60% нейронов гипоталамуса (область мозга, отвечающая за ориентацию в пространстве, память и сновидения) просто «отключаются», а остальные проявляют аномальную активность.

Виртуальная реальность в будущем

Кому нужна виртуальная реальность? Для чего нужно отгораживаться от мира за выпуклыми линзами? На все вопросы ответ один — это будущее.

Виртуальная реальность пришла к нам намного быстрее, чем мы ожидали. Геймеры смогут почувствовать новые реалии практически «на себе»: смогут почувствовать себя гонщиком «Формулы-1», пилотом истребителя или капитаном «Энтерпрайза».

Особые перспективы обещает применение виртуальной реальности в медицине и на поле боя.

Виртуальные тренажеры для подготовки будущих пилотов и операторов АЭС существуют уже давно. Но с развитием устройств виртуальной реальности каждый может ощутить свободный полет птицы. Лётный симулятор для всего тела «Birdly», разработанный Максом Райнером, швейцарским художником, буквально превращает людей в птиц. Можно летать над городами, ощущая ветер из вентилятора, который треплет виртуальное оперение.

Другим, крайне полезным применением очков виртуальной реальности в будущем, станет проектирование и архитектура, наряду с виртуальными экскурсиями и посещениями музеев. Надев очки, человек сможет почувствовать себя в роли творца. В плане таких применений виртуальной реальности возможности практически безграничны.

В медицине крайне необходимы виртуальные операции на виртуальных пациентах. Например, для того, чтобы лучше подготовиться к самому процессу и по возможности предупредить все чрезвычайные ситуации. Хирурги-

ческая система «da Vinci» позволяет хирургу с помощью 3D-камеры увидеть все происходящее в теле пациента и распознает движение рук хирурга, преобразуя их в инструменты внутри тела. С применением виртуальной реальности любая операция, эксперимент или обучение студентов позволят достигнуть наилучших результатов.

Используется виртуальная реальность и для лечения фобий, реабилитации, облегчения боли и других, связанных с восприятием и воспоминаниями, терапий. Весьма интересен пример программы «SnowWorld», в ходе которой пациенты с тяжёлыми ожогами помещались в вир-

туальную реальность, где гуляли по заснеженной стране чудес и бросались виртуальными снежками. Этот терапевтический инструмент реально облегчал боль пациентов. Аналогичная программа — «SpiderWorld» — снижала уровень тревожности при встрече с пауками в процессе лечения арахнофобии.

Таким образом, из вышесказанного можно сделать вывод о том, что виртуальная реальность позволяет достичь высоких результатов в различных областях жизни человека, а так же усовершенствовать уже известные методы работы.

Литература:

1. А. Россохин, В. Измагурова. Виртуальное счастье или виртуальная зависимость // Россохин А. В., Измагурова В. Л. Личность в изменённых состояниях сознания. М.: Смысл, 2004.
2. Алексеевко, Н. Н. Психологические аспекты поведения человека в киберпространстве // Журнал практической психологии и психоанализа. — 2000. — № 3.
3. Розин, В. М. Области применения и природа виртуальных реальностей // В сб.: «Технология виртуальной реальности». — М., 1996.
4. Дацюк, С. Ноу-хау виртуальных технологий. URL: http://www.zhurnal.ru/5/vir_tech.htm 10.09.2004.
5. Таратута, Е. Е. Философия виртуальной реальности — СПб, СПбГУ, 2007 ISBN 978–5–288–04291–1.

Моделирование систем защиты информации. Приложение теории графов

Курилов Федор Михайлович, студент
Ульяновский государственный университет

В статье рассматриваются основные теории и методы моделирования систем защиты информации (СЗИ). Автор останавливает внимание на применении математической теории графов к моделированию СЗИ и предлагает собственную модель, реализующую подход управления рисками информационной безопасности (ИБ).

Ключевые слова: информационная безопасность, системы защиты информации, моделирование, теория графов.

Данные последних исследований в области информационной безопасности [4, 7, 8] говорят о растущем внимании руководителей компаний в России и по всему миру к проблеме защиты информации. Этот факт обусловлен увеличением числа инцидентов, связанных с потерей и разглашением информации или утратой контроля над ней. Финансовые убытки крупных корпораций оцениваются миллионами долларов в год [4].

Кроме того, продолжает совершенствоваться нормативно-правовая база в области кибербезопасности. Последние изменения в законодательстве РФ, в том числе в законе № 152-ФЗ «О персональных данных», призваны поддержать отечественных производителей средств защиты от киберугроз и обеспечить более высокую долю таких продуктов на российском рынке ИБ. В этом свете деятельность по проработке фундаментальных основ ИБ и проведение прикладных исследований представляются актуальной задачей.

В упрощенном виде предметную область «защита информации» можно представить в виде следующей схемы (рис. 1).

Все информационные активы предприятия подвержены рискам реализации угроз кибербезопасности посредством эксплуатации злоумышленниками некоторых известных уязвимостей. Для решения задачи снижения финансовых убытков от подобных инцидентов необходимы инвестиции в правильно отобранные процессы и технологии, обеспечивающие предупреждение и обнаружение рисков безопасности, защиту от их воздействия и реагирование на них. Следует понимать, что защита информации в общем случае сочетает применение технических средств и проведение организационных мероприятий. Далее в статье пойдет речь о теории построения системы защиты информационной инфраструктуры предприятия и его информационных активов.

В процессе проектирования сложных систем, таких как комплексные и интегрированные СЗИ информационных



Рис. 1. Защита информации как предметная область

систем (ИС), в большинстве случаев прибегают к моделированию основных процессов, происходящих внутри системы и на стыке среда-система. Кроме того, модели могут использоваться для проведения мониторинга и аудита безопасности на этапах эксплуатации и сопровождения ИС.

Под моделированием здесь понимаются математическое моделирование, позволяющее получить формальное описание системы и производить в дальнейшем количественные и качественные оценки ее показателей. Выделим следующие теории, которые могут быть положены в основу моделей СЗИ:

- теории вероятностей и случайных процессов;
- теории графов, автоматов и сетей Петри;
- теория нечетких множеств;
- теории игр и конфликтов;
- теория катастроф;
- эволюционное моделирование;
- формально-эвристический подход;
- энтропийный подход.

Отличия большинства моделей заключаются в том, какие параметры они используют в качестве входных, а какие — представляют в виде выходных после проведения расчетов.

Кроме того, в последнее время широкое распространение получают методы моделирования, основанные на неформальной теории систем: методы структурирования, методы оценивания и методы поиска оптимальных решений [3]. Методы структурирования являются развитием формального описания, распространяющимся на организационно-технические системы. Использование этих методов позволяет представить архитектуру и процессы функционирования сложной системы в виде, удовлетворяющем следующим условиям:

1. полнота отражения основных элементов и их взаимосвязей;
2. простота организации элементов и их взаимосвязей;
3. гибкость — простота внесения изменений в структуру и т.д.

Методы оценивания позволяют определить значения характеристик системы, которые не могут быть измерены или получены с использованием аналитических выражений, либо в процессе статистического анализа, — вероятности реализации угроз, эффективность элемента системы защиты и др. В основу таких методов положено экспертное оценивание — подход, заключающийся в привлечении специалистов в соответствующих областях знаний для получения значений некоторых характеристик.

Методы поиска оптимальных решений представляют собой обобщение большого количества самостоятельных, в большинстве своем математических теорий с целью решения задач оптимизации. В общем случае к этой группе можно также отнести методы неформального сведения сложной задачи к формальному описанию с последующим применением формальных подходов. Комбинирование методов этих трех групп позволяет расширить возможности применения формальных теорий для проведения полноценного моделирования систем защиты.

Рассмотрим далее несколько приложений математической теории графов к моделированию СЗИ, первым из которых являются графы атак. Неформально, граф атаки — это граф, представляющий все возможные последовательности действий нарушителя для реализации угрозы. Такие последовательности действий называются путями атак (рис. 2).

Выделяют следующие виды графов атак [2]:

- *state enumeration graph* — в таких графах вершинам соответствуют тройки (s, d, a) , где s — источник

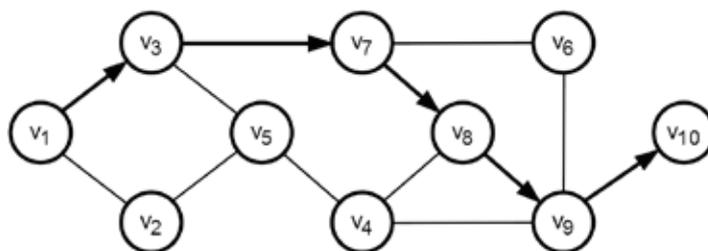


Рис. 2. Граф атаки

атаки, d — цель атаки, a — элементарная атака (или использование уязвимости); дуги обозначают переходы из одного состояния в другое;

— *condition-oriented dependency graph* — вершинам соответствуют результаты атак, а дугам — элементарные атаки, приводящие к таким результатам;

— *exploit dependency graph* — вершины соответствуют результатом атак или элементарным атакам, дуги отображают зависимости между вершинами — условия, необходимые для выполнения атаки и следствие атаки.

Такие модели применяются в основном на этапе аудита безопасности сетей для выявления слабых мест системы защиты и прогнозирования действий нарушителя.

Одной из основных целей моделирования СЗИ является создание максимально эффективной системы. Под эффективностью здесь понимается следование принципу «разумной достаточности», который можно описать следующим набором утверждений:

- абсолютно непреодолимой защиты создать нельзя;
- необходимо соблюдать баланс между затратами на защиту и получаемым эффектом, в т.ч. экономическим — снижении потерь от нарушения безопасности;
- стоимость средств защиты не должна превышать стоимости активов;
- затраты нарушителя на несанкционированный доступ (НСД) к активам должны превосходить эффект в соответствующем выражении, получаемый злоумышленником при осуществлении такого доступа.

Именно принцип «разумной достаточности» является базой минимизирующей затраты от происшествий в сфере ИБ подхода управления рисками [6]. Рассмотрим далее вариант риск-ориентированной модели, использующей теорию графов. Представим СЗИ в виде ориентированного графа $G = (T, C)$, где вершинами $T = \{t_i\}$, $i = 1, n$ будут угрозы активам со стороны злоумышленников, а дугами C — их связи (рис. 3). При этом каждая дуга (t_k, t_i) будет обозначать связь угрозы t_k с угрозой t_i , вероятная реализация которой является прямым следствием реализации угрозы t_k .

Каждой угрозе поставим в соответствие параметры:

ω_i — частота возникновения угрозы t_i ;

p_i — вероятность реализации угрозы t_i (напр., вследствие успешной эксплуатации некоторой уязвимости);

d_i — коэффициент разрушительности, выражающий степень разрушительности воздействия угрозы t_i на актив (ы);

$O_i \subset O$ — набор активов или ресурсов, на которые направлена угроза t_i , где O — множество всех активов, задействованных в модели;

s_i — стоимость средств и мер защиты от реализации угрозы t_i .

Каждую связь охарактеризуем величиной вероятности выбора злоумышленником пути реализации связанной угрозы — $P_{(t_i, t_j)}$.

Вполне можно ожидать, что такой граф окажется двудольным, поскольку не все угрозы могут быть реализованы непосредственно — осуществление некоторых атак возможно лишь при условии реализации «родительских» угроз (на рис. 3 схематично обозначены ●). Примером может служить НСД к конфиденциальной информации, требующий физического вмешательства в сетевую инфраструктуру.

Множества угроз и связей, а также их параметры определяются владельцами активов при участии экспертов — специалистов в области ИБ. Благодаря использованию такого набора данных и описанной структуры, появляется возможность устранить недостатки модели безопасности с полным перекрытием, в которой каждой угрозе противопоставлено свое средство защиты, однако вопросам экономической эффективности внимание не уделяется. Сначала с помощью формул расчета стоимости риска вычисляются вероятные потери от реализации отдельных угроз (1) и угроз, реализуемых друг за другом по некоторому пути $P(t_a, t_b)$ (2).

$$R_{t_i} = \sum_{\substack{k, \\ o_k \in O_{t_i}}} \omega_k p_k d_k c(o_k), \quad (1)$$

где $c(o_k)$ — стоимость актива $o_k \in O_{t_i}$;

$$R_{P(t_a, t_b)} = R_{t_a} + \sum_{\substack{i, j \\ t_i, t_j \in P(t_a, t_b) \\ \exists (t_i, t_j)}} p_{(t_i, t_j)} R_{t_j} \quad (2)$$

Затем, проводится сравнение стоимости риска с затратами на обеспечение ИБ: s_i (от реализации угрозы t_i)

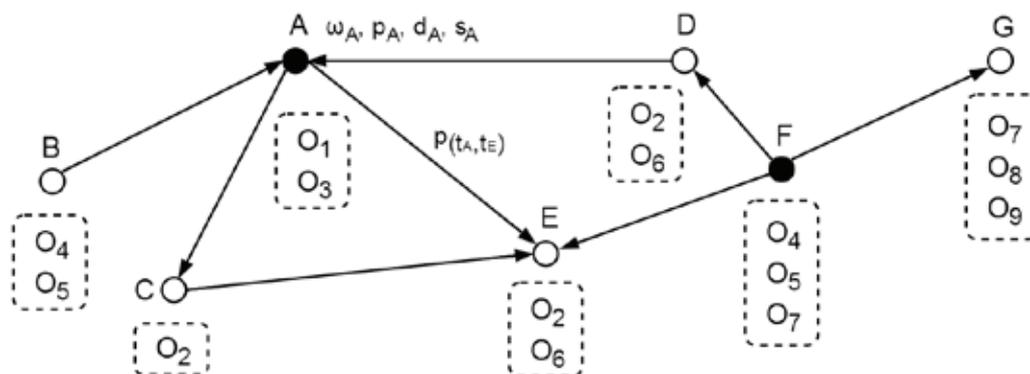


Рис. 3. Граф угроз

или $S_{P(t_a, t_b)}$ (от реализации пути угроз $P(t_a, t_b)$, вычисляется по формуле 3), и принимается решение в отношении этого риска.

$$S_{P(t_a, t_b)} = \sum_{t_i \in P(t_a, t_b)} s_{t_i} \quad (3)$$

Риск может быть:

- принят, если $R_{t_i} \approx s_{t_i}$;
- снижен за счет внедрения новых средств защиты, если $R_{t_i} > s_{t_i}$;
- устранен, если есть возможность отказаться от использования подверженного риску актива;

- передан третьей стороне, например, застрахован;
- игнорирован при незначительности своей величины.

Кроме того, при $R_{t_i} < s_{t_i}$ появляется возможность оптимизировать затраты на средства защиты.

Таким образом, использование представленной модели, сочетающей в себе применение формальной математической теории и неформальных методов, таких как экспертное оценивание и поиск оптимальных решений, позволит решить прикладную задачу по минимизации рисков от происшествий в сфере ИБ.

Литература:

1. ГОСТ Р 53114–2008. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения [Текст]. — М.: Стандартинформ, 2009. — 16 с.
2. Арьков, П. А. Разработка комплекса моделей для выбора оптимальной системы защиты информации в информационной системе организации [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.19. — Волгоград, 2009. — 410 с.
3. Герасименко, В. А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных [Текст]: В 2 кн. — М.: Энергоатомиздат, 1994.
4. Глобальное исследование по вопросам обеспечения информационной безопасности. Перспективы на 2015 год [Электронный ресурс] // PricewaterhouseCoopers. — 2015. URL: <http://www.pwc.ru/ru/riskassurance/publications/assets/managing-cyber risks.pdf> (дата обращения: 03.02.2016).
5. Курилов, Ф. М. Реализация подхода управления рисками при моделировании системы защиты информации [Текст] / Ф. М. Курилов // Аспирант и соискатель. — 2016. — № 1.
6. Нестеров, С. А. Анализ и управление рисками в сфере информационной безопасности [Текст]: Учебный курс. — СПб.: СПбГПУ, 2007. — 47 с.
7. Отчет «Исследование текущих тенденций в области информационной безопасности бизнеса» [Электронный ресурс] // Лаборатория Касперского. — 2014. URL: http://media.kaspersky.com/pdf/IT_risk_report_Russia_2014.pdf (дата обращения: 3.02.2016).
8. Потери данных и простой дорого обходятся российским компаниям [Текст] // Information Security / Информационная безопасность. — 2014. — № 6. — с. 10–11.

Анализ АСУ ТП дожимной насосной станции в рамках процесса управления рисками ИБ

Макеев Андрей Сергеевич, студент
Дальневосточный федеральный университет

В данной статье осуществляется моделирование АСУ ТП дожимной насосной станции, описывается роль инвентаризации активов в процессе управления рисками ИБ, а также рассматривается концепция применения уровней безопасности.

Ключевые слова: риски ИБ, АСУ ТП, дожимная насосная станция, моделирование, кибербезопасность, уровни безопасности.

Дожимная насосная станция (ДНС) является частью промышленной системы, осуществляющей сбор нефти и газа на месторождениях. Оборудование дожимной насосной станции дает потоку дополнительный напор, который требуется для обеспечения его транспортировки по направлению к высоконапорным участкам через системы сбора, а также подготовки [1].

С целью автоматизации управления технологическими процессами на ДНС, а также для организации мониторинга работы аппаратов и установок ДНС, применяются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) [2].

Промышленные системы, с точки зрения информационной безопасности (ИБ), подвержены ряду угроз:

- вторжение в базу данных
- вредоносный код
- коммуникационная атака
- отказ в обслуживании
- получение привилегированного доступа

В отличие от корпоративных информационных систем масштабы последствий от реализации угроз в АСУ ТП могут привести не только к финансовому, но и к серьезному экологическому ущербу. В связи с этим, необходимо уделять особое внимание вопросам обеспечения информационной безопасности объектов топливно-энергетического комплекса.

Для того, чтобы обеспечить защиту АСУ ТП, необходимо провести инвентаризацию активов системы, идентифицировать угрозы и уязвимости, оценить риски информационной безопасности и на основании полу-

ченных результатов реализовать определенные контрмеры, необходимые для нейтрализации угроз. В рамках данной работы рассматривается этап инвентаризации активов на примере АСУ ТП дожимной насосной станции [3].

Роль инвентаризация активов в рамках процесса управления рисками ИБ

В отношении безопасности АСУ ТП стандарт ГОСТ Р 56205–2014 использует термин кибербезопасность (cybersecurity). Поэтому применительно к комплексу мер по обеспечению безопасности АСУ ТП на протяжении всего жизненного цикла системы рассматривается система управления кибербезопасностью (CSMS). На рисунке 1 показаны основные элементы CSMS.

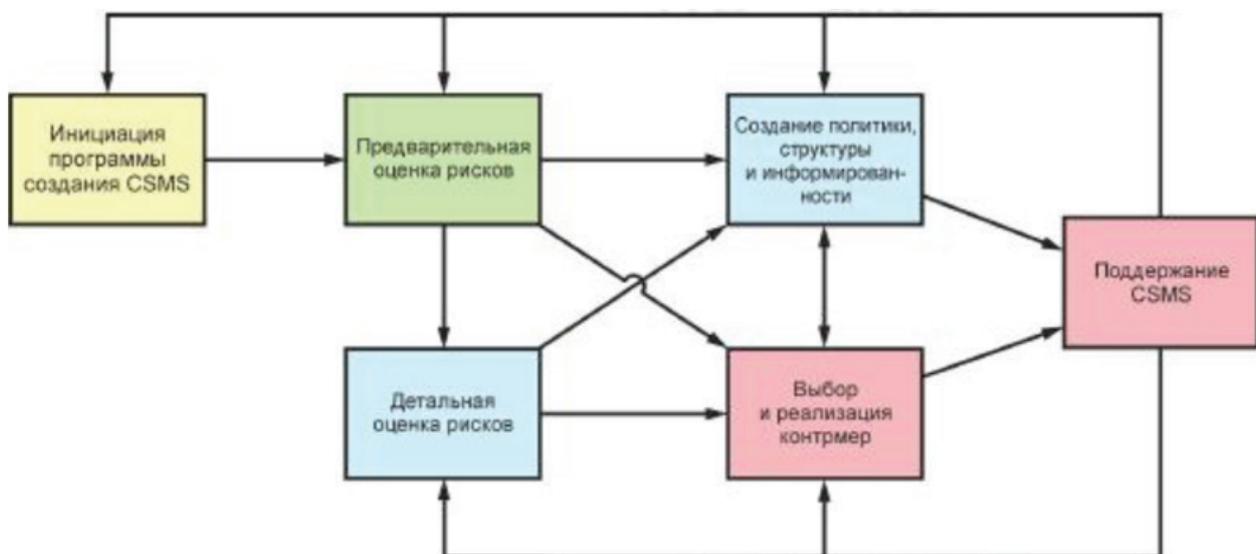


Рис. 1. Стадии системы управления кибербезопасностью

Благодаря стадии «Инициация программы создания CSMS» устанавливается контекст управления рисками. Определяются масштабы системы, заинтересованные стороны и цели, которые необходимо достичь. Стадия «Предварительная оценка рисков» расставляет приоритеты для детального анализа объекта защиты. Краеугольным камнем стадии «Детальная оценка рисков» является инвентаризация компонентов АСУ ТП.

Результаты инвентаризации создают основу для классификации активов, определения уровней безопасности и дальнейшего формирования требований к защите объекта от информационных угроз. Корректность выполнения данного этапа влияет на правильность дальнейшей оценки рисков, а, значит, на определение уровня безопасности. Это означает, что в случае, если не будет учтено какое-то устройство, то оно «выпадет» из дальнейшего анализа, в результате чего будет ошибочно определен необходимый перечень защитных мер, нейтрализующий угрозы информационной безопасности. Таким образом, защищаемый

объект будет продолжать оставаться мишенью для угроз, которые могут использовать уязвимость неидентифицированного устройства. Также крайне важно корректное построение моделей, учитывая функциональность, расположение и иерархию устройств в сети. Ошибки, допущенные в разработке моделей, могут оказать значительное влияние на правильность определения уровней безопасности для соответствующих групп устройств. Важно понимать, что необходимо уделять особое внимание на построение моделей, так как от этого зависят состав и содержание дальнейших работ по обеспечению информационной безопасности объекта защиты.

Моделирование АСУ ТП дожимной насосной станции

Согласно ГОСТ Р 56205–2014, анализ объекта защиты включает в себя разработку 4 моделей [4]:

1. Базовая модель
2. Объектная модель

3. Базовая архитектура

4. Зональная модель

Базовая модель описывает общую структуру, разделяя объект на логические уровни. Каждый уровень соответствует определенному классу функциональности. Специалисты по комплексной автоматизации предприятий придерживаются структуры, состоящей из 5 уровней (Рис.2):

Уровень 4 — системы планирования ресурсов предприятия ERP (Enterprise Resource Planning);

Уровень 3 — системы исполнения производства MES (Manufacturing Execution Systems);

Уровень 2 — диспетчерское управление;

Уровень 1 — средства локального управления;

Уровень 0 — датчики и исполнительные устройства.

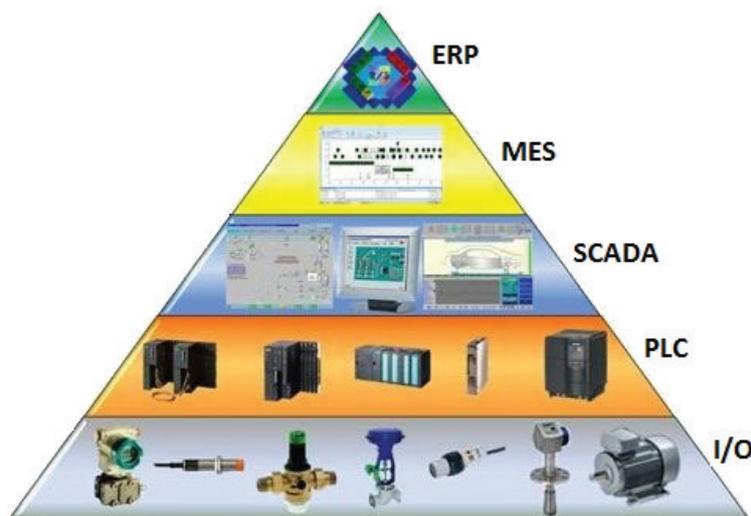


Рис. 2. Пирамида уровней автоматизации

На уровне ERP осуществляются расчет и анализ финансово-экономических показателей, решаются административные и логистические задачи. Уровень MES осуществляет решение задач управления качеством продукции, планирования и контроля последовательности операций технологического процесса, управления производственными и людскими ресурсами в рамках технологического процесса, технического обслуживания производственного оборудования. Эти два уровня относятся к задачам АСУП (автоматизированные системы управления предприятием) и не рассматриваются в данной статье. На следующих трех уровнях решаются задачи, которые относятся к классу АСУ ТП. Поэтому 0,1,2 уровни в рамках АСУ ТП именуется также нижним, средним и верхним соответственно. АСУ ТП дожимной насосной станции иерархически имеет следующую структуру:

Нижний уровень АСУ ТП — уровень контрольно-измерительных приборов (КИП). Функциональными элементами данного уровня АСУ ТП являются следующие технологические объекты: депульсатор, сепаратор-пробкоуловитель, трехфазный сепаратор первой ступени сепарации, концевой сепаратор, нагреватель, конденсатосборник, факельная установка, газосепаратор, емкость дренажная, емкость аварийного сброса, емкость утечек, насосная.

Средний уровень АСУ ТП — уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК). Предназначен для преобразования информации с нижнего уровня, обработки и подготовки для передачи на верхний уровень. Оборудование мониторинга процессов считывает данные

с датчиков, приводит в исполнение алгоритмы и сохраняет данные о динамике процессов. Контроллеры данного уровня непосредственно связаны с датчиками и с исполнительными механизмами, участвующими в процессе.

Верхний уровень АСУ ТП — уровень визуализации технологического процесса. Предназначен для получения информации со среднего уровня, обработки и дистанционного управления технологическим процессом через технические устройства среднего уровня. Включает в себя: АРМ оператора, АРМ инженера, сервер ввода-вывода, сервер БД, телефон.

Базовая модель АСУ ТП дожимной насосной станции представлена на рисунке 3.

На основе Базовой модели на следующем этапе строится *Объектная модель* (Рис.4), описывающая основные объекты АСУ ТП, взаимодействие с сетями, подразделениями, участвующими в технологическом процессе. Данная модель важна, поскольку она помогает понять иерархическую структуру и процессные связи рассматриваемой АСУ ТП. Кроме того, с точки зрения безопасности следует уделять особое внимание самому управляемому оборудованию, его пользователям, а также соединениям между компонентами системы.

Следующим шагом в процессе моделирования АСУ ТП является построение модели *Базовой архитектуры* (Рис.5). Данная модель составляется из субъектов, определенных в Объектной модели и отражает все основные элементы АСУ ТП, оборудование и линии связи. От правильности построения Базовой архитектуры зависит даль-

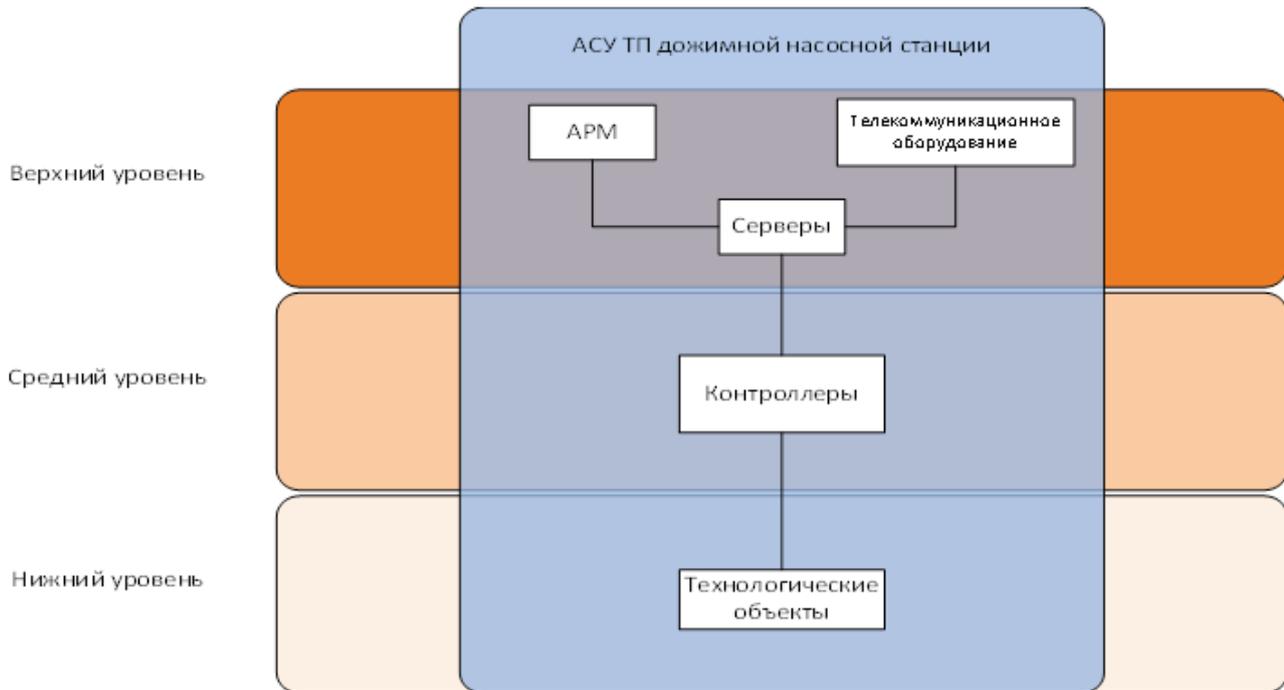


Рис.3. Базовая модель АСУ ТП ДНС



Рис.4. Объектная модель АСУ ТП ДНС

нейшее сегментирование АСУ ТП на основе высокоуровневой оценки риска.

Для того, чтобы привязать понятие безопасности не к конкретным устройствам, а к зонам, ГОСТ Р 56205–2014 вводит понятие «уровней безопасности» (security level). SL обеспечивают систему критериев для принятия решений о применении контрмер, а также по-

могает определить их эффективность в рамках жизненного цикла уровней безопасности. На основании проведенной высокоуровневой оценки рисков ИБ компоненты АСУ ТП логически объединяются в зоны, которые отражает *Зональная модель*. В соответствии с уровнем рисков устройств АСУ ТП устанавливаются уровни безопасности зон, приведенные в таблице 1.

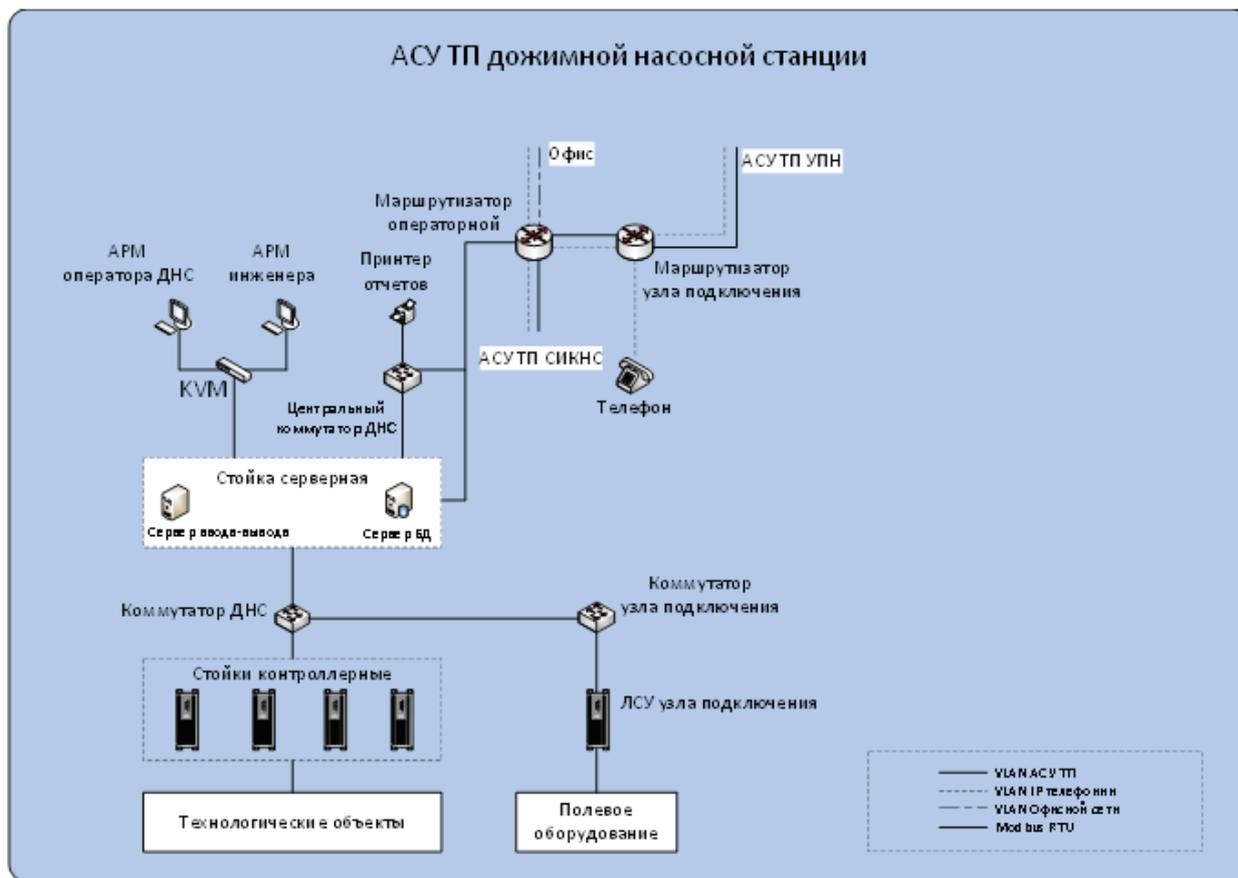


Рис.5. Базовая архитектура АСУ ТП ДНС

Таблица 1

Уровни безопасности зон АСУ ТП ДНС

Уровень безопасности	Качественная характеристика
1	Низкий
2	Средний
3	Высокий

Существует три типа SL:

1. Целевой SL
2. Достигнутый SL
3. Потенциальный SL

Целевой SL определяется в ходе оценки рисков и назначается определенной зоне.

Достигнутый SL зависит от внутренних свойств безопасности устройств. Данный уровень безопасности изменяется с течением времени из-за снижения эффективности контрмер и появления новых уязвимостей. Важно поддерживать такой достигнутый SL, который был бы больше или равен целевому SL. На достигнутый SL зоны влияет ряд следующих основных факторов, но не ограничивается ими:

Достигнутый $SL = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, t)$, где:
 X_1 — потенциальный SL устройств;

- X_2 — достигнутый SL зон, с которыми происходит взаимодействие;
- X_3 — периодичность аудитов;
- X_4 — знания злоумышленников;
- X_5 — выявление несанкционированных проникновений;
- X_6 — эффективность контрмер;
- t — время.

Потенциальный SL — уровень безопасности устройств АСУ ТП, вносящий вклад в достигнутый SL определенной зоны, которая включает в себя данные устройства.

Поскольку в отношении сложных систем нецелесообразно применять один и тот же уровень безопасности, разрабатывается Зональная модель. Она служит для описания логических групп объектов АСУ ТП и позволяет

оценивать общие угрозы и уязвимости. Более того, в отношении данных групп определяется целевой уровень безопасности, определяющий набор контрмер, необходимых для нейтрализации угроз. От правильности проведения высокоуровневой оценки риска зависит корректность определения зон, что повлияет на эффективность контрмер в отношении определенной группы объектов.

Так как в данной работе рассматривается типовая АСУ ТП ДНС, а высокоуровневую оценку рисков следует проводить для конкретного объекта на определенном месторождении, учитывая ее особенности, то объект будет условно разделен на зоны, соответствующие уровням АСУ ТП, согласно приказу ФСТЭК России от 14 марта 2014 г. № 31 (Рис.6).

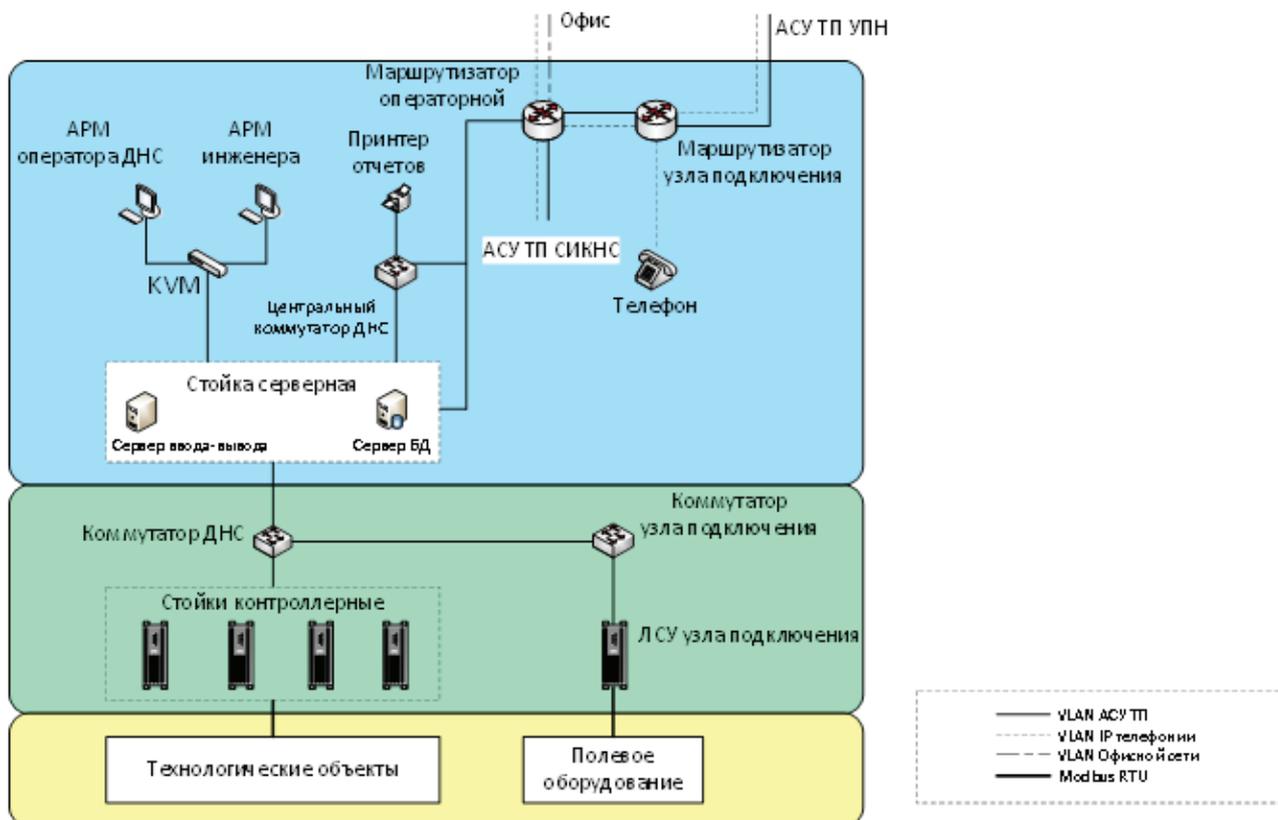


Рис.6. Зональная модель АСУ ТП ДНС

На основании полученной Зональной модели на следующей стадии осуществляется детальная оценка рисков ИБ, которая включает в себя подробный анализ угроз и уязвимостей устройств в каждой зоне. Результаты данной стадии ложатся в основу формирования перечня контрмер, необходимых для нейтрализации угроз.

Вывод

Моделирование АСУ ТП в контексте управления рисками ИБ сводится к описанию и составлению «общей картины» защищаемой системы. В рамках данного процесса происходит поэтапное построение моделей. Ре-

зультатом моделирования является Зональная модель, логически разделяющая систему на группы с соответствующим уровнем безопасности. Необходимо уделять особое внимание проведению данного этапа в контексте управления рисками ИБ, так как ошибки, допущенные при моделировании, станут причиной неэффективности дальнейшей оценки рисков. Невыявленные уязвимости повышают риск нештатных ситуаций, которые могут привести к авариям. Важно понимать, что масштабы последствий на промышленных объектах могут нанести значительный ущерб инфраструктуре целого региона или государства, не говоря уже о катастрофических последствиях для экологии и гибели людей.

Литература:

1. Леонтьев, С. А. Расчет технологических установок системы сбора и подготовки скважинной продукции [Текст]: учеб. пособие / С. А. Леонтьев, Р. М. Галикеев, О. В. Фоминых. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2010 (Тюмень). — 115 с.
2. Втюрин, В. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП: учеб. пособие / В. А. Втюрин. — СПб., 2006. — 154с.

3. Обеспечение кибербезопасности АСУ ТП // Диалогнаука. URL: http://www.dialognauka.ru/solutions/cybersecurity_iacs/
4. ГОСТ Р 56205–2014 Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы. Часть 1–1. Терминология, концептуальные положения и модели.

Мобильные приложения

Рахимов Бобур Камолович, магистрант

Ташкентский университет информационных технологий, Самаркандский филиал (Узбекистан)

В статье рассматривается создание и развитие мобильных приложений.

Ключевые слова: мобильные приложения.

Исходной точкой для изобретения современных мобильных приложений стало возникновение на мобильном телефоне экрана. Конечно, 1-ое программное обеспечение для телефонных аппаратов являло собой интегрированные приложения, которые предназначались для выполнения определенных функций телефонного аппарата и устанавливались в прибор самими их заводскими-производителями.

На взгляд автора, первым мобильным приложением можно считать телефонную книжку, содержащая в себе контакты. Время от времени в это устройство включались дополнительные опции, например, появилась возможность записывать адреса абонентов, электронную почту и иные сведения, что облегчало в дальнейшем поиск.

С выходом в свет способности обмена краткими текстовыми сообщениями в телефонный аппарат добавилась ещё одно приложение, позволяющее строчить, редактировать, отправлять маленькие электрические слова.

Время возникновения первого мобильного приложения, установленного на телефонный аппарат поверх уже имеющегося ПО, возможно отнести к концу 90-х годов 20 века, когда сотовая ассоциация стала поменьку появляться в жизни людей во всем мире. За это время в программную оболочку сотовых телефонных аппаратов, кроме самых важных приложений, изготовители стали ставить вспомогательное ПО. По мнению Платонова Ю.Г., это были всевозможные мультимедийные приложения — всевозможные игры, редакторы рингтонов, калькуляторы, календари и т.д. [1, с.19].

С проникновением на рынок сотовой связи технологий WAP, которая позволяет её владельцам выходить в интернет, объём мобильных приложений стал увеличиваться. Это связано ещё и с тем, что установить на современный смартфон какую-либо программу или приложение стало проще, так как отпала необходимость прибегать к помощи так называемого DATA-кабеля, который соединял персональный компьютер (ПК) со смартфоном или сотовым телефоном. Ещё лет 10–15 назад не всякий мобильный телефон снабжался данным кабелем, что препятствовало развитию приложений.

Вероятность выхода в онлайн именно сквозь телефонный аппарат разрешила ставить на установку разное ПО, а еще игры в том числе и что людям, которые не имели бытового компа. Не считая такого, WAP имел возможность работать, в том числе, и на экономных телефонах, за счет чего количество юзеров мобильных приложений еще увеличивалось. Единым минусом WAP-доступа стала высочайшая цена передачи данных — скачав лишь только некоторое количество программ для телефонного аппарата, юзер имел возможность израсходовать целый личный счет.

К началу свежего тысячелетия стартовало буйное становление рынка мобильного контента в целом и мобильных приложений в частности. Как грибы впоследствии ливня бывают замечены специальные веб-сайты по перепродаже программных товаров и мультимедийного контента для мобильных телефонных аппаратов. А возникновение свежих технологий передачи данных с поддержкой сотовой связи (GPRS, EDGE) разрешает удешевить мобильный интернет-трафик. Юзеры стали в невообразимых числах закачивать из сети рисунки, музыкальные рингтоны, игры, нужное программное обеспечение и т.д.

Аппарат добавочных приложений поможет улучшить работоспособность смартфонов телефонов по сопоставлению с мобильными телефонными аппаратами. Современные сотовые телефонные аппараты, а вернее модели, которые относятся к средней ценовой категории и выше, нередко могут справиться с большинством задач пользователей. [3, с.52].

Мобильные приложения, подготовленные для операционной системы, являются полноценными скомпилированными в специальный двоичный код последовательностями. Как справедливо отмечает Фаулер М., во всех смартфонах и коммуникаторах установлены более мощные процессоры, чем в мобильных телефонах, возможности программиста по созданию таких приложений практически не ограничены. [2, с.83].

Независимо от того, для какого устройства используется та или иная программа, мобильные приложения

можно подразделить на коммерческие и бесплатные (или условно бесплатные, где даётся определённый тестовый период, обычно он равен 30 дням, после которого предлагается купить платную версию программного обеспечения). Бесплатные программы от платных может отличаться меньший функционал, ограничение возможностей. В бесплатных приложениях пользователю может быть навязан просмотр рекламы прежде, чем будет дан доступ к приложению. Пользователь вправе сам выбирать, какую программу ему установить.

Литература:

1. Платонов, Ю. Г. Разработка мобильных приложений для работы с корпоративными информационными системами // Проблемы информатики. — 2011. — № 3. — с. 15–32.
2. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений. М.: Вильямс, 2006.
3. Копытов, В. В., Шульгин А. О., Федоров С. А. Разработка архитектуры интеграционной среды кроссплатформенных мобильных приложений с корпоративной информационной системой // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 7–1 (38). с. 51–54.

Моделирование бизнес-процесса «Сервисное обслуживание автомобилей»

Романова Ольга Олеговна, студент;

Абросимова Екатерина Валерьевна, магистрант;

Улеев Александр Сергеевич, магистрант

Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета

Благодаря росту автомобилизации России и динамике приобретений легковых и грузовых автомобилей прослеживается тенденция роста численности и развития сферы автосервиса, где ассортимент предлагаемых услуг должен соответствовать растущим потребностям в обслуживании автомобилей, в том числе техническом.

До начала 90-х годов автосервис в России характеризовался довольно малым количеством станций технического обслуживания и ремонта автомобилей индивидуальных владельцев. Большинство автомобилистов занимались самообслуживанием и ремонтом своих автомобилей в собственных гаражах и ремонтных зонах коллективных автостоянок.

С развитием российской экономики и ростом благосостояния автовладельцы стали предпочитать иномарки, которые достаточно проблематично ремонтировать самостоятельно. Кроме того, отечественные автогиганты стали выпускать аналогичную по сложности технику. Это привело к развитию предприятий автосервиса и послепродажного обслуживания.

Основными целями деятельности любого автосервиса является восстановление изменившихся в процессе эксплуатации параметров системы автомобиля, предупреждение снижения эффективности ее работы, а также исключение преждевременного разрушения и снижения безопасности.

Выводы

Развитие интернета в мобильных телефонах и смартфонах породило за собой и кибер-угрозы для пользователей. Чтобы предотвратить атаку вирусов, пользователю следует прежде, чем скачать то или иное приложение, узнать о нём больше информации, ознакомиться с отзывами других пользователей. Также целесообразно обратиться за помощью и к самим создателям программного обеспечения.

Для более наглядного понимания работы автосервиса рассмотрим бизнес-процесс «Сервисное обслуживание автомобилей».

Входом бизнес-процесса является обращение клиента в сервисный центр. Основанием для регистрации клиента служат документы:

- удостоверяющие личность клиента (паспорт, водительское удостоверение);
- паспорт транспортного средства (ПТС);
- свидетельство о регистрации ТС.

В ходе регистрации менеджер сервисного центра определяет цель обращения клиента: прохождение техобслуживания (ТО) или ремонт автомобиля.

Целью **технического обслуживания** является поддержание надлежащего внешнего вида автомобиля, уменьшение износа деталей, предупреждение возникновения неисправностей и поломок деталей автомобиля, а значит, и повышение технической готовности, продление срока его службы и повышение безопасности движения.

Промежуточная диагностика во время прохождения технического обслуживания автомобиля включает в себя:

- ежемесячную проверку масла в двигателе и антифриза (тосола) в радиаторе;
- наличие трансмиссионной жидкости в рулевом управлении (гидроусилителе) и коробке передач;

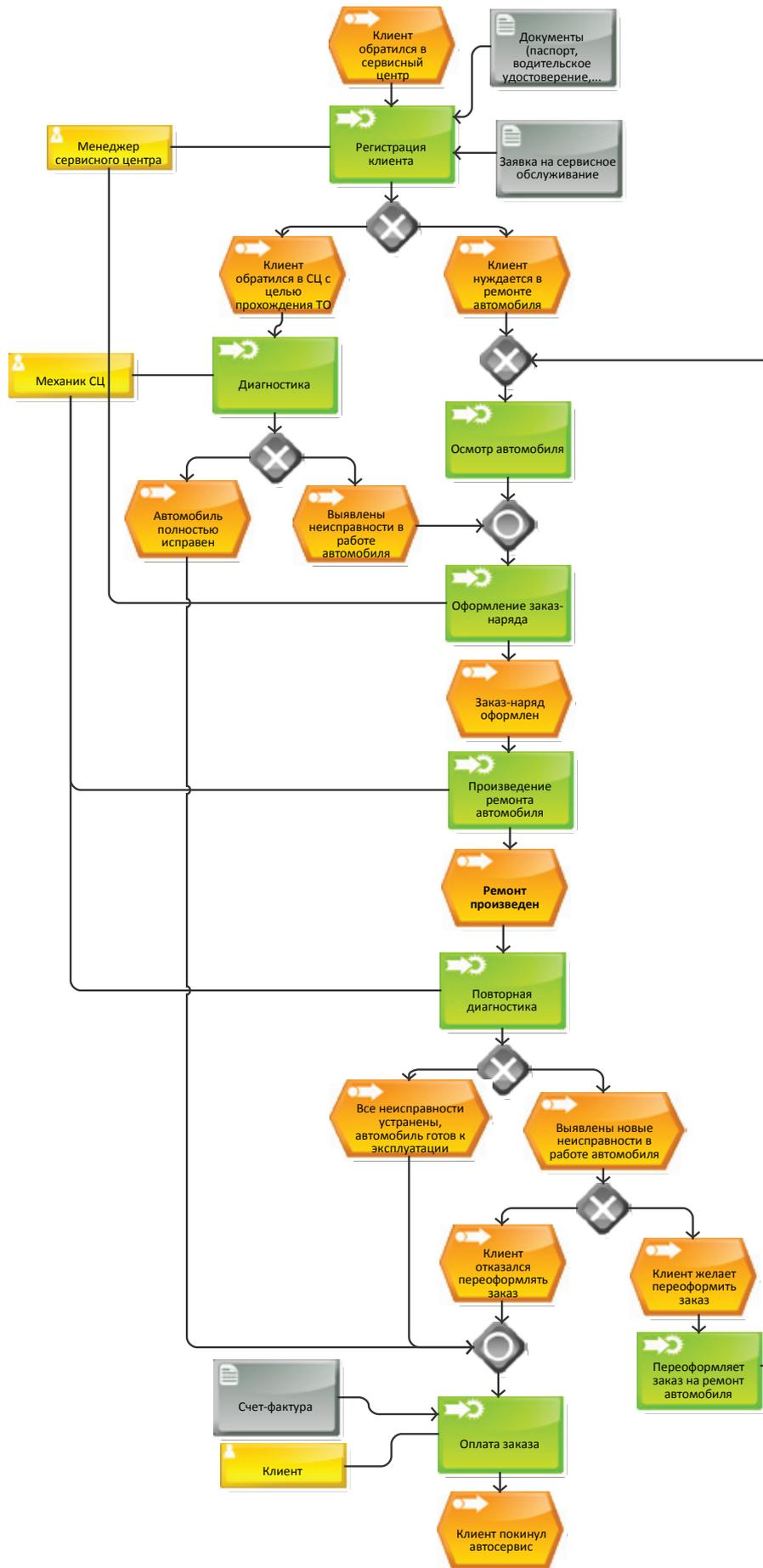


Рис. 1. Бизнес-процесс «Сервисное обслуживание автомобилей»

- проверка, прокачка тормозов и если необходима доливка жидкости;
- подкачка колес и измерение давления в них;
- обслуживание аккумулятора;
- визуальный осмотр, мойка кузова и чистка салона.

Функции «Диагностика» и «Осмотр автомобиля» подразумевают выполнение контрольно-диагностических и регулировочных работ. Их необходимо выполнять через определенный пробег автомобиля, в соответствии с указаниями, имеющимися в руководстве по эксплуатации. Диагностика позволяет определить степень работоспособности всех систем автомобиля.

Диагностике подвергаются следующие узлы и агрегаты автомобиля:

- двигатель;
- ходовая часть, тормоза, сцепление;
- сайленблоки, шаровые наконечники, пружины, стойки, рулевые тяги, колодки, корзины и дисков сцепления, ABS и Airbag;
- электрооборудование;
- системы охлаждения (кондиционер) и отопления (печка).

На основании проведенных диагностических работ механик сервисного центра составляет «Акт осмотра автомобиля» и передает его менеджеру автосалона.

При обращении клиента в сервисный центр с целью ремонта автомобиля также в первую очередь происходит его осмотр и составление «Акта осмотра автомобиля».

Функция «Оформление заказ-наряда»

На основании «Акта осмотра» автомобиля менеджер формирует заказ-наряд на выполнение работ. В заказе-наряде обязательно указываются: полный объем работ, выполняемый исполнителем; данные о ремонтных запчастях и расходных материалах; описание каждого этапа работы; стоимость услуг. Документ нужно оформлять исключительно в соответствии с правилами технического обслуживания и ремонта автомобилей, утвержденными законодательством РФ. В заказе-наряде необходимо указать следующие атрибуты:

- сведения об исполнителе, его название и адрес;
- подробную контактную информацию о заказчике услуг;
- список услуг и работ, которые необходимо выполнить;
- полный перечень запасных частей и других материалов, которые были предоставлены заказчиком или исполнителем;
- предполагаемые сроки выполнения заказа;
- стоимость оказанных услуг;
- порядок оплаты.

Функции «Производство ремонта автомобиля» и «Повторная диагностика»

Механик сервисного центра производит ремонт автомобиля на основании ранее сформированного «Заказ-наряда» и проводит повторную диагностику. Если данная диагностика показала, что все неисправности устранены, то клиенту выставляется счет на оплату.

Функция «Переоформляет заказ на ремонт автомобиля»

Если в ходе диагностики были выявлены новые неисправности, компания ставит об этом в известность клиента, который вправе переоформить заказ на повторный ремонт автомобиля.

Функция «Оплата заказа»

После того как все неисправности устранены, механик сервисного центра передает «Заказ-наряд» с личной подписью в бухгалтерию, которая на основании данного документа выставляет счет на оплату клиенту.

Полученная модель позволяет провести анализ алгоритмов реализации бизнес-процесса «Сервисное обслуживание автомобилей» с целью его реинжиниринга, оптимизации и повышения качества услуг. Также данная модель позволяет ускорить обучение вновь принятых на работу сотрудников; осуществлять бенчмаркетинговый анализ с другими сервисными центрами; сохранить уникальные знания по выполнению бизнес-процессов и сформировать в дальнейшем базу знаний предприятия.

Литература:

1. Войнов, И. В., Пудовкина С. Г., Телегин А. И. Моделирование экономических систем и процессов. Опыт построения ARIS-моделей: Монография. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. — 392 с.
2. Волков, О. Стандарты и методологии моделирования бизнес-процессов. Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=5710>. — Загл. с экрана.
3. Григорьев, Д. Моделирование бизнес-процессов предприятия. Режим доступа: <http://www.valex.net/articles/process.html>. — Загл. с экрана.
4. Калянов, Г. Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов // М.: Финансы и статистика, 2006.

Автоматизированное добавление печатных штампов при помощи Adobe Acrobat 6.0 благодаря использованию Visual Basic (VBA) и JavaScript

Степуро Елена Николаевна, студент
Рязанский государственный радиотехнический университет

В статье рассматривается наиболее простой способ добавления печатных штампов в документ MS Word, а именно при помощи макроса, описанного на языке программирования Visual Basic for Application с использованием Adobe Acrobat 6.0 и элементов программирования на языке JavaScript.

Ключевые слова: макрос для Word, Interapplication Communication for Acrobat, JavaScript API.

MS Word макрос представляет собой инструмент, который позволяет запоминать какие-либо определенные задачи и действия, а в дальнейшем их выполнять. Одна из целей создания макросов — выполнение задач одним щелчком мыши или одним нажатием клавиши. [5] Макросы для MS Word пишутся на языке программирования Visual Basic для приложений (VBA). Это упрощенная реализация языка программирования Visual Basic, встроенная в линейку продуктов Microsoft Office, а также версий для MacOS. Чтобы запускать макрос одним щелчком мыши, можно добавить кнопку на панель быстрого доступа. Для его запуска также можно назначить сочетание клавиш.

Иногда на практике встречаются случаи, когда требуется определить удобный макрос для создания водяных знаков для печатных бланков. Первая мысль, которая может прийти в голову, это добавление графического объекта в верхний и нижний колонтитулы документа. Редактор MS Word может сделать это автоматически. Задача звучит достаточно просто. Но что если, во-первых, графический объект должен быть за текстом, а, во-вторых, предположим, что бланки должны быть только на первой странице. Их можно поместить в основной текст первой страницы, или изменить формат страницы так, чтобы получились разные верхний и нижний колонтитулы на первой и последующих страницах. Если необходимы печатные бланки на всех страницах, кроме первой, то можно использовать второй вариант. Но если получать документ из другого источника, как клиент или поставщик, то есть вероятность, что документ уже имеет разные колонтитулы в разных разделах. В итоге мы получаем слишком много условий.

Но в то же время Adobe Acrobat 6.0 имеет такую функцию, как размещение одной PDF-страницы поверх другой. Это является отличным решением проблемы. Для правильной работы необходимо конвертировать документ MS Word в формат PDF и затем использовать Adobe Acrobat 6.0 для того, чтобы добавить печатный штамп в PDF.

Эта версия Adobe Acrobat была выпущена еще в 2003 году. Программа позволяет создавать собственные документы, формы, презентации и многое другое. Нынешние технологии предусматривают вставку в PDF ани-

мации, аудио- и видеофайлов. К ключевым особенностям Adobe Acrobat следует отнести:

— Сканирование и конвертирование непосредственно в формат PDF. В данный формат можно перевести любые бумажные документы, фотографии, сообщения электронной почты, web-страницы, электронные таблицы, видео, совместимое с AdobeFlashPlayer.

— Экспорт и редактирование PDF. Утилита позволяет экспортировать PDF в форматы Excel или Word, сохранять их без изменения форматирования. Рисунки, таблицы, текст в несколько колонок, атрибуты шрифта и параграфы — все остается на своих местах. Документ можно конвертировать не полностью, а частично.

— Комбинирование нескольких файлов из различного контента. Один PDF-файл может хранить в себе разный контент, представленный в удобной форме — хорошо читаемой и структурированной. [7]

Единственное, что остается это описать инструкцию для пользователей. Повезет, если пользователь будет знаком с работой Adobe Acrobat 6.0 и редактора MS Word. А если он является новичком? Большинство пользователей не понимают, как работают эти программы, по какому алгоритму все происходит и почему происходит именно так, а не наоборот. Вместо этого они пытаются запомнить нужную им последовательность действий. Чтобы не обременять пользователя инструкциями «Конвертируйте документ MS Word в документ PDF. Затем объедините его с печатным штампом PDF, используя добавление водяных макросов, после чего распечатайте документ», стоит написать макрос, который максимально автоматизирует задачу.

В данной статье рассмотрим использование Visual Basic for Application (VBA) для решения данной задачи. На первый взгляд эта идея кажется трудной, но вполне разрешимой.

Для этого будем использовать Interapplication Communication for Acrobat (IAC), которое описывает отдельный процесс приложения для контроля функциональности Acrobat. [1] На Windows термин «Interapplication» подразумевает OLE (Object Linking and Embedding), на MacOS он выступает в качестве AppleScripts. [4] Объекты OLE могут быть описаны на языке Visual Basic. Существуют три версии

IAC, каждая из которых соответствует одной из основных версий Adobe Acrobat: 4, 5 или 6. Но в них доступ к водяному

```
Dim app As Object
Set app = CreateObject ("AcroExch.App")
app.MenuItemExecute ("COMP: AddBack")
```

Метод MenuItemExecute () определен в справочнике IAC, в котором данный пункт меню описан в Acrobat Core API Reference. Приведенный выше код открывает диалоговое окно, которое появляется при добавлении водяных знаков в Adobe Acrobat.

Также можно использовать JavaScript API для наложения двух PDF-страниц. [2] Такая техника использует функции, которые доступны только через JavaScript, а не через IAC. Компания Adobe представила некий мост JavaScript — IAC с версии Acrobat 6.0. [3] Но документ, описы-

```
Set app = CreateObject ("AcroExch.App")

Set avDoc = app.GetActiveDoc ` get the logical doc
Set pdDoc = avDoc.GetPDDoc ` get the physical doc
Set jso = pdDoc.GetJSObject ` get the bridge
docs = jso.app.activeDocs ` get array of active docs,
` app is the JS handle to Acrobat's Application top level object
For Each doc In docs ` iterate docs
...
Next
```

На данном этапе есть все, что нужно для описания макроса. Таким образом, для реализации нашей задачи необходимо выполнить следующие шаги:

1. Преобразовать документ MS Word через Adobe PDF Printer.
2. Подождать, пока Acrobat откроет обработанный PDF-документ.
3. Получить JSObject из обработанного PDF-документа.
4. Добавить первую страницу другого PDF-документа в обработанный PDF-документ.
5. Включить добавленную страницу в шаблонную.
6. Инициализировать шаблонную страницу для всех обработанных PDF-документов, при помощи слияния содержимого шаблона с нормальным содержанием.

Литература:

1. Пономаренко, С. Adobe Acrobat 8. Формат PDF и печать: Самоучитель / С. Пономаренко. — Изд-во БХВ-Петербург, 2007. — 296с.;
2. Stefanov, S. Object-Oriented JavaScript / S. Stefanov // Packt Publishing, 2013. — 354 с.;
3. [Электронный ресурс] <http://www.planetpdf.com/>;
4. [Электронный ресурс] <http://public.id/interapplication-communication-api-reference-ppt.htm>;
5. [Электронный ресурс] <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/office/ff604039%28v=office.14%29.aspx>;
6. [Электронный ресурс] <https://ru.scribd.com/doc/33265752/19/AcroExch-App-GetActiveDoc-Method>;
7. [Электронный ресурс] http://chem-otkrit.ru/soft/Adobe_Acrobat.

знаку можно обеспечить только путем выполнения пункта меню, который имитирует нажатие кнопки мыши:

вающий его работу, исключен из публичного доступа. Хотя в базе знаний Acrobat можно найти не задокументированный код на Visual Basic для метода PDDoc.GetJSObject (). С помощью этого метода получается двойной интерфейс к объекту JavaScript, который связан с PDDoc. Здесь JSObject является коллекцией объектов, находящихся в Acrobat JavaScript API. JSObject возвращает аргументы типа Variant и принимает почти все аргументы элементарных типов. Из этого можно сделать вывод, что мост Visual Basic/JavaScript должен быть вызван следующим образом:

7. Удалить шаблонную страницу из обработанного PDF-документа.

Самым сложным является шаг 4, так как в JavaScript API нет метода GetActiveDoc (), который получает самый «передний» документ. Этот метод возвращал бы необходимый документ. [6] Подобное по функционалу свойство JavaScript App.activeDocs возвращает массив всех открытых PDF-документов. Для того чтобы получить управление через JavaScript для обработанного PDF-документа, следует перебрать весь этот массив и сравнить имя каждого документа с именем документа полученного через метод GetActiveDoc ().

Исследование особенностей аутентификации пользователей корпоративных сетей с использованием USB-ключей

Тимощенко Александр Викторович, студент
Северо-Кавказский федеральный университет

Статья посвящена исследованию аутентификации пользователей с использованием USB-ключей в корпоративных и частных сетях, который предназначен для обеспечения информационной безопасности пользователей, их идентификации и безопасного удаленного доступа к информационным ресурсам.

Ключевые слова: USB-токен, электронный USB-ключ, электронный ключ.

Основой программно-технических средств безопасности информации является идентификация и аутентификация.

Идентификация позволяет субъекту (пользователю, процессу, действует от имени определенного пользователя или иному аппаратно-программному компоненту) называть себя (сообщить свое имя).

С помощью аутентификации вторая сторона убеждается, что субъект действительно тот, за кого он себя выдает. Как синоним слова «аутентификация» иногда используют словосочетание «проверка подлинности».

Специалисты по информационной безопасности уже давно твердят о том, что парольная аутентификация — это самый ненадежный и уязвимый способ проверки подлинности пользователя. Интересное исследование было проведено в школе повышения квалификации командного состава ВМС США. Среди слушателей и профессорско-преподавательского состава наиболее распространенным для использования оказался 6-символьный пароль. Исследователи провели программный эксперимент по подбору пароля путем простого перебора и выяснили, что 6-символьные пароли подбираются примерно за 6 дней непрерывной работы компьютера, 8-символьные — примерно за 80 дней для английского языка и до 110 дней для русского. Интересный момент: при использовании заглавных букв приведенные цифры можно умножить еще на 2. Добавьте к этим данным год исследования — 2003, ресурс для исследования — процессор Pentium 166 и скорость подбора паролей 6000–15000 в минуту. Проектируя ситуацию на сегодняшний день, можно сделать весьма неутешительные выводы. Технологии ушли далеко вперед, скорости выросли в несколько раз, а люди, как и раньше, для паролей используют преимущественно имена своих домашних питомцев.

На современном этапе развития науки в области информационной безопасности все чаще вводится относительно новая технология — биометрия. Однако, на практике, в корпоративной среде находим лишь единицы крупных серьезных внедрений биометрии. Биометрические системы достаточно дороги, кроме того, следует учитывать и морально-этические аспекты: работник, меняя место работы, не всегда будет равнодушным к своему оставленному ранее «цифровому клону». Однако, главным

недостатком биометрии является вероятностный подход к определению личности. Отпечаток пальца сравнивается с эталонным на «сходство», и всегда есть вероятность того, что один человек окажется «похожим» на второго, или же оригинал окажется «не похожим» сам на себя (например, вследствие химического ожога пальца). Не простым является решение вопроса по централизованному хранению биометрических данных сотрудников — стоимость работ по обеспечению безопасности такой базы данных вполне может оказаться не намного меньше стоимости внедрения самой системы биометрической аутентификации.

USB-ключи представляют собой компактные устройства, предназначенные для обеспечения информационной безопасности корпоративных заказчиков и частных пользователей. Подобно персональному компьютеру устройства USB — токенов содержат процессор и модули памяти, функционирующие под управлением своей операционной системы, выполняя необходимые приложения и храня информацию.

USB-ключи базируются на высокозащищенной платформе, которая разработана для производства смарт-карт, в которой традиционно предъявляют повышенные требования в отношении информационной безопасности. Поэтому USB-ключи фактически является миниатюрным компьютером, обеспечивает безопасное хранение персональных данных и надежно защищенным от несанкционированного вмешательства.

USB-токен разработан таким образом, чтобы удовлетворить потребности большинства пользователей. USB-ключи и смарт-карты USB-токенов включают в себя устройства, выполняющие базовые функции безопасности, а также комбинированные продукты, сочетающие в себе возможности нескольких устройств.

Используя USB-токен, можно решить следующие задачи:

- усовершенствовать процесс аутентификации (двухфакторная аутентификация) на локальном компьютере и в корпоративной сети, а также защищенный доступ к бизнес-приложениям;
- зашифровать данные на серверах, ноутбуках и рабочих станциях;
- обеспечить защиту персональных данных;

- защитить электронную почту и взаимодействие с коллегами в системах электронного документооборота;
- обезопасить финансовые операции в системах дистанционного банковского обслуживания (ДБО)
- внедрить электронную цифровую подпись (ЭЦП) и защитить документы в системах сдачи электронной отчетности через Интернет;
- обеспечить защиту корпоративного сайта в Интернет.

USB-токены являются основой инфраструктуры информационной безопасности современного предприятия. Они поддерживаются всеми ведущими производителями информационных систем и бизнес-приложений, отвечающих требованиям международных норм. Внедрение USB-ключей или смарт-карт позволяет не только решить нынешние актуальные задачи, но и сохранить инвестиции в дальнейших проектах обеспечения информационной безопасности.

Электронный USB-ключ — носитель ключевой информации, предназначенный для использования в системах информационного доступа, электронного документооборота, авторизации пользователей и защищенного хранения ключевой информации.

Литература:

1. Сабанов, А. Г. Об идентификации и аутентификации. Справочник. — М.: Издательство ЭКОМ, 2014.
2. Давлетханов, М. Недостатки биометрии. Учебник — Москва. 2013.
3. Фергюсон, Н., Шнайер Б. «Практическая криптография» — М.: Издательский дом «Вильямс», 2015.

Модель системы освещения на основе микроконтроллера. Применение в качестве наглядного материала при обучении

Чайкина Мария Леонидовна, преподаватель;

Топорков Павел Андреевич, студент

Сочинский институт (филиал) Российского университета дружбы народов

В USB-токенах реализованы следующие криптографические функции:

- аппаратный криптографически стойкий генератор случайных чисел;
- генерация пары ключей ЭЦП;
- формирование и проверка ЭЦП (эллиптические кривые)
- генерация ключей шифрования;
- шифрования и расшифровки;
- формирование и проверка имитовставки (последовательности данных фиксированной длины, получаемой по определенному правилу из открытых данных и секретного ключа и добавляется к данным для обеспечения имитозащиты);
- вычисление хэш-функции.

Формирование ЭЦП клиента непосредственно внутри SIM-карты токена: на вход токена принимает электронный документ, на выходе выдает ЭЦП под данным документом. При этом при формировании токеном ЭЦП около 0,5 сек.

Секретный ключ ЭЦП генерируется самим токеном, хранится в защищенной памяти токена и никогда, никем и ни при каких условиях не может быть считан из токена.

Школьник понимает физический опыт только тогда хорошо, когда делает его сам. Но ещё лучше он понимает его, если сам делает прибор для эксперимента

П.Л. Капица

Под системой следует понимать комплекс взаимосвязанных компонентов (элементов и устройств), имеющих единое управление. Модель (в науке и технике) представляет собой упрощённый объект, сохраняющий свойства существующего объекта или системы, и предназначенный для их изучения, т.е. его упрощённое представление.

Сегодня широкое применение в системах освещения находят светодиодные светильники и ленты. Однако, применяемый блок управления является закрытой системой, не позволяющей продемонстрировать принцип работы отдельных устройств и всей модели. В то время как демон-

страция принципа работы устройств при изучении предметов, возможность самостоятельно создавать проекты, повышает интерес к изучению дисциплины и способствует улучшению качества обучения.

Целью работы являлось создание модели системы освещения на базе открытых аппаратных платформ и свободных программных средств. Результатом работы стала материальная полезная модель элементов системы освещения, в процессе разработки которой формируются умения и навыки создания принципиальных схем, программирования устройств.

При обучении целесообразно краткое ознакомление с основами электротехники, среды разработки Arduino IDE, основ программирования на языке C++. Навыки программирования необходимы для управления устройствами в проекте.

В качестве управляющего устройства в проектах применяется микропроцессор Arduino Uno, используемый для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированных на непрофессиональных пользователей. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат. Интерес представляет полностью открытая архитектура системы, позволяющая использовать различные типы датчиков, источников света, элек-

тродвигателей, применять легко осваиваемое программное обеспечение.

Программная часть состоит из программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Язык программирования устройств Ардуино основан на C/C++. Кросс-платформенность программного обеспечения Arduino позволяет работать под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux.

Макетная плата используется для быстрой сборки электрических схем без пайки.

Для реализации модели системы необходимы комплектующие, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Комплектующие модели системы освещения

Наименование	Количество
Микроконтроллер Arduino Uno	1
Макетная плата	1
Перемычки (комплект)	1
Блок питания (9–12 V)	1
Резистор 220 Ом	3
Транзистор полевой MOSFET	3
Ультразвуковой дальномер	1
Bluetooth — модуль HC-06	1
Светодиодная лента RGB	1м

Для реализации модели принципиальная схема подключения устройств и схема на макетной плате разработаны авторами с помощью программы Fritzing.

Обучающимся согласно принципиальной схеме необходимо собрать устройство на макетной плате, а затем загрузить готовый скетч. Можно предложить разработать программный код самостоятельно. Этим достигается реализация равноуровневого подхода в обучении с применением модели в качестве обучающего материала для разных возрастов и уровня подготовки. Реализации задачи предшествует создание отдельных проектов подключения и программирования используемых устройств.

Для интеграции в модель системы выбраны элементы: светодиодная лента, ультразвуковой дальномер и Bluetooth — модуль. Приведем их краткое описание.

Ультразвуковой дальномер HC-SR04 (рис.1.) предназначен для измерения расстояния от устройства до объекта. Посылая пучок ультразвуковых сигналов, сенсор определяет расстояние по задержке отраженного сигнала.

Bluetooth — модуль применяется для дистанционного управления Arduino платой с компьютера или смартфона, обмена данными с другими bluetooth-устройствами: пересылки показаний сенсоров. В проекте применяется модуль HC-06 (рис. 2.).



Рис. 2. Ультразвуковой дальномер

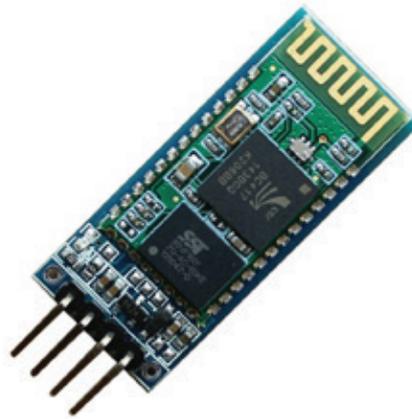


Рис. 3. Bluetooth – модуль

Светодиодная лента — универсальный источник света, гибкая печатная плата с прикрепленными светодиодами и резисторами. Благодаря легкости монтажа, возможности регулирования интенсивности освещения и цветового решения, безопасности, экономичности светодиодная лента находит широкое применение в шоу, костюмах, рекламе, интерьере, автомобилях.

В цифровых светодиодных лентах к каждому светодиоду дополнительно устанавливается микросхема, что делает возможным управлять каждым светодиодом. В аналоговых лентах светодиоды включены в параллель. Следовательно, можно задавать цвет всей светодиодной ленты, но нельзя установить определенный цвет для конкретного LED. Эти ленты просты в подключении и не дорогие, поэтому применяем именно аналоговую ленту (рис. 4).

Программный код работы Arduino:

```
char command;
String string;
const int Trig = 8;
const int Echo = 9;
const int Red=6;
const int Blue=5;
const int Green=3;
void setup ()
{Serial.begin (9600);
pinMode (Red, OUTPUT);
pinMode (Blue, OUTPUT);
pinMode (Green, OUTPUT);
pinMode (Trig, OUTPUT);
pinMode (Echo, INPUT);}
```

Разработано два режима работы светодиодной ленты в зависимости от сигнала, передаваемого на Bluetooth — модуль из Android-приложения («1» или «2»).

Режим «1». Работает ультразвуковой датчик и RGB лента совместно, по мере приближения объекта отключая один цвет из трех.

Режим «2», RGB-лента изменяет цвет каждые 10 секунд, создавая радужный эффект.

Схема сборки на макетной плате представлена на рисунке 5. На рисунке 6 приведена принципиальная схема подключения устройств модели. Для передачи данных на Bluetooth — модуль с Android-устройства используется приложение Bluetooth SSP-unWired являющееся свободно распространяемой программой.

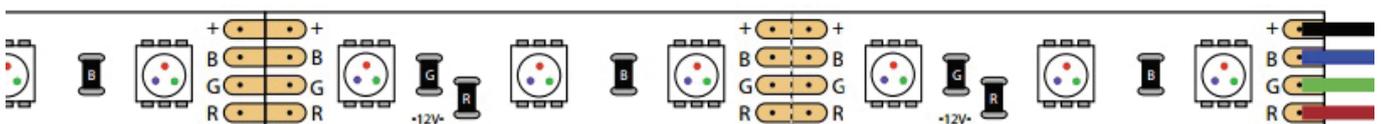


Рис. 4. RGB-лента

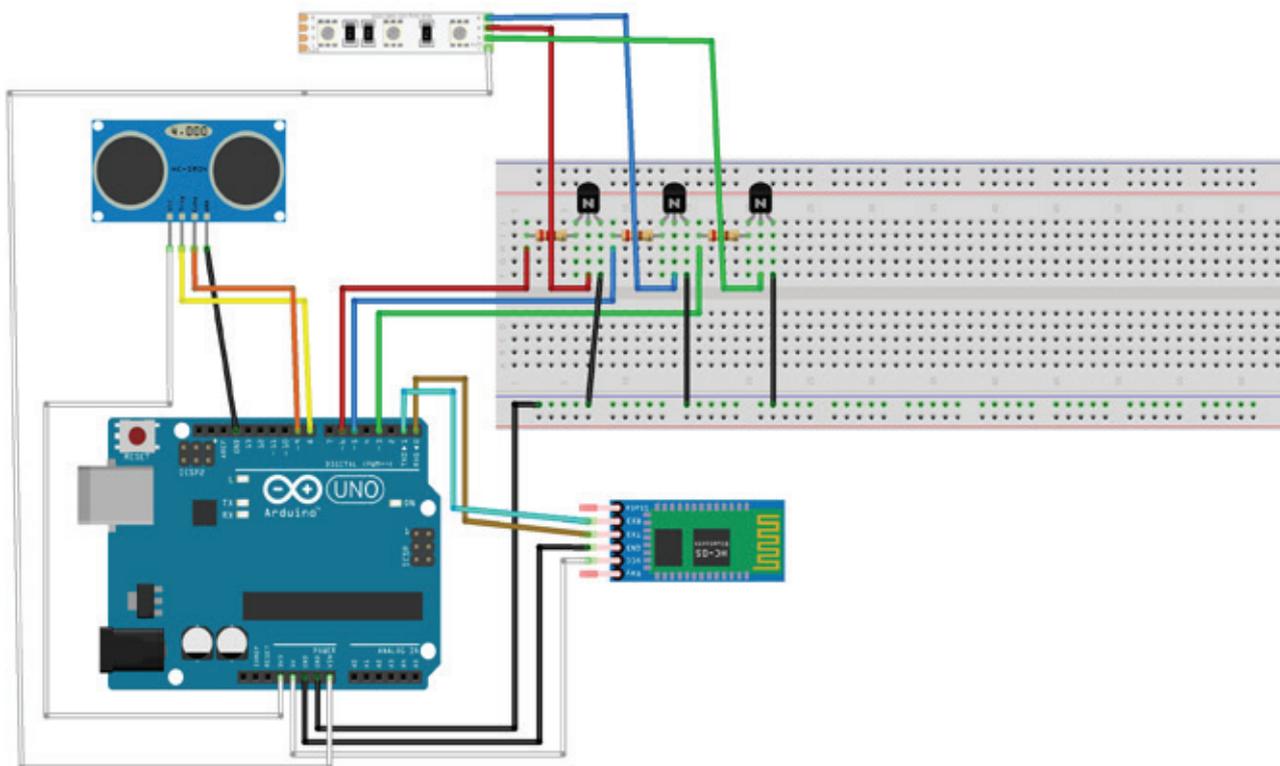


Рис. 5. Схема подключения устройств модели

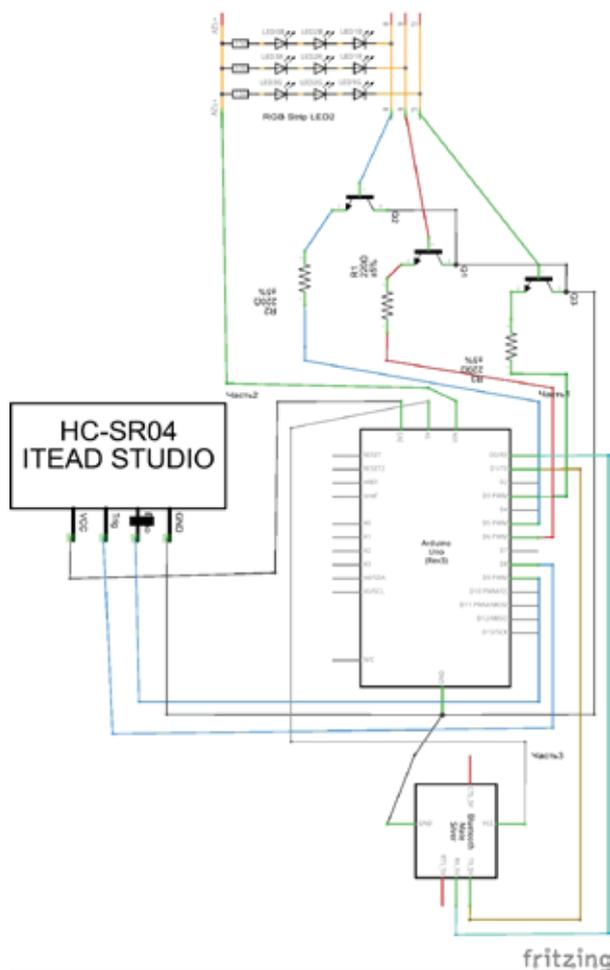


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема систем

```
unsigned int time_us=0;
unsigned int distance_sm=0;
void loop ()
{if (Serial.available () > 0)
{string = "";} while (Serial.available () > 0)
{command = ((byte) Serial.read ());
if (command == ':')
{break;}
else {string += command;}
delay (1);}
if (string == "1")
{Function1 ();}
if (string == "2")
{Function2 ();}}
void Function1 ()
{{{
digitalWrite (Trig, HIGH); // Подаем сигнал на выход микроконтроллера
delayMicroseconds (10); // Удерживаем 10 микросекунд
digitalWrite (Trig, LOW); // Затем убираем
time_us=pulseIn (Echo, HIGH); // Замеряем длину импульса
distance_sm=time_us/58; // Пересчитываем в сантиметры
Serial.println (distance_sm); // Выводим на порт
if (distance_sm<50) // Если расстояние менее 50 сантиметром
{digitalWrite (Red, 1); // Зажигаем светодиод}

else {
digitalWrite (Red, 0); // иначе тушим
}}
{if (distance_sm<25) // Если расстояние менее 25 см
{digitalWrite (Blue, 1);
// Зажигаем светодиод
}
else
{digitalWrite (Blue, 0); // иначе тушим
}}
{if (distance_sm<10)
// Если расстояние менее 10 см
{digitalWrite (Green, 1);
// Зажигаем светодиод}
else
{digitalWrite (Green, 0); // иначе тушим}
}}
void Function2 ()
{int r, g, b;
// fade от голубого к фиолетовому
for (r = 0; r < 256; r++) {
analogWrite (Red, r);
delay (10);}
// fade от фиолетового к красному
for (b = 255; b > 0; b-) {
analogWrite (Blue, b);
delay (10);}
// fade от красного к желтому
for (g = 0; g < 256; g++) {
analogWrite (Green, g);
delay (10);}
```

```
// fade от желтого к зеленому
for (r = 255; r > 0; r--) {
  analogWrite (Red, r);
  delay (10);}
// fade от зеленого к зеленовато-голубому
for (b = 0; b < 256; b++) {
  analogWrite (Blue, b);
  delay (10);}
// fade от зеленовато-голубого к голубому
for (g = 255; g > 0; g--) {
  analogWrite (Green, g);
  delay (10);
}}
```

Новизна проекта, его отличие от прототипов и аналогов заключается в подборе наиболее понятных в работе и в то же время эффективных в восприятии устройств. Создание действующей модели в процессе изучения отдельных предметов: элементов физики и электротехники, программирования, робототехники и ее применение в качестве наглядного пособия улучшает формирование межпредметных связей, способствует формированию

преимущественности инженерного образования на разных ступенях обучения, создает условия технического творчества обучающихся.

Практическая значимость проекта заключается в использовании модели в процессе обучения, а практическое применение модели — в использовании ее на профориентационных выставках учебного заведения, при проведении мастер-классов по привлечению абитуриентов.

Литература:

1. Блюм Джереми. Изучаем Arduino: Инструменты и методы технического волшебства — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 336 с.
2. Литвиненко, Н.А.. Технология программирования на C++. Учебное пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 281 с.
3. Платт Чарльз. Электроника для начинающих — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 480 с.
4. Arduino-проекты // ArduinoTV. URL: <http://arduino-tv.ru/catalog/tag/arduino>
5. Схема подключения многоцветной ленты // Светодиодная лента для подсветки. URL: <http://led-lenta.ru/shema-podklyucheniya-rgb-svetodiodnoj-lenty.htm>
6. Светодиодные ленты и коннекторы // Navigator. URL: <http://www.navigator-light.ru/products/lamps/542.html>

Анализ систем обнаружения вторжений на основе интеллектуальных технологий

Явтуховский Евгений Юрьевич, студент
Дальневосточный федеральный университет

В статье рассматривается проблема актуальности применения интеллектуальных технологий в системах обнаружения вторжений, их потенциальные возможности, преимущества перед аналогами, используемыми традиционные методы выявления угроз и недостатки данных систем.

Ключевые слова: система обнаружения вторжений, интеллектуальные технологии, нейронные сети, экспертные системы.

Системы обнаружения вторжений (СОВ) — это программные, аппаратные или программно-аппаратные средства и комплексы, предназначенные для выявления интернет-атак на сетевые ресурсы и попыток неправомерного доступа в компьютерную систему или сеть.

В настоящее время одними из самых распространенных способов обнаружения вторжений являются: сигнатурный анализ — высокоточный метод обнаружения уже классифицированных атак, но не способный обрабатывать новые типы вторжений; метод, основанный на

аномалиях, позволяющий выявлять новые виды вторжений, но имеющий малую надёжность, ввиду высокой величины ложных срабатываний.

В большинстве случаев в состав СОВ входят:

- сенсорная подсистема, отвечающая за сбор событий;
- подсистему анализа, непосредственно определяющую, является ли данное событие угрозой или нет;
- область хранения, необходимую для накопления первичных событий и результатов анализа;
- консоль управления СОВ, служащей для её конфигурации, просмотра выявленных ею атак и наблюдения за защищаемой системой и самой СОВ.

Системы на базе эвристического и статистического анализа не получили широкого распространения из-за недостатков присущих данным методам, таких как частые ложные срабатывания. Поэтому главенствующее место среди методов обнаружения вторжений занимают экспертные системы (ЭС), искусственные нейронные сети и комбинация этих методов.

Экспертная система принимает решение о причислении произошедшего события к классу атак на основе имеющейся базы знаний. База знаний это некий набор правил необходимый для корректной работы системы, требующий регулярного обновления. Главным же преимуществом нейросетевой модели является возможность обнаружения атак «первого дня», совершенно новых видов угроз, что повышает защищенность всей системы от неизвестных источников.

В общем случае, основное применение экспертных систем, это решение трудных для человека задач с эффективностью и качеством сравнимым с решением принимаемым человеком-экспертом. К отличительным чертам таких задач относят:

- задачи, которые не могут быть заданы в числовой форме;
- цели нельзя выразить в терминах точно определённой целевой функции;
- алгоритмического решения задачи не существует;
- если алгоритмическое решение есть, то его невозможно использовать вследствие ограниченности ресурсов.

Искусственная нейронная сеть представляет собой систему взаимосвязанных друг с другом простых процессоров, называемых искусственными нейронами. Каждый отдельный процессор взаимодействует только с сигналами, получаемыми им от сенсоров или других процессоров и передаваемыми сигналами.

Возрастающее количество интернет трафика и высокая изменчивость характера сетевых атак ставят крайне трудную задачу построения системы защиты, сочетающую в себе огромную пропускную способность, эффективность выявления системой возможных, как ранее определенных, так и абсолютно новых, атак и гибкость настройки СОВ, во избежание ложных срабатываний. Потенциальным решением поставленной задачи могут служить системы об-

наружения вторжений на основе метода искусственных нейронных сетей, свободные от строгого структурирования, свойственного системам основанных на правилах.

Одним из определяющих преимуществ нейронных сетей является возможность анализировать неполную информацию или зашумлённую какими-либо помехами. Другое важное отличие, это проведение нелинейного анализа произошедших событий. Каждое из этих свойств крайне важно в реальной, действующей, сети, где сигнал может искажаться умышленно либо по естественным причинам. Или же атака может происходить одновременно с множества источников. Тогда ключевую роль играет способность нелинейной обработки сразу нескольких потоков данных.

Также к особо важным характеристикам СОВ следует отнести скорость реакции, ведь промедление в минуты и секунды способно нанести непоправимый вред информационной системе предприятия или даже государственных органов. Системы обнаружения вторжений на нейросетях обладают впечатляющими показателями скорости обнаружения и принятия решения о применении защитных мер, позволяющих свести к минимуму наносимый ущерб.

Не менее важное качество нейронных сетей, это их способность прогнозировать дальнейшие события и возможные угрозы, так как результатами проведенных ранее анализов являются вероятности. В ходе «самообучения» система, постоянно набирая опыт, улучшает свои способности по выявлению закономерностей между отдельными событиями, их последовательностью, какими-либо связками, что позволяет либо в более короткие сроки локализовать проблему, либо заранее предпринять защитные меры и полностью отразить нападение без вреда.

Сама способность к «самообучению» играет ключевую роль в выборе искусственных нейронных сетей в качестве базы для анализирующего аппарата системы обнаружения вторжений. С её помощью происходит классификация и заданных изначально событий — списка, на котором проходило «обучение» сети, и «изученных» сетью в процессе эксплуатации сигнатур вероятных угроз, и атак, с которыми система сталкивается впервые, не совпадающими с ранее произошедшими инцидентами. Для уменьшения числа ложных срабатываний, сигнализирование о предполагаемом нападении может происходить только после превышения им пороговой вероятности — момента, когда угроза принимается как потенциально значимая.

Несмотря на перспективность использования и функциональные возможности искусственных нейронных сетей в системах обнаружения вторжений готовые реализации данных комплексов на настоящий момент крайне трудно обнаружить по ряду присущих им недостатков. В первую очередь, это большая стоимость построения, наладки, эксплуатации и ремонта интеллектуальных технологий. Во-вторых, сложность первоначального «обучения» системы, ведь именно от него будет зависеть

качество дальнейшей работы. Колоссальные объемы требуемых для «обучения» данных могут составлять тысячи последовательностей индивидуальных атак — труднодоступные величины.

Но одним из самых значимых недостатков использования нейронных сетей не только в СОВ, но и как интеллектуальной технологии в целом, является выдача результата «обученной» системой, который не может быть заранее однозначно определен. Другими словами, после достижения удовлетворяющего уровня успеха классификации зафиксированных событий, точность идентификации становится величиной не всегда известной. Поиск решения данной проблемы является актуальнейшей областью исследования в теории искусственных нейронных сетей.

В настоящее время существует два основных вида реализации систем обнаружения вторжений на базе нейронных сетей. К первому относят комбинацию экспертной системы и нейросетевого метода. Данный метод представляет собой систему двухступенчатого анализа. Весь объем сетевого трафика проходит через нейронную сеть, при фиксации вероятной угрозы, информация о ней передается для анализа экспертной системе, которая уже принимает окончательное решение. Преимуществом данной реализации является повышение чувствительности ЭС, поскольку она получает данные только о событиях уже расцененных как вероятные угрозы. Недостатком же является необходимость регулярного обновления базы знаний экспертной системы. В противном случае все новые виды нападений, фиксируемые с помощью ней-

ронных сетей, не смогут быть распознаны экспертной системой как атаки.

Другим видом реализации является построение СОВ на основе нейронных сетей в качестве автономной системы. В сравнении с вышеописанным, данный метод обладает более высокой скоростью реакции, поскольку присутствует всего одна ступень анализа. Также этот метод реализации позволяет нейронной сети полностью использовать потенциал «самообучения» и выходить за пределы базы знаний экспертной системы. Ещё одно преимущество это, отсутствие потребности регулярного обновления базы знаний, как для систем, основанных на правилах.

Таким образом, использование интеллектуальных технологий расширяет спектр возможностей ординарной системы обнаружения вторжений и является актуальной, развивающейся, сферой в защите информации, требующей поиска новых решений обозначенных выше проблем.

На основе проведенного исследования показано, что применение интеллектуальных технологий в системах обнаружения вторжений позволяет:

- обеспечить близкий к максимальному уровень защищенности информационной системы;
- минимизировать время реакции системы на угрозы, следовательно, и наносимый системе вред, или же принять превентивные меры защиты полностью блокирующие атаку;
- увеличить объемы анализируемого трафика;
- вести противодействие большому количеству атак одновременно.

Литература:

1. Москаленко, Ю. С. Организация систем, основанных на знаниях — Владивосток: Издательский дом Дальневосточного федерального университета, 2013. — 242 с.
2. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование Москва: Издательский дом «Вильямс», 2007—1152 с.
3. Ясницкий, Л. Н., Введение в искусственный интеллект. — Москва: Издательский центр «Академия», 2005. — 176 с.
4. Kohlenberg, Toby (Ed.), Alder, Raven, Carter, Dr. Everett F. (Skip), Jr., Foster, James C., Jonkman Marty, Raffael, and Poor, Mike, Snort IDS and IPS Toolkit, Syngress, 2010. — 768 с.

2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Прспективы развития Li-Fi

Абиева Мадина Серахметовна, преподаватель
Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева

Бозымбаев Болатжан Даулетович, кандидат технических наук;
Алтыбаева Мадина Муратовна, студент;
Бейсек Лаура Бейсеккызы, студент
Университет «Туран» (Казахстан)

Важнейшим процессом в телекоммуникационных системах является процесс передачи данных, то есть процесс физического переноса цифровых данных в виде сигналов от устройства к устройству. Одним из первых каналов передачи данных был медный провод, затем была создана волоконно-оптическая система, а позже появились и беспроводные каналы. Технология Li-Fi (Light Fidelity) — это новейшая оптическая технология беспроводной передачи информации [1].

Профессор Эдинбургского университета Харальд Хаас занимается разработкой «li-fi» уже десять лет. Научным языком эта технология называется «передачей данных видимым светом», или сокращенно VLC («visual light communication»).

В 2011 году Хаас продемонстрировал, что светодиодная лампа, оснащенная технологией обработки сигнала, может передавать на компьютер видеонаблюдение высокой четкости («high-definition»). Он же и придумал более звучное название для технологии VLC — «light fidelity» или просто «li-fi».

«Li-fi» обещает стать более дешевым и энергоэффективным методом передачи данных, чем существующие беспроводные радиосистемы, учитывая доступность и повсеместное распространение светодиодов.

Видимый свет — часть электромагнитного спектра, в 10 тысяч раз более широкая, чем спектр радиоизлучения. Потенциально свет может обеспечить практически неограниченную широту канала передачи данных.

По мнению профессора Хааса, еще одно преимущество новой технологии заключается в том, что при равномерном распределении светодиодных передатчиков можно достичь гораздо более точного и стабильного подключения к интернету внутри зданий.

Принцип работы Li-Fi-систем заключается в кодировании данных и модуляции светового сигнала, который потом передается светодиодными (LED) осветительными приборами. Модулируемый свет мерцает так быстро, что человеческий глаз этого не замечает. А вот специальный датчик, встроенный в мобильное устройство или под-

ключенный к компьютеру, легко улавливает этот сигнал. Прибор может расшифровывать информационный сигнал и, при необходимости, отсылать данные в обратном направлении [1].

Максимальная скорость переключения светодиодов ограничивается способом их производства, который определяет их устойчивость к перегоранию, эта же устойчивость не позволяет использовать люминесцентные лампы и лампы накаливания для передачи данных по технологии VLC. Методом оптического мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (O-OFDM — Optical orthogonal frequency-division multiplexing) с квадратурной фазовой манипуляцией (QPSK — Quadrature Phase Shift Keying), на световой поток излучаемый белыми светодиодами происходит наложение данных при помощи модуляций. На практике метод O-OFDM реализуется при помощи алгоритма быстрого вычисления преобразования Фурье (FFT — Fast Fourier transform), то есть дискретного преобразования Фурье [2].

По данной технологии в Шанхае 17 октября 2015 года (Синьхуа) китайские ученые успешно провели эксперимент указывая на возможность пользователей Интернета WiFi в стране, получить онлайн сигналы через посылаемые лампочки (LiFi).

Четыре компьютеры под одним ватт светодиодной лампочки могут подключиться к Интернету в соответствии с принципом, что свет может быть использован в качестве носителя вместо традиционных радиочастот, как и в WiFi, сказал Ши Нань, профессор информационных технологий с шанхайского университета Фудань.

Лампочка со встроенными микрочипами могут производить скорость передачи данных, так быстро, как 150 мегабит в секунду, что быстрее, чем в среднем широкополосным доступом в Китае, сказал Ши, возглавляющий исследовательскую группу LiFi в том числе ученых из Шанхайского института технической физики Китайской академии наук.

В настоящее время беспроводное оборудование передачи сигнала является дорогостоящим и низкой эффек-

тивности, сказал Ши. «Что касается мобильных телефонов, миллионы базовых станций были установлены по всему миру в целях укрепления сигнала, но большая часть энергии расходуется на их систем охлаждения», объяснила она. «Коэффициент использования энергии лишь 5 процентов».

По сравнению с базовыми станциями, число лампочек, которые могут быть использованы практически безграничны. Между тем, китайский народ замены старомодных лампочек накаливания на светодиодные лампочки в быстрой темпе. «Везде, где есть светодиодная лампочка, есть сигнал в Интернет» сказал Чи. «Выключите свет, и нет никакого сигнала».

Тем не менее, есть еще долгий путь, чтобы сделать Li-Fi коммерческий успех. Если свет блокируется, то сигнал будет отрезан», сказал Чи.

Что еще более важно, по мнению ученого, развитие ряда ключевых частей связанных технологии, в том числе управления свет связи, а также дизайн и изготовление микрочипов, все еще находится в экспериментальной период.

В Эстонии впервые в рабочих условиях испытан новый метод беспроводной передачи данных, который использует не радиоволны, а световую часть спектра.

Для передачи сигнала требуется источник света, например, обычная светодиодная лампа, интернет-соединение и фотосенсор.

В ноябре 2015 года Velmenni протестировал технологию в некоторых офисах и промышленных пространствах в Таллине.

В ходе испытания достигнута скорость передачи данных в 1 Гб/сек. Лабораторные испытания показали, что теоретически возможна скорость до 224 Гб/сек.

Технология Li-Fi предлагает скорость передачи до 1 Гб/сек, что в 100 раз превышает возможности современных сетей Wi-Fi.

По словам гендиректора Velmenni Дипака Соланки (Deepak Solanki), его компания проводит несколько пилотных проектов в разных сферах, где применима VLC (visible light communication) — видимая световая коммуникация.

Таблица 1

Преимущества Wi-Fi	Преимущества Li-Fi
<p>Возможность разворачивания сети без использования кабеля, что уменьшает стоимость организации и/или дальнейшего расширения сети. Это особенно важно в местах, где отсутствует возможность прокладки кабелей.</p> <p>Предоставление доступа к сети мобильным устройствам.</p> <p>Широкое распространение на рынке Wi-Fi-устройств, а также их гарантированная совместимость благодаря обязательной сертификации оборудования Wi-Fi Alliance.</p> <p>Мобильность клиентов и возможность пользования Интернетом в любой обстановке.</p> <p>Возможность подключения к сети в зоне действия Wi-Fi нескольких пользователей с различных устройств — телефонов, компьютеров, ноутбуков и т.п.</p> <p>Низкий уровень излучения Wi-Fi-устройствами в момент передачи данных (в 10 раз меньше, чем у мобильного телефона).</p>	<p>Высокая скорость передачи данных</p> <p>Использование света, а не радиочастотных сигналов.</p> <p>Безопасное использование в самолетах.</p> <p>Под водой в море Li-Fi может обеспечить передачу данных на некоторое расстояние.</p> <p>Информационная безопасность — еще одно главное преимущество, т.к. свет не проникает сквозь стены.</p> <p>Реализуя технологию во всем мире каждый уличный фонарь будет являться бесплатной точкой доступа в Интернет.</p> <p>Li-Fi решит вопрос с нехваткой пропускной способности радиочастот.</p>
Недостатки Wi-Fi	Недостатки Li-Fi
<p>Создаются определенные помехи.</p> <p>В разных странах частотные диапазоны и эксплуатационные ограничения отличаются.</p> <p>Небольшой радиус действия — порядка 45 метров в помещении и в пределах метра снаружи от него.</p> <p>Легко взламываемый алгоритм шифрования WEP.</p> <p>Производительность сети снижается при плохой погоде</p>	<p>Передача данных может осуществляться только в пределах прямой видимости</p>

Исследуя все преимущества Li-Fi перед Wi-Fi, видно, что использование света в качестве несущей имеет преимущества перед радиоволнами. Во-первых, выгода в энергопотреблении: в радиомодемах КПД не превышает 5%, большая часть энергии уходит в тепло. Во-вторых, теоретически светом можно передавать информацию на гораздо большей скорости, чем по радио, просто за счет меньшей длины волны. В третьих, лампочки можно использовать в больницах, да и в густонаселенном городе хотспоты не будут интерферировать друг с другом, как Wi-Fi.

Исследуя все преимущества Li-Fi перед Wi-Fi, видно, что использование света в качестве несущей имеет преимущества перед радиоволнами. Во-первых, выгода в энергопотреблении: в радиомодемах КПД не превышает 5%, большая часть энергии уходит в тепло. Во-вторых, теоретически светом можно передавать информацию на гораздо большей скорости, чем по радио, просто за счет меньшей длины волны. В третьих, лампочки можно использовать в больницах, да и в густонаселенном городе хотспоты не будут интерферировать друг с другом, как Wi-Fi.

Литература:

1. Анализ технологии Li-Fi Храпов С. Д., Старичихин М. Г., Бурдуковский Н. П. магистры по направлению «Прикладная информатика», Технологический университет, Россия, г. Королев
2. Петрусь Иван Павлович ФГБОУ ВПО «Уральский Государственный Университет Путей Сообщения» Россия, Екатеринбург1 Аспирант E-Mail: petrus_ivan@mail.ru
3. Гузенкова Елена Алексеевна ФГБОУ ВПО «Уральский Государственный Университет Путей Сообщения» Россия, Екатеринбург Аспирант E-Mail: eguzenkova@usurt.ru
4. Алексеев, Д. А. Li-Fi — прорыв в науке или бесполезная игрушка? Преимущества и недостатки Li-Fi перед Wi-Fi [Текст] / Д. А. Алексеев, В. В. Ермолаева // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 161–164.
5. Артюшенко, В. М. Беспроводные системы связи [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова: учебное пособие / под ред. д-ра тех. Наук, проф. В. М. Артюшенко, ФГОУВПО «РГУТиС». — М., 2008. — 170 с.

Критерии качества связи цифровых радиорелейных линий связи

Бакытов Алмас Бакытулы, кандидат технических наук;
Нурпеисова Динара Абдижамилевна, магистр;
Медеуов Султан Асетович, студент;
Дарменалы Перизат Еркинбеккызы, студент
Университет «Туран» (Казахстан)

Немалая часть находящейся в эксплуатации магистральной и внутризоновой радиорелейной аппаратуры связи предназначена для передачи аналоговых сигналов телефонии или телевидения. Техническое состояние этого оборудования позволяет продолжать его использование, однако оно перестает соответствовать современным требованиям. Изменения, вызванные возрастающим количеством цифровых стыков традиционного оконечного оборудования (цифровые АТС, цифровое телевидение), необходимостью передачи данных (информационный обмен между компьютерными сетями, организация Интернета и т.д.) требует эффективных решений для передачи цифрового трафика по радиорелейным линиям [1, с.12].

Пути решения этой насущной задачи очевидны:

- установка нового цифрового радиорелейного оборудования;
- поэтапная модернизация существующих аналоговых радиорелейных линий для передачи цифровой информации, называемая цифровизацией.

Радиорелейные линии — это эффективное средство передачи огромных массивов информации на расстоянии в тысячи километров, успешно с другими средствами связи, в том числе кабельными и спутниковыми, удачно дополняя их.

Сегодня РРЛ стали важной составной частью цифровых сетей электросвязи ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и народных, поскольку имеют ряд важных достоинств, в том числе:

- возможность быстрой установки оборудования при небольших капитальных затратах (малые габариты и масса радиорелейных систем (РРС) позволяют размещать их, используя уже имеющиеся помещения, опоры и всю инфраструктуру сооружений);

- экономически выгодная, а иногда и единственная, возможность организации многоканальной связи на участках местности со сложным рельефом (лес, горы, болота и др.);

- возможность применения для аварийного восстановления связи в случае бедствий, при спасательных операциях и др. эффективность развертывания разветвленных цифровых сетей в больших городах и промышленных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога и невозможна;

- высокое качество передачи информации по РРЛ, практически не уступающее ВОЛС и другим кабельным линиям.

На этапе выбора аппаратуры обычно известны только топология проектируемой сети (количество, протяженность интервалов и конфигурация сети), объем и виды передаваемой информации, схема связи (схема распределения каналов или потоков на промежуточных станциях), а также требуемое качество связи; поэтому на данном этапе, как правило, руководствуются следующими критериями [2, с. 58].

Критерии качества связи

Первый критерий качества связи — пропускная способность. РРС некоторых иностранных фирм (Ericsson, Alcatel и др.) обеспечивают в режиме Е 3 дополнительную информационную емкость Е 1-так называемую «боковую дорожку» со скоростью передачи 2048 Кбит/с.

Энергетические характеристики — второй критерий качества связи.

Энергетические характеристики станций определяют дальность связи и характеризуют ее технический уровень.

В настоящее время в качестве обобщенного энергетического показателя аппаратуры используют коэффициент системы, равный отношению выходной мощности передатчика к минимально допустимой («пороговой») мощности полезного сигнала на входе приемника при $BER = 10^{-3}$ (называемой иногда чувствительностью приемника). Поскольку это отношение зависит от скорости передачи, для сравнения РРС мы приведем данные только для одной (в каком-то смысле «средней») скорости 8448 Кбит/с, на которой параметры оговорены для всех станций.

Подавляющее большинство западных и российских производителей используют в своих станциях относительную фазовую манипуляцию (как правило, 4-уровневую — QPSK), которая обеспечивает высокую помехоустойчивость, достаточно компактный спектр и не сложна в реализации.

Фирма Ericsson применяет модифицированную QPSK — C-QPSK, т.е. ту же 4-уровневую фазовую манипуляцию, но с постоянной огибающей (без АМ компонента). Примерно так же поступают и некоторые другие фирмы. Это позволило им упростить требования к линейности прямо-передающего тракта.

Отдельные фирмы (например, California Microwaves) до сих пор продолжают использовать 4-позиционную частотную телеграфию (4-FSK), которая значительно проще в реализации, но имеет энергетический проигрыш 3 дБ. Применение для данных скоростей передачи информации более сложных видов модуляции, таких как 16 QAM, 32 QAM, в СНГ не оправдано — в нашей стране сантиметровые диапазоны несравненно менее загружены, чем в Европе или Америке. Достигаемое QAM сжатие спектра (например, 16 QAM — в два раза по сравнению с QPSK) приводит к энергетическому проигрышу порядка 6 дБ, что необоснованно уменьшает коэффициент системы. Для высоких скоростей (140 Мбит/с и более) использование многопозиционной QAM необходимо для экономии ресурса спектра.

Третий критерий качества связи — использование ресурса частотного диапазона.

В СНГ радиорелейная связь развита пока существенно меньше, чем в зарубежных странах, где уже идет интенсивное освоение диапазонов до 40 ГГц. Но и у нас становится тесно в эфире: так в крупных городах все труднее получить частоты на новые РРЛ в диапазоне 15 ГГц и почти невозможно в более низких диапазонах (уже все занято и многократно поделено). Поэтому эффективность использования частотного диапазона стала одним из важнейших требований к аппаратуре РРЛ.

Для ее повышения:

- используют современные методы модуляции и формирования цифрового радиосигнала, которые минимизируют ширину занимаемой полосы частот при заданном объеме графика;

- устанавливают на станциях синтезатор частоты, обеспечивающий высокую стабильность несущей и минимальный частотный разнос между соседними стволами;

- подавляют помехи по побочным и соседним каналам приема;
- снижают уровень внеполосных и побочных излучений;
- применяют поляризационную развязку между стволами, что позволяет удвоить общее число стволов в диапазоне.

Еще одна важная тенденция в современных цифровых РРС малой емкости — возможность оперативной перестройки рабочих волн РРЛ потребителем (таблица 1). Кроме дополнительной гибкости в использовании частотного диапазона, это резко сокращает номенклатуру составных узлов (особенно фильтров) и варианты исполнения РРС, что, в свою очередь, создает удобства и потребителю, и заводу-производителю. Так, РРС «Радиус-ДС» перекрывает диапазон 7,9–8,4 ГГц, а РРС «Радиус-15» — диапазон 14,4–15,35 ГГц всего двумя частотными модификациями. Тремя модификациями перекрывает диапазон 17,7–19,7 ГГц РРС «Радиус-18».

Надо признать, что из-за наличия свободного эфира и стремления упростить аппаратуру российские цифровые РРЛ длительное время разрабатывались без должного учета требований ЭМС, неэффективно использовали частотный спектр. Например, в РРС «Радан-МГ» объединение стволов на одну антенну производится на одной поляризации, а исполнение по частотам — только в пяти вариантах (10 пар частот с шагом 40 МГц). Поскольку используемый станцией частотный диапазон 10,7–11,7 ГГц имеет ширину 1000 МГц, то его большая часть остается незадействованной. То же относится в той или иной мере и к РРС «Родник», «Исеть-М» и некоторым другим. По этой причине этим станциям все чаще становится тесно работать вместе в одном пункте. В то же время новые РРС «Радиус-15М», «Радиус-ДС», «Звезда-П», серия станций «Просвет» в диапазонах от 8 до 15 ГГц практически не уступают зарубежным аналогам по эффективности использования частотного ресурса диапазонов. Они также используют модуляцию QPSK, имеют встроенный синтезатор частоты, обеспечивают широкую полосу оперативной перестройки частоты, высокие параметры электромагнитной совместимости, объединение стволов на одну антенну с взаимно ортогональной поляризацией.

Для других частотных диапазонов отечественная промышленность в ближайшее время освоит производство РРС «Просвет-18» и «Радиус-18» (диапазон 18 ГГц), а также «Просвет-40» (37–38 ГГц). Для диапазона 40 ГГц уже выпускаются РРС «Перевал-2» и «Эриком-43». Диапазоны 21, 23, 26 ГГц в настоящее время в СНГ пока не осваиваются. Выбирая аппаратуру, необходимо учитывать также реальную ситуацию в части электромагнитной совместимости радиосредств, работающих вблизи конкретной трассы РРЛ. Более занятыми являются обычно «нижние» диапазоны — 2,4, 6, 8 ГГц и в меньшей степени диапазоны — 11, 13, 15 ГГц. Поэтому перед принятием окончательного решения о выборе аппаратуры

необходимо провести расчет ЭМС, выполняемый исключительно специализированной организацией ГСПИ-РТВ Госкомсвязи РК. Порядок назначения радиочастот для

строительства РРЛ, регистрация начала строительства и последующие приемки в эксплуатацию радиорелейных линий определен нормативными документами.

Таблица 1

Параметры перестройки рабочих волн РРЛ

Название фирмы	Серия станций	Диапазон частот, ГГц	Вид модуляции	Мощность передатчика, dbm	Чувствительность приемника, dbm при BER = 10 ⁻³	Коэффициент системы при BER = 10 ⁻³ db
1	2	3	4	5	6	7
Ericsson	Mini-Link C	15, 23, 26, 38	4-FSK	25, 20, 19, 16	84, 84, 83	109, 104,
	Mini-Link E	7, 15, 18, 23, 26, 38	C-QPSK	28, 25, 24, 20, 18, 16, 5	78, 88, 88, 89, 87, 86, 82	102, 94, 116, 113, 113, 107, 104, 98
NEC	Pasolink	15, 18, 23, 28	QPSK	23, 23, 23, 15	90, 89, 87, 86	113, 112, 110, 101
DMC	Spectrum II series	13, 15, 18, 26	4-FSK	18, 17, 16, 16	81, 80, 79, 78	99, 97, 95, 94
	Quantum series	7	16 QAM	26, 5	81	107,5
Nokia	DMR	7, 18, 23, 38	CPM	18, 16		115, 101, 97, 97
Alcatel	Alcatel серии 94... UX	7, 13, 15, 18, 23, 26, 38	4 QAM			120, 111, 110, 104, 105, 106, 98
California Microwave	DR+	15	4 FSK	25	82	107
SAT	URBICOM-2	8. 15. 18. 38	C-QPSK	22, 20, 20, 19	-89,—87,	111, 107
	STD-10	8		23	-87,—82,—92	107, 101, 115
ABB	RT	15		20	-88	108
ORION	MIKROLINK	8, 15	QPSK	25, 15	-89,—85	116, 100
NERA	NL 188	8	QPSK	27	-88,5	115,5
	185	15		21	-88	109
МНИРТИ	Серия «Просвет»	8, 13, 18, 38	QPSK	29, 22, 20, 16	85, 81, 80, 79	114, 103, 100, 95
АО «Радиус-2»	Серия «Радиус»	8, 15, 18	ОФМ-2 для 2048 и QPSK для остальных скоростей	26, 23, 20	88, 87, 86	114, 110, 106
	«Звезда-11»	11		24	88	112
ГНПП «Исток»	«Радан-МС»	11	ЧМ	18	84	92
	«Радан-МГ»	11	ММС	19	79	98
	«Родник-15»	15	QPSK	20	80	100
ГП «Вектор»	«Исеть-М»	15	ЧМ	20	78	98

Дальнейший анализ и выбор аппаратуры в соответствии с перечисленными выше критериями целесообразно проводить на основе следующих основных характеристик, которые в совокупности достаточно точно отражают возможности оборудования:

— объем и вид передаваемой информации;

— частотный диапазон и возможность эффективного использования всей отведенной полосы частот;

— энергетические характеристики станции;

— надежность оборудования;

— свойства системы телеобслуживания, дополнительные сервисные функции;

— требования к системе электропитания.

Литература:

1. Троицкий, В. Н. Распространение ультракоротких волн в горах. — М: Связь, 1998.
2. Сартбаев, А. Д., Тунгушбаев А. М. Ретрансляторы в горных условиях. Алматы. Казахстан, 1998.
3. Сартбаев, А. Д. Становление радио и телевидения в Казахстане. Связь: техника, экономика, производство. № 1 1996.

4. Сартбаев, А. Научно-экспериментальное исследование по пассивным ретрансляторам для радиорелейных линий связи. КазгосИНТИ. г. Алматы. 1997.
5. Справочник по радиорелейной связи / под редакцией СВ. Бородича. — М: Радио и связь, 1998.

Негативное влияние эффектов «горячих» носителей в полевых транзисторах

Волков Артем Николаевич, соискатель

Научно-производственное объединение «Программные комплексы реального времени»

Миниатюризация микроэлектронных устройств, подчиняющаяся закону Мура последние десятилетия, привела к снижению размеров современных микроэлектронных устройств (МУ). Помимо снижения физических размеров, процесс миниатюризации (скейлинга) привел к снижению таких параметров МУ как оперативное напряжение (напряжение питания), потребляемая мощность, а также увеличению степени интеграции, быстродействия и выходных характеристик МУ. Однако, не смотря на снижение напряжения питания и потребляемой мощности, в современных МУ, проблема эффектов горячих носителей по-прежнему занимает одну из ключевых позиций в деградации приборных характеристик и, как следствие, в определении надежности МУ.

Как показывают исследования, одной из основных причин наступления параметрического отказа полевых транзисторов является деградация приборных характеристик, вызванная образованием поверхностных состояний на границе раздела полупроводник/диэлектрик. Данные поверхностные состояния в основном образуются из-за обрыва Si-H связей вследствие влияния носителей заряда. Данный феномен широко известен под названием инжекция «горячих» носителей и ему посвящено большое количество работ.

1. Эффекты «горячих» носителей в полевых транзисторах

Как известно, при нормальной работе полевого транзистора, в момент подачи напряжения оперативного питания (момент переключения) резко возрастает электрическое поле в канале, благодаря которому, электроны могут приобрести энергию, достаточную для преодоления энергетического барьера Si/SiO₂.

Во время работы полевого транзистора, если напряжение на затворе сопоставимо или ниже, чем напряжение на стоке V_{DS}, инверсный слой гораздо сильнее со стороны истока, чем со стороны стока и падение напряжения в токовом канале сосредоточено в области стока (если V_D > V_S). Поле в этой области может быть настолько высоким, что носители могут получить достаточно энергии между двумя актами рассеяния, чтобы стать «горячими» носителями. Большинство из этих носителей продолжают путь

к стоку, но некоторые из них получают достаточно энергии, для генерации электронов и дырок ударной ионизацией [1].

Некоторые из «горячих» носителей с достаточной энергией (примерно 3.2 эВ для электронов и 4.7 эВ для дырок) могут преодолеть энергетический барьер на границе раздела Si-SiO₂ и инжектироваться в окисел, с малым током затвора (I_G). Некоторые инжектированные носители могут разрушить Si-H или похожие слабые связи в окисле или на границе раздела Si-SiO₂. Если инжекция горячих носителей будет происходить достаточно долго, то захват заряда или генерация дефектов будет постоянно изменять электрическое поле на границе Si-SiO₂ и, следовательно, электрические характеристики полевого транзистора [1].

Почти все эффекты, связанные с горячими носителями, инициируются продольной составляющей сильного электрического поля E_m вблизи стокового рп-перехода. Величина E_m определяется в основном следующими конструктивно-технологическими и электрическими параметрами:

- длиной канала L_c;
- протяженностью участка перекрытия области стока затвором L_{ov};
- толщиной подзатворного окисного слоя T_{ox};
- глубиной залегания рп-перехода области стока X_j;
- концентрацией легирующей примеси в подложке N_{sub};
- концентрацией легирующей примеси в области стока N_d;
- напряжением смещения стока относительно истока V_d;
- напряжением смещения затвора относительно истока V_g;
- напряжением смещения подложки относительно истока V_{sub}.

Деградация приборных характеристик может быть прослежена и оценена путем мониторинга I_{sub}, а также I_{coll} (эмиссия фотонов), поскольку инжекция горячих носителей в подзатворный окисный слой (I_G) и повреждение границы раздела Si/SiO₂ (ΔD_{it}) обусловлены E_m [2].

Таким образом, большинство эффектов горячих, вызванных увеличением электрического поля в канале, приводят либо к деградации приборных характеристик, либо к инжекции горячих носителей в подзатворный окисел с последующим образованием дефектов на границе раз-

дела $\text{Si}\backslash\text{SiO}_2$ и, как следствие, снижению надежности и срока службы.

2. Механизмы инжекции «горячих» носителей

В работе [1] авторы описывают три основных вида инжекции горячих носителей:

1. Инжекция горячих электронов из канала (Channel hot electron injection (CHE)).
2. Лавинная инжекция горячих носителей на стоке (Drain avalanche hot carrier (ДАНС) injection).
3. Вторичная генерация горячих электронов (Secondary generated hot electron (SGHE) injection).

Процесс CHE инжекции схематично показан на рисунке 1 а). Здесь CHE инжекция возникает, когда напряжение на затворе (V_G) сопоставимо с напряжением на стоке (V_D). Ток затвора (I_G) первоначально растет

с ростом V_G , достигает максимума, когда V_G примерно равно потенциалу сток-исток V_{DS} , и после этого падает [1].

ДАНС процесс инжекции (рисунок 1 б)) обычно возникает, когда V_D превышает V_G . Этот механизм в первую очередь зависит от лавинного процесса ударной ионизации, создающей носители. В случае высокого напряжения смещения на подложке, дополнительные вторичные горячие электроны, сгенерированные из более глубоких областей кремниевой подложки, также могут быть инжектированы в окисел [1].

Вторичная ударная ионизация от горячих дырок и процессы фото — индукционной генерации являются вторичными. Эксперименты показывают, что причиной процессов фото — индукционной генерации, считается тормозное излучение, а не вторичная ударная ионизация, что более вероятно для SGHE (рисунок 1 в)) [1].

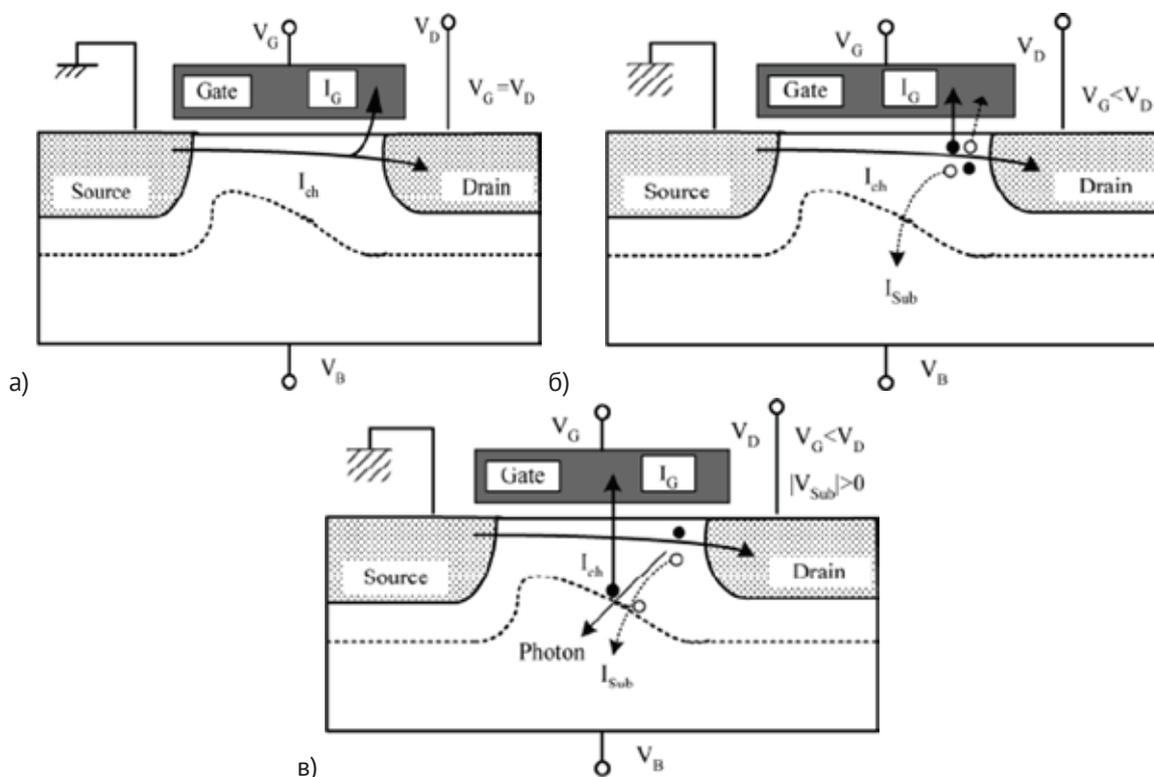


Рис. 1 Механизмы инжекции: а) инжекция горячих электронов из канала; б) лавинная инжекция горячих носителей на стоке; в) вторичная генерация горячих электронов

3. Концепция «удачливых» электронов для моделирования деградации, вызванной инжекцией «горячих» носителей

В электрическом поле вдоль канала транзистора электроны набирают энергию и передают ее фононам, что соответствует переходу электрической энергии в тепло. В сильном электрическом поле повышается не только средняя кинетическая энергия колебаний атомов решетки T_L , но еще в большей степени и температура электронов T_e . Тем не менее, проблему представляет не боль-

шинство электронов, обладающее средней энергией, а та небольшая доля электронов, сумевших получить anomalously большую (по сравнению со средней) кинетическую энергию. Именно такие электроны могут вызывать процессы ударной ионизации, инжекции в окисел и дефектообразования. Доля носителей с энергией, превышающей $\epsilon_{th} \sim 1.5$ эВ в случае равновесного максвелловского распределения ничтожна. В сильном поле распределение электронов по энергии становится сильно анизотропным, т.е. в распределении появляется выраженный «хвост» высокоэнергетических электронов. Вклад в ударную ио-

низацию вносят только электроны из высокоэнергетического «хвоста» распределения. Формирование этого «хвоста» носит стохастический характер. Для приближенного количественного описания роли горячих носителей до сих пор важную роль играет введенная Шокли концепция «удачливых» носителей, т.е. носителей, избежавших столкновений с потерей энергии до того, как они успели набрать в электрическом поле заданную энергию [3].

В основе данной концепции, вероятность достижения электронов из канала электрода затвора представлена как сочетание вероятностей следующих событий:

1. Электрон приобретает достаточную энергию в латеральном электрическом поле, чтобы преодолеть поверхностный потенциальный барьер и сохраняют эту энергию после столкновения, направляя свой импульс к поверхности раздела;

2. Электрон достигает поверхности не испытывая больше столкновений;

3. Электрон не рассеивается обратно в полупроводник, в силу отражения потенциальной ямы, расположенной вблизи поверхности раздела [4].

Концепция «удачливых» электронов имеет два основных ограничения:

а) деградация от горячих носителей относится к локальным полям (E_L), пренебрегая таким образом пространством и временем задержки носителей в достижении локального равновесия с полем;

б) поскольку потенциальная энергия — единственный источник энергии для носителей, максимально достижимая энергия ограничена qV_{TOT} где V_{TOT} — общее падение напряжения в связи с носителями. Таким образом, данная концепция не прогнозирует деградацию от горячих носителей при напряжениях меньших, чем пороговая энергия [1].

Несмотря на возражения против этой концепции в некоторых исследованиях, она остается наиболее широко используемой, для оценки инжекционных токов, благодаря своей простоте и обоснованным совпадениям с экспериментальными результатами.

На основании концепции «удачливых» электронов разработан ряд моделей, описывающих как процесс деградации приборных характеристик, вследствие инжекции горячих носителей, так и прогнозирование срока службы. Однако, данные модели позволяют дать прогноз лишь для полевых транзисторов с длинным каналом и высоким напряжением питания.

Согласно этим моделям, деградация приборных характеристик полевых транзисторов с высоким напряжением питания, возможна при наличии высокой напряженности латерального электрического поля в канале. Исходя из этого, деградация должна пропадать или сводится к минимуму в наноразмерных полевых транзисторах с низким на-

пряжением питания и малым значением напряженности латерального электрического поля в канале. Однако, как показывает практика, несмотря на снижение геометрических размеров и питающего напряжения и, как следствие, напряженности латерального электрического поля, деградация приборных характеристик в наноразмерных полевых транзисторах не исчезает, а наоборот становится более значимой. В электронных устройствах, основанных на наноразмерных полевых транзисторах, деградация может вызвать более ранние (в сравнении с полевыми транзисторами микронных размеров) параметрические отказы, а также выступать в качестве причины возникновения катастрофических отказов.

Наличие деградации приборных характеристик, вызванной эффектами «горячих» носителей, в наноразмерных полевых транзисторах говорит о появлении новых физических механизмов, отвечающих за данный процесс.

Очевидно, что ввиду появления новых физических механизмов, модели прогнозирования деградации и, как следствие, надежности, разработанные для полевых транзисторов микронных размеров, могут давать существенные погрешности и/или ложные прогнозы, что является серьезной проблемой надежности электронных устройств, основанных на наноразмерных полевых транзисторах.

4. Выводы

Эффекты горячих носителей могут приводить к деградации приборных характеристик и образованию дефектов на границе раздела Si/SiO₂. Основными видами инжекции горячих носителей являются:

- Инжекция горячих электронов из канала;
- Лавинная инжекция горячих носителей на стоке;
- Вторичная генерация горячих электронов.

Для создания моделей, описывающих деградацию приборных характеристик и прогнозирование срока службы, в большинстве случаев используется концепция «удачливых» электронов.

Большинство этих моделей разработаны и подтверждены экспериментально для полевых транзисторов с длинным каналом, что делает их менее пригодными, для применения к современным наноразмерным полевым транзисторам.

Изучение физических механизмов деградации приборных характеристик, вызванной эффектами «горячих» носителей в наноразмерных полевых транзисторах является актуальной на сегодняшний день задачей. Решение данной задачи необходимо для построения новых физических моделей прогнозирования деградации, с целью улучшения надежности современных электронных устройств, основанных на наноразмерных полевых транзисторах.

Литература:

1. White, M. Physics-of-Failure Based Modeling and Lifetime Evaluation/ M. White, J. B. Bernstein// California Institute of Technology. — 2008. — P. 210.

2. Красников, Г. Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов/ Г. Я. Красников. — 2-е изд. исправленное. — М.: Техносфера, 2011. — 800 с.
3. Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учебное пособие/ Г. И. Зебрев. — М.: МИФИ, 2008. — 288 с.
4. Prabhakar, M. Characterization and modeling of hot carrier degradation in sub-micron n-MOSFETs/ M. Prabhakar// Master's thesis, Nashville, Tennessee. — 2002. — P. 60.

Актуальный метод криптографий, основанный на квантовых свойствах фотонов

Жетпсбаева Айну́р Турсынкановна, докторант PhD

Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева

Бозымбаев Болатжан Даулетович, кандидат технических наук, доцент;

Зубайраев Темирлан Нурланулы, студент

Университет «Туран» (Казахстан)

В свете последних технологических прогрессов, а именно направление на создание квантовых компьютеров, обладающих более высокой вычислительной способностью, чем современные компьютеры, появилась новая бурно развивающееся направление науки — Квантовая криптография или квантовая передача информации по совершенно безопасному каналу. Несмотря на то, что сегодня уже имеются коммерчески доступные устройства квантовой криптографий, научная компонента в этой области до сих пор прогрессирует.

С момента рождения интернета 29 октября 1969 года, когда была произведена первая в мире передача информации между Калифорнийском университетом Лос-Анджелеса и Стэндфордским исследовательским институтом, остро встал вопрос защиты и конфиденциальности передаваемой информации.

Современные методы защиты информация и предоставления конфиденциальности улучшаются с каждым днем, так же как и методы их обхода или взлома. И решением главной проблемы криптографий сохранности информации является квантовая криптография, предоставляющая безусловную секретность при передаче и приеме данных.

Кодирование информации в квантовых состояниях впервые было предложено в работах Стефана Визнера, а также Чарльза Беннета и Жюль Брассарда. Когда в 1989 году в Нью-Йорке, в Исследовательском Центре IBM, в офисе теоретика Чарльза Беннета был построен первый рабочий квантовый компьютер, а также была также создана первая в мире квантовая криптосистема информация, в которой кодировалась состоянием отдельных фотонов, испускаемых лазером.

Теоретически абсолютно безопасной криптосистемой является схема одноразового блокнота, к которой наиболее близко из всех возможных на сегодня позиционируется система квантового распределения ключей (КРК). Возможной в реализации эта система стала после появления на рынке лавинных фотодиодов (ЛФД) с большим

коэффициентом лавинного размножения M , способных работать в режиме счета фотонов.

Квантовая криптография обеспечивает возможность относительно быстрой смены ключей и определения попыток злоумышленника вторгнуться в канал связи. Подчеркнем, что наличие ошибок при передаче/приеме квантовых состояний не обязательно приводит к потере секретности. Для каждого протокола КК существует критическая ошибка, превышение которой больше не гарантирует секретности. Если уровень ошибок, обычно измеряемый в процентах, ниже критического, то для извлечения ключа используются протоколы коррекции ошибок (error correction) и последующего сжатия оставшейся строки битов (privacy amplification). После выполнения этих протоколов исходная строка битов укорачивается, однако гарантируется, что злоумышленник имеет о ней столь мало информации, сколько пожелают легитимные пользователи.

Таким образом, квантовая криптография и передача информации, основывается на степенях свободы однофотонного электромагнитного поля — фаза, частота, поляризация, временной интервал. Фотоны — наиболее удобные квантово-механические объекты для использования в квантовой криптографий, поскольку они распространяются с предельно высокой скоростью и обладают набором степеней свободы для осуществления кодирования. Кроме того имеющиеся телекоммуникационные технологии позволяют использовать ряд классических методов для генерации, преобразований и контроля однофотонных состояний.

На сегодняшний день существует несколько рабочих протоколов в квантовой криптографий. Под протоколом понимается совокупность действий (таких как инструкции, команды, вычисления, алгоритмы), выполняемых в заданной последовательности двумя или более легитимными субъектами с целью достижения некоего результата. Известно несколько протоколов распределения ключей на основе дискретных квантовых состояний. В целом, их

можно разбить на две группы. В первую входят протоколы квантовой криптографии, оперирующие с неортогональными квантовыми состояниями. Наиболее известные из них: BB84, B92, SARG. Во вторую — протоколы, основанные на так называемых перепутанных квантовых состояниях и проверке выполнения соотношений типа неравенства Белла. Под перепутанными понимают состояния составной системы, волновую функцию которых (для чистых состояний) нельзя выразить через волновые функции подсистем. Другими словами, такое состояние составной системы полностью определено (оно описывается волновой функцией, и энтропия фон Неймана равна нулю), а состояния подсистем полностью неопределенны (они находятся в смешанном состоянии, и их энтропия достигает максимального значения). Наиболее известный протокол на перепутанных состояниях — протокол А. Экерта или E 91. В основе отдельной группы протоколов КК лежит кодирование информации в квадратурные амплитуды моды квантованного электромагнитного поля.

Секретность системы основана не на трудности обработки, как классической, так и квантовой, а непосредственно на свойствах квантовой интерференции: именно она дает этой системе абсолютную секретность, которую невозможно обеспечить с помощью классических методов. Никакой объем будущих вычислений, ни на каком компьютере через миллионы или триллионы лет не поможет тому, кто хотел бы подслушать послания, закодированные квантовым методом: поскольку, если кто-либо общается через среду, демонстрирующую интерференцию, то он сможет обнаружить подслушивающих его людей. То есть если кто-либо попытается перехватить информацию в квантовой среде, он неизменно повлияет на систему и на последующие интерференционные свойства.

При передаче данных обе стороны, принимающая и передающая, ставят повторяющиеся эксперименты по интерференции, согласуя их через общественный канал связи. Только когда интерференция пройдет проверку на отсутствие подслушивающих, они переходят к следующей стадии протокола, состоящей в том, чтобы использовать некоторую часть переданной информации в качестве криптографического ключа. В худшем случае упорный подслушивающий может помешать связи состояться (хотя, безусловно, этого проще достичь, перерезав телефонную линию). Но что касается чтения сообщения, это может сделать только получатель, для которого оно предназначено, это гарантируют законы физики.

Литература:

1. Квантовая криптография: идеи и практика / под ред. С. Я. Килина, Д. Б. Хорошко, А. П. Низовцева. — Мн., 2008. — 392 с.
2. Васильев, М. Н., Горшков А. В. Разработка и создание аппаратно-программного комплекса для автоматизированного томографического анализа пучков заряженных частиц с высоким пространственным разрешением. / Аннотированный НТО по программе «Управляемый термоядерный синтез и плазменные процессы». — Долгопрудный: МФТИ, 01.12.1992. — 30 с.
3. Клышко, Д. Н. — Квантовая электроника, 1977, 4.

Каналами связи в квантовой криптографии, по которым передающая и принимающая стороны обмениваются квантовыми состояниями, могут выступать как волоконно-оптические каналы, атмосфера, и так называемый “открытый” канал связи. Открытым называется канал, если передаваемая по нему информация может быть доступна любому участнику протокола. Таким каналом может выступать, например, Интернет.

Одним из наиболее значимых событий для квантовой криптографии в волоконно-оптической связи стало создание однофотонного детектора, способного фиксировать единичные фотоны, передаваемые через волоконно-оптические кабели с эффективностью 99%. Этого достигают за счет повышенной согласованности детектора и оптических волокон. Принцип работы детектора заключается в использовании сверхпроводника как ультравысокочувствительного термометра. Каждый удар фотона повышает температуру датчика и увеличивает электрическое сопротивление. Отсутствие ложных срабатываний отличает его от других типов детекторов, имеющих очень высокий коэффициент усиления. Причина в том, что их уровень шума таков, что иногда шум ошибочно идентифицируется как фотон. Это приводит к погрешности в измерениях. Детектор предназначен для области электронной связи и квантовых измерений мощности оптического излучения.

Выводы: Кто бы мог подумать, что идея выпуска «Квантовых денег» предложенная С. Визнером в 1970 году станет толчком к появлению и дальнейшему развитию квантовой криптографии. Хотя квантовая физика до сих пор хранит в себе множество загадок и тайн, она по сути своей является ключом к будущему, которое описывали такие фантасты-футурологи как Рэй Бредбери и Айзек Азимов. И квантовая криптография является неотъемлемой частью этого будущего, которое нынешнее поколение ученых умов старается воплотить в настоящем или же хотя бы в ближайшем будущем, описывая и проводя практические опыты по созданию квантовых протоколов, интерференций фотонов и решению проблем создания надежного источника одиночных фотонов, однофотонного приемника и других. Важным на данный момент является то, что большая часть описанного материала в статье уже стало реальностью, переключившись из теорий в практику, и потихоньку внедряется в технологическую сферу человечества, создавая тем самым наибольший спрос на развитие квантовой криптографии.

4. Холево, А. Введение в квантовую теорию информации. — М.: МЦНМО, Сер. Современная математическая физика. Проблемы и методы. 2002, вып.5.
5. Квантовая криптография — журнал «Фотоника» 2/2010 г.

Транкинговые системы связи и их использование в МЧС РФ

Спатарь Екатерина Валерьевна, студент

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

В данной статье рассмотрена сущность и принципы построения транкинговых систем связи. Описано значение транкинговых сетей для работы МЧС РФ.

Ключевые слова: транкинговые системы связи, МЧС РФ

Развитие телекоммуникационных систем связи в современном мире имеет колоссальное значение. Объемы передачи данных по каналам связи постоянно растут. Рост индустриализации, рост технологического развития, развитие городов, все чаще приводит к различным техногенным катастрофам. В этой связи важно министерствам и ведомствам налаживать связь, как между своими подразделениями, так и между ведомствами и населением.

Современная связь должна быть быстрой, надежной, бесперебойной. Важно организациям при создании различных систем связи выбирать из множества технологий именно ту, которая соответствует требованиям и запросам и соответствует деятельности данных организаций.

Изучение предлагаемых современной наукой и техникой систем связи поможет в выборе и организации надежных систем передачи данных и связи, повысит эффективность работы МЧС.

Под широко распространенным в настоящее время понятием «профессиональная мобильная радиосвязь» (ПМР) обычно понимают системы двусторонней сухопутной подвижной радиосвязи, использующие диапазон ультракоротких волн (УКВ).

Как правило, сети ПМР используются ограниченными группами пользователей, объединенными по профессиональному признаку. Это могут быть сети оперативного, диспетчерского, административно-хозяйственного, производственно-технологического и т.п. назначения. Они используются силовыми структурами и правоохранительными органами, аварийными и муниципальными службами, энергетическими, транспортными и производственными предприятиями и т.д. Именно поэтому сети ПМР часто называют ведомственными и корпоративными сетями радиосвязи.

Достаточно четко можно охарактеризовать сети профессиональной мобильной радиосвязи и по техническим признакам. По способам использования частотного ресурса системы двусторонней подвижной радиосвязи делятся на следующие классы:

— системы связи с закреплением за абонентами каналов связи (конвенциональные системы);

— системы связи с общим доступом абонентов к общему частотному ресурсу (транкинговые системы);

— системы связи с пространственно-разнесенным повторным использованием частот (сотовые системы).

Первые 2 класса относятся к системам профессиональной мобильной радиосвязи.

Конвенциональные системы, являясь простейшим классом систем ПМР, используют принцип фиксированного закрепления каналов связи за определенной группой абонентов. По сравнению с другими классами систем подвижной радиосвязи для конвенциональных систем характерна, с одной стороны, наименьшая пропускная способность, определяемая достижимым количеством абонентов, работающих на одном канале, а с другой — наибольшая оперативность связи, характеризующаяся временем установления канала связи. Основным типом вызова в конвенциональных системах является групповой, при котором переговоры обеспечиваются по принципу «каждый со всеми». Вместе с тем, используемые в современных сетях конвенциональной радиосвязи системы избирательного вызова, основанные на различных методах сигнализации, позволяют разделять группы абонентов и осуществлять не только групповые, но и индивидуальные вызовы.

Транкинговые системы используют автоматическое распределение каналов связи между абонентами. Это означает, что все пользователи делят между собой общую группу радиоканалов, а выделение свободных каналов осуществляется по требованию абонентов. Основным элементом сетей транкинговой радиосвязи является базовая станция (БС), включающая несколько ретрансляторов с соответствующим антенным оборудованием и контроллер, который управляет работой БС, коммутирует каналы ретрансляторов, обеспечивает выход на телефонную сеть общего пользования или другую сеть фиксированной связи. По сравнению с конвенциональными сетями, сети транкинга обладают повышенной пропускной способностью, расширенными функциональными возможностями, разнообразными типами вызова (групповой, индивидуальный, широкоэмиттерный), большей зоной территориального охвата.

Целесообразность применения транкинговых систем при построении ведомственных и корпоративных сетей ПМР обуславливается двумя факторами: высокой плотностью абонентов и необходимостью централизованного управления систем.

Применение транкинговых систем при построении ведомственных и корпоративных сетей ПМР обуславливается как техническими, так и экономическими факторами. [1, с. 26–28]

Однозоновые системы. Основные архитектурные принципы транкинговых систем легко просматриваются на обобщенной структурной схеме однозоновой транкинговой системы, представленной на рисунке 1. Инфраструктура транкинговой системы представлена базовой станцией (БС), в состав которой, помимо радиочастотного оборудования (ретрансляторы, устройство объединения радио-

сигналов, антенны) входят также коммутатор, устройство управления и интерфейсы различных внешних сетей.

Многозоновые системы. Наиболее ранние стандарты транкинговых систем не предусматривали каких-либо механизмов взаимодействия различных зон обслуживания. Архитектура многозоновых транкинговых систем может строиться по двум различным принципам. В том случае, если определяющим фактором является стоимость оборудования, используется *распределенная межзональная коммутация*.

Итак, можно выделить несколько важнейших архитектурных признаков, присущих транкинтовым системам:

Во-первых, это ограниченная (а значит, недорогая) инфраструктура.

Во-вторых, это большой пространственный охват зон обслуживания базовых станций — объясняется необходи-

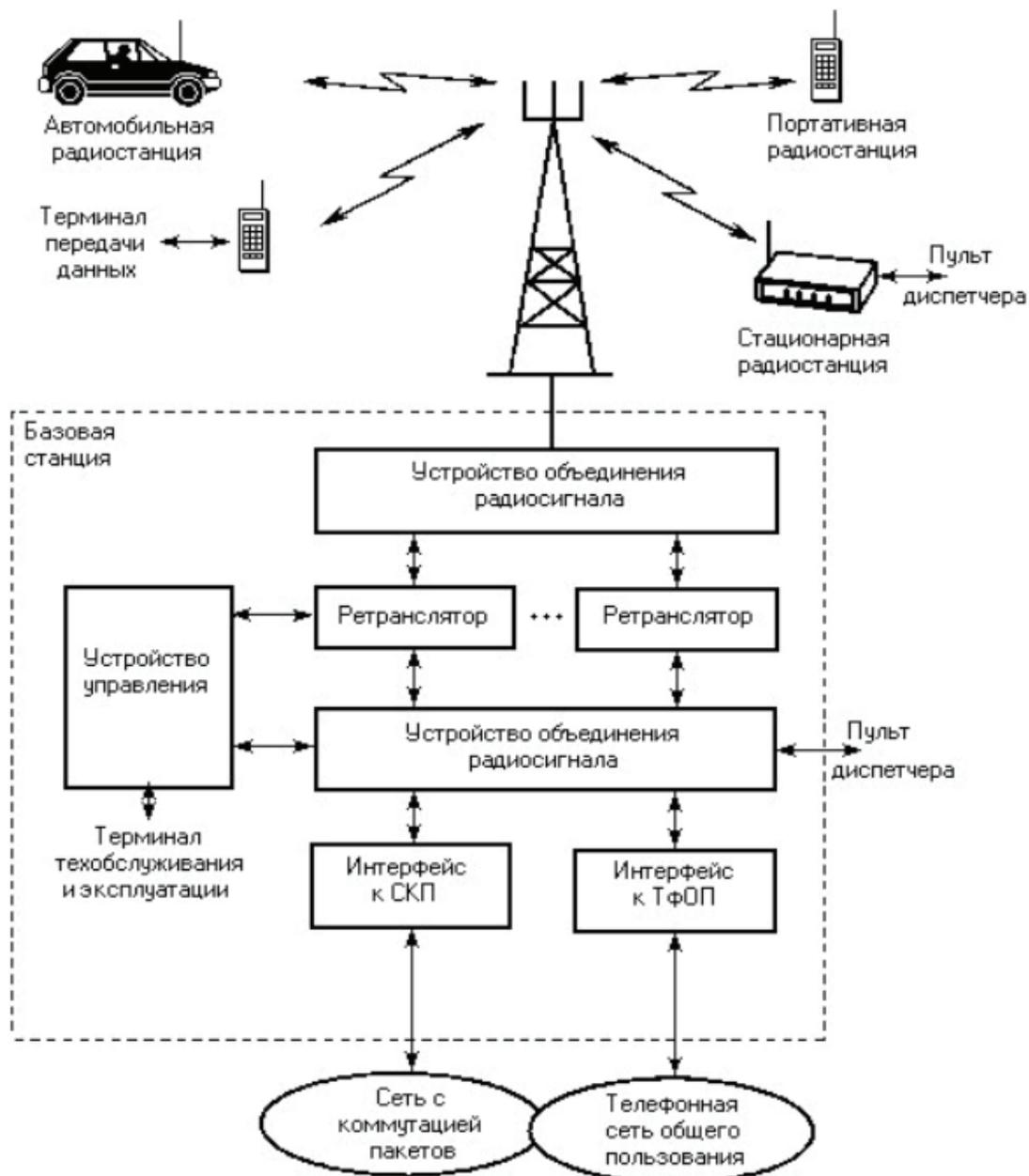


Рис. 1: «Обобщенная структура однозоновой транкинговой системы». [1, с. 30]

мостью поддержания групповой работы на обширных территориях и требованиями минимизации стоимости системы.

В-третьих, широкий набор абонентского оборудования позволяет транкинговым системам охватить практически весь спектр потребностей корпоративного потребителя в подвижной связи.

В-четвертых, транкинговые системы позволяют на базе своих каналов организовать независимые выделенные сети связи (или, как принято говорить в последнее время, частные виртуальные сети).

Таким образом, все архитектурные признаки транкинговых систем свидетельствуют о прочности позиций последних в корпоративном секторе рынка систем и средств подвижной связи. [1, с. 32–34]

Настоящее время характеризуется опасностью возникновения чрезвычайных ситуаций, в том числе и крупномасштабных, вследствие природных явлений или техногенных процессов. При этом такая опасность может возникать и из-за крупномасштабных террористических актов.

В этих условиях обычно нарушается система управления и жизнеобеспечения зоны ЧС по причине разрушения инфо-телекоммуникационной структуры. Планами управления в зоне ЧС предусматривается развёртывание мобильных радиосетей для обеспечения инфо-телекоммуникационных услуг. Для успешного функционирования они должны обладать высокой связностью. Однако, в условиях ЧС необходимы определённые технические и организационные мероприятия для обеспечения непрерывной связи в любых условиях, в том числе и в случае незапланированного выбывания отдельных станций сети или их элементов.

Для этого необходим правильный выбор технологии организации связи и стандартов для организации протоколов.

Общественная и государственная потребность обуславливает необходимость функционирования организаций или подразделений организаций, предоставляющих инфо-телекоммуникационные услуги, в зонах чрезвычайных ситуаций. К таковым относятся зоны военных действий, а также аварий и катастроф природного и техногенного характера. В таких условиях высока вероятность выбывания узлов сети, что приводит к потере каналов ведомственного, технологического назначения. Поэтому возникают задачи создания или восстановления в этих зонах в короткие сроки сети связи.

К развёртываемой в таких условиях инфо-телекоммуникационной сети предъявляются следующие требования:

- Высокая связность.
- Реконфигурируемость.
- Мобильность.
- Быстрота проектирования и реализации или восстановления.

Литература:

1. Голиков, А. М. Сети и системы радиосвязи и средства их информационной защиты: учебное пособие / Голиков А. М. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 392 с.

– Отказ от дорогостоящей прокладки или аренды оптоволоконного или медного кабеля.

В настоящее время существуют сотовые, транкинговые, спутниковые радиосети. Наиболее выгодным по тактико-экономическим показателям в условиях чрезвычайной ситуации являются транкинговые радиосети. В качестве узлов сети в этом случае выступают базовые станции, включающие в свой состав: сетевое оборудование (коммутаторы, модемы, маршрутизаторы), электронное радиооборудование и антенную систему, состоящую из двух антенн:

- Для связи с мобильными станциями (МС).
- Антенной системой для связи с другими базовыми станциями (БС).

Транкинговые системы занимают особое место в семействе систем подвижной радиосвязи. Они являются профессиональными системами подвижной связи, предназначены для корпоративных групп абонентов (МЧС, ФСБ, МВД и т.д.) и характеризуются свободным и равным доступом абонентских станций (мобильных и стационарных) к общему частотному диапазону, что позволяет абонентам работать на любом переговорном канале сети. Первоначально они разрабатывались для применения в масштабе предприятия с ограниченным спектром возможностей, но сегодня превратились в универсальные системы, предоставляющие большой выбор телекоммуникационных услуг. Главным достоинством транкинговых систем является то, что их протоколы радио интерфейса и сетевая архитектура ориентированы в первую очередь на поддержание оперативной связи в «замкнутой» группе абонентов. Кроме того, транкинговые системы обеспечивают возможность интеграции разных служб (видов услуг) в рамках одной сети с минимальными (по сравнению с другими радиосистемами) материальными затратами. [2, с. 27–29]

Более широкое применение транкинговых сетей связи МЧС России позволит создать инфраструктуру связи, обеспечивающую функционирование информационно — технических систем всех уровней антикризисного управления, что повысит:

- скорость и надежность оповещения органов управления и должностных лиц;
- оперативность передачи информации в повседневной деятельности и при ликвидации ЧС;
- эффективность деятельности сил при ликвидации чрезвычайных ситуаций и тушении пожаров, системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и пожаров;
- уровень безопасности информации при осуществлении деятельности в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций;
- экономию финансовых расходов на создание и содержание системы связи.

2. Мелешин, А. С., Хуторцева М. В. Транкинговые системы и их применение в зонах чрезвычайных ситуаций // Научные технологии в космических исследованиях Земли. — 2009 — № 1 — с. 25–27

Управление шаговым двигателем с помощью NI MyRIO

Ульянов Александр Владимирович, старший преподаватель;
Коваленко Марк Витальевич, магистрант

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Ключевые слова: шаговый двигатель, контроллер NI MyRIO, виртуальный прибор.

Вопрос создания управляющего программного обеспечения для различного рода приводов довольно актуален на сегодняшний день. Рынок программного обеспечения такого рода программ перенасыщен, но зачастую готовый функционал предлагаемой программы или пакета не всегда может удовлетворить задумку инженера разработчика.

В данной статье рассмотрен пример написанных программ в среде графического программирования LABVIEW для работы с шаговым двигателем Nanotec ST5918M1008 и драйвером шагового двигателя. LABVIEW хорошо себя зарекомендовала [1] и поэтому много разноплановых проектов [2, 3] было выполнено с использованием среды графического программирования совместно с оборудованием NI и собственными разработками [1–5].

В современной технике, в качестве исполнительного устройства для различных систем управления часто используют шаговые электродвигатели. В качестве примера будет рассмотрен восьми — проводной шаговый двигатель модели Nanotec ST5918M1008.

Блок управления шаговым двигателем содержит контроллер National Instruments MyRIO рис.1 и силовой драйвер G210X рис.2.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Контакт 3 WINDING A Начало первой (А) обмотки ШД.
Контакт 4 WINDING /A Конец первой (А) обмотки ШД.
Контакт 5 WINDING B Начало второй (В) обмотки ШД.
Контакт 6 WINDING /B Конец второй (В) обмотки ШД.
К драйверу рис. 2. можно подключать двухфазные шаговые двигатели не только с 4 выводами, но и с 6-ю или 8-ю выводами в биполярном включении. Для корректной работы драйвера индуктивность обмотки ШД должна быть не менее 1 мГн.

Управление вращением ШД осуществляется посредством двух логических сигналов STEP (ШАГ) и DIRECTION (НАПРАВЛЕНИЕ). Поворот ротора ШД на один микрошаг осуществляется по активному фронту импульса сигнала STEP в сторону, заданную сигналом DIRECTION. Входные сигналы STEP и DIRECTION гальванически изолированы от внутренних цепей драйвера через высокоскоростной оптоинтерфейс. Рабочее напряжение данных сигналов составляет от 3.3В до 5В, что соответствует полному диапазону уровней логических сигналов современных цифровых устройств. Минимальный входной ток управляющих сигналов, достаточный для корректной работы драйвера, составляет всего 2.5 мА.



Рис. 1. National Instruments MyRIO

ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

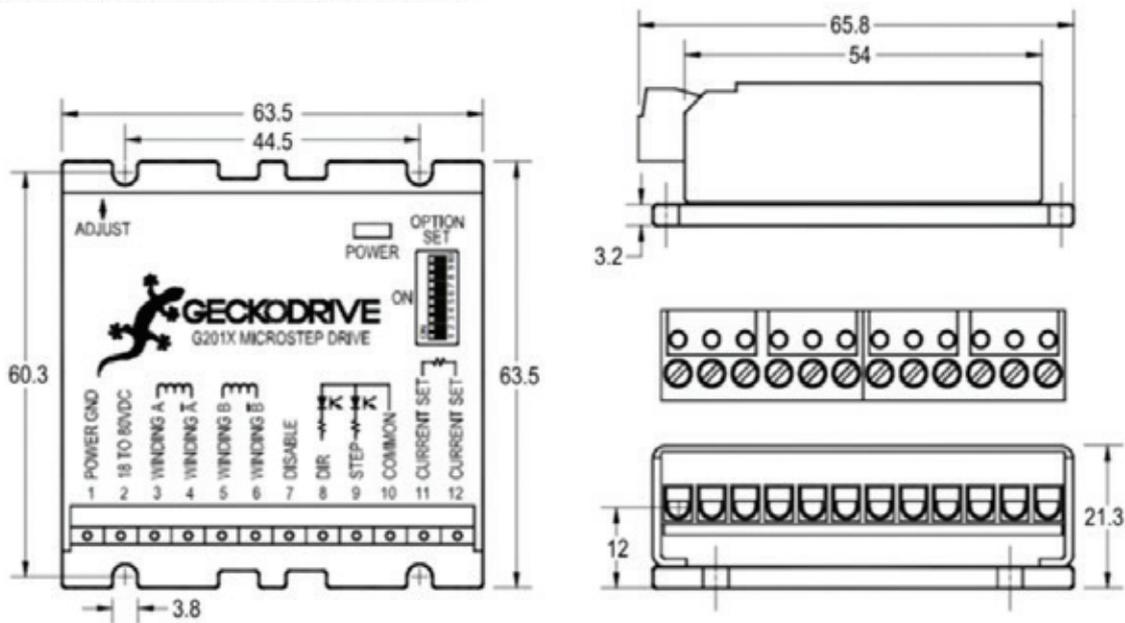


Рис. 2. Драйвер шагового двигателя

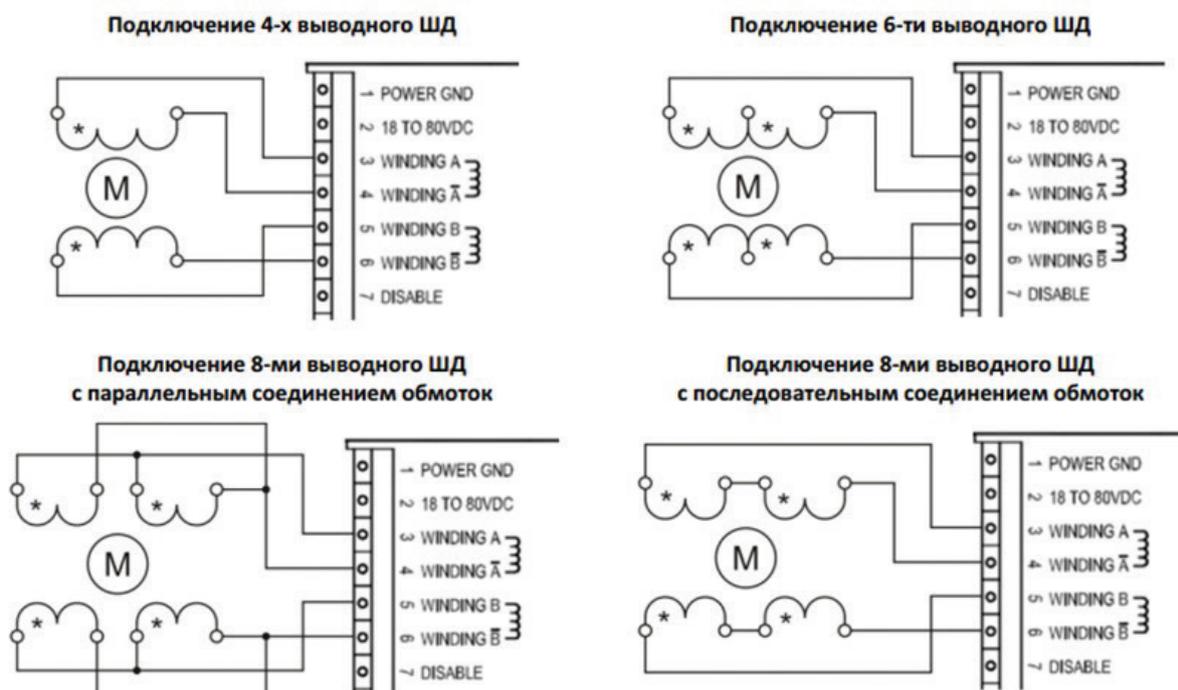


Рис. 3. Схемы подключения обмоток ШД

Драйвер G201X имеет универсальный общий вход COMMON для сигналов STEP и DIRECTION, который может быть подключен как к «плюсу» (+3.3В — 5В), так и к «минусу» (GND) контроллера или задающего генератора. Таким образом, если в управляющем контроллере используется NPN выход, то на контакт COMMON подается напряжение питания (+3.3В — 5В) контроллера. Если же в управляющем контроллере используется PNP выход или цифровой КМОП выход, то контакт COMMON соединяется с общим контактом (GND) контроллера.

Учебный прибор разработчика NI MyRIO (рис.1.) был создан для того, чтобы студенты могли в течение одного семестра решать «настоящие» инженерные задачи.

Он содержит двухъядерный программируемый процессор ARM Cortex-A9 с тактовой частотой 667 МГц. И кастомизируемую программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) Xilinx, которую студенты смогут использовать для начала разработки систем и быстрого решения, встающих перед ними проблемами разработчика, в компактном, простом и красивом форм-факторе.

NI MyRIO содержит программируемый чип Zynq-7010, позволяющий в полную силу использовать возможности LabVIEW, как для приложений реального времени, так и для ПЛИС. Вместо долгих часов, затраченных на отладку кода или разработку пользовательского интерфейса, студенты смогут воспользоваться графическим

подходом LabVIEW к программированию и сконцентрироваться на разработке, без дополнительного давления необходимости изучить среду разработки.

Лицевая панель виртуального прибора, посредством которого происходит управления шаговым двигателем, показана на рисунке 4.

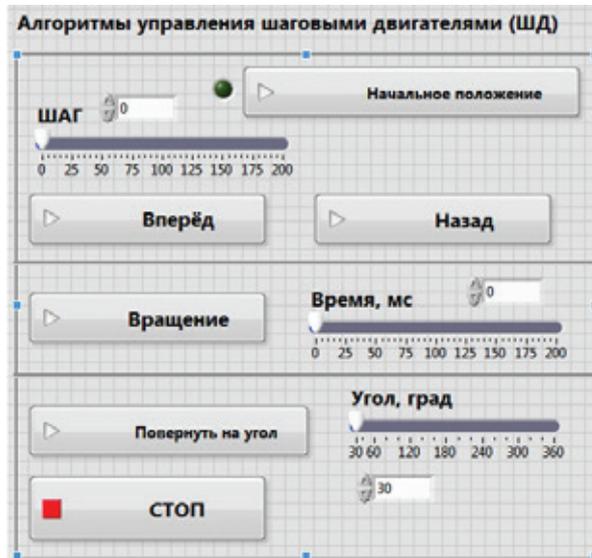


Рис. 4. Лицевая панель виртуального ШД

На рисунке 4 показан виртуальный прибор, посредством которого происходит управление шаговым двигателем, согласно алгоритму, заложенному при нажатии на кнопку.

Кнопка «Начальное положение» — возвращает ШД в начальное положение отсчета угла.

Кнопки «Вперед», «Назад» — позволяют осуществить режим шага вала на заданный шаг который устанавливается бегунком «ШАГ».

Кнопка «Вращение» — позволяет вращать ротор ШД с заданной скоростью которая устанавливается бегунком «Время, мс».

Кнопка «Повернуть на угол» — позиционирует стрелку на валу ШД на заданный угол, который задается бегунком «Угол, град».

Кнопка «Стоп» — прекращает работу управляющей программы и останавливает ШД.

Алгоритм работы программы основан на использовании конечного автомата. Каждая кнопка — это событие, на которое должна реагировать программа.

Пример блок схемы программы управления ШД показан на рисунке 5.

Из рисунка 5 можно понять алгоритм работы программы на примере состояния автомата «алгоритм управления шагом вперед». Цифра 1 рис.5 задает работу переключения состояния, а цифра 2 организует структуру «Case». Таким образом если рассмотреть событие при нажатии на кнопку «Вперед» и выставить требуемый «ШАГ», сработает событие под цифрой «1», затем выбирается состояние соответствующее «1» в Case структуре и ШД сделает требуемое число шагов.

Результатом работы стал разработанный лабораторный стенд рис. 6. по изучению работы ШД, позволя-

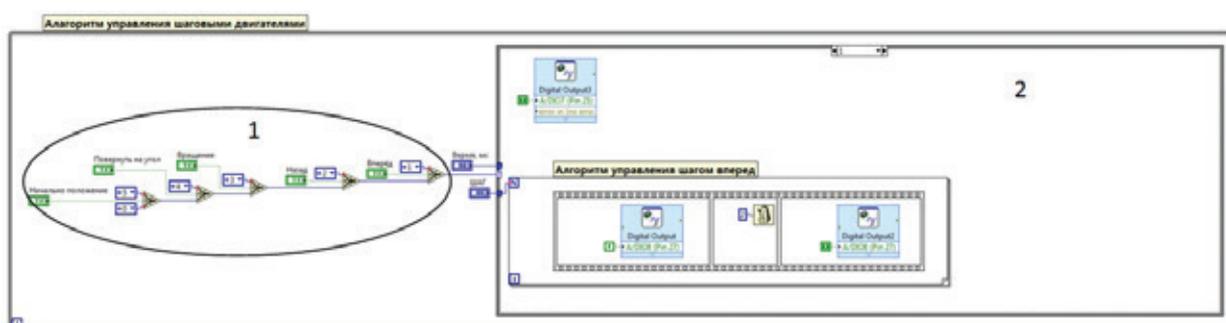


Рис. 5. Блок диаграмма программы управления ШД



Рис. 6. Разработанный лабораторный стенд по изучению ШД

ющий в полной степени ознакомится с принципом работы и позиционирования ШД.

Подводя итог можно сделать следующие выводы:

- платформа NI MyRIO довольно быстро сокращает время на апробацию алгоритмов управления,
- NI MyRIO обладает хорошим быстродействием,
- если есть детерминированные задачи, то данная платформа хорошо подходит,

- компания NI постаралась вместить в ПО как можно больше готовых программных функций (ШИМ, работа с последовательными интерфейсами, блок работы с энкодером и т.д.),

- NI MyRIO поможет подготовить студентам хорошие апробированные дипломные проекты.

Литература:

1. Ульянов, А. В. Совершенствование электромеханических систем газомангнитных опор высокоскоростных роторов для повышения эффективности их работы // Молодые ученые — Хабаровскому краю материалы XVII краевого конкурса молодых ученых и аспирантов. — Хабаровск: 2015. — с. 254—257.
2. Ульянов, А. В. Система управления активно управляемой газомангнитной опорой // Современные тенденции технических наук Материалы III Международной научной конференции. — Казань: Молодой ученый, 2014. — с. 49—52.
3. Ульянов, А. В., Копытов С. М., Стельмащук С. В. Математическая модель управляемой газомангнитной опоры // Электротехнические комплексы и системы управления. — 2014. — № 3. — с. 16—20.
4. Пат. 119872 Российская Федерация, МКП⁷ G 01 C 9/06. Оптический измеритель качки модели судна / Копытов С. М., Ульянов А. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО КнАГТУ. — № 119872; заявл. 09.12.2011; опубл. 27.08.2012
5. Ульянов, А. В., Коваленко М. В. Использование СПК207 для управления привода ОВЕН ПЧВ3 по протоколу Modbus RTU // Молодой ученый. — 2016. — № 5.

Автомобильное весоизмерительное устройство

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Представлено весоизмерительное устройство для автотранспорта для измерения массы автомобиля в диапазоне от 1 тонны до 50 тонн с точностью 1%.

Ключевые слова: автомобильный, транспорт, весоизмерительное устройство, микроконтроллер, датчик, тензорезистор.

Транспорт — одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны. Он не только обеспечивает потребности хозяйства и населения в перевозках, но вместе с городами образует «каркас» территории, является крупнейшей составной частью инфраструктуры, служит материально-технической базой формирования и развития территориального разделения труда, оказывает существенное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом.

Преимущества автотранспорта:

- высокая проходимость и большая маневренность;
- высокая скорость доставки грузов и пассажиров;
- рациональность перевозок на любые расстояния;
- обеспечение необходимой частоты движения и размещения;
- автомобильных дорог во всех зонах страны;
- надежность и сравнительно высокая скорость доставки грузов и пассажиров;
- независимость от погодных условий;
- регулярность, массовость, универсальность, маневренность;
- высокая провозная способность;
- низкие по сравнению с другими видами транспорта затраты на организацию перевозок.

Представлена система, предназначенная для измерения массы автомобиля в диапазоне от 1 тонны до 50 тонн с точностью 1%. Измерительное устройство ориентиро-

вано на машины с различным межосевыми расстояниями и представляет собой 3 платформы с участками трассы снабженными тензодатчиками. Кроме того первая платформа снабжена контактным датчиком, который срабатывает когда колесная пара находится полностью на первой измерительной платформе. Рядом с трассой расположена стойка с информационным дисплеем и клавиатурой.

В рабочем режиме производится измерение массы неподвижного автомобиля. В этом режиме имеется возможность измерить вес как «брутто», так и «нетто». Система подает звуковой сигнал «стоп» в тот момент, когда колеса находятся полностью на платформах. В статическом режиме существует возможность измерить вес пустого автомобиля (функция «тара»), ввести предельный вес груженого автомобиля (функция «предел») и контролировать его при загрузке кузова. При достижении 80% масс от предельной подается предупреждающий звуковой сигнал. При достижении 100% массы от предельной подается тревожный сигнал. Также это дублируется световой сигнализацией.

Кнопки клавиатуры имеют следующие функции:

>0< — установка нуля;

T — функция «тара». Система запоминает вес пустого автомобиля;

0–9 — цифровые клавиши;

PR — ввод предела. При нажатии этой клавиши предел вводится, а при повторном нажатии запоминается;

I — клавиша «начать новое измерение». Нажатие каждой клавиши сопровождается звуковым сигналом.

ТАРА : 3 ТОННЫ ПРЕДЕЛ : 30 ТОНН
ТЕКУЩАЯ МАССА : 7 ТОНН

Рис. 1. Вид дисплея

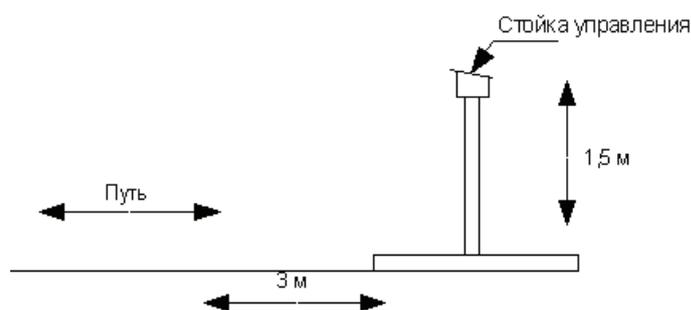


Рис. 2. Расположение стойки управления

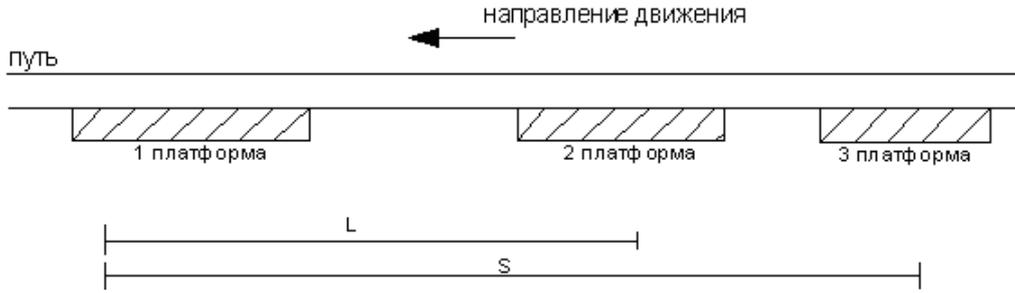


Рис. 3. Расположение измерительных платформ

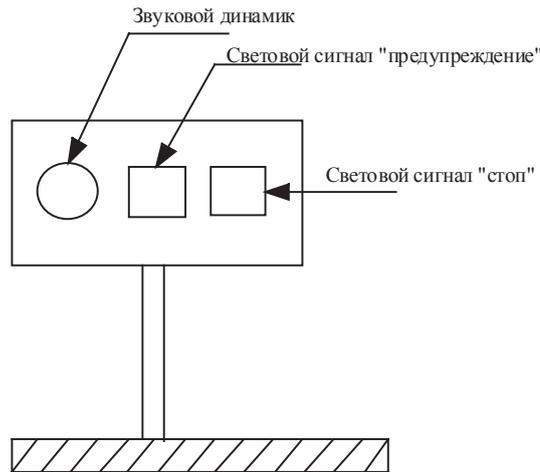


Рис. 4. Информационная стойка

В системе предусмотрена возможность управления процессом измерения массы через компьютер диспетчера, с которым предлагаемое устройство имеет связь по радиоканалу. Применение компьютера также позволяет документировать измерения. Для температурной компенсации характеристики тензодатчика в систему введен датчик температуры.

На рисунке 5 представлена структурная схема системы, которая состоит из блоков:

- БМ_к — блок микроконтроллера;
- ТД — температурный датчик;

- БЗС — блок звуковой сигнализации;
- БСС — блок световой сигнализации;
- БК_л — блок клавиатуры;
- БР_к — блок радиоканала;
- К — контактор;
- СС — схема сопряжения;
- БДВ — блок датчиков веса.

На рисунке 6 представлена функциональная схема, которая состоит из блоков:

- ТК — транзисторный ключ;
- ДГ — динамическая головка;

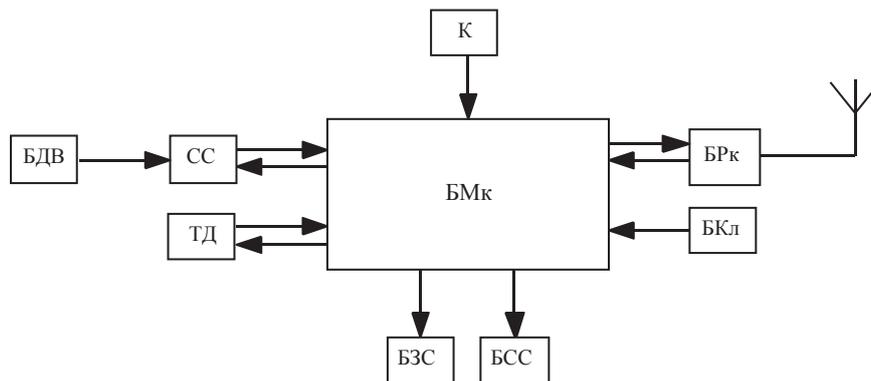


Рис. 5. Структурная схема устройства

$ДР_k$ — драйвер радиоканала;
 $ДСК$ — драйвер силового ключа;
 $ДЗС$ — драйвер звукового сигнала;
 LCD — ЖКИ — дисплей;
 $ТД_i$ — тензодатчик;
 $У_i$ — усилитель;
 $Д_i$ — делитель;
 $У_{дi}$ — усилитель дополнительный;
 t — датчик температуры;
 $СНС$ — схема начального сброса.

Чувствительными элементами являются тензорезисторы, которые входят в состав тензодатчиков. Тензодатчики оцифровываются средствами микроконтроллера (внутренний АЦП). Каждый тензодатчик

оцифровывается дважды: нормальный сигнал и деленный на два. За результат принимается значение большее по величине, но меньше максимального значения при оцифровке. Таким образом, уменьшается погрешность измерения.

Элементы световой индикации подключаются к сети посредством драйверов силовых ключей, которые управляют силовым транзисторным ключом. Радиоканал связан с микроконтроллером через USB-интерфейс. Датчик температуры опрашивается по интерфейсу I²C.

Клавиатура построена матричным способом. Функция обслуживания возложена на микроконтроллер. Звуковая сигнализация происходит напрямую при помощи транзисторного ключа либо через звуковой драйвер.

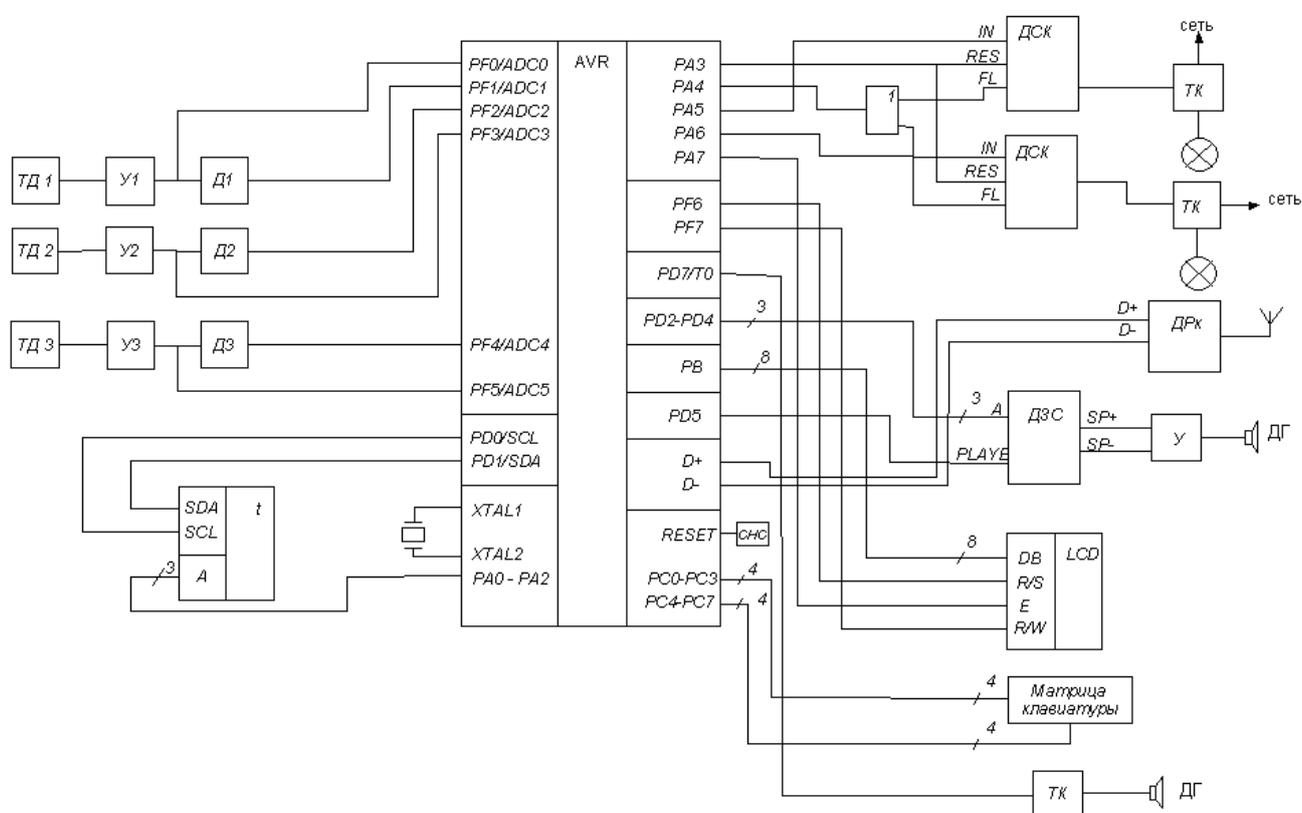


Рис. 6. Функциональная схема

Устройство ориентировано на использование микроконтроллера AT90USB1287–16AU. Данная микросхема — экономичный 8-разрядный AVR RISC CMOS-микроконтроллер. За счет выполнения большинства инструкций за один такт, производительность достигает 1MIPS на 1МГц тактовой частоты. Микроконтроллер выпускается по технологии высокоплотной энергонезависимой памяти компании ATMEL. Flash-память можно пе-

репрограммировать внутрисистемно через SPI-интерфейс с помощью обычного программатора или встроенной загрузочной программы, выполняемой ядром AVR. Загрузочная программа может использовать любой интерфейс для загрузки программного кода во Flash-память. Сочетание 8-разрядного RISC-ядра с flash-памятью в одном кристалле делает AT90USB128 мощным инструментом для эффективного решения задач встраиваемого управления.

Литература:

1. Абелян, А. П. Транспорт России / А. П. Абелян. — М.: Высшая школа, 1988. — 342с.
2. Доратон, Д. Е. Весовое оборудование / Д. Е. Доратон. — М.: Высшая школа, 1975. — 288с.

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Автоматизированный комплекс переработки бытового мусора и его дальнейшее использование в социальной сфере

Ющенко Вероника Борисовна, студент

Грабенко Людмила Семеновна, преподаватель

Сочинский институт (филиал) Российского университета дружбы народов

В наш мир все чаще входят «умные машины», способные облегчить труд человека, создать ему комфорт и уют, освободить его личное время и сэкономить ресурсы, важные для жизни человека и окружающей природной среды сегодня.

Цель работы: предложить к рассмотрению проект автоматизированного комплекса переработки бытового мусора и его дальнейшее использование в социальной сфере.

Задачи:

1. Рассмотреть эффективность переработки мусора;
2. Предложить варианты установки робота-сортировщика;
3. Предложить варианты установки мусоросжигающей печи;
4. Продемонстрировать просчет экономической эффективности и выгоды для человека с возможными вариантами окупаемости установки в отдельно взятом жилом доме;
5. Рассмотреть полученные результаты в качестве выводов.

Актуальность работы состоит в том, чтобы показать на примере жилого дома и частных участков утилизацию бытового мусора с помощью установок: робота-сортировщика и мусоросжигающей печи с просчетом экономической эффективности и окупаемости проекта.

Ежедневно человек сталкивается с тем, что, выходя из собственного жилья, он выносит собственный мусор в контейнер. Скапливаются тонны мусора, который никак практически не используется в России. А между тем, мы могли бы на нем экономить и решать бытовые, собственные проблемы, которые касаются каждого человека и окружающей его природной среды в целом. Решение проблем возможно с помощью современных технологий, которые широко применяют в Европейских странах.

В странах Евросоюза существует ряд политик в области отходов, которые закреплены в нескольких директивах, Например, «Рамочная директива по отходам», «Директива по опасным отходам», «Директива по транспортировке мусора» и пр. Они определяют структуру законодательства по отходам, дают точное их опреде-

ление, переработку и хранение, устанавливают приоритеты в обращении с мусором и его захоронением. Приоритет европейской экономики в области отходов — их минимализация. Транспортируют, хранят, пакетируют, и перерабатывают их таким образом, чтобы их коэффициент полезного действия был максимальным, а остаток был минимальным.

Разделение и переработка является идеей не новой, во многих странах уже давно на кухне каждой хозяйки установлено деление мусора на категории. В России не часто увидишь разделенные мусорные контейнеры. Например, Адлерский железнодорожный вокзал, где отдельно выбрасывают пластик, стекло, батарейки, бумагу и биологические отходы (картофельные очистки, плодоовощи, памперсы и т.д.). В Европе сортировка мусора в ручную вошла давно в норму и стала образом жизни, таким образом, по опросам граждан они на 65% делают планету чище и занимаются защитой окружающей природной среды.

На сегодняшний день конструктивно доказано, что сжигать подлежащий сжиганию мусор гораздо выгоднее, чем его захоронить, т.к. в этом случае можно получить максимальные преимущества. Существуют технологии, позволяющие целенаправленно утилизировать получаемое тепло. Полученное тепло предлагаем использовать в водонагревательных установках, что значительно снизит затраты на оплату дорогостоящего отопления и горячей воды.

Предлагаемые к использованию установках 3-го поколения — это технологии, позволяющие устранить выбросы токсичных газов хлоридов и фторидов, в атмосферу. Таким образом, сжигание помогает избежать шлакообразования. В этих установках более высокая степень защиты окружающей среды и широкая автоматизация, и централизация контроля всего процесса, включая утилизацию тепла.

Примерами таких технологий служат современные заводы по сжиганию отходов производят немецкие фирмы «Крефельд», «Вуперталь», «Бремерхафель» и др. В табл. 1 приведены основные характеристики завода фирмы «Крефельд».

У России давний опыт в работе мусоросжигающих заводов с 1980-х годов их было около 55, и сжигали они примерно 60000 отходов в 1 час. В 1984 году комиссия ООН приняла определения понятий безотходной технологии, малоотходной и рециркуляции, включающей в себя экономию энергии и сырья имеющее вторичное использование ресурсов. [1]

Но современные технологии позволяют пойти гораздо дальше и специалисты компании ZenRobotics предлагают уже сегодня совершенно новые технологии по сортировке мусора, что более приемлемо для России не привыкшей сортировать мусор.

Идея, предлагаемая к рассмотрению — это установка такого робота в каждый многоквартирный дом вместо мусорных баков или сортировки мусора вручную, по примеру Европейских стран. Для этого предлагается определенное специализированное здание или использование подвальных пустующих помещений в многоквартирных домах.

В жилых частных домах, установку можно использовать комплексно несколькими кварталами или улицами, определив место, куда можно было бы доставить мусор на сортировку.

В настоящее время, классическая методология предварительной сортировки мусора осуществляется в несколько этапов:

- Сортировка металл — не металл;
- Сортировка тяжелое — не тяжелое;
- Ручной этап.

На «ручном» этапе, у конвейера находятся люди, которые при помощи определенного инструктажа и полученных навыков, сортируют мусор. После чего, разложенные по разным контейнерам отходы направляются на специальные заводы, для технологической переработки.

Финская Компания ZenRobotics решила избавить людей от низко-интеллектуальной и монотонной работы, создав специальную роботизированную технологию, которая способна объединить все три этапа в один. Для решения поставленной задачи была использована инновационная технология искусственного интеллекта, которая базируется на адаптивном алгоритме поиска, он основан на принципе функционирования человеческого мозга.

Данная технология и впечатляющий набор всевозможных датчиков, позволяют промышленному роботу определять материалы, из которых состоит предмет и впоследствии, направлять его в нужный складской контейнер или на правильную полосу конвейера для переработки. [2]

Такие возможности робота значительно увеличивают общую эффективность предварительной сортировки в сравнении с ручным способом.

Специалисты компании ZenRobotics считают, в самом ближайшем будущем, можно будет применить уменьшенные копии данных машин повсеместно, чуть ли не в каждом доме, что значительно облегчит процесс переработки и снизит общие издержки.

Внешне модель представляет собой огромную роботизированную руку. Благодаря специальному программному обеспечению самообучающаяся машина способна определять множество материалов, в том числе разные виды пластика и подбирать с конвейера куски, которые еще можно повторно переработать.

Вариант технического монтажа, предложенный компанией, может выглядеть следующим образом, как на рисунке 2. [2]

Отсортированный мусор отправляется в мусоросжигающие печи, что значительно снизит тарифы ЖКХ



Рис. 1. Модель «Робот-сортировщик» компании ZenRobotics

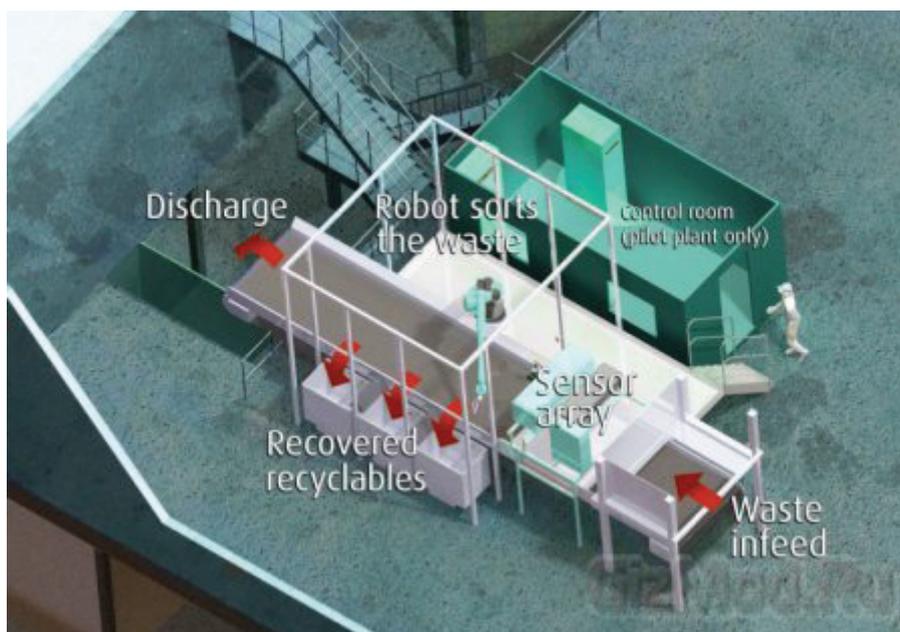


Рис. 2. Схематическое изображение установки «Робот-сортировщик»

и прочих служб, требующих деньги на обслуживание и использование ресурсов потребителем в России. Поэтому предлагаем использовать промышленную установку и варианты утилизации сжигания смешанных отходов и мусора с помощью печи (установки) для термической утилизации отходов и мусора. Нами выбран инженеринговый проект по утилизации и смешанным отходам мусора, так как он наименее безопасен для окружающей природной среды и более эффективен по показателям минимизации технических выбросов.

Технические параметры. [3]

Расчетная производительность по смешанным отходам 200 кг/час. Расчетная теплота сгорания отходов 6000 ккал/кг. Зольность 7,60%. Влажность 2%.

Процесс работы печи (установки) для термической утилизации отходов и мусора:

- Непрерывная загрузка осуществляется с помощью гидравлического погрузчика в сборе.
- Разгрузка золы осуществляется «конвейером автоматической разгрузки золы» с водяным охлаждением.
- Первичное горение (горение основной смеси), осуществляется с помощью двух комбинированных горелок печного топлива. Горелки выключаются, как только достигается заданная температура, и повторно включаются при падении температуры.
- Система комбинированной горелки печного топлива для вторичной камеры с горелкой (полностью модулирующего типа) с таймерами и с возможностью широкого диапазона изменения расхода.
- Вспомогательная воздухоудовка с ручным управлением для обеспечения вторичного и первичного воздуха.
- Вся установка смонтирована на скиде.

Таблица 5

Расчетный анализ отходов (основа проектирования)

Тепловой и материальный баланс	За 1 час
Процент сгорания углерода	95
Установленная высшая теплота сгорания подачи отходов, кг-калл/кг	6010
Расчитанная низшая теплота сгорания по уравнению Дюлонга и отводимое тепло для испарения воды, кг-калл/кг	6520
Плотность отходов, кг/м ³	240
Теплота сгорания отходов (теплотворная способность), кг-калл/ м ³	1444080
Состав подачи %:	
Углерод	59
Водород	10
Кислород	10
Вода	2
Хлор	4,12
Смола	7,62

- Электропитание 380 В/3 ф./50 Гц.
- Приблизительная занимаемая площадь установки 2,5 x 9 м.
- Общий вес установки примерно 25 тонн.
- Первичная камера футерована двумя слоями. Первый основной слой: огнеупорный материал рассчитанный на температуру 1450°C. Второй слой: огнеупорный материал рассчитанные на температуру 1050°C.
- Вторичная камера футерована теплоизоляцией из керамического волокна, рассчитанного на температуру 1280°C.

- Первичная топочная камера включает механическую поверхность с водяным охлаждением, систему транспортировки золы для передвижения золы по топке и к устройству удаления. Эта установка также служит для перемешивания и предотвращения заторов материала.
 - Внешняя часть всех компонентов из углеродистой стали покрыта высокотемпературной эпоксидной грунтовкой и финишным слоем.
- Расчетные данные.
- Требуемое количество кислорода 12,5 кг-моль/час
требуемое количество сухого воздуха 1700 кг/час.

Таблица 6

Обозначение	CO ₂	HCl	SO ₂	H ₂ O
Молей от сжигания	18,68	0,46	0,02	19,77
Молей от испарения	нет	нет	нет	0,44

Фактическое количество кислорода во входном воздухе 17,30 кг — моль/час. Общее содержание сухого воздуха 82,60 кг-моль/час. Пары воды в воздухе 3,630 гр.

Таблица 7

Обозначение	CO ₂	HCl	SO ₂	N ₂	O ₂	H ₂ O
Всего молей до вспомогательного топлива	18,68	0,46	0,02	143,97	10,94	21,88

Всего топочного газа, влажного 88,80 кг-моль/час; молярный вес, сухой 30,00; всего топочного газа, сухого 78,90 кг-моль/час; молярный вес, влажный 28,60; температура без подводимого тепла — 16°C; теплота в фак-

тическом топочном газе 1300 кВт; масса охлаждающего воздуха 1770 кг/час; топочный газ влажный 151,0 кг-моль/час; топочный газ сухой 140,0 кг-моль/час.

Таблица 8

Выбросы

Обозначение	CO ₂	HCl	SO ₂	N ₂	O ₂	H ₂ O	Всего
Всего молей из вытяжной трубы	18,60	0,46	0,02	251,50	39,50	23,60	333,80
Количество, кг	372,0	7,7	0,60	3 190	573,0	192,0	4 340
Объем, % сухой	6,02	0,15	0,01	81,00	12,00	-	100

Фактический расход топочного газа при 1010°C 15,90 м³/час. Фактический расход топочного газа при 149°C 5,0 м³/час. Так выглядит установка мусоросжигающей печи предлагаемого комплекса.

Компоненты системы газоочистки печи для сжигания отходов и мусора:

1. Установка пожаротушения;
2. Конденсатор;
3. Скруббер;
4. Сепаратор для отделения твердых частиц;
5. Хранилище химикатов и система их подачи;
6. Насосы, обвязка, клапаны и фитинги;

7. Панель управления, встроенная в панель управления установки для сжигания отходов и мусора, и обеспечивающая общее управление из одного места;

8. Вытяжной вентилятор;
9. Дымовая труба (для отвода газа);
10. Автоматический байпас вытяжной трубы с регулировкой температуры;
11. Градирия для циркулирующей воды.

Отметим, что технические характеристики установки рассчитаны на производительность по смешанным отходам в количестве около 200 кг/ч. Расход природного газа при холодном пуске составляет примерно 120–125



Рис. 3. Мусоросжигающая печь

м³/час. Печь рассчитана на сжигание и очистку от любого запаха газовоздушных смесей, образующихся от деулка-низатора и вальцов. [3]

Логично было бы сказать об окупаемости всего этого проекта и расчетов на оплату квартиры по площади. Расчет

произведен из сегодняшних оплат на ЖКХ на тепло, горячую воду, оплата за вывоз и утилизацию мусора: Вариант использования полученной горячей воды возможен в различных бытовых целях на усмотрение жильцов дома. Ниже в таблице приведены расчеты на 2016 год.

Таблица 9

Услуги ЖКХ на 2016 год

Расчет стоимости тепловой энергии на отопление 1 кв. метра общей площади в 2016 году	январь-апрель 0,0366 Гкал/кв. м * 1170,57 руб./Гкал = 42,8429 руб./кв.м.
Расчет стоимости услуги за горячее водоснабжение на 1 человека в 2016 году	январь-июнь 0,2120 Гкал/на 1 чел. в месяц * 1170,57 руб./Гкал = 248,16 руб./чел.
Расчет стоимости услуги за горячее водоснабжение по счетчику ГВС в 2016 год	январь — июнь 0,0467 Гкал/куб. м * 1170,57 руб./Гкал = 54,6656 руб./куб.

Таблица 10

Расчет стоимости оплаты за вывоз и утилизацию мусора

Количество прописанных	1 чел.	2 чел.	3 чел.	1 м ² жилплощади
1-а комнатная квартира	134 руб. 27 коп	67 руб. 13 коп.	44 руб. 76 коп	33,4 м. кв.
2-х комнатная квартира	189 руб. 74 коп.	94 руб. 87 коп	63 руб. 25 коп.	47,2 м. кв.
3-х комнатная квартира	254 руб. 87 коп.	127 руб. 43 коп.	84 руб. 96 коп	63,4 м. кв.

Выводы:

1) Используя «умные машины» в частности робота-сортировщика и мусоросжигающую печь экономическая эффективность по нашим подсчетам составит:

1. Услуги ЖКХ

1.1 **Экономия на отоплении:** 33,4 кв. м. * 300 человек * 30 месяцев * 42,8 рублей = 12865680 рублей — экономии.

Рассчитываем следующим образом: средняя площадь квартиры умножается на количество жильцов, умножается на количество месяцев в отопительном сезоне (за 5 лет) умножается на стоимость тепловой энергии на отопление 1 кв. м. Получаем экономию в рублях.

1.2 **Экономия на услугах за горячее водоснабжение рассчитывается:** стоимость услуги за горячее водоснабжение на 1 человека умножается на количество человек,

живущих в доме, умножается на количество месяцев (за 5 лет).

Расчет составляет: 248 рублей * 300 человек * 60 месяцев = 4464000 рублей.

1.3 **Экономия на вывозе мусора и утилизации рассчитывается следующим образом:** стоимость на одного человека, проживающего в однокомнатной квартире (33,4 кв. м. (средняя квадратура) умножается на количество человек, проживающих в доме, умножается на количество месяцев (за 5 лет). Площадь можно рассчитать любую и на большее количество человек.

Расчет составляет: 134 рублей * 300 человек * 60 месяцев = 2412000 рублей.

2) Таким образом, делаем вывод, что, робот окупится в среднем на сегодняшний день курса валют (80 рублей-за 1 евро) за 10 лет.

3) Мусоросжигающая печь в среднем окупится за 3 года.

При правильном расчете многоквартирного дома в 5 этажей ориентировочно составит 300 человек. Расчет ведется на 1 год.

Цена работа рассчитывается на 1 год (360 дней). Расчет окупаемости работа-сортировщика производится следующим образом:

1. Цена работа/360 дней = цена за 1 день обслуживания.
2. Цена работа/300 человек=цена на каждого человека, живущего в доме.
3. Цена на каждого человека, живущего в доме / 360 дней =окупаемость за год работы работа.

По схеме расчета предложенной нами легко рассчитать стоимость оборудования на настоящее время. Таким образом, по предложенным на сегодняшний день ценам получены следующие расчеты:

Расчет ведется на 1 год:

1. Робот-линия с двумя манипуляторами стоит примерно 500000 евро / 360 дней=1380 евро — цена за один день обслуживания.
2. 500000 евро / 300 человек=1666 евро (143276 рублей) — цена на каждого человека, живущего в доме.

Литература:

1. Шпаргалка по экологическому праву. — М.: Издательство «Окей-книга», 2011. — 32 с.
2. Электронный ресурс URL: <http://www.dailytechinfo.org/robots/2341-robot-sortirovshhik-musora-recycler-iz-bavit-lyudej-ot-gryaznoj-raboty.html>.
3. Электронный ресурс URL: <http://www.intech-gmbh.ru>

В пересчете на рубли это составит — 143276 руб.

Если цена оплаты за год окажется большой по размеру оплаты для проживающих в доме ее можно разделить на более длительный период, например 5 и более лет.

Расчет затрат на 5 лет:

При расчете берется 1825 дней — это 5 лет;

$$1. \frac{143276 \text{руб}}{1825 \text{дней}} = 78 \text{руб} \text{ — цена на каждого человека,}$$

проживающего в доме в день

$$2. \frac{118680 \text{руб}}{1825 \text{дней}} = 65 \text{руб} \text{ — цена за 1 день обслужи-}$$

вания в течение 5 лет

Расчет можно сделать на более длительное количество времени, используя Европейские нормы расчетов 20–30 лет. В этом случае, если квартира продается, то все расчеты переходят на приобретающего жилье человека.

Написание данной статьи является аналитической информацией к размышлению человечества в целом. Технические ресурсы могут прекрасно сосуществовать с природой и обществом. Важно задать им нужное направление и совместить современные технологии и экологизацию общества.

4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Анализ регулятора скорости замкнутой следящей системы двигатель постоянного тока – тиристорный преобразователь

Дараев Абдумежит Масимович, кандидат технических наук;
Султанов Ануар Канатулы, студент;
Сибаев Акниет Сабырулы, студент
Университет «Туран» (Казахстан)

В статье рассматриваются следящая система управления электропривода постоянного тока СФЭС. В структурной схеме следящей системе управления приводится регулятор скорости с переменной структурой в среде MATLAB и приводятся графики переходных процессов скорости и угла поворота исполнительного вала системы.

Ключевые слова: следящие электроприводы, гелиоустановка, солнечная фотоэлектрическая станция, система управления.

The article discusses the servo control system of a DC drive SFAS. In the block diagram of servo control system provides speed control with variable structure in the MATLAB environment and provides graphs of transient speed and angle of the executive shaft system

Keywords: The watching electric drives, a solar power plant, solar photo-electric station, a control system.

Повышение точности слежения и качества переходных процессов скорости и угла исполнительного вала двигателя постоянного тока солнечной фотоэлектрической станции (СФЭС) существенно зависит от регулятора скорости следящей системы. [1]. Структурная схема системы управления следящего электропривода постоянного тока солнечной фотоэлектрической станции [2] представлена на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, следящий электропривод солнечной фотоэлектрической станции состоит: из двигателя постоянного тока независимого возбуждения, представ-

ленный двумя звеньями (интегрирующим и инерционным эвенном), охваченные отрицательной обратной связью, тиристорного преобразователя с передаточным коэффициентом K_{Γ} , корректирующего звена (ПИД регулятор) и нелинейного звена, моделирующего люфт редуктора. Исследования переходных процессов следящего электропривода постоянного тока солнечной фотоэлектрической станции (СФЭС) показали [3], что система не вполне отвечает качественным характеристикам динамики следящего электропривода. В связи с этим предла-

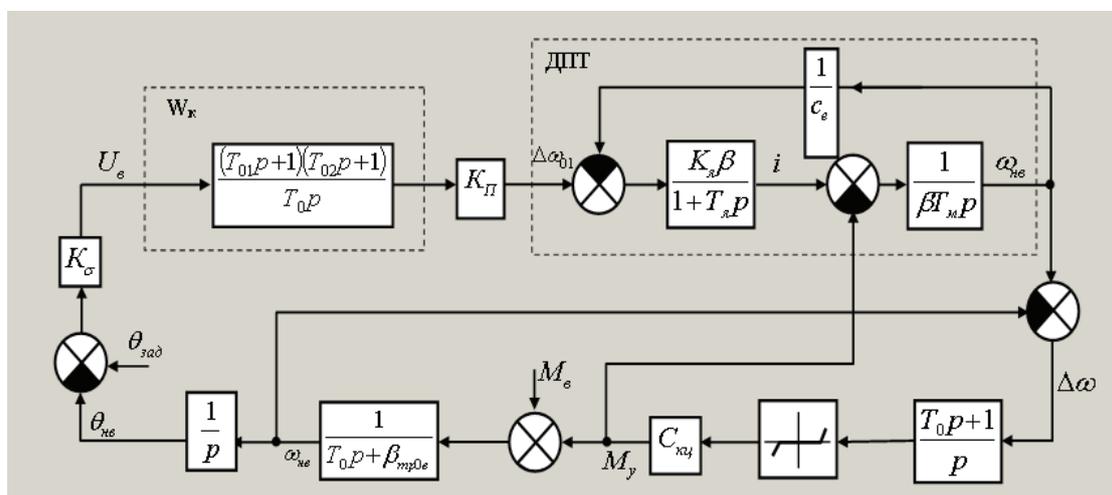


Рис. 1. Структурная схема следящего электропривода солнечной фотоэлектрической станции

гается новая структурная схема тиристорного следящего электропривода постоянного тока с нелинейным корректирующим устройством в среде MATLAB, которая приведена на рисунке 2. Выбранное нелинейное коррек-

рующее устройство [4] аналогично звену с переменной структурой. В связи с этим систему управления следящего электропривода постоянного тока можно рассматривать как систему с переменной структурой.

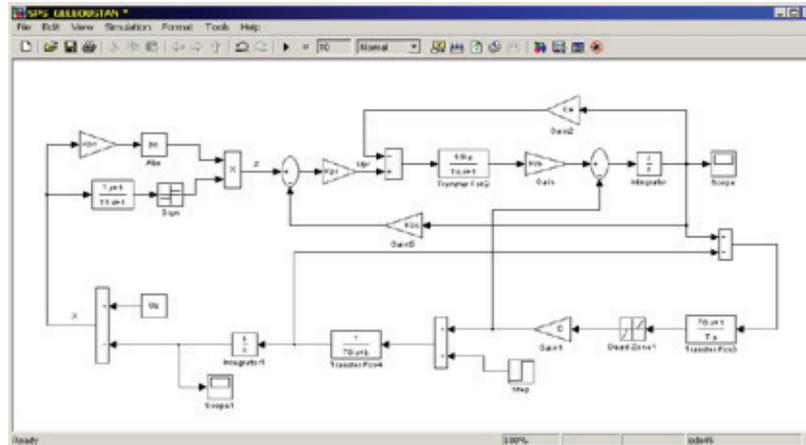


Рис. 2. Структурная схема системы управления с переменной структурой в среде MATLAB

Нелинейное корректирующее устройство придает системе свойство самонастройки по величине ошибки, возникающей в системе в процессе управления [4]. Однако, для улучшения качества процесса управления и точности обработки входного сигнала системы управления, регулятор скорости, представленный нелинейным корректирующим звеном (рисунок 2) можно преобразовать следующим образом. Вывести из нелинейного корректирующего звена (регулятор скорости) звено абсолютной

величины переменной $|u|$, а вместо функции знака $\text{sign}(x)$ ввести релейное звено и вместо множительного звена ввести звено суммирования. В этом случае оптимизированная структурная схема системы управления с переменной структурой следящего электропривода постоянного тока солнечной фотоэлектрической станции (СФЭС), с параметрами двигателя постоянного тока (таблица 1), приобретает следующую структуру (рисунок 3).

Таблица 1

Параметрами двигателя постоянного тока

$P_H, \text{кВт}$	$U_H, \text{В}$	$n_H, \text{об.мин}$	$R_d, \text{Ом}$	$L_d, \text{мГн}$
0.17	110	3000	5.84	128

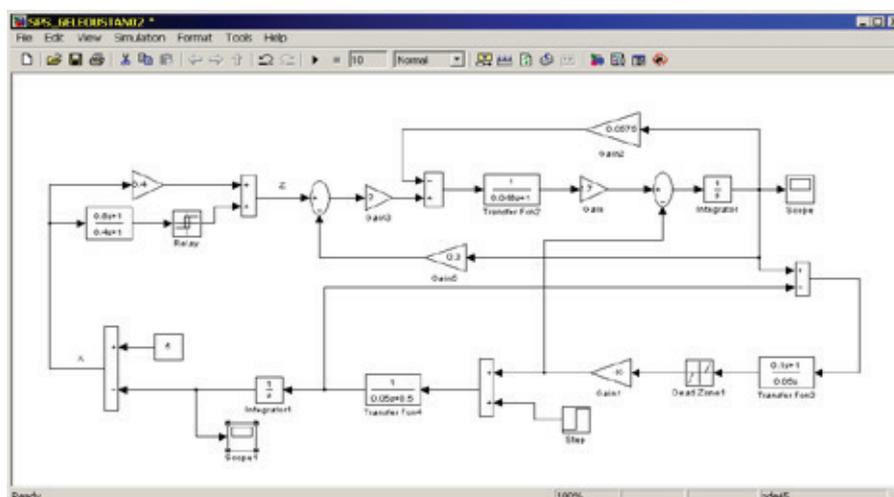


Рис. 3. Оптимизированная структурная схема системы управления с переменной структурой СФЭС

На рисунке 4 приведены графики переходных процессов скорости и угла поворота исполнительного вала двигателя.

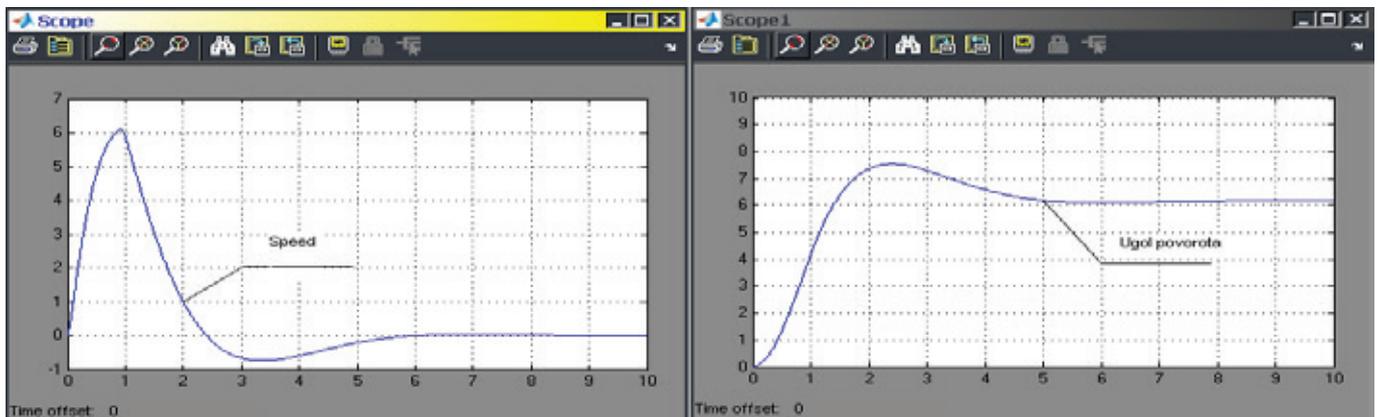


Рис. 4. Графики переходных процессов скорости и угла поворота исполнительного вала системы

Структурная схема следящего электропривода постоянного тока СФЭС (рисунок 3) более удобна для получения линеаризованной структурной схемы и передаточной функции системы. Линеаризованная структурная схема следящего электропривода (СЭП) представлена на

рисунке 5. Отметим, что линеаризация осуществлялась для нелинейного звена с зоной нечувствительности (звено моделирующее люфт редуктора) согласно [5] и нелинейного звена регулятора скорости (реле).

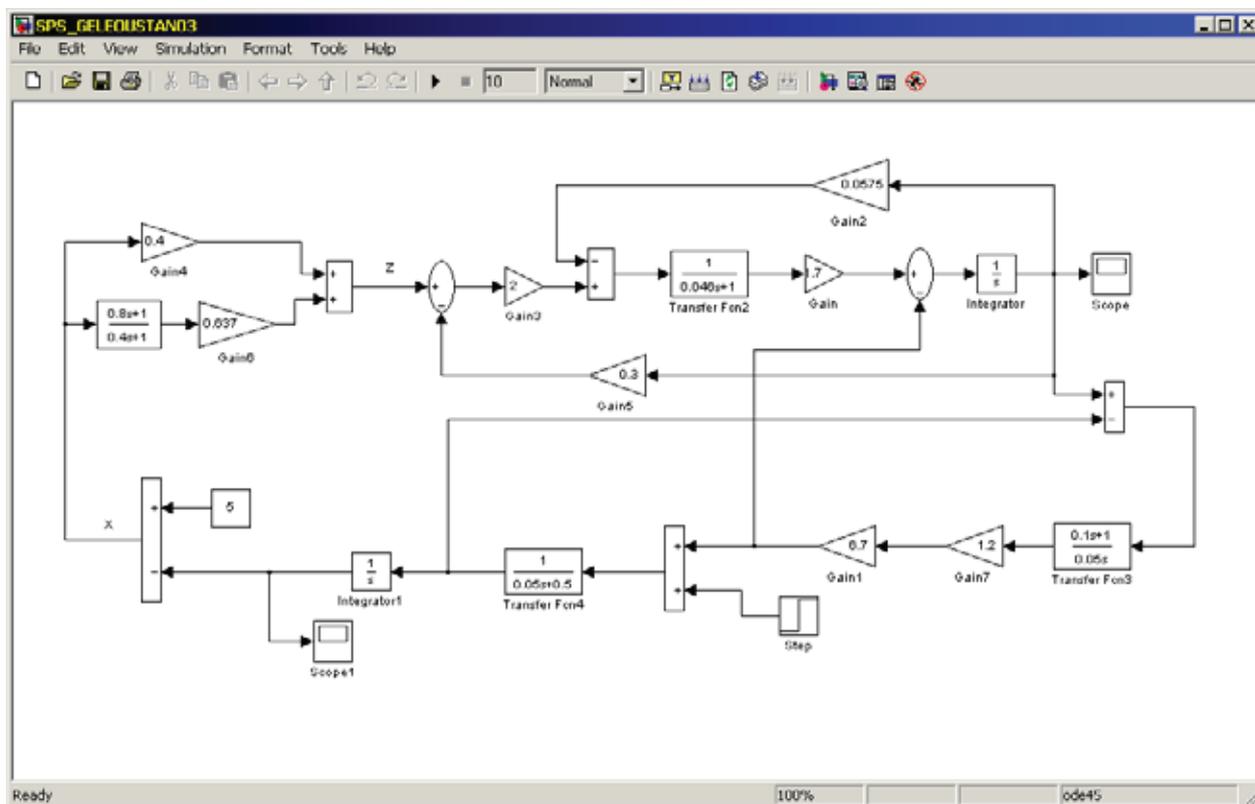


Рис. 5 Структурная схема линеаризованной системы СЭП СФЭС

На рисунке 6 приведены графики переходных процессов скорости и угла поворота вала ротора двигателя постоянного тока, полученные на основе структурной

схемы линеаризованной системы управления СЭП СФЭС в среде MATLAB

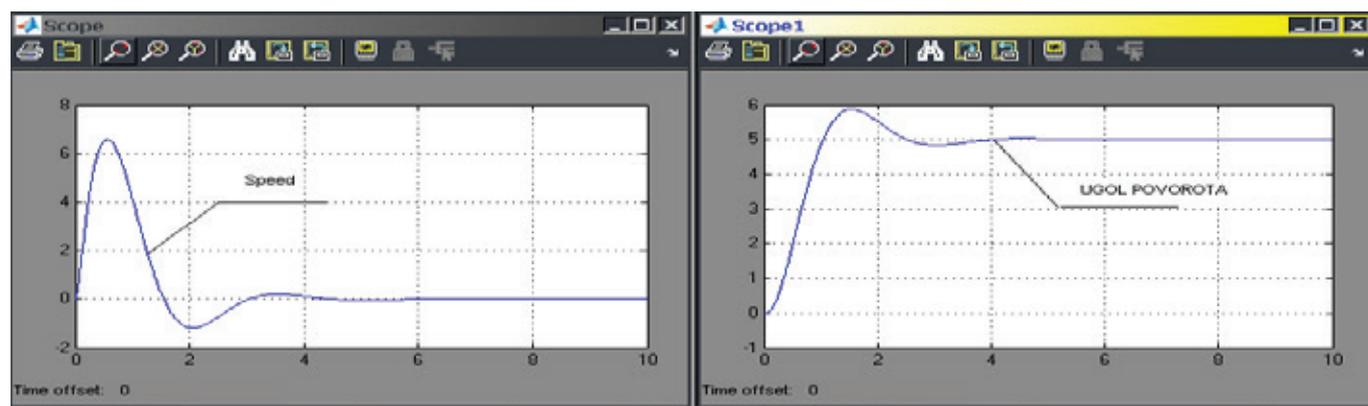


Рис. 6. Графики переходных процессов скорости и угла поворота исполнительного вала системы

Как видно из рисунка 6, переходные процессы скорости и угла поворота вала двигателя аналогичны по качественным характеристикам переходных процессов, представленные на рисунке 4. Полученная структурная схема модели следящего электропривода солнечной фотоэлектрической станции (рисунок 5) является оптимизированной системой с линейризованным регулятором скорости.

Выводы

Разработана структурная схема линейризованной системы управления следящего электропривода постоянного тока СФЭС.

Переходные процессы скорости и угла поворота исполнительного вала системы без линейризации и с линейризацией системы управления идентичны.

Литература:

1. Сорокин, Г. А. Электроприводы энергетических гелиоустановок без концентрации энергии. Автореферат кандидатской диссертации. — М.: МЭИ. 2005—23с.
2. Овсянников, Е. М. Электропривод энергетической гелиоустановки. Электропривод энергетической гелиоустановки. — М.: Привод и управление. 2000. № 2. — С. 4—9.
3. Терехов, В. М. Овсянников Е. М. Цаценкин В. К., Малоредукторный следящий электропривод для систем наведения, — М.: МЭИ, 2000. С. 46—58.
4. Попов, Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. — М.: Наука, 1988.
5. Теория автоматического управления. Ч. II. Под ред. А. В. Нетушила. — М.: «Высшая школа», 1972.

Сети с использованием технологии FTTH

Зильгараева Алия Кылышбаевна, магистр;
Круговых Тимофей Владимирович, студент;
Ненашев Евгений Анатольевич, студент
Университет «Туран» (Казахстан)

В статье рассматриваются построение сети с использованием технологии FTTH.

The article deals with the construction of a network using FTTH technology.

Сегодня, из всех широкополосных технологий наиболее интересной и перспективной представляется ЕТН (Ethernet To The Home — Ethernet до дома (квартиры)), так как является наиболее скоростной, а также поддерживает симметричные скорости передачи данных к поль-

зователю и от пользователя. Так как максимальное расстояние работы протокола Ethernet на медном кабеле составляет всего 100м, то в основном, при построении операторских сетей используются оптические технологии. Существует несколько бизнес-моделей построения оп-

тических сетей — FTТх (Fiber To The). Отличаются они главным образом тем, насколько близко к пользовательскому терминалу подходит оптический кабель (рис. 1):

— FTТN (Fiber To The Node) — волокно до сетевого узла;

— FTТC (Fiber To The Curb) — волокно до микрорайона, квартала или группы домов;

— FTТB (Fiber To The Building) — волокно до здания;

— FTТH (Fiber To The Home) — волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа).

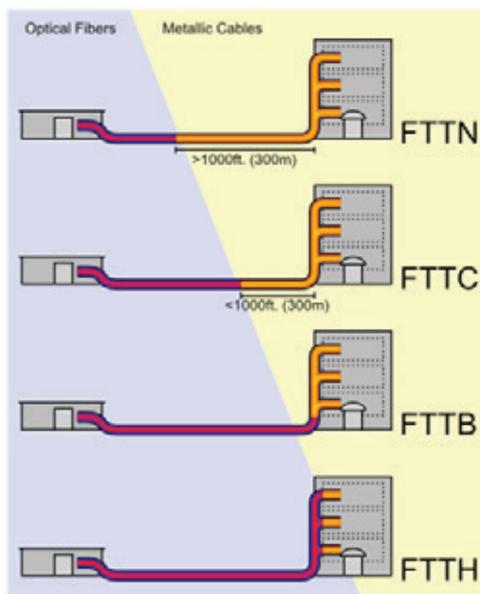


Рис. 1. Архитектуры построения сетей FTТх

Но технологии не стоят на месте, и всё большую популярность набирает вариант FTТH, когда оптический кабель заходит непосредственно в квартиру абонента. FTТH хотя и требует более высоких капитальных затрат при строительстве, чем FTТB, но имеет более низкую совокупную стоимость владения (ТСО — Total Cost of Ownership) за счёт снижения эксплуатационных расходов. При построении таких сетей:

— уменьшается суммарная площадь технических помещений,

— снижается количество необходимого коммуникационного и дополнительного оборудования (коммутаторы, коммутационные шкафы, коммутационные панели, электрические счётчики, источники бесперебойного питания) за счёт более эффективного использования его ёмкости,

— снижается энергопотребление,

— уменьшаются затраты на техническую поддержку, так как количество оборудования снижается и располагается оно значительно компактнее.

В FTТH сетях проще обеспечить более высокий уровень качества обслуживания абонентов, так как проще обеспечить бесперебойное питание коммуникационного оборудования, а также его резервирование и замену.

Технология FTТH имеет не такое широкое распространение, как FTТB, потому что существующие реализации обладают, либо довольно большим набором ограничений, либо требуют очень высоких капитальных затрат при строительстве. Смогли учесть пожелания операторов и выпустили законченное полнофункциональное решение

для построения провайдерских Tripleplay-сетей по этой технологии (рис. 2).

Основой решения являются недорогой коммутатор доступа DES-3200—28F и клиентские маршрутизаторы: DIR-100/FE, DVG-N5402FF и DVG-N5402GF. Коммутатор DES-3200—28F имеет 24 слота для установки SFP модулей со скоростью 100Мбит/с и 4 комбинированных порта (10/100/1000Base-T или 100Мбит/с и 1000Мбит/с SFP). Он обладает всем необходимым для уровня доступа функционалом, включая: IMPB, DHCP Snooping, DHCP Relay Option 82, IGMP/MLD Snooping, 802.1Q, Q-in-Q, ISM VLAN, ERPS, STP (RSTP, MSTP), LBD, ACL, OAM/CFM, LLDP, IPv6 и др. Маршрутизатор DIR-100/FE имеет WAN порт, выполненный в виде слота для установки SFP модулей со скоростью 100Мбит/с, а также поддерживает IEEE 802.1Q, что позволяет предоставить пользователю каждую услугу (данные, голос, видео) в своём вилане. Маршрутизаторы DVG-N5402FF и DVG-N5402GF имеют WAN порт выполненный в комбинированном варианте (UTP/SFP) и 2 порта FXS для подключения аналоговых телефонов, и также, как и DIR-100/FE поддерживают IEEE 802.1Q. Разница между DVG-N5402FF и DVG-N5402GF заключается в том, что DVG-N5402GF имеет более скоростные медные порты с поддержкой скоростей 10/100/1000Мбит/с, в отличие от DVG-N5402FF, у которого они поддерживают только 10/100Мбит/с, а также позволяет устанавливать не только 100M SFP модули, а и гигабитные.

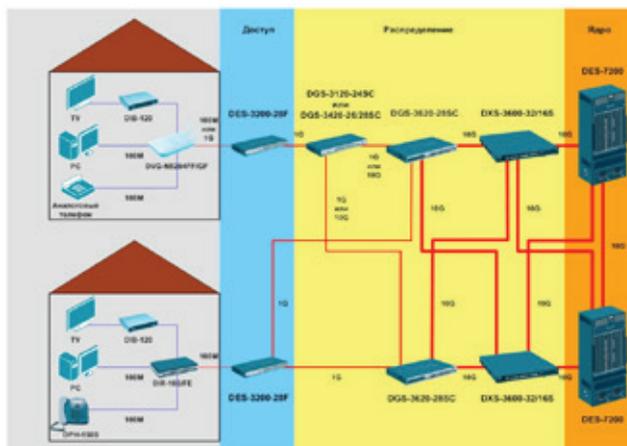


Рис. 2. Топология сети FTTH

Остальная часть решения не отличается от классической архитектуры FTTB. В качестве коммутатора уровня ядра используется DES-7200. Коммутатор DES-7200 выпускается в двух вариантах шасси: 6-ти и 10-ти слотовом. В каждом шасси два слота зарезервированы для установки модулей управления, остальные отведены под интерфейсные модули. Существует довольно большое число различных интерфейсных модулей, позволяющих подобрать необходимую комбинацию портов. Устройство является высокофункциональным и высокопроизводительным маршрутизирующим коммутатором и поддерживает большое число протоколов и технологий: MPLS, динамические протоколы маршрутизации: BGP, OSPF, RIP, протоколы маршрутизации многоадресного трафика (multicast): DVMRP, PIM-DM, PIM-SM, PIM-SSM и др.

Уровень агрегации в таких сетях может иметь несколько подуровней. Тогда для подуровня, который находится ближе всего к ядру можно использовать коммутаторы с большим количеством 10-ти гигабитных портов, т.е. серию DXS-3600. Для следующего подуровня могут использоваться L3 коммутаторы с большим количеством оптических гигабитных портов и некоторым количеством 10-ти гигабитных портов (для подключения к верхнему подуровню уровня распределения), например, DGS-3620-28SC. А самый нижний подуровень уровня распределения может являться L2 подуровнем и служить в качестве оптического концентратора для объединения коммутаторов уровня доступа. На этом подуровне могут использоваться коммутаторы серии DGS-3420 или DGS-3120-24SC. Серия DXS-3600 включает два коммутатора: DXS-3600-32S, который имеет 24 10Гигабитных SFP+ порта и DXS-3600-16S, который имеет

8 10Гигабитных SFP+ портов. Оба коммутатора имеют слот расширения. В этот слот можно установить дополнительные модули с поддержкой различных типов оптических и медных портов: 1Гбит/с, 10Гбит/с, 40Гбит/с, 120Гбит/с. Коммутатор DGS-3620-28SC имеет 24 порта SFP (4 из которых являются комбинированными UTP/SFP) и 4 порта SFP+. Обе линейки коммутаторов являются коммутаторами L3, поддерживают динамические протоколы маршрутизации: BGP, OSPF, RIP, протоколы маршрутизации многоадресного трафика: DVMRP, PIM, а также MPLS. Серия DGS-3420 имеет в своём составе два оптических коммутатора DGS-3420-28SC и DGS-3420-26SC. Устройства этой серии поддерживают статическую маршрутизацию и все необходимые технологии и протоколы: ERPS, STP (RSTP, MSTP), IGMP/MLD Snooping, 802.1Q, Q-in-Q, GVRP, 802.1p, OAM/CFM, SNMPv3, SSL, SSH, NTP и т.д. Коммутатор DGS-3420-28SC имеет 24 порта SFP (4 из которых являются комбинированными UTP/SFP) и 4 порта SFP+, а DGS-3420-26SC — 24 порта SFP (4 из которых являются комбинированными UTP/SFP) и 2 порта SFP+. Коммутатор DGS-3120-24SC по своим функциональным возможностям похож на серию DGS-3420, но имеет 24 порта SFP (8 из которых являются комбинированными UTP/SFP) и 2 медных порта CX4.

Построение сетей провайдеров довольно специфическая и сложная задача. Компания D-Link прилагает все усилия, что бы помочь операторам решить их технические и бизнес вопросы. D-Link имеет значительный опыт в проектировании и построении провайдерских сетей. На нашем оборудовании работают многие крупные проекты по всему миру.

Литература:

1. Вишневецкий, В. М., Ляхов А. И., Портной С. Л., Шахнович И. В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. — М.: «Техносфера», 2005. — 592 с.
2. Колпаков, И. А. Особенности реализации оптической транспортной сети при строительстве с архитектурой FTTB/ FTTH// Кабельщик-2012г
3. Шаров, В. А. Базовые технологии мультисервисных сетей// Сети и телекоммуникации-2012-№ 6

Применение датчиков положения ротора для создание вращающего момента вентильного электродвигателя

Нурмагамбетов Анарбек Адиржанович, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (Казахстан)

На сегодняшний день разработка и исследование электромеханических систем с бесконтактными двигателями постоянного тока в качестве объекта управления преобладает все большее значение, что характерно существующими преимуществами по сроку службы, особенно работой в суровых условиях эксплуатации, универсальностью регулировочных качеств, а также достаточной легкостью в управлении. Разнообразие имеющихся и разрабатываемых бесконтактных двигателей способствовало за собой появление огромного числа разных схем управления этими двигателями.

Необходимо отметить, что основное внимание исследователей сосредоточено на решении основных вопросов по построения отдельных узлов бесконтактных двигателей постоянного тока и их конструктивного усовершенствования. Условно меньшее количество работ посвящено аспектом по проектированию совершенно новых универсальных алгоритмов и средств управления электромеханическими системами с применением бесконтактных двигателей постоянного тока, направленных на улучшение их энергетических показателей.

Переключение фаз статора должно производиться при определенных, согласованных с ними, положениях ротора. Поэтому на валу ЭД обычно располагается датчик положения ротора (ДПР), формирующий определенные сигналы которые используются логическое устройства (ЛУ) для формирования команд управления полупроводниковым коммутатором (ПК).

Отличие вентильного двигателя от синхронного электродвигателя состоит в том, что частота поля статора в нем изменяема, а определяется частотой вращения ротора частотой сигналов датчика положения ротора, используемых для управления полупроводниковым коммутатором, определяется частотой вращения ротора. Поэтому вентильный двигатель можно изучать как синхронный электродвигатель с переменной частотой питания статорных обмоток, аналогично частоте вращения ротора. Тем самым, поле статора вынужденно по сигналам датчика положение ротора одновременно вращается с ротором, что дает возможность в теоретическом плане для изучения вентильного двигателя использовать теорию двух реакций, при исследовании синхронных электродвигателей обычной конструкции. В то же время происходящие действия и механическая характеристика вентильного двигателя такие же, как у обычных коллекторно-щеточных двигателей постоянного тока, следовая этому средние за период параметры вентильных двигателей могут быть достаточно точно охарактеризовать их уравнениями. Распределение тока в фазах электродвигателя должны осуществляться

в согласованных с силовым магнитом положениях. Необходимо на валу электродвигателя расположить элементы датчика положения ротора, фиксирующие угловые положения ротора электродвигателя и взаимное расположение магнита ротора и обмоток статора. Возможны также и бездатчиковые схемы управления вентильными двигателями с использованием для формирования сигналов о положении ротора моментов прохождения через нуль противо-эдс незапутанных в момент измерений фаз в рабочем режиме в каждый момент времени запутаны только 2 фазы. Датчик положения ротора может быть реализован различными способами: с использованием эффекта Холла, оптическими или индукционными методами. Рассмотрим сначала индукционный метод: обмотки (L) датчика положения ротора намотаны на ферритовые кольца, расположенные на статоре электродвигателя, образуя дроссели (рис. 1, а). Через сопротивление R они запутаны от задающего генератора (ЗГ) частотой $f=100\text{кГц}$. На статоре они расположены под углом 120° друг к другу. Сигнальный двухполюсный магнит дважды за один оборот смещает рабочую точку дросселя в зону насыщения (рис. 1, б) уменьшая тем самым его индуктивное сопротивление практически до нуля. Если магнит располагается к обмотке дросселя боковой поверхностью, то рабочая точка возвращается в центр характеристики, индуктивное сопротивление дросселя возрастает, на выходе детектора датчика положение ротора появляется напряжение логическая единица в виде сигналов ДА, ДВ, ДС. За один оборот ротора 360° геометрических период логического сигнала на выходе фильтра составит 720° электрических (рис. 2).

Применение датчиков Холла, вместо индукционных, значительно сокращает электронные затраты, позволяя непосредственно получить выходной сигнал в логической форме, минуя операцию детектирования (рис. 3). На выходе датчика Холла по мере прохождения под ним магнита на клеммах 2–3 датчиков Д1... Д3 появляется переменное напряжение с частотой, равной частоте вращения магнита очень низкого уровня — положительной полярности (55–70) мВ и отрицательной полярности (70–85) мВ.

Применение датчиков Холла позволяет использовать вместо расщепленного биполярного монополярное питание, что сокращает и габариты источника питания.

Датчики Холла, компараторы, резисторы устанавливаются непосредственно на корпус датчика положения ротора. Контакты питания +12В, общий, фазы А, В, С выводятся через отдельный штепсельный разъем. При использовании датчиков Холла сигналы показаны на (рис. 4), а связь сигналов и границ секторов, где проис-

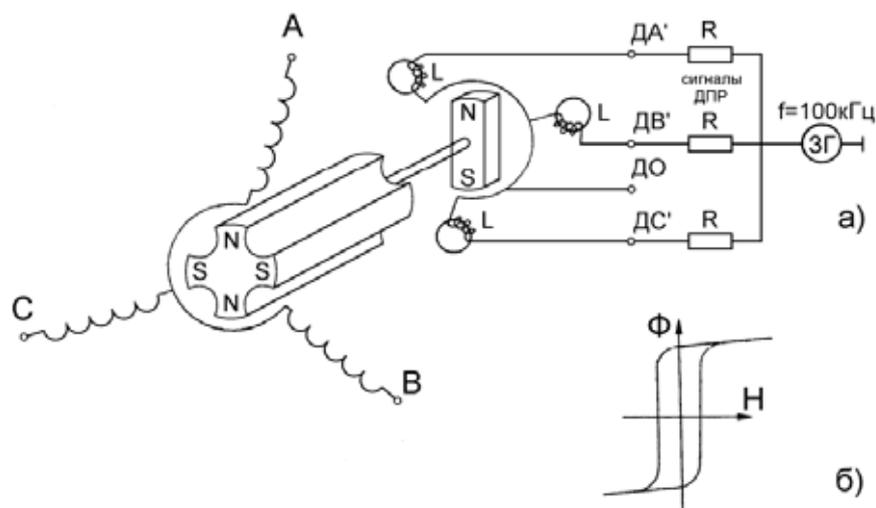


Рис. 1. Схематичное изображение силовой и сигнальной части вентильного двигателя

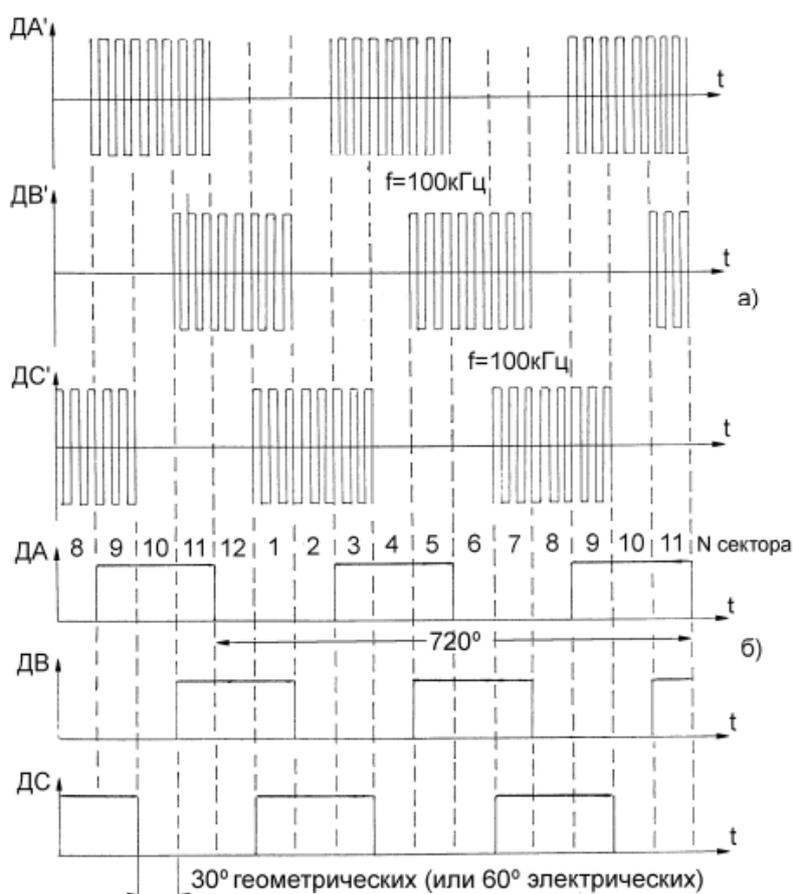


Рис. 2. Сигналы индуктивных датчиков положения ротора

ходит коммутация. (рис. 5) Если при использовании индукционных датчиков коммутация производилась через 30° , то при использовании датчиков Холла — через 60° , т.е. силовой магнит и датчики Холла должны быть ориентированы взаимно таким образом, чтобы линии переключения (рис. 3) проходили через 15° и 75° . При этом пульсация момента будет несколько больше, а число секторов сократится вдвое (рис. 4 и 5).

Применение датчиков положения ротора для создания вращающего момента вентильного электродвигателя и его моментных характеристик можно сделать дополнительно следующие выводы, которые будут полезны для разработки алгоритма управления полупроводниковым коммутатором:

- Магнитное поле, образованное силовым магнитом и магнитное поле, образованное статорными обмотками,

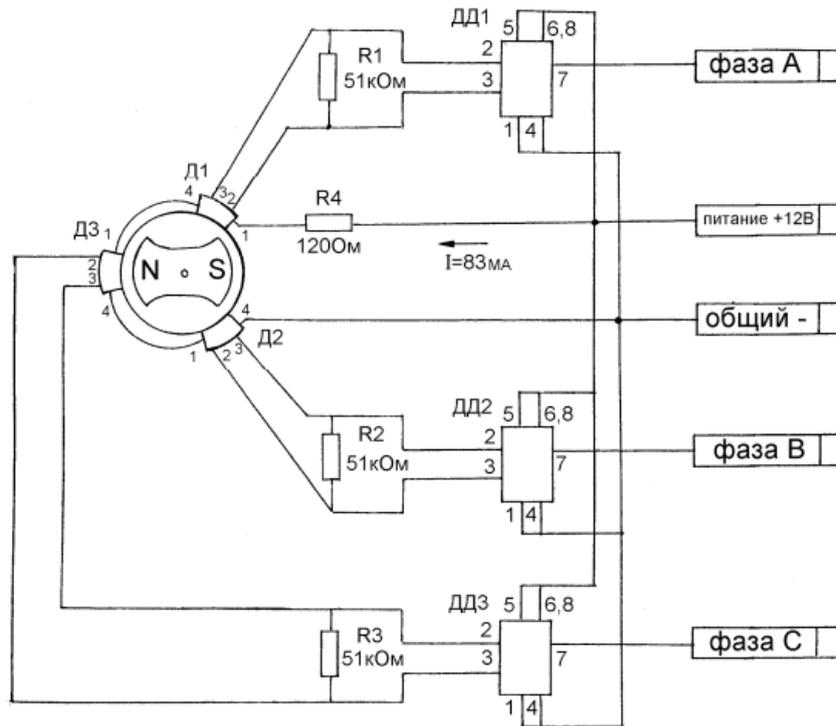


Рис. 3. Формирование сигнала о скорости с помощью датчиков Холла

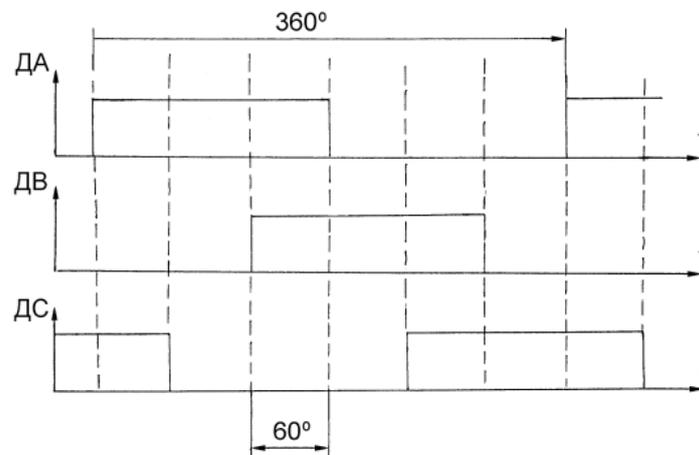


Рис. 4. Сигналы датчика положения ротора при использовании датчиков Холла

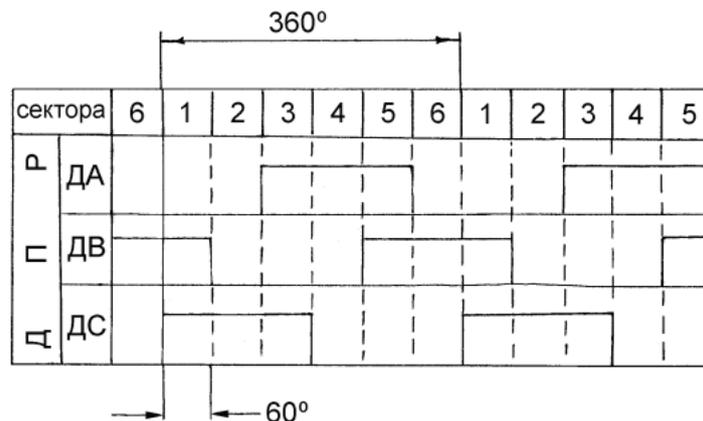


Рис. 5. Связь сигналов датчика положения ротора и границ секторов при использовании датчиков Холла

представляют собой фигуры в виде двух вращающихся крестов: первый вращается плавно, второй — скачками, через 30° геометрических.

— Для осуществления реверса в двигательном режиме магнитный поток и ток обмоток якоря следует повернуть в обратную сторону, в алгоритме программы управления знак индекса ключа изменить на противоположный. В ре-

жиме динамического торможения алгоритм программы для правого и левого направлений вращения неизменен.

— Моменты коммутации ключей силового моста при рассогласовании магнитных потоков, создаваемых с помощью обмоток статора и силовым магнитом (30° и 60°), должны определяться с помощью датчика положения ротора.

Литература:

1. Баранов, В. К. Формирователь угла опережения фазы для бесконтактного двигателя постоянного тока // Электронная техника в автоматике, Вып. 16: Сб. статей. — М.: Радио и связь, 1985. — с. 226.
2. Бут, Д. А. Бесконтактные электрические машины: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1990. — 416 с.
3. Вентильные электродвигатели малой мощности для промышленных роботов / Под ред. В. Д. Косулина. — Л., 1988. — 146 с.
4. Двигатели постоянного тока с полупроводниковыми коммутаторами. — Л.: Наука, 1972. — 170 с.

5. ЭНЕРГЕТИКА

Анализ эффективности работы саморазмораживающейся холодильной машины

Галка Галина Александровна, старший преподаватель;
Романов Алексей Андреевич, студент
Донской государственной технической университет

Первый бытовой холодильник с автоматическим регулированием температуры в камере охлаждения, появился в США в 1918 г [1]. Современная саморазмораживающаяся система или система “No Frost” (без инея) — обеспечивает принудительную циклическую прокачку воздуха всего пространства холодильной камеры. Это осуществляется с помощью нагревательного элемента и вентилятора (рис. 1).

Для экспериментального исследования особенностей работы холодильной машины (ХМ) с указанной системой саморазмораживания нами использовалась $\log p-i$ диаграмма фреона R600a и электронные контроллеры для измерения температуры. Известно, что значения давления однозначно определяются по показаниям датчиков

температуры (контроллеров) только в области испарения и конденсации фреона [2]. Поэтому абсолютные значения давления p_k конденсации и давления p_n испарения, полученные нами (с некоторой погрешностью), определяются равенствами $p_k=8,195$ бар, $p_n=1,048$ бар. Используя $\log p-i$ диаграмму, построим теперь изобары в области испарения и конденсации (линии 3–4 и 6–7 на диаграмме, рис 2), так как в указанных областях изобары будут совпадать с изотермами.

По показаниям контроллеров определяем температуру на входе и выходе в компрессор, конденсатор и испаритель:

$$\begin{aligned} T_{\text{вх.к}} &= -5 \text{ C} & T_{\text{вх.конд.}} &= 57 \text{ C} & T_{\text{вх.исп}} &= -1 \text{ C} \\ T_{\text{вых.к}} &= 79 \text{ C} & T_{\text{вых.конд.}} &= 27 \text{ C} & T_{\text{вых.исп}} &= -11 \text{ C} \end{aligned}$$

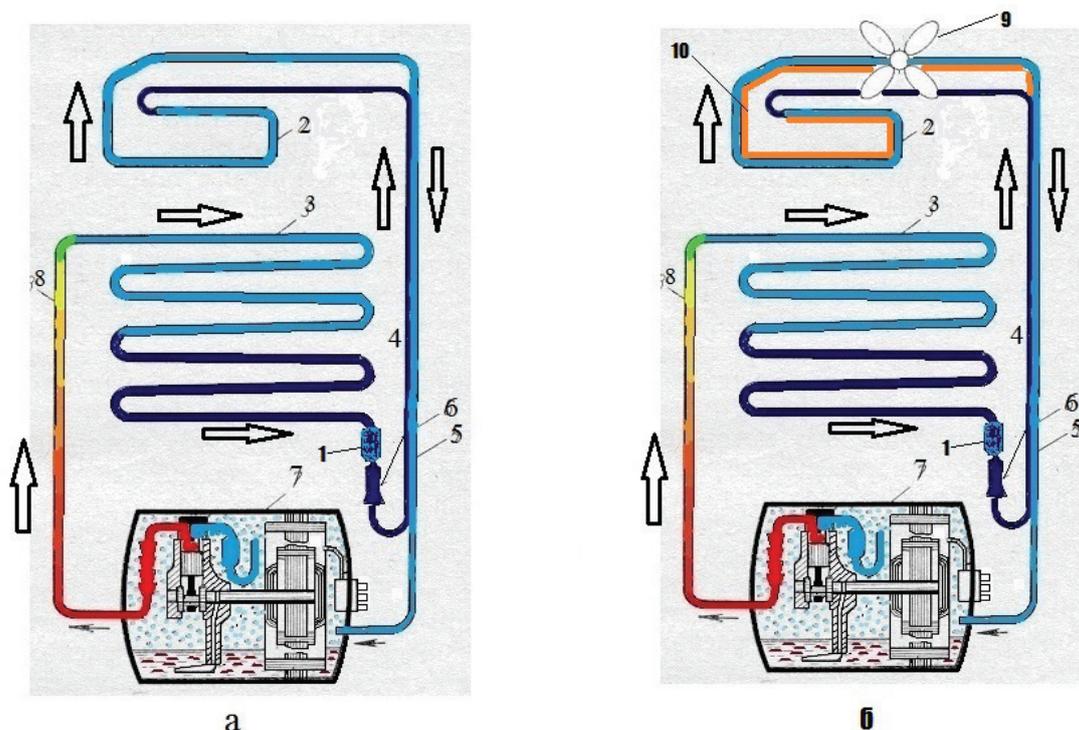


Рис. 1. Схема бытовой холодильной машины: а – без саморазмораживающейся системы; б – с саморазмораживающейся системой: 1 – фильтр – осушитель, 2 – испаритель, 3 – конденсатор, 4 – рекуператор (рекупиративный теплообменник), 5 – вход в компрессор, 6 – дросель (ТРВ), 7 – компрессор, 8 – вход в конденсатор, 9 – вентилятор, 10 – ТЭН

Построим цикл ХМ с саморазмораживающейся системой (рис. 2).

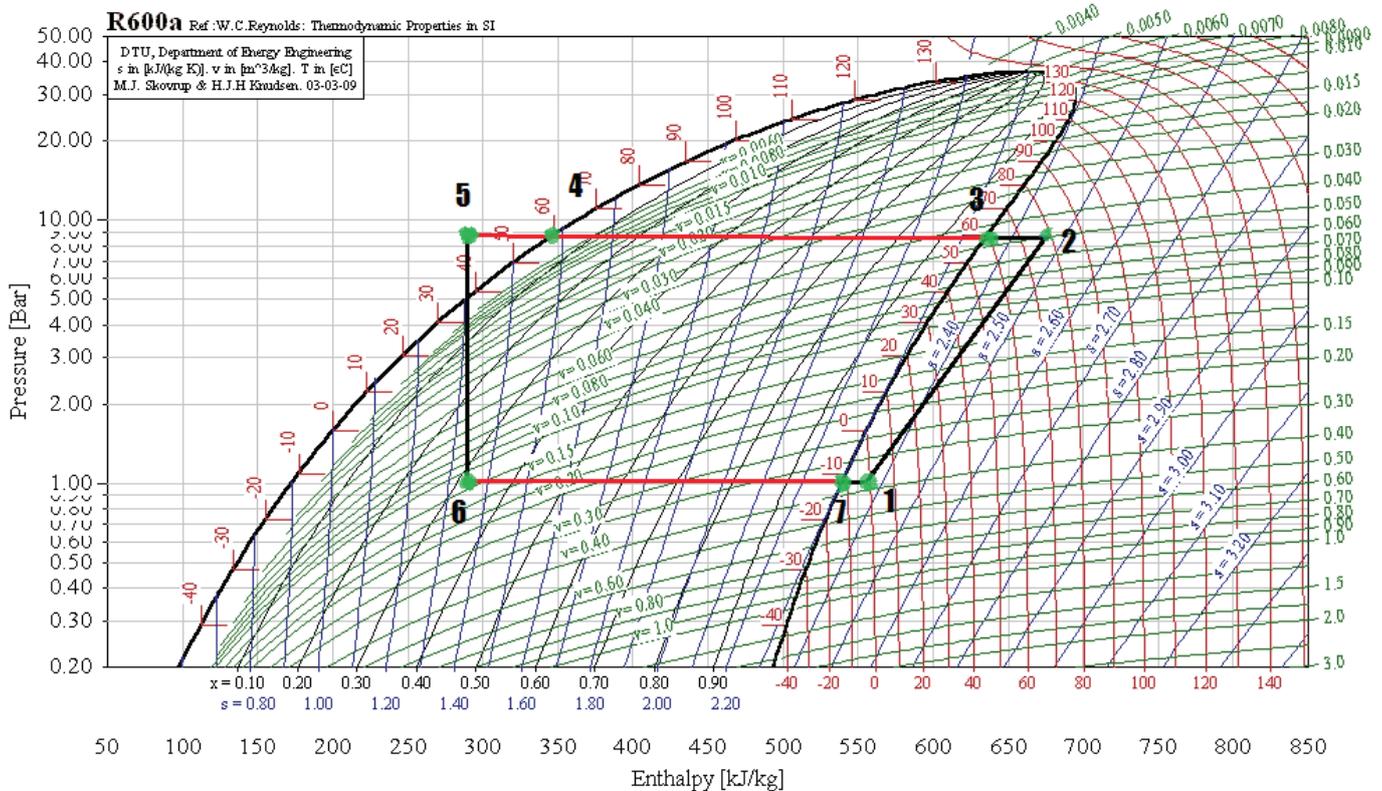


Рис. 2. log-p диаграмма фреона R 600 а

Используя данные цикла, рассчитаем основные эксплуатационные параметры исследуемой ХМ [3]:

Электрическую мощность, подводимую к компрессору, определим по паспорту ХМ или, маркировке на компрессоре, используя формулу:

$$N_{эл} = I * U, \text{ Вт}$$

$$N_{эл} = 0,9 * 220 = 198 (\text{Вт})$$

Холодопроизводительность установки определяем:

$$\dot{Q} = N_{эл} * \varepsilon$$

Используя коэффициент $\varepsilon = 2$:

$$\dot{Q} = 198 * 2 = 396 (\text{Вт})$$

Удельная холодопроизводительность:

$$q = i_7 - i_6$$

$$q = 540 - 263 = 277 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Массовый расход хладагента:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{q}$$

$$\dot{m} = \frac{396}{277 * 10^{-3}} = 1,42 * 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$$

Удельная работа компрессора:

$$l = i_2 - i_1$$

$$l = 660 - 555 = 105 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Полезная мощность компрессора:

$$N = l * \dot{m}$$

$$N_{комп} = 105 * 1,42 * 10^{-3} = 149 (\text{Вт})$$

Степень повышения давления в компрессоре:

$$\pi = \frac{P_2}{P_1} = \frac{8,195}{1,048} = 7,81$$

Мощность тепла, отводимого от охлаждаемых тел в холодильной камере БХМ:

$$\dot{Q} = q * \dot{m} = 277 * 1,42 * 10^{-3} = 393 (\text{Вт})$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = N_{пол} / N_{эл} = 149 / 198 = 0,75$$

Холодильный коэффициент равен:

$$\varepsilon = \dot{Q}_{исп} / N_{комп}$$

$$\dot{Q}_{исп} = N * \varepsilon = 149 * 2 = 298 (\text{Вт})$$

$$\dot{Q}_{конд} = \dot{Q}_{исп} + N_{комп}$$

$$\dot{Q}_{конд} = 298 + 149 = 447 (\text{Вт})$$

$$Q = \alpha * S * (\Delta t)$$

α – коэффициент теплоотдачи;

$$\text{для воздуха } \alpha = 5,6 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}} \right);$$

(Δt) – разность между $t_{комнат}$ и $t_{конд}$

$$S = \frac{447}{5,6 * 294} = 0,27 (\text{м}^2)$$

Экспериментально определим площадь теплообмена конденсатора с окружающей средой:

$$S = 2\pi r l$$

Измерив длину и диаметр трубки конденсатора, найдем площадь. В нашем случае длина 14370 мм, а радиус трубки 2,625 мм:

$$S = 2 * 3,14 * 2,625 * 14370 = 0,23 \text{ (м}^2\text{)}$$

Мощность компрессора $N = 130 \text{ Вт}$, цикл его работы составляет 20 мин/час, тогда энергопотребление компрессора за один цикл:

$$\frac{130 \text{ Вт}}{3} = 43,4 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{ч}} \right)$$

Электропотребление компрессора за сутки, до установленной системы No Frost:

$$43,4 * 24 = 1041,6 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{сут}} \right)$$

Электропотребление компрессора за месяц, до установленной системы No Frost:

$$1041,6 * 30 = 31248 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{мес}} \right)$$

После встраивания саморазмораживающейся системы в ХМ, ТЭН включается один раз в двенадцать часов на 20 мин. Его мощность равна $N = 130 \text{ Вт}$.

С установленным ТЭНом и компрессором энергопотребление за сутки:

$$1041,6 + 86,8 = 1128,4 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{сут}} \right)$$

С установленным ТЭНом и компрессором энергопотребление за месяц:

$$1128,4 * 30 = 33852 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{мес}} \right)$$

Выводы:

Установлено, бытовая холодильная машина с установленной саморазмораживающейся системой потребляет на 2604 (Вт/мес) больше, чем холодильная машина без системы No Frost. Достижение уровня комфортности происходит за счет минимальной электрической энергии обогрева.

Экспериментально определена площадь теплообмена конденсатора с окружающей средой, $S = 0,23 \text{ м}^2$. Теоретически рассчитана площадь теплообмена конденсатора с окружающей средой, $S = 0,27 \text{ м}^2$, погрешность в исследовании составляет 14 %.

Литература:

1. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Пер с англ. — М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984—520 с.
2. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб. Пособие для вузов.—3-е изд., испр. и доп. — М.: Высш.школа, 1980. —469 с.
3. Кругляк, И. Н. Бытовые холодильники (устройство и ремонт). Учеб. пособ.М., Легкая индустрия, 1974, 205с.

Исследования нелинейного корректирующего устройства замкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» на ЭВМ

Джулаева Жазира Тулегеновна, магистр, старший преподаватель
Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева (Казахстан)

В статье представлена структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД с нелинейным корректирующим устройством. Дается математическое описание динамики замкнутой системы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель» с короткозамкнутым ротором. Приводится алгоритм параметрического синтеза системы управления ПЧ-АД.

Ключевые слова: структурная схема, преобразователь частоты, короткозамкнутый ротор, алгоритм.

The block diagram of the closed system of PCh-AD is presented in article with the nonlinear correcting device. The frequency converter — the asynchronous engine with a short-circuited rotor is given the mathematical description of dynamics of the closed system. The algorithm of parametrical synthesis of a control system of PCh-AD is given.

Keywords: block diagram, frequency converter, short-circuited rotor, algorithm.

Нелинейное корректирующее устройство замкнутой системы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель» с короткозамкнутым ротором аналогично звену переменной структуры. Нелинейное корректиру-

ющее устройство (НКУ) придает системе как бы свойство самонастройки по величине ошибки, возникающей в системе в процессе управления [1]. Структурная схема си-

стемы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) [2] с нелинейным корректирующим устройством [1] представлена на рисунке 1.

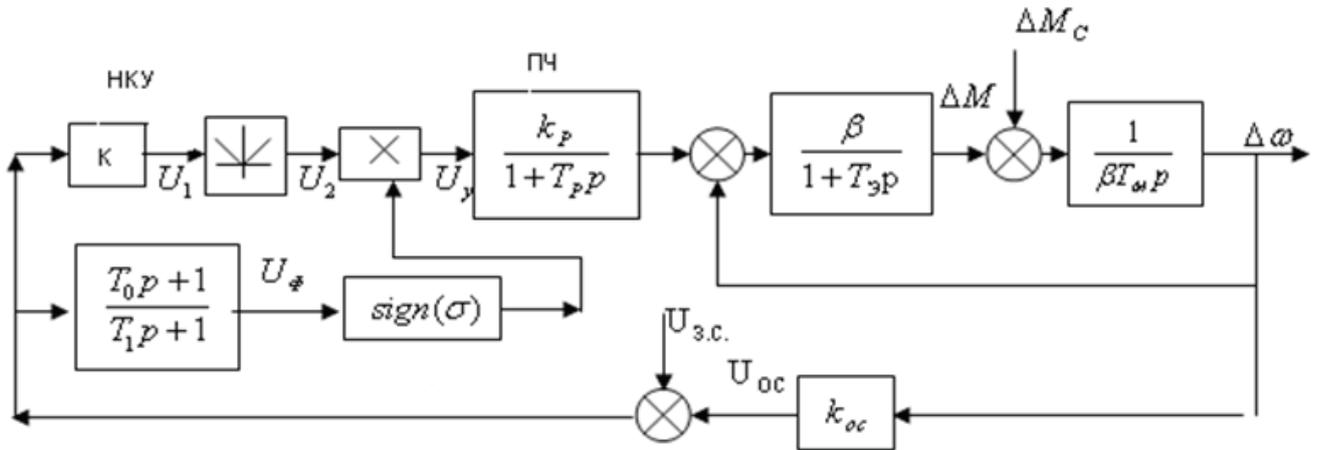


Рис. 1. Структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД с НКУ

На рисунке 1 верхний канал НКУ представлен пропорциональным звеном и звеном модуля, нижний канал представлен передаточной функцией (инерционно-форсирующее звено) и нелинейным звеном $sign(\sigma)$. Входные сигналы на выходе НКУ умножаются, в результате чего создается управляющее воздействие $U_y(t)$.

Для решения задачи синтеза рассмотрим математическое описание динамики замкнутой системы ПЧ-АД с нелинейным корректирующим устройством.

Математическое описание динамики системы имеет следующий вид:

$$\beta T_M p \Delta \omega = \Delta M - \Delta M_c, \tag{1}$$

$$(T_3 p + 1) \Delta M = \beta (U_p - \Delta \omega), \tag{2}$$

$$(T_p p + 1) U_p = k_p U_y, \tag{3}$$

$$(T_1 p + 1) U_\phi = (T_0 p + 1) x, \tag{4}$$

$$x = U_{3.c.} - U_{oc}, \quad U_{oc} = k_{oc} \Delta \omega, \tag{5}$$

$$U_1 = kx, \quad U_2 = |U_1|, \tag{6}$$

$$U_3 = sign(\sigma), \quad \sigma = U_\phi, \tag{6}$$

$$U_y = U_2 * U_3,$$

Где: $\Delta \omega$ – приращение скорости двигателя; ΔM – приращение момента двигателя; ΔU_p – приращение напряжения с выхода ПЧ; U_ϕ – выходное напряжение линейного фильтра НКУ; β – модуль жесткости механической характеристики; T_3 – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора двигателя; T_p – постоянная времени цепи управления ПЧ; T_M – электромеханическая постоянная времени двигателя; k_p – передаточный коэффициент ПЧ; k_{oc} – коэффициент обратной связи по скорости; $\Delta U_{3.c.}$ – напряжение на выходе датчика интенсивности.

Задача синтеза параметров нелинейного корректирующего устройства заключается в определении коэффици-

ента k (верхнего канала) и постоянных времени линейного фильтра T_0, T_1 НКУ. Кроме этого, осуществляется синтез коэффициента передачи преобразователя частоты k_p . Численное значение коэффициента обратной связи k_{oc} задается. Параметры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором рассчитываются. После несложных преобразований уравнений (1-6), с учетом $\Delta M_c = 0$, уравнения (1-6) будут иметь следующий вид:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1 x_2; \tag{7}$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_2 x_3 - a_3 x_1 - a_4 x_2; \tag{8}$$

$$\frac{dx_3}{dt} = \alpha_5 * k_p * |k_1 * (u - k_{oc} * x_1) * sign(x_4) - \alpha_5 x_3; \tag{9}$$

$$\frac{dx_4}{dt} = \alpha_6 * u - \alpha_7 * (T_0 / T_1) x_2 - \alpha_8 * x_1 - \alpha_9 * x_4,$$

Где:

$$x_1 = \Delta \omega, \quad x_2 = \Delta M, \quad x_3 = U_p, \quad x_4 = U_\phi,$$

$$\alpha_1 = 1/\beta T_M, \quad \alpha_2 = \beta/T_3, \quad \alpha_3 = a_2, \quad a_4 = 1/T_3$$

$$\alpha_4 = 1/T_p, \quad \alpha_5 = a_4, \quad \alpha_6 = 1/T_1, \quad \alpha_7 = k_{oc} / \beta T_M,$$

$$\alpha_8 = k_{oc} / T_1, \quad \alpha_9 = 1/T_1, \quad u = U_{3.c.},$$

Структурная схема алгоритма параметрического синтеза нелинейной системы управления приведена на рисунке 2. Структурная схема алгоритма построена на основании [3].

Алгоритм вычисления параметров заключается в следующем:

Вводится величина шага h переменных x_i , начальное приближение функции многих переменных f_1 , численные значения коэффициентов a_{ij} функции квадратичной

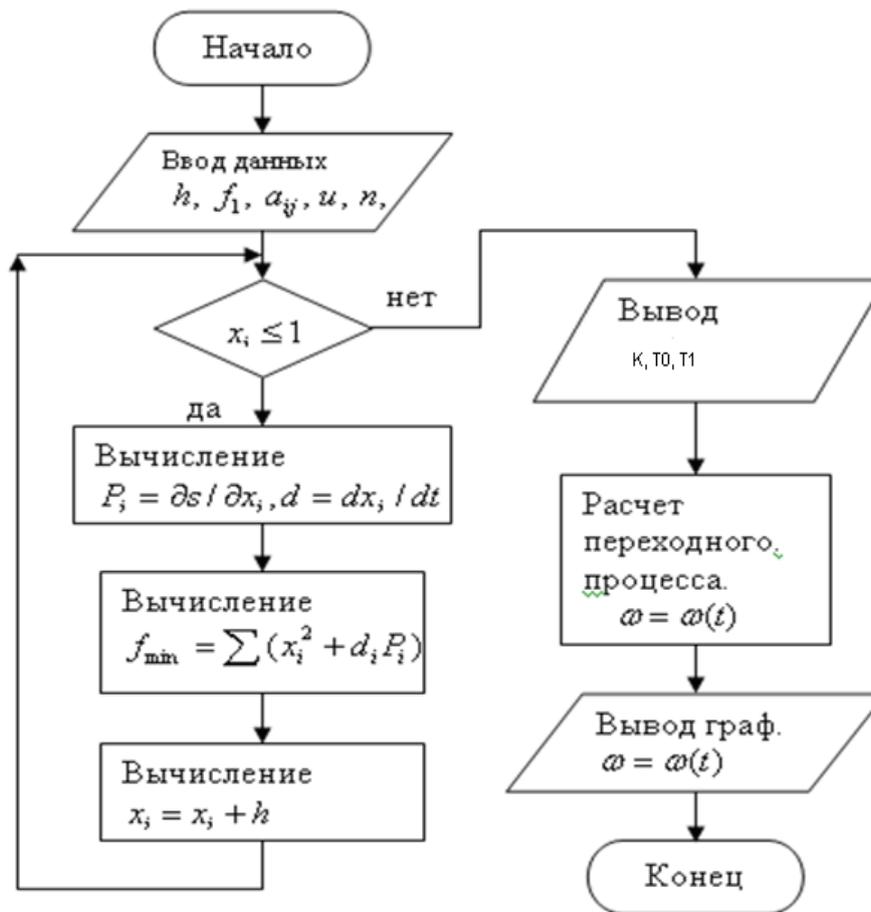


Рис. 2. Структурная схема алгоритма параметрического синтеза замкнутой нелинейной системы ПЧ-АД

формы, напряжение задающего сигнала $u = U_{3.c.}$, порядок системы дифференциальных уравнений n ;

Проверяется условие выполнения неравенства численного значения переменной x_i ;

Вычисляются частные производные $P_i = \partial S / \partial x_i$ функции S квадратичной формы по каждой переменной x_i ;

Вычисляются численные значения правой части системы дифференциальных уравнений $d_i = dx_i / dt$;

Вычисляется минимум функции f_{\min} равная $f = \sum X_i^2 + P_i * d_i$

Вычисляются новые численные значения переменных $x_i = x_i + h$ с передачей управления счета на проверку условия не превышения заданной верхней границы переменных x_i ;

В случае невыполнения условия выводятся рассчитанные значения коэффициентов k_p, k и постоянных времени T_0 и T_1 ;

Расчет переходного процесса скорости системы ПЧ-АД осуществляется методом Рунге-Кутты [4];

Для визуального наблюдения за качеством переходного процесса скорости график скорости и момента двигателя выводится на экран дисплея.

Следует отметить, что задача синтеза параметров замкнутой системы ПЧ-АД решается в MATLAB, где одно-

временно с выводом на экран дисплей кривой переходного процесса скорости и момента осуществляется вывод параметров нелинейного корректирующего устройства k, T_0, T_1 , передаточного коэффициента преобразователя частоты k_p . На рисунке 3 представлены графики переходного процесса угловой скорости и момента асинхронного двигателя. Исходя из требований к качеству переходного процесса скорости двигателя (перерегулирование, число колебаний и время регулирования), выбирается следующий график переходного процесса скорости, представленный на рисунке 3.

Результаты счета программы следующие:

$$k_p = 27; k = 0,22; T_1 = 0,37; T_2 = 0,37. \quad (10)$$

Как видно из рисунка 3, график переходного процесса скорости выбран без перерегулирования и колебаний, что соответствует требованиям предъявляемые к нелинейным системам ПЧ-АД.

Выводы. Разработана структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД с нелинейным корректирующим устройством.

Разработана математическая модель динамики замкнутой системы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель» с короткозамкнутым ротором.

Разработан алгоритм параметрического синтеза системы управления ПЧ-АД.

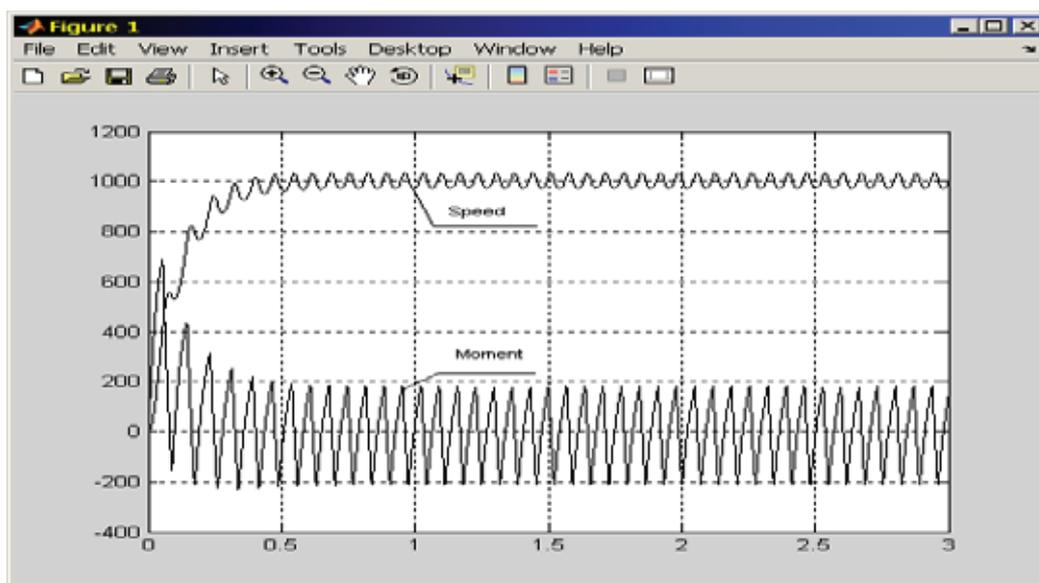


Рис. 3. График переходного процесса скорости

Литература:

1. Попов, Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. — М.: Наука, 1988.
2. Терехов, В. Н., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. — М.: Академия, 2006.
3. Сагитов, П. И., Тергемес К. Т., Шадхин Ю. И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного асинхронного электропривода. // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. — 2011. — № 2 (13).
4. Алексеев, Е. Р., Чеснокова О. В. MATLAB 7 / Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В. — М.: ИТ Пресс, 2006.

Исследование нелинейной системы**«Преобразователь частоты — асинхронный двигатель»**

Касымова Айнур Есбергеновна, магистр, старший преподаватель
Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева (Казахстан)

В статье рассматриваются замкнутая система ПЧ-АД с корректирующим нелинейным звеном. Дается математическая модель динамики переходных процессов скорости электромагнитного момента асинхронного двигателя. Приведена программа расчета оптимального управления на алгоритмическом языке MATLAB.

Ключевые слова: *корректирующее звено, математическая модель, переходные процессы, асинхронный двигатель.*

In article are considered the closed system of PCh-AD with the correcting nonlinear link. The mathematical model of dynamics of transition processes of speed of the electromagnetic moment of the asynchronous engine is given. The program of calculation of optimum control is given in algorithmic language of MATLAB.

Keywords: *the correcting link, mathematical model, transition processes, the asynchronous engine.*

Формирование плавно протекающих переходных процессов в электроприводе переменного тока с короткозамкнутым асинхронным двигателем является одной из основных задач уменьшения больших электромагнитных моментов двигателя, особенно в режиме его пуска [1]. Для осуществления плавно протекающих переходных процессов замкнутой системы преобразователь частоты — асинхронный двигатель (ПЧ-АД) необходимо обеспечить систему задатчиком интенсивности с оптимальным законом управления $U(t)$, что позволит снизить потери электроэнергии системы ПЧ-АД. Структурная схема нелинейной системы ПЧ-АД в среде MATLAB представлена на рисунке 1.

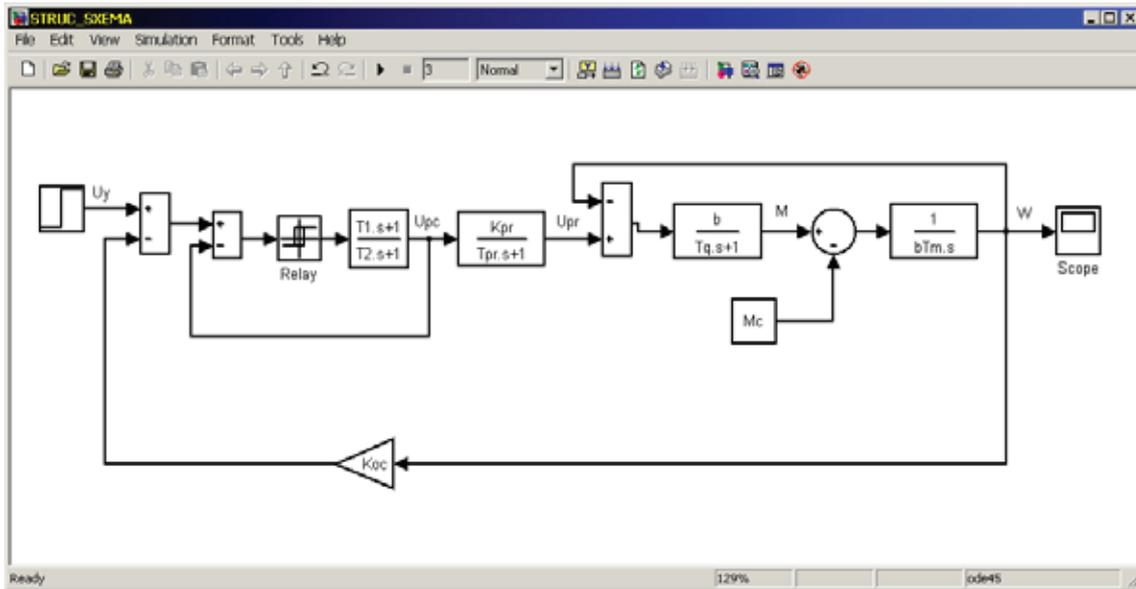


Рис. 1. Структурная схема нелинейной системы ПЧ-АД

Структурная схема нелинейной системы ПЧ-АД создана на основе линейризованной системы ПЧ-АД с обратной связью по скорости [2]. Как видно из рисунка 1 в структурной схеме замкнутой нелинейной системы ПЧ-АД в регулятор скорости введено идеальное релейное звено, которое обеспечивает желаемые свойства системы [3].

В структурной схеме приняты следующие обозначения [4]: b — модуль жесткости линейризованной механической характеристики АД; T_q — электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД; T_m — электромеханическая постоянная времени двигателя; T_{pr} — постоянная времени цепи управления преобразователя частоты; T_1, T_2 — постоянные времени интегро-дифференцирующего звена регулятора скорости; K_{pr} — передаточный коэффициент преобразователя частоты; K_{oc} — коэффициент обратной связи по скорости.

Математическое описание замкнутой системы ПЧ-АД, на основе передаточных функций структурной схемы (рисунок 1), принимает следующий вид:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{bT_m p} M - M_C, \quad (1)$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{bK_{pr}}{T_q} U_{PC} - \frac{b}{T_q} \omega - \frac{1}{T_q} M, \quad (2)$$

$$\frac{dU_{PC}}{dt} = \frac{T_1}{T_3} \frac{dU}{dt} + \frac{1}{T_3} U - \frac{K_{oc}T_1}{T_3} \left(\frac{1}{bT_m p} M - M_C \right) - \frac{K_{oc}}{T_3} \omega - \frac{a}{T_3} U_{PC}, \quad (3)$$

где ω — угловая скорости вала асинхронного двигателя; M — электромагнитный момент двигателя; U_{PC} — напряжение на выходе регулятора скорости; U — управление; $T_3 = \left(\frac{T_2}{q(A)} + T_1 \right)$, $a = \frac{1}{q(A)} + 1$, $q(A)$ — коэффициент гармонической линейризации статической характеристики идеального релейного звена.

С целью удобства решения задачи оптимального управления замкнутой системой ПЧ-АД преобразуем уравнения (1–3), при $M_C = 0$, к следующему виду:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1 x_2, \quad (4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_2 x_3 - a_3 x_1 - a_4 x_2, \quad (5)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = a_5 \phi + a_6 x_4 - a_7 x_2 - a_8 x_1 - a_9 x_3, \quad (6)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = \phi, \quad (7)$$

здесь $x_1 = \omega$, $x_2 = M$, $x_3 = U_{PC}$, $x_4 = U$, ϕ — вспомогательная переменная.

Решение задачи оптимального управления осуществляется методом принцип максимума Понтрягина [5, 6]. Критерием оптимальности, в нашем случае, будет минимум функционала:

$$I = \frac{1}{2} \int_0^T (\sum_{i=1}^4 x_i^2 + c\phi^2) dt. \quad (8)$$

Образую функцию Н, которая будет иметь вид:

$$H = \psi_0 \frac{1}{2} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + c\phi^2) + \psi_1 a_1 x_2 + \psi_2 (a_2 x_3 - a_3 x_1 - a_4 x_2) + \psi_3 (a_5 \phi + a_6 x_4 - a_7 x_2 - a_8 x_1 - a_9 x_3) + \psi_4 \phi, \quad (9)$$

где ψ_i – вспомогательные переменные.

Согласно вышеуказанному методу решения задачи оптимального управления, составим следующую систему уравнений:

$$\frac{d\psi_1}{dt} = x_1 - a_3 \psi_2 + a_8 \psi_3, \quad (10)$$

$$\frac{d\psi_2}{dt} = x_2 - a_1 \psi_1 + a_4 \psi_2 + a_7 \psi_3, \quad (11)$$

$$\frac{d\psi_3}{dt} = x_3 - a_2 \psi_2 + a_9 \psi_3, \quad (12)$$

$$\frac{d\psi_4}{dt} = x_4 - a_6 \psi_3. \quad (13)$$

Так как на управление $x_4 = U$ ограничение не накладывается, то максимум Н (9) определяется из условия $\partial H / \partial \phi = 0$:

$$\frac{\partial H}{\partial \phi} = -c\phi + \psi_4 = 0, \quad (14)$$

Откуда:

$$\phi = (1/c) \psi_4. \quad (15)$$

Подставляя значение $\phi = (1/c) \psi_4$ в систему уравнений (4–7) и объединяя эту систему с уравнениями (10–13), приходим к следующей системе уравнений:

$$\frac{dy_1}{dt} = a_1 y_2, \quad (16)$$

$$\frac{dy_2}{dt} = a_2 y_3 - a_3 y_1 - a_4 y_2, \quad (17)$$

$$\frac{dy_3}{dt} = a_5 (1/c) y_8 + a_6 y_4 - a_7 y_2 - a_8 y_1 - a_9 y_3, \quad (18)$$

$$\frac{dy_4}{dt} = (1/c) y_8, \quad (19)$$

$$\frac{dy_5}{dt} = y_1 - a_3 y_6 + a_8 y_7, \quad (20)$$

$$\frac{dy_6}{dt} = y_2 - a_1 y_5 + a_4 y_6 + a_7 y_7, \quad (21)$$

$$\frac{dy_7}{dt} = y_3 - a_2 y_6 + a_9 y_7, \quad (22)$$

$$\frac{dy_8}{dt} = y_4 - a_6 y_7. \quad (23)$$

Граничные условия системы уравнений (6) имеют вид:

$$\begin{aligned} y_1(0) = y^{(0)}, \quad y_2(0) = 0, \quad y_3(0) = 0, \quad y_4(0) = 0, \\ y_5(T) = 0, \quad y_6(T) = 0, \quad y_7(T) = 0, \quad y_8(T) = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Программа решения уравнений (24) приведена на рисунке 2. Программа составлена на основе [7].

Параметры системы ПЧ-АД рассчитаны для асинхронного двигателя.

Кривая переходного процесса оптимального управления $U(t)$ представлена на рисунке 3.

Полученный график переходного процесса оптимального управления дает возможность определить постоянную времени переходного процесса оптимального управления.

Выводы:

1. Разработана структурная схема замкнутой релейной системы ПЧ-АД.
2. Разработана математическая модель динамики переходных процессов скорости электромагнитного момента асинхронного двигателя.
3. Разработана программа расчета оптимального управления замкнутой системой ПЧ-АД.

```

Editor - C:\Program Files\MLAB71\work\UPAVLENIE1.m
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 function boundproblem
2 - meshinit = linspace(0, 0.1, 40);
3 - yinit = [0.01 0.01 0.01 0.01 0 0 0 0];
4 - initsol = bvpinit(meshinit, yinit);
5 - options = bvpset('RelTol', 1.0e-05, 'AbsTol', 1.0e-06);
6 - sol = bvp4c(@rside, @bound, initsol, options);
7 - plot(sol.x, sol.y(4, :)*1000, 'k. ');
8 - grid on
9 function f = rside(x, y)
10 - c=50; a1=0.178; a2=11200; a3=560; a4=20;
11 - a5=0.53; a6=5.3; a7=0.0189; a8=1.06; a9=10.6;
12 - f = [a1*y(2);
13       a2*y(3)-a3*y(1)-a4*y(2);
14       a5*(1/c)*y(8)+a6*y(4)-a7*y(2)-a8*y(1)-a9*y(3);
15       (1/c)*y(8);
16       y(1)-a3*y(6)+a8*y(7);
17       y(2)-a1*y(5)+a4*y(6)+a7*y(7);
18       y(3)-a2*y(6)+a9*y(7);
19       y(4)-a6*y(7)];
20 function g = bound(ya, yb)
21 - g = [ya(1)-1; ya(2); ya(3); ya(4); yb(5); yb(6); yb(7); yb(8)]

```

Рис. 2. Программа расчета оптимального управления замкнутой системой «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель»

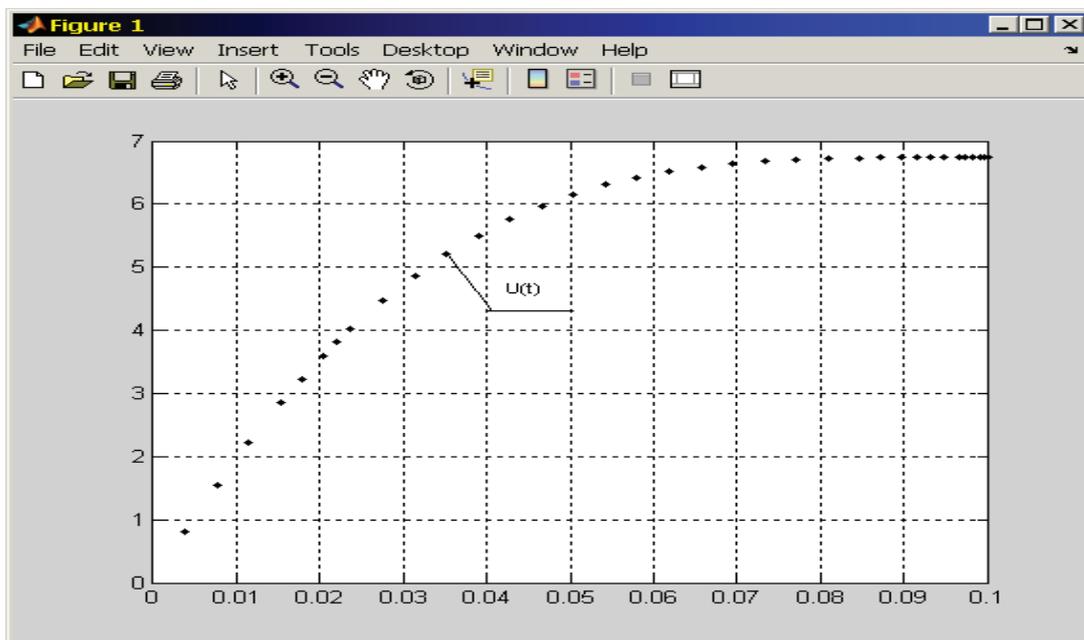


Рис. 3. Кривая переходного процесса оптимального управления замкнутой системой ПЧ-АД

Литература:

1. Браславский, И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. — М.: Издательский центр «Академия», 2004.
2. Терехов, В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. — М.: Издательский центр, «Академия», 2008.
3. Попов, Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. — М.: Наука, Гл. ред. физ. — мат., лит. 1988.

4. Ключев, В. И. Теория электропривода. — М.: Энергоатомиздат, 1998.
5. Фельдбаум, А. А., Бутковский А. Г. Методы автоматического управления. — М.: Издательство «Наука», Гл. ред. физ. — мат., 1971.
6. Бесекерский, В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. — СПб, Изд — во «Профессия», 2004.
7. Ануфриев, И. Е., Смирнов А. В., Смирнова Е. Н. MATLAB 7. — СПб.: БХВ, 2005.

Исследование методов оптимизации энергосбережения в электроприводах в системе ПЧ-АД

Мельничук Валерий Геннадьевич, магистр, ассистент
Алматинский университет энергетики и связи (Казахстан)

В данной статье рассматривается методика выбора параметров управляемого асинхронного электропривода, обеспечивающая снижение потери электроэнергии, используемых электроприводов. Решение задачи выбора параметров (синтеза) управляемого электропривода осуществляется на основе линеаризованной замкнутой системы ПЧ-АД.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, математическая модель, обратная связь, система MATLAB, переходные процессы.

This article discusses methods of choosing the parameters of controlled asynchronous electric drive, ensuring the reduction of losses of electric energy used by electric motors. The selection of the parameters (synthesis) controlled drive is carried out based on the linearized closed-loop system FC-AD.

Key words: asynchronous electric drive, mathematical model, feedback, MATLAB, transients.

Промышленные электроприводы большинства производственных механизмов имеют завышенную мощность, превышающую в 2–3 раза необходимую и не соответствующую потребностям механизма, а средняя нагрузка двигателей по отношению к установленной мощности не превышает 0,4–0,6 [1]. В связи с этим задача выбора параметров управляемого асинхронного электропривода, обеспечивающая снижение потери электроэнергии, является одной из необходимых задач минимизации затрат электроэнергии используемых электроприводов. Решение задачи выбора параметров (синтеза) управляемого электропривода осуществляется на основе линеаризованной замкнутой системы ПЧ-АД [2], структурная схема которой представлена на рисунке 1 в среде MATLAB.

На схеме приняты следующие обозначения: β — модуль жесткости механической характеристики АД; T_s — электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД; $k_{ПЧ}$ — передаточный коэффициент функции ПЧ; $T_{ПЧ}$ — постоянная времени цепи управления ПЧ; T_m — электромеханическая постоянная времени.

Уравнение движения можно записать в следующем виде:

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_m} (\Delta M - \Delta M_c). \tag{1}$$

Дифференциальное уравнение электромагнитного момента запишется:

$$T_s \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta (\Delta\omega_0 - \Delta\omega). \tag{2}$$

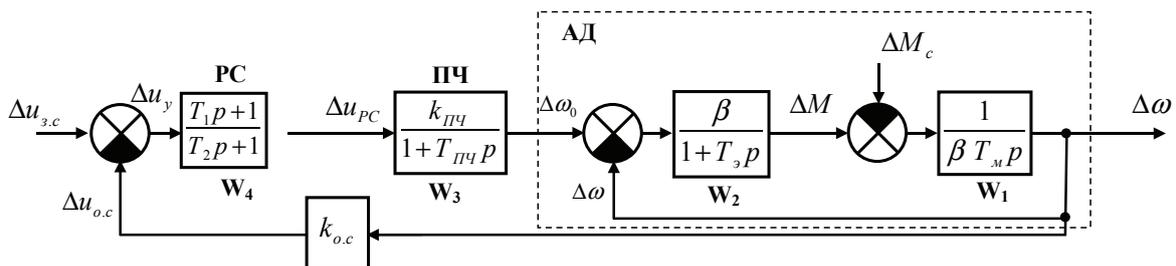


Рис. 1. Структурная схема системы ПЧ-АД

Уравнение преобразователя частоты имеет вид:

$$T_{пч} \frac{d\Delta\omega_0}{dt} + \Delta\omega_0 = k_{пч} \Delta U_{PC}, \quad (3)$$

А уравнение регулятора скорости запишется в следующем виде:

$$T_{PC} \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} = k_{PC} T_{PC} \frac{d\Delta U_y}{dt} + \Delta U_y. \quad (4)$$

Приращение ΔU_y запишем в следующем виде:

$$\Delta U_y = \Delta U_{3.c} - k_{o.c} \Delta\omega, \quad (5)$$

где $\Delta U_{3.c}$ — приращение задающего сигнала; $k_{o.c}$ — коэффициент обратной связи по скорости.

Приведем вышеуказанные уравнения к задаче нелинейного программирования с ограничением на независимые переменные [3]. Для этого, производные переменных уравнений (1), (2), (3) и (4) приравняем нулю. После несложных преобразований указанных уравнений мощность асинхронного двигателя, как функция многих переменных имеет следующий вид:

$$P_{AD} = \beta * K_{пч} * \Delta u_{PC} * \Delta\omega - \beta * \Delta\omega^2, \quad (6)$$

где $P_{AD} = M * \omega$ — мощность асинхронного двигателя (символы приращения опущены); Δu_{PC} — напряжение на выходе регулятора скорости; $\Delta\omega$ — угловая скорость двигателя.

Ограничение на независимые переменные запишется в виде:

$$\Delta u_{PC} + K_{OC} * \Delta\omega - \Delta u_{3.c} \leq 0, \quad (7)$$

здесь K_{OC} — коэффициент обратной связи по скорости двигателя, $\Delta u_{3.c}$ — задающий сигнал. Отметим, что в уравнениях (6) и (7) неизвестными параметрами являются коэффициент передачи преобразователя частоты и коэффициент обратной связи по скорости двигателя. С целью удобства решения поставленной задачи, задачи минимизации мощности асинхронного двигателя с одновременным определением численных значений коэффициентов преобразователя частоты и коэффициента обратной связи по скорости двигателя, введем замену переменных

$x_1 = \Delta\omega$, $x_2 = \Delta u_{PC}$. В связи с этим уравнение (6) и (7), с параметрами двигателя 4A160M6УЗ (15 кВт), принимают вид:

$$f(x) = 16,3 * k_{пч} * x_1 * x_2 - 16,3 * x_1^2 \quad (8)$$

$$g(x) = k_{OC} * x_1 + x_2 - A \leq 0, \quad (9)$$

где $f(x) = P_{AD}$, $g(x)$ — ограничение и $A = \Delta u_{3.c}$.

Программа решения задачи нелинейного программирования с неизвестными параметрами $k_{пч}$ и k_{OC} функции $f(x)$ и ограничения $g(x)$ составленная на алгоритмическом языке системы MATLAB имеет вид:

```
function Sintes_Parametrov
global Kpr; global Koc; global T1; global T2;
disp('Программа метода сканирования');
h=0.1; e=0.01; f1=1e6;
Kpr=1/exp(rand)*20; Koc=1/exp(rand);
T1=1/exp(rand); T2=1/exp(rand);
x1=1; while x1 <= 100
x2=1; while x2 <= 50
g1=Koc*x1+x2;
if abs(g1-5)<e;
f=abs(16.3*Kpr*x1*x2-16.3*x1^2);
if f<=f1 y1=x1;end
if f<=f1 y2=x2;end
f1=f;
end
x2=x2+h; end
x1=x1+h; end
disp('Результаты счета');
disp('f1='); disp(f1); m=0;
s1=0; s3=0; s5=0; s7=0;
for i=1:100
m=m+1;
s1=s1+Kpr; s2=sqrt(s1/m)^2; s3=s3+Koc;
s4=sqrt(s3/m)^2; s5=s5+T1; s6=sqrt(s5/m)^2;
s7=s7+T2; s8=sqrt(s7/m)^2;
end
```

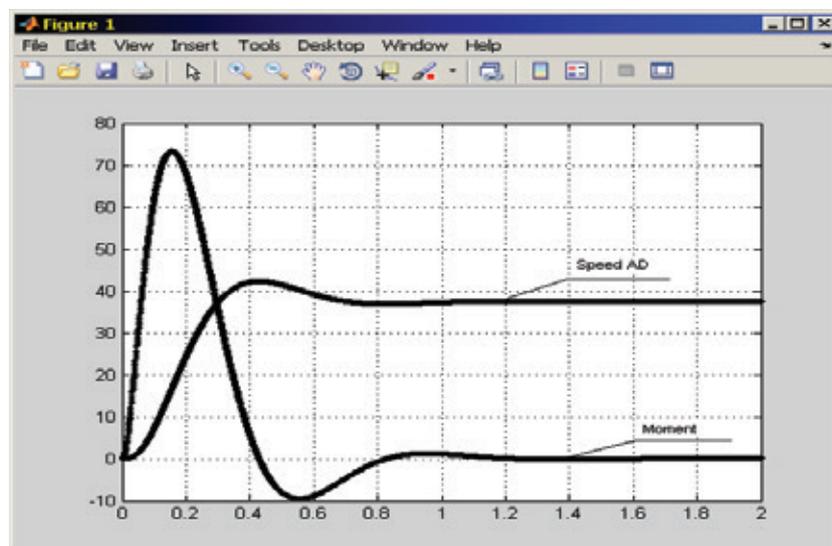


Рис. 2. Кривые переходного процесса скорости и момента асинхронного двигателя

```

Kpr=s2; disp('Kpr='); disp(Kpr)
Koc=s4; disp('Koc='); disp(Koc)
T1=s6; disp('T1='); disp(T1)
T2=s8; disp('T2='); disp(T2)
x0=[0;0;0;0]; interval=[0 2];
[T,X]=ode45(@systm,interval,x0);
plot(T,X(:,1)*4,'k-',T,X(:,2),'r-');
grid
function dx=systm(t,x)
Kpr=s2; T1=s6; Koc=s4; T2=s8; u=1;
dx=zeros(4,1);
dx(1)=0.61*x(2);
dx(2)=815*x(3)-815*x(1)-50*x(2);
dx(3)=1000*Kpr*x(4)-1000*x(3);
dx(4)=(1/T2)*5-((Koc/T1)/(1.63*T2))-(Koc/T2)*x(1);
end
end

```

Отметим, что в программе метод сканирования [4] используется для минимизации мощности двигателя. Для расчета кривых переходного процесса скорости и электромагнитного момента двигателя замкнутой системы ПЧ-АД, при полученных параметрах $k_{пч}$ и $k_{ос}$, в программе используется численный метод Рунге-Кутты [5]. По кривым переходного процесса визуально определяется качество переходных процессов и выбирается наиболее приемлемый процесс с позиции перерегулирования и времени регулирования системы. Численные значения начальных приближений искомых параметров задаются случайными числами. На рисунке 2 приведены переходные процессы скорости и электромагнитного момента системы ПЧ-АД, с рассчитанными параметрами $k_{пч}$ и $k_{ос}$.

Результаты счета:

$K_{PR} = 10,15$; $K_{OC} = 0,47$; $T_1 = 0,48$; $T_2 = 0,68$.

Выводы. Перерегулирование и время регулирования, при рассчитанных параметрах на ЭВМ в пределах нормы.

Литература:

1. Браславский, И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 256 с.
2. Терехов, В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 304 с.
3. Реклейтис, Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: Кн. 2. Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 320 с.
4. Бояринов, А. И., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химической технологии. — М.: Химия, 1975. — 576 с.
5. Алексеев, Е. Р., Чеснокова О. В. MATLAB 7. — М.: ИТ Пресс. 2006. — 404 с.

Анализ устойчивости замкнутой нелинейной системы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель»

Садвокасова Жадыра Джумагазиевна, магистр, старший преподаватель
Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева (Казахстан)

В статье приведена линеаризованная структурная схема системы ПЧ-АД. Дается математическое описание замкнутой системы управления ПЧ-АД, и программа расчета фазовой траектории системы.

Ключевые слова: линеаризованная система, фазовая траектория, преобразователь частоты, асинхронный двигатель.

The linearized block diagram of system of PCh — the HELL is provided in article. The mathematical description of the closed PCh-AD control system, and the program of calculation of a phase trajectory of system is given.

Keywords: linearized system, phase trajectory, frequency converter, asynchronous engine.

Требование устойчивости переходных процессов системы автоматического управления является основным условием нормального функционирования системы управления [1]. Для нелинейных систем управления нет единого точного метода решения нелинейных уравнений, описывающие переходные процессы системы и для каждого вида нелинейности приходится изыскивать специфический частный метод [2]. Для определения устойчивости

замкнутой системы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) выбран метод фазового пространства [3]. Данный метод позволяет получить наглядную картину переходных процессов системы автоматического управления и по фазовым траекториям определять устойчивость системы управления. Структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД с нелинейным статическим звеном в MATLAB представлено на рисунке 1.

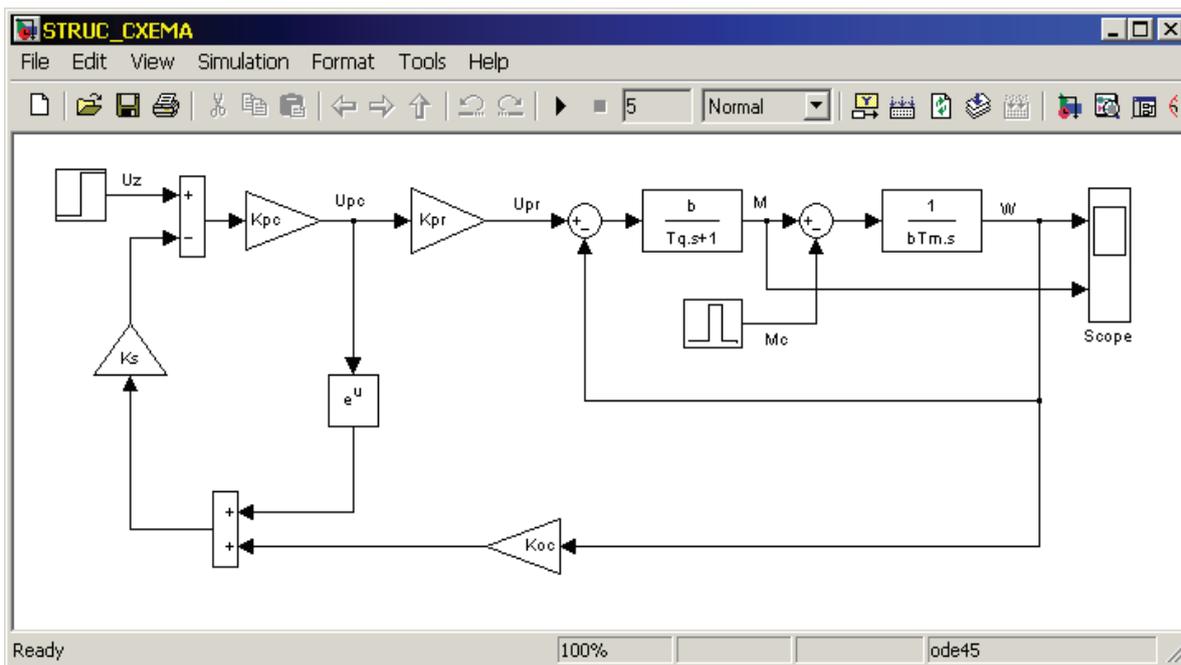


Рис. 1. Структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД

Структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором состоит из двух динамических звеньев: интегрирующего звена и инерционного звена, охваченные отрицательной обратной связью [4]. Преобразователь частоты (ПЧ) представлен в структурной схеме безынерционным звеном с передаточным коэффициентом K_{pr} , таким же звеном представлен регулятор скорости с коэффициентом усиления K_{pc} . Сигнал обратной связи с выхода нелинейного звена (ℓ^u), на вход которого подается сигнал с выхода регулятора скорости, и сигнал с выхода датчика скорости суммируются. Полученный сигнал, проходя через усилитель, с коэффициентом усиления K_s , подается на вход системы.

Математическое описание нелинейной системы управления ПЧ-АД можно записать в следующем виде:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{bT_m} M - \frac{1}{bT_m} M_c, \tag{1}$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{bK_{pr}}{T_q} U_{pc} - \frac{b}{T_q} \omega - \frac{1}{T_q} M, \tag{2}$$

где ω — угловая скорость двигателя; M — электромагнитный момент асинхронного двигателя; M_c — статический момент двигателя; U_{pc} — напряжение с выхода регулятора скорости, b — модуль жесткости механической характеристики АД; T_q — электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД; T_m — электромеханическая постоянная времени АД; K_{pr} — передаточный коэффициент преобразователя частоты.

Уравнение замкнутого контура регулятора скорости с нелинейным звеном можно записать следующим образом:

$$U_{pc} = K_{pc}(U_z - K_c(\ell^u + K_{oc}\omega)) \tag{3}$$

или

$$U_{pc} = K_{pc}U_z - K_{pc}K_s\ell^u - K_{pc}K_sK_{oc}\omega, \tag{4}$$

здесь K_{pc} — коэффициент регулятора скорости; K_s — коэффициент обратной связи суммирующего сигнала с выхода нелинейного звена (ℓ^u) и датчика скорости; K_{oc} — коэффициент обратной связи по скорости системы ПЧ-АД.

Подставляя уравнение (4) во второе уравнение системы уравнений (1–2), после несложных преобразований, получаем следующую систему уравнений без учета задающего воздействия U_z :

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{bT_m} M - \frac{1}{bT_m} M_c, \tag{5}$$

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{bK_{pr}K_{pc}K_s}{T_q} \ell^u - \frac{1}{T_q}(K_{pc}K_sK_{oc} + b)\omega - \frac{1}{T_q} M. \tag{6}$$

Отметим, что в системе уравнений (4), в нашем случае, $\ell^u = \exp(u_{pc})$.

Для получения фазового портрета системы уравнений (5–6) в MATLAB преобразуем данную систему уравнений, при $M_c = 0$, к виду:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1x_2, \tag{7}$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -a_2 \exp(U_{pc}) - a_3x_1 - a_4x_2, \tag{8}$$

$$\text{где } a_1 = \frac{1}{bT_m}, \quad a_2 = \frac{bK_{pr}K_{pc}K_s}{T_q},$$

$$a_3 = \frac{1}{T_q}(K_{pc}K_sK_{oc} + b), \quad a_4 = \frac{1}{T_q}, \quad x_1 = \omega, \quad x_2 = M.$$

Численное интегрирование уравнений (7–8), с визуализацией результата решения уравнений на фазовую

плоскость, осуществляется с помощью программы в системе MATLAB. Программа расчета фазовой траектории

замкнутой системы ПЧ-АД системы представлена на рисунке 2.

```

1 function portret
2 - Y0 = [9;3];
3 - options = odeset('OutputFcn', @odephas2)
4 - [T,Y] = ode45(@system, [5 2], Y0, options);
5 - grid
6 function dy = system(t, y)
7 - Upc=0;
8 - dy = zeros(2,1);
9 - dy(1)=1.72*y(2);
10 - dy(2)=-22400*exp(Upc)-568*y(1)-20*y(2);
11 - end
12 - end
13

```

Рис. 2. Программа расчета фазового портрета системы ПЧ-АД

В программе коэффициенты системы уравнений (7–8) рассчитаны для асинхронного двигателя 4A132S6Y3 (5,5 кВт). Кроме этого, следует отметить, что в программе используется стандартная функция `odephas2` MATLAB, обеспечивающая построение графика компонент ре-

шения в фазовых координатах для двумерного процесса [5].

Фазовая траектория замкнутой нелинейной системы «Преобразователь частоты — асинхронный двигатель» приведена на рисунке 3.

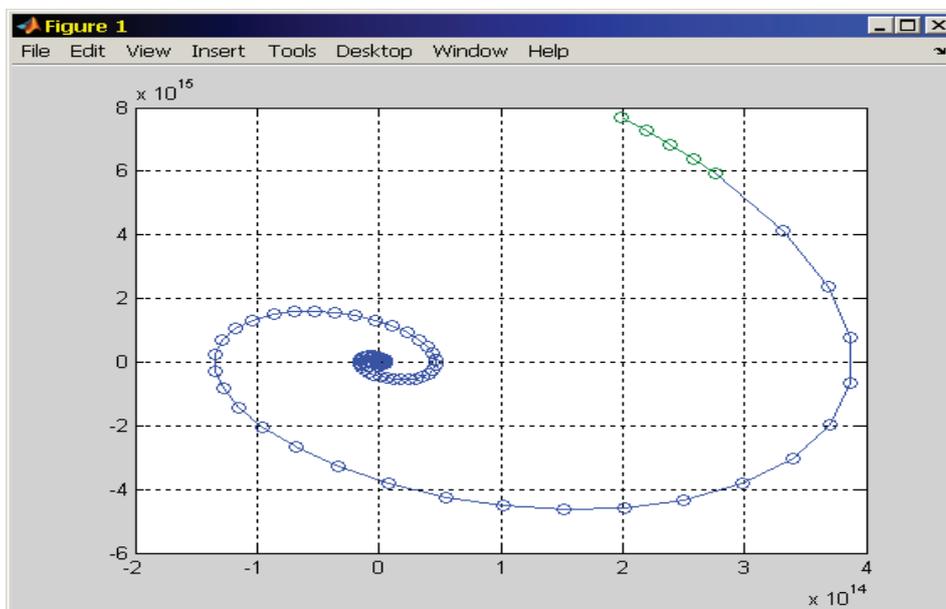


Рис. 3. Фазовая кривая замкнутой системы ПЧ-АД

Из рисунка 3 видно, что фазовая траектория системы стремится к положению равновесия (затухающий процесс). Согласно [6] система устойчива.

Выводы. Разработана математическая модель замкнутой системы ПЧ-АД.

Разработана программа расчета фазовой кривой динамики ПЧ-АД.

График фазовой кривой показывает, что замкнутая система ПЧ-АД устойчива.

Литература:

1. Фельдбаум, А. А., Бутковский А. Г. Методы теории автоматического управления. — М.: Издательство «Наука», 1971.
2. Воронов, А. А. Основы теории автоматического управления. Л. — М.: Издательство «Энергия», 1966.
3. Бесекецкий, В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. — СПб: Издательство «Профессия», 2004.
4. Терехов, И. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. — М.: Издательский центр «Академия», 2008.
5. Ануфриев, И. Е., Смирнов А. Б., Смирнова Е. Н. MATLAB 7. — СПб.: БХВ — Петербург, 2005.
6. Попов, Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. — М.: «Наука», 1988.

Параметрический синтез системы управления двухдвигательного вентильного электропривода на ЭВМ

Самсоненко Анатолий Иванович, инженер

ДТОО г. Алматы «Институт космической техники и технологий» (Казахстан)

В данной статье рассматриваются схема двухдвигательного вентильного электропривода, приведен алгоритм параметрического синтеза системы управления электроприводом.

Ключевые слова: *двухдвигательный вентильный электропривод, нелинейное корректирующее устройство, качество переходных процессов, алгоритм параметрического синтеза системы, метод Ляпунова, функции многих переменных, численный метод сканирования.*

This article discusses the scheme of the twin-engine valve electric drive. Also, the algorithm of parametric synthesis of electric drive control system was developed.

Keywords: *twin-engine valve electric drive, the non-linear correcting device, quality of transient processes, algorithm of parametric synthesis of system, Functions of many variables, Lyapunov's method, the scanning numerical method.*

Структурная схема замкнутого двухдвигательного вентильного электропривода с нелинейным корректирующим устройством [1] в системе MATLAB представлена на рисунке 1.

Структурная схема двухдвигательного вентильного электропривода (ДВЭП) состоит из двух идентичных структурных схем вентильных двигателей [2], преобразователя частоты [3] и нелинейного корректирующего устройства аналогичного звену переменной структуры.

Нелинейное корректирующее устройство в известной мере дает возможность ослабить влияние возмущающих воздействий на систему управления и повысить качество переходных процессов скоростей двигателей ДВЭП.

Так как параметры вентильного двигателя заданы, то определению подлежат постоянные времени нелинейного корректирующего устройства (НКУ) и коэффициента передачи преобразователя частоты.

Нелинейное корректирующее устройство показано на рисунке 2.

Коэффициент передачи преобразователя частоты и постоянные времени НКУ должны определяться таким образом, чтобы удовлетворялись условия устойчивости и динамические характеристики переходного процесса двухдвигательного вентильного электропривода. Структурная схема алгоритма [4] параметрического синтеза системы управления [4] ДВЭП приведена на рисунке 3.

Следует отметить, что алгоритм параметрического синтеза системы управления ДВЭП основан на использовании второго метода Ляпунова [5], численного метода сканирования [6], с использованием случайных чисел для задания параметров синтеза системы, и математического описания динамики замкнутого ДВЭП.

Дифференциальные уравнения динамики движения замкнутого двухдвигательного вентильного электропривода имеют вид:

$$\frac{dx_1}{dt} = 84,436x_3 + 1,38x_2x_3, \quad (1)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = 1,7x_1x_3 - 181,8x_2, \quad (2)$$

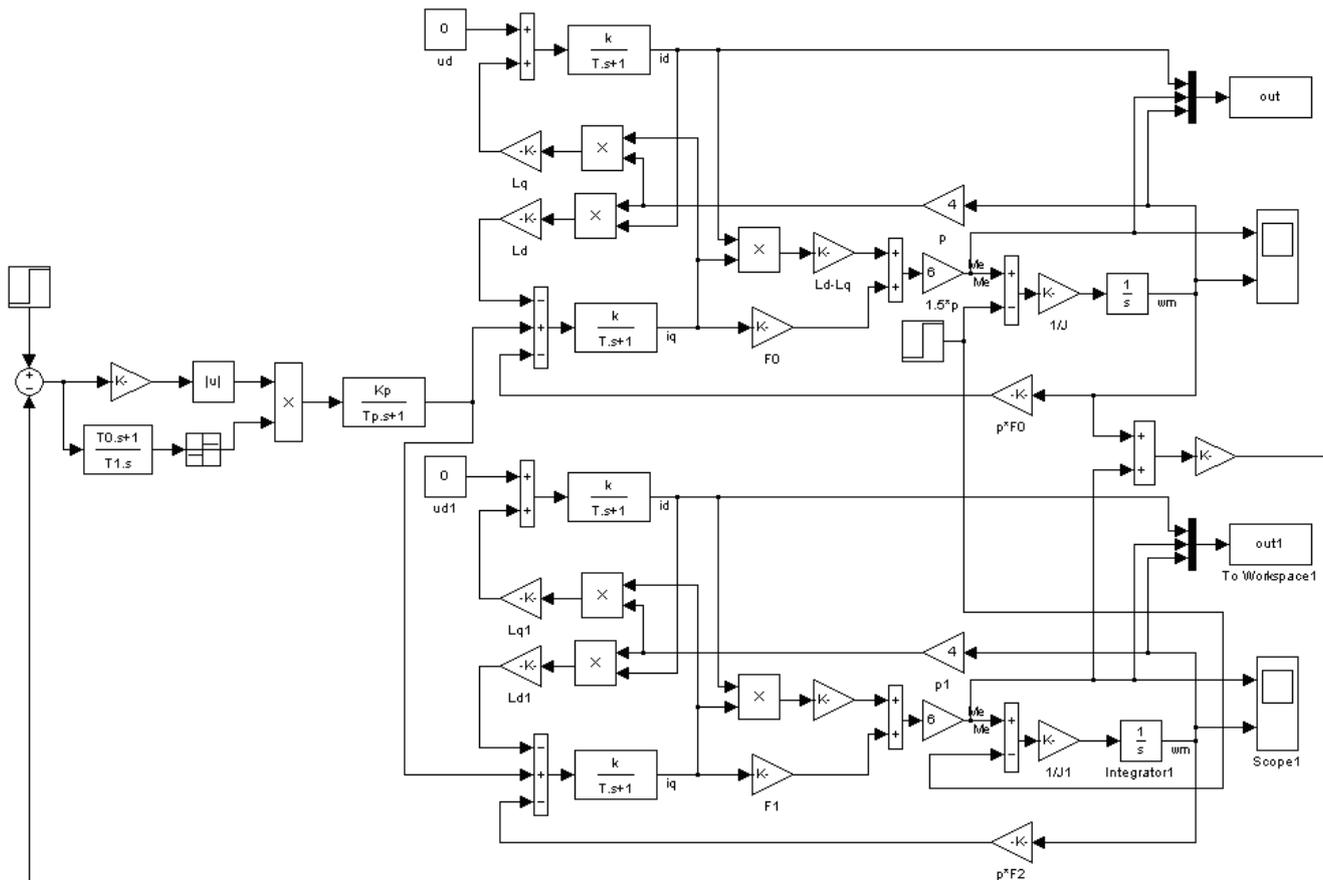


Рис. 1. Структурная схема двухдвигательного вентильного электропривода

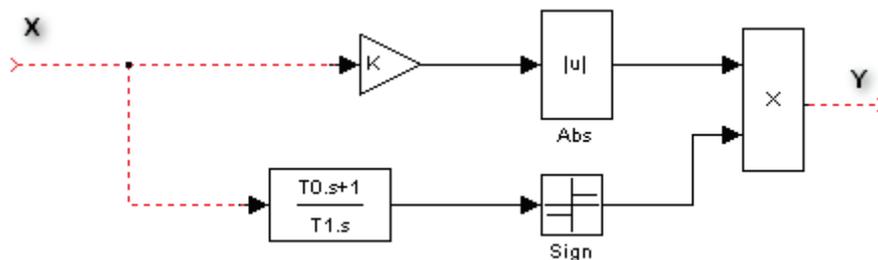


Рис. 2. Схема нелинейного корректирующего устройства

$$\frac{dx_3}{dt} = 444,44x_8 - 9,3x_1x_2 - 325,3x_1 - 427,3x_3, \tag{3}$$

$$\frac{dx_4}{dt} = 84,436x_6 + 1,38x_5x_6, \tag{4}$$

$$\frac{dx_5}{dt} = 1,7x_4x_6 - 181,8x_5, \tag{5}$$

$$\frac{dx_6}{dt} = 444,44x_8 - 9,3x_4x_5 - 325,3x_4 - 427,3x_6, \tag{6}$$

$$\frac{dx_7}{dt} = 1000k_p \text{abs}(u - 0,2(x_1 + x_4)) \text{sign}(x_8) - 1000x_7, \tag{7}$$

$$\frac{dx_8}{dt} = (T_0 / T_1)(-84,436x_3 - 1,38x_2x_3 - 84,436x_6 - 1,38x_5x_6) + (1 / T_1)(u - 0,2(x_1 + x_4)), \tag{8}$$

где x_1, x_4 — угловые скорости вращения вала двигателей, x_2, x_3, x_5, x_6 — проекции тока статора.

Постоянные времени НКУ и коэффициент передачи преобразователя частоты в уравнениях (1–8) обозначены:

T_0, T_1, k_p

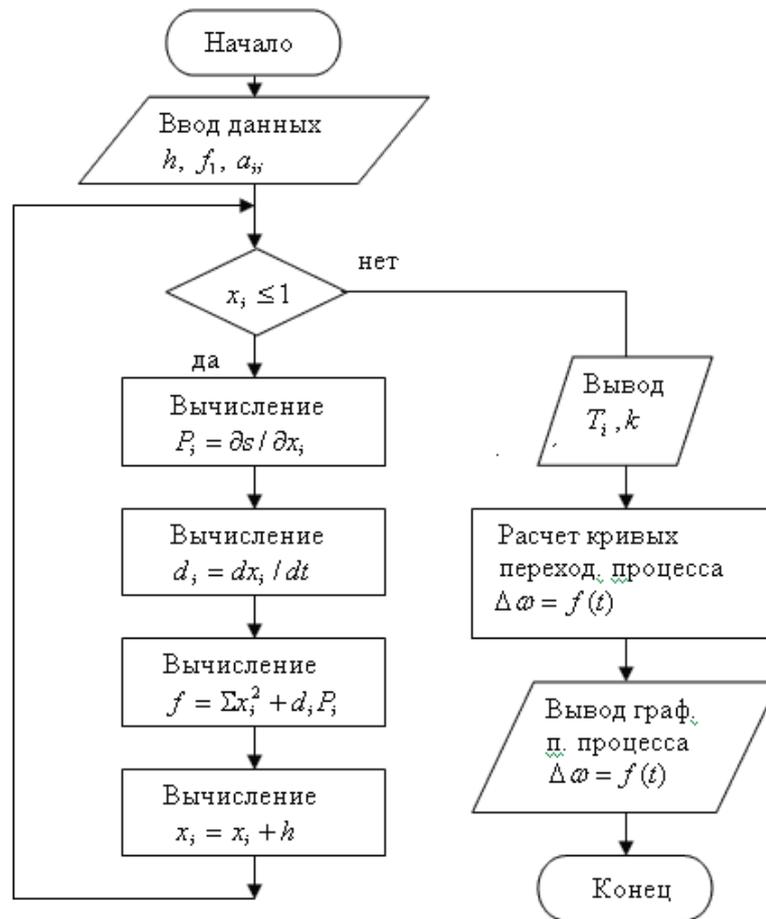


Рис. 3. Структурная схема алгоритма синтеза системы

Алгоритм расчета параметров НКУ и коэффициента передачи преобразователя частоты заключается в следующем: Вводятся исходные данные, шаг сканирования по каждой переменной, начальное значение функции переменных, а также коэффициенты a_{ij} , как случайные числа, функции с квадратичной формы;

Вычисляются частные производные функции с квадратичной формы;

Вычисляются правые части дифференциальных уравнений (1–8);

Вычисляются минимальные значения функции многих переменных f .

В логическом операторе $(x_i \leq 1)$ проверяется условие окончания счета. В случае его выполнения осуществляется переход к дальнейшему этапу синтеза искомых параметров. Если условие не выполняется, то осуществляется процесс вывода результата счета, т. е. осуществляется вывод численных значений определяемых параметров T_0 , T_1 , k_p и кривые переходного процесса скоростей двигателей двухдвигательного вентильного электропривода.

Программа синтеза параметров системы управления:

```

function PROG1
global kp; global T0; global T1;
n=8; r=0; m=10;
for i=1:m
h=0.5; q1=1.0e6;
kp=rand*100; T0=rand*0.5; T1=rand;
x(8)=0.1; while x(8)<=1 x(7)=0.1; while x(7)<=1
x(6)=0.1; while x(6)<=1 x(5)=0.1; while x(5)<=1
x(4)=0.1; while x(4)<=1 x(3)=0.1; while x(3)<=1
x(2)=0.1; while x(2)<=1 x(1)=0.1; while x(1)<=1
h1=0.01;
i=1; while i<=n
u(i)=x(i)+h;
v(i)=x(i)-h;
j=1; while j<=n
if j~i u(j)=x(j);v(j)=x(j);end;
  
```

```

    j=j+1;
end
z1=u(1); z2=u(2); z3=u(3); z4=u(4);
z5=u(5); z6=u(6); z7=u(7); z8=u(8);
f2=kvfun119(z1,z2,z3,z4,z5,z6,z7,z8);
z1=v(1); z2=v(2); z3=v(3); z4=v(4);
z5=v(5); z6=v(6); z7=v(7); z8=v(8);
f3=kvfun119(z1,z2,z3,z4,z5,z6,z7,z8);
a(i)=(f2-f3)/2/h;
i=i+1;
end
d(1)=84.436*x(3)+1.38*x(2)*x(3); d(2)=1.71*x(1)*x(3)-181.8*x(2);
d(3)=444.4*x(8)-9.3*x(1)*x(2)-325.3*x(1)-427.3*x(3);
d(4)=84.436*x(6)+1.38*x(5)*x(6); d(5)=1.71*x(4)*x(6)-181.8*x(5);
d(6)=444.4*x(8)-9.3*x(4)*x(5)-325.3*x(4)-427.3*x(6);
d(7)=1000*kp*abs(-0.9*(x(1)+x(4)))*sign(x(8))-1000*x(7);
d(8)=(T0/T1)*(-84.436*x(3)-1.38*x(2)*x(3)-...
    84.43*x(6)-1.38*x(5)*x(6)+(1/T1)*(-0.9*(x(1)+x(4)));
q=abs(x(1)^2+x(2)^2+x(3)^2+x(4)^2+x(5)^2+x(6)^2+x(7)^2+x(8)^2+...

d(1)*a(1)+d(2)*a(2)+d(3)*a(3)+d(4)*a(4)+d(5)*a(5)+...
d(6)*a(6)+d(7)*a(7)+d(8)*a(8));
if q<=q1 q1=q; y(1)=x(1);y(2)=x(2);y(3)=x(3);...
    y(4)=x(4);y(5)=x(5);y(6)=x(6);y(7)=x(7);...
y(8)=x(8);end
x(1)=x(1)+h;end; x(2)=x(2)+h;end
x(3)=x(3)+h;end; x(4)=x(4)+h;end
x(5)=x(5)+h;end; x(6)=x(6)+h;end
x(7)=x(7)+h;end; x(8)=x(8)+h;end

r=r+1;
if r>=m break;end;
end
clc
disp('kp=');disp(kp); disp('T0=');disp(T0); disp('T1=');disp(T1);
y0 = [0;0;0;0;0;0;0;0];
[T,Y]=ode113(@sysdk,[0 10],y0);
plot(T,Y(:,1),'k.-',T,Y(:,4),'b.-');
xlabel('\itt')
legend('scorost', 4)
gridon
holdoff
function F = sysdk(t,y)
    u=10;
    F = [84.43*y(3)+1.38*y(2)*y(3);1.7*y(1)*y(3)-181.8*y(2);...
        444.4*y(8)-9.3*y(1)*y(2)-325.3*y(1)-427.3*y(3);...
        84.43*y(6)+1.38*y(5)*y(6);1.71*y(4)*y(6)-181.8*y(5);...
        444.4*y(8)-9.3*y(4)*y(5)-325.3*y(4)-427.3*y(6);...
        1000*kp*abs(u-0.9*(y(1)+y(4)))*sign(y(8))-1000*y(7);
        (T0/T1)*(-84.436*y(3)-1.38*y(2)*y(3)-...
        84.43*y(6)-1.38*y(5)*y(6)+(1/T1)*(u-0.9*(y(1)+y(4)))];
```

Рисунок 4.

Подпрограмма kvfun119.

```

function f=kvfun119(z1,z2,z3,z4,z5,z6,z7,z8)
    n=8; k=1;
while k<=n
    l=k;
```

```

while l<=n
b(k,l)=1;
l=l+1;
end
k=k+1;
end
f=b(1,1)*z1^2+b(1,2)*z1*z2+b(1,3)*z1*z3+b(1,4)*z1*z4+...
b(1,5)*z1*z5+b(1,6)*z1*z6+b(1,7)*z1*z7+b(1,8)*z1*z8+...
b(2,2)*z2^2+b(2,3)*z2*z3+b(2,4)*z2*z4+b(2,5)*z2*z5+...
b(2,6)*z2*z6+b(2,7)*z2*z7+b(2,8)*z2*z8+b(3,3)*z3^2+...
b(3,4)*z3*z4+b(3,5)*z3*z5+b(3,6)*z3*z6+b(3,7)*z3*z7+...
b(3,8)*z3*z8+b(4,4)*z4^2+b(4,5)*z4*z5+b(4,6)*z4*z6+...
b(4,7)*z4*z7+b(4,8)*z4*z8+b(5,5)*z5^2+b(5,6)*z5*z6+...
b(5,7)*z5*z7+b(5,8)*z5*z8+b(6,6)*z6^2+b(6,7)*z6*z7+...
b(6,8)*z6*z8+b(7,7)*z7^2+b(7,8)*z7*z8+b(8,8)*z8^2;

```

График скоростей ДВЭП получается с наложением один на другой, т. е. по форме и по численным значениям одинаковые. График скоростей показан на рисунке 4.

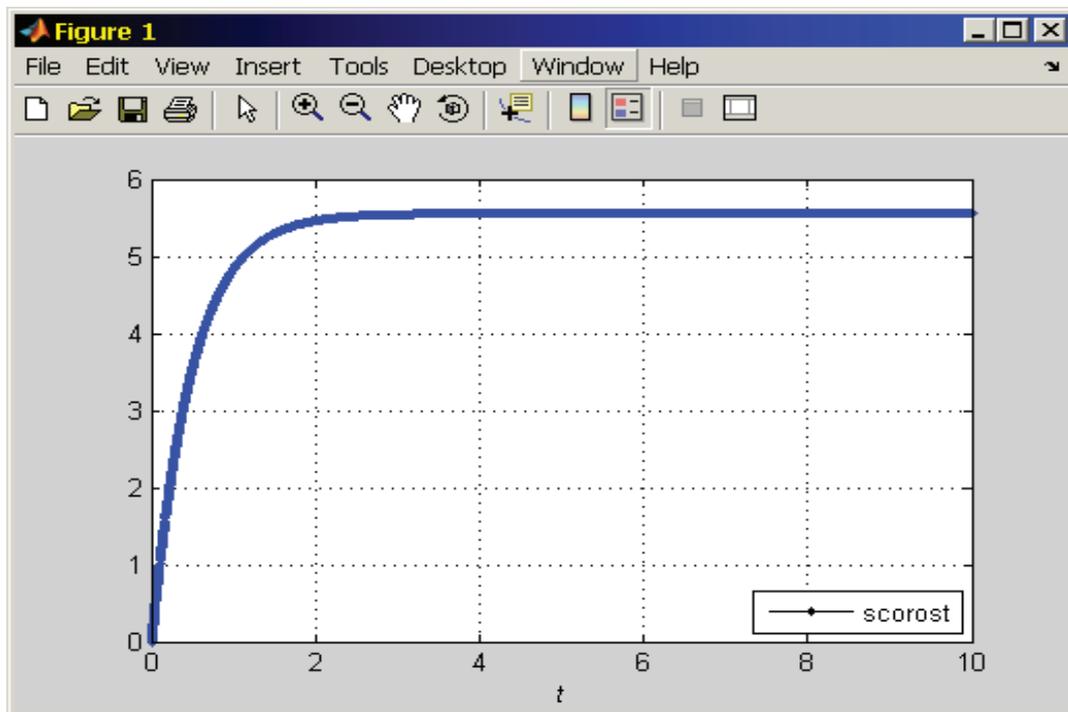


Рис. 4. График угловой скорости вентильного двигателя

Полученный график угловых скоростей каждого вентильного двигателя (кривые переходного процесса скоростей совпадают) является одним из вариантов счета программы синтеза параметров системы управления ДВЭП.

Результаты вычислений определяемых параметров системы получаются следующими: $k_p=49.4$, $T_0=0.31$, $T_1=0.4$.

Вывод. Применение нелинейного корректирующего устройства для ослабления влияния возмущающих воз-

действий на систему управления дает положительный результат при моделировании в системе MATLAB и повышает качество переходных процессов скоростей двигателей ДВЭП. Численный метод сканирования, с использованием случайных чисел для задания параметров синтеза системы упрощает решение дифференциальных уравнений с многими переменными и позволяет оперативно выводить графики переходного процесса скоростей двигателей двухдвигательного вентильного электропривода.

Литература:

1. Попов, Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. — М.: Наука, 1988, с. 202–204.

2. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: Корона — Век, 2008, с. 330—331.
3. Терехов, В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. — М.: Издательский центр «Академия», 2008, с. 197—198.
4. Сагитов, П. И., Тергемес К. Т., Шадхин Ю. И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного асинхронного электропривода // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. — 2011, № 2 (13), с. 63—66.
5. Фельдбаум, А. А., Бутковский А. Г. Методы теории автоматического управления. — М.: Наука, 1971, с. 312—322.
6. Бояринов, А. И., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химической технологии. — М.: 1975, с. 508—512.

Использование приливных электростанций в системе энергоснабжения

Соломатин Алексей Сергеевич, студент;
Мирзоян Александр Германович, студент;
Суруджян Аркадий Самвелович, студент
Ростовский государственный университет путей сообщения

В наши дни человечество сталкивается с немалым количеством проблем, требующих незамедлительного решения. Эти проблемы затрагивают все отрасли жизнедеятельности людей. Энергетическая сфера — не исключение. Решение проблем и задач именно этой отрасли является одной из самых важных, т. к. жизнедеятельность человека связана с ней очень тесно. В настоящее время люди используют для получения электроэнергии исчерпаемые природные ресурсы, которые рано или поздно закончатся. Встает вопрос о рационализации использования таких ресурсов как нефть, газ, природный уголь. Запасы этих природных ископаемых ограничены и через несколько десятков лет иссякнут полностью. В связи с этим появляются задачи о разработке и использовании новых источников электроэнергии. Энергетики всего мира ищут ответ на поставленный вопрос. Самым перспективным направлением считается использование неисчерпаемых природных ресурсов, таких как солнце, ветер, энергия приливов, тепло недр земли. В данной статье будет рассмотрен один из таких источников, а точнее, приливные электростанции.

Приливная электростанция — разновидность гидроэлектростанции, работающая за счет энергии приливов и отливов водных масс. Веками люди изучали принцип движения морских приливов и отливов. В результате исследований было выявлено, что эти явления обусловлены гравитационными воздействиями Луны и Солнца. После изучения встала задача об использовании этих явлений с целью получения электроэнергии. И эта задача была решена. В 1913 году ученым из Ливерпуля удалось построить приливную электростанцию, мощность которой составляла 635 кВт. Этот год знаменуется началом развития строительства приливных электростанций.

Принцип работы приливной электростанции заключается в том, что во время прилива вода проходит через турбогенератор, заставляя вращаться его лопасти. Вращаясь, лопасти генератора вырабатывают электроэ-

нергию. Затем вода попадает в специальный бассейн, где находится до отлива. Во время отлива водные массы из бассейна проходя через турбогенератор попадают обратно в море. В это время электроэнергия вырабатывается снова. Турбина такого генератора устроена таким образом, что может вращаться в прямом и обратном направлении. Для устройства такой станции требуется строительство плотины, специального резервуара (бассейна). В связи с этими факторами требуется особый рельеф морского дна, где будет размещена электростанция. Схематичное изображение приливной электростанции приведено на рисунке 1.

Режим работы такой электростанции состоит из 8 циклов. 4 цикла электростанция находится в режиме ожидания приливов и отливов, а 4 цикла находится в рабочем состоянии. Продолжительность приливо-отливных циклов около 4—5 часов. Тогда встает рациональный вопрос о бесперебойности электроснабжения. К сожалению, электростанции такого типа не могут обеспечить этого критерия. В связи с этим, энергетики связывают использование этих электростанций совместно с электростанциями другого типа, например гидроэлектростанциями. Работая в паре с гидроэлектростанцией, приливная станция обеспечивает снижение нагрузки, приходящейся на гидроэлектростанцию. В настоящее время приливные электростанции активно развиваются, постепенно вливаясь в систему энергоснабжения. На рисунке 2 приведен принцип работы приливной электростанции.

Помимо разработки и использования приливных электростанций нельзя упускать из виду вопрос о целесообразности рентабельности такого проекта. Приливные электростанции являются дорогостоящими установками, в связи со строительством дополнительных составляющих станции, таких как плотина и бассейн. Но этим факторам противопоставляется факт низкой себестоимости вырабатываемой электроэнергии, так как получается она за счет лишь движения водных масс. Таким образом, можно сказать, что

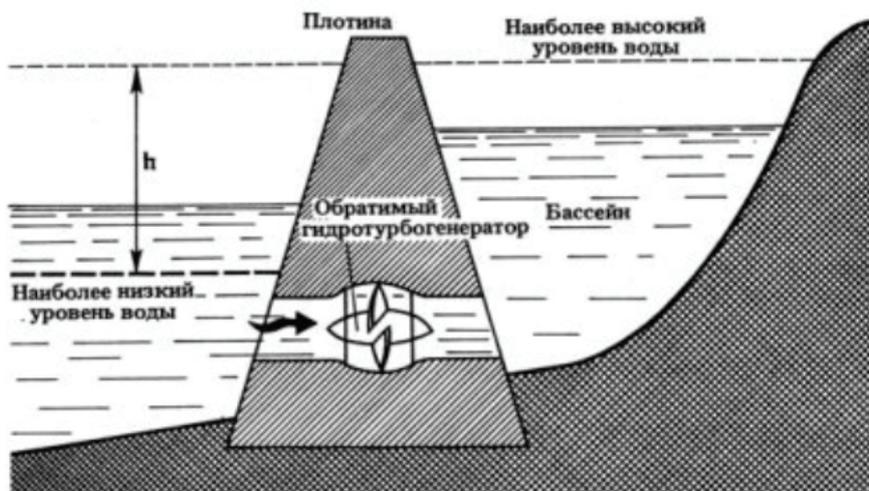


Рис. 1. Схема приливной электростанции

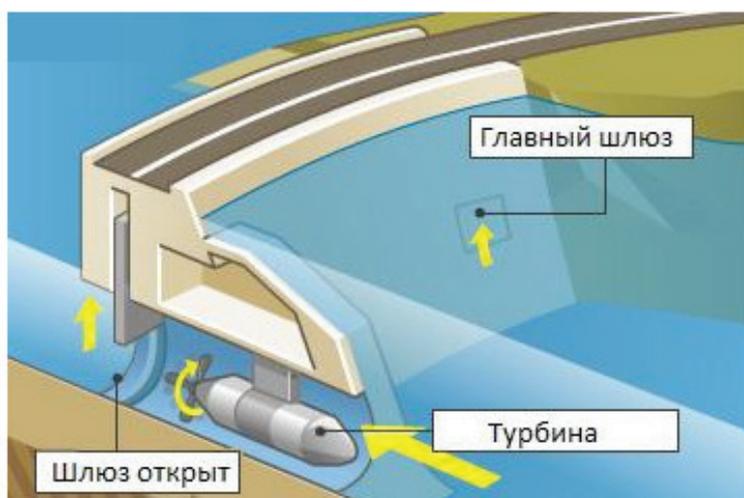


Рис. 2. Принцип работы приливной электростанции

строительство приливных электростанций целесообразно и актуально, особенно в прибрежных районах страны.

Также нельзя упускать из внимания и экологический аспект, потому как одним из критериев в принятии решения о строительстве такого сооружения как приливная электростанция является безвредность для окружающей среды. В этом аспекте у приливных электростанций есть существенное преимущество над любым другим типом электростанции. Станции приливного типа используют только прилив и отлив водных масс, то есть нет никаких побочных продуктов от производства электроэнергии, таких как газ от сгорания органического топлива, радиоактивных отходов, сажа. Это существенный плюс станции приливного типа. Еще одним преимуществом является безопасность, то есть в случае любого природного катаклизма, человеческой халатности или любых других обстоятельств, худшее, что может произойти со станцией — выход из строя турбогенератора, разрушение плотины, разрушение рабочего блока. Попадание в окружающую среду опасных веществ невозможно.

К преимуществам приливных электростанций стоит отнести:

1. Экологичность;
2. Безопасность;
3. Дешевая себестоимость производимой электроэнергии;

4. Простота конструкции;

К недостаткам таких станций относятся:

1. Дороговизна постройки;
2. Непостоянство энергоснабжения;
3. Малая вырабатываемая мощность;
4. Ограниченный ареал размещения;

Тем не менее, приливные электростанции имеют тенденцию развития и внедрения в систему энергоснабжения. На данный момент в мире всего около 10 приливных электростанций. 5 из них находятся в Китае и имеют очень малую мощность. Построены они с целью энергоснабжения малых населенных пунктов. В таблице 1 приведены данные о самых эффективных и крупных приливных электростанциях в мире.

Таблица 1

<i>Ля Ранс</i>	Франция	1967	240 мВт
<i>Кислогубская ПЭС</i>	СССР/Россия	1968	1,7 мВт
<i>Си Джен</i>	Великобритания	2008	1,2 мВт
<i>Аннаполисская ПЭС</i>	Канада	1984	20 мВт
<i>Сихва</i>	Южная Корея	В стадии завершения строительства	254 мВт
<i>Хаммерфест</i>	Норвегия	2003	300 кВт

Суммируя все вышесказанное, возникает вопрос о том, почему же, имея ряд преимуществ, приливные электростанции до сих пор не заняли верхние позиции в системе современного энергоснабжения? Ответ заключается в том, что приливные электростанции не могут обеспечить самого главного требования потребителя: непрерывности выработки электроэнергии и достаточной мощности. Если человечество найдет решение этих вопросов, приливные

электростанции смогут полностью решить проблему рационализации использования исчерпаемых природных ресурсов и займут лидирующее место в системе энергоснабжения. Таким образом, можно сказать, что электростанции приливного типа являются одним из самых перспективных направлений развития современной энергетики. На рисунке 3 изображена Российская приливная электростанция, расположенная в г. Кислогубск.



Рис. 3. Кислогубская ПЭС

Литература:

1. Альтернативные источники энергии. В. Германович., А. Турилин. 2011 г.
2. Приливные электростанции. Бернштейн Л. В. 1987 г.

Исследование энергосберегающих технологий

Соломатин Алексей Сергеевич, студент;
Мирзоян Александр Германович, студент;
Суруджян Аркадий Самвелович, студент
Ростовский государственный университет путей сообщения

Энергетика — одна из самых важных отраслей жизнедеятельности человека. В связи с важностью данной сферы, проблемы и задачи, возникающие в энергетической нише, должны решаться немедленно. Современный мир невозможно представить без электроэнергии, поэтому каждое государство старается вывести энергетическую отрасль на высший уровень. Можно утверждать, что развитость энергетики — показатель общего развития государства. Перед энергетиками всего мира стоит очень много проблем, требующих немедленного решения. Среди них: рационализация использования исчерпаемых природных ресурсов, снижение вреда, наносимого окружающей среде, от процесса выработки электроэнергии, исследование альтернативных источников энергии и создание электростанций нового типа, создание новейших технологий, позволяющих экономить электроэнергию. В данной статье будет рассмотрена проблема создания технологий, позволяющих экономить электроэнергию, и пути ее решения.

Энергосбережение сегодня — одно из приоритетных направлений развития энергетики, так как эта проблема тесно связана с государственной политикой, экономикой и положением страны на мировом энергетическом рынке. Экономия электроэнергии — один из факторов роста экономической эффективности государства.

В настоящее время на смену обыкновенным лампам накаливания приходят новые светодиодные светильники. Светодиод — электротехнический прибор на основе полупроводникового материала, излучающий фотоны света при пропускании через него электрического тока. К преимуществам светодиодной техники стоит отнести:

1. Малая себестоимость;
2. Высокая энергоэффективность;
3. Долгий срок службы — до 50000 часов;
4. Энергобезопасность, обеспечиваемая за счет малого напряжения питания;
5. Высокая скорость переключения режимов работы.

Но как и любой электротехнический прибор, светодиодный светильник не может не иметь недостатков. К ним относятся:

1. Нагревание при использовании светодиодной техники мощностью более 1 Вт;
2. Плохая взаимозаменяемость светодиодной техники.

Несмотря на приведенные отрицательные качества, светодиодные светильники активно внедряются в систему современного энергосбережения и производственную сферу. На рисунке 1 приведен пример светодиодного светильника.

Рассмотрим принцип работы такого устройства. При подаче напряжения на светодиодный элемент, электрический

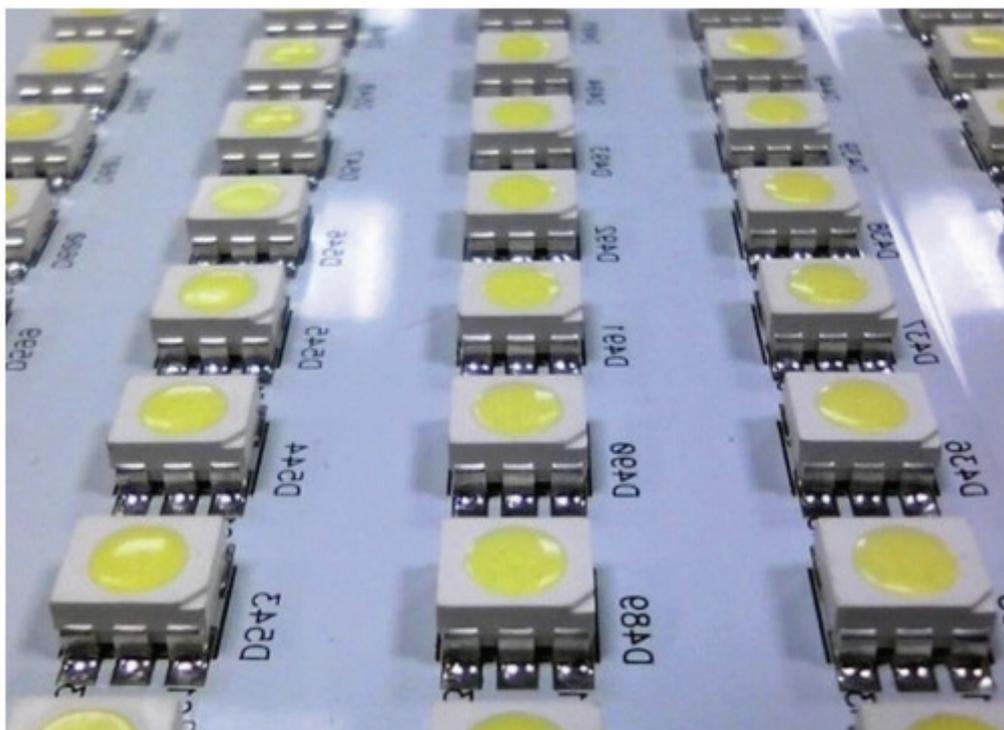


Рис. 1 Светодиодный светильник

ток, проходя от анода (+) к катоду (-), проходит через полупроводниковый кристалл и вызывает рекомбинацию электронов, то есть их переход с одного энергетического уровня

на другой, что, собственно, и вызывает свечение, представляющее собой излучение фотонов света. На рисунке 2 приведен принцип действия светодиодных светильников.

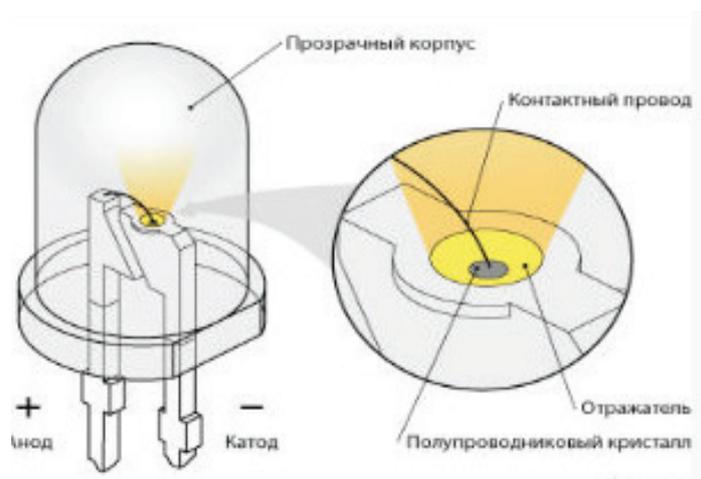


Рис. 2. Принцип работы светодиодного светильника.

Теперь рассмотрим электротехническую схему светодиодного светильника и поясним о назначении каждого

элемента. На рисунке 3 приведена электротехническая схема светодиодного светильника.

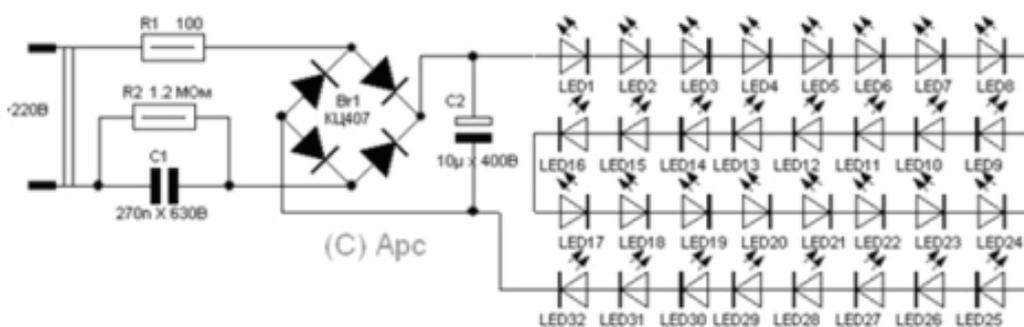


Рис. 3. Электротехническая схема светодиодного светильника

На входе такой схемы обязательно устанавливают резистор большого сопротивления и емкость. Они выполняют роль понижающей питающей установки. Дело в том, что для питания светодиода требуется очень маленький ток, в связи с этим устанавливают резистор большого сопротивления для падения напряжения до нужного уровня. Емкость устанавливают для сглаживания пульсаций, установки номинальной частоты питающего тока. Если эта емкость будет подобрана неверно, возможна неправильная работа установки, то есть мерцание или перебои в работе. Далее в схеме устанавливают светодиодный мост, выполняющий роль выпрямителя, так как светодиодные элементы восприимчивы только к постоянному току. После всех дополнительных конструкций устанавливаются уже сами светодиоды, непосредственно. Так как 1 светодиод дает недостаточное свечение, устанавливают группу диодов, соединенную параллельно или последова-

тельно. Преимуществом последовательного соединения является простота конструкции, но есть существенный недостаток — при выходе из строя 1 элемента, вся установка не может работать, так как пропускание тока через испорченный элемент невозможно. В плане надежности гораздо выгоднее использовать параллельное соединение, но это дорогостоящее изделие, в связи с тем, что к каждому светодиоду нужно устанавливать ограничивающий резистор, который будет ограничивать пропускаемый ток и предохранять диод от сгорания. В связи со сложностью и дороговизной конструкции параллельное соединение светодиодных элементов применяется редко. На рисунке 4 приведен параллельный способ соединения светодиодов.

Самым распространенным способом соединения считается смешанное соединение. Оно представляет собой несколько параллельных групп диодов, соединенных между собой внутри групп последовательно. преимуще-

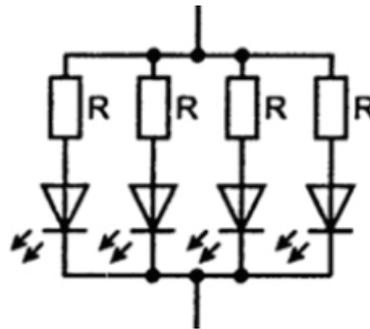


Рис. 4. Параллельное соединение светодиодов

ством такого способа соединения является то, что при выходе из строя 1 светодиода, выйдет из строя только 1 группа последовательно соединенных диодов, а остальные

группы, соединенные с этой группой параллельно, останутся в рабочем состоянии. На рисунке 5 приведен смешанный тип соединения светодиодов.

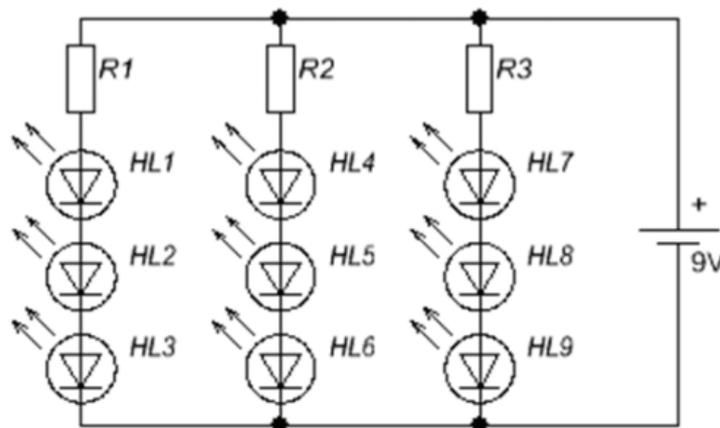


Рис. 5. Смешанное соединение светодиодов

В подтверждение вышесказанного приведем сводную таблицу 1, в которой покажем преимущество светоди-

одных ламп по сравнению с люминесцентными и лампами накаливания.

Таблица 1

Лампа накаливания, мощность в Вт	Люминесцентная лампа, мощность в Вт	Светодиодная лампа, мощность в Вт	Световой поток, Лм
20 Вт	5-7 Вт	2-3 Вт	Около 250 Лм
40 Вт	10-13 Вт	4-5 Вт	Около 400 Лм
60 Вт	15-16 Вт	8-10 Вт	Около 700 Лм
75 Вт	18-20 Вт	10-12 Вт	Около 900 Лм
100 Вт	25-30 Вт	12-15 Вт	Около 1200 Лм
150 Вт	40-50 Вт	18-20 Вт	Около 1800 Лм
200 Вт	60-80 Вт	25-30 Вт	Около 2500 Лм

В таблице 2 проведено сравнение по нескольким параметрам всех осветительных приборов, включая лампы накаливания, светодиодные и люминесцентные лампы.

Таблица 2

Наименование	Лампа накаливания	Галогенная лампа	Люминесцентная лампа	Светодиодная (LED) лампа
				
Нагрев	Сильно	Сильно	Средне	Практически не греется
Антивандалность	Очень хрупкая	Хрупкая	Хрупкая	Практически не разбивается
Мощность (Вт)	75	45	15	10
Световой поток (Lm)	около 700	700	около 700	800
Срок службы (час)	1000	2000-2500	8000	50000
Плата за электроэнергию в год (руб) при наличии 20 ламп в квартире (из расчета 4 руб/Квт, 5 часов в день)	10950 руб	6570 руб	2190 руб	1460 руб

Итак, подводя итог, стоит отметить, что использование светодиодных ламп очень выгодно и широко распространено в наши дни. Единственное, что откладывает полную замену ламп накаливания и люминесцентных ламп на светодиодные — дороговизна светодиодных установок и не-

достаточное изучение влияния на человеческий организм. Но, с современными темпами развития технологий, можно быть уверенным, что будущее энергосберегающей техники стоит именно за приборами, собранными на основе светодиодов.

Литература:

1. Энергосберегающие лампы. Диагностика, ремонт, модернизация. Тищенко И. В. 2012 г.
2. Институциональные проблемы повышения энергоэффективности жилищного и бюджетного секторов. Сиваев С. Б., Гордеев Д. П., Лыкова Т. Б. 2010 г.

Увеличение пропускной способности как средство повышения энергетической эффективности работы ЛЭП

Степанов А. Г., кандидат технических наук, главный специалист
Красноярское предприятие МЭС Сибири

Меньшенин Сергей Евгеньевич, студент
Сибирский федеральный университет

В статье рассматривается способ повышения передающей способности ВЛ 220–500 кВ, анализ существующих способов и мероприятий направленных на повышение пропускной способности ВЛ, а также допустимые пределы регулирования по статической и динамической устойчивости.

При долгой эксплуатации ЛЭП, наступает такой момент, когда достигается предел передаваемой мощности, чтобы удовлетворить потребности потребителей электроэнергетическим компаниям необходимо модернизировать ЛЭП. Большие трудности представляют сети высокого и сверхвысокого напряжения, так как реконструкция объектов электросетевого комплекса связана со значительными капиталовложениями. Например стоимость строительства 1 км линии 500 кВ на железобетонных опорах 3*АС300 на 2016 год составит 10608 тыс.руб [1]. Поэтому классические методы, с помощью которых можно увеличить передаваемую мощность очень затратные:

- строительство дополнительных ЛЭП;
- повышение напряжения;
- расщепление фазы.

Избежать реконструкции опор и увеличить передаваемую мощность, можно с помощью замены стандартных проводов на провода современных марок, потому что они обладают следующими преимуществами:

- высокая электропроводность;
- высокий предел прочности;
- низкий вес;
- устойчивость к большим температурам;

— устойчивость к погодным условиям.

Конечно же все эти факторы не сочетаются в какой-то одной марке провода, различные материалы в разной степени удовлетворяют этим требованиям. Характеристика проводов новых марок достаточно разнообразна, но можно выделить 3 большие группы [3].

Компактные провода с допустимой температурой выше 90°C — представляют собой измененную форму проволок с круглой на трапециевидную или Z-образную. Отличие компактного провода от марки АС в том, что коэффициент заполнения у них разный. Для современных компактных проводов значение достигает 0,88, а для стандартного провода марки АС оно составляет 0,61–0,67 [4], поэтому сечении проводов новых марок будет иметь меньший внешний диаметр, а значит такой провод позволит уменьшить аэродинамические и гололедные нагрузки.

Высокотемпературные провода (ВТП) с ТПЧ — это прежде всего провода, у которых проволоки ТПЧ изготовлены из алюминий-циркониевых сплавов (Al-Zr). Обозначения этих сплавов представляется, как TAL, ZTAL, XTAL и KTAL. На рис. 1. [3] представлено наглядное преимущество проводов этих марок при повышении температуры.

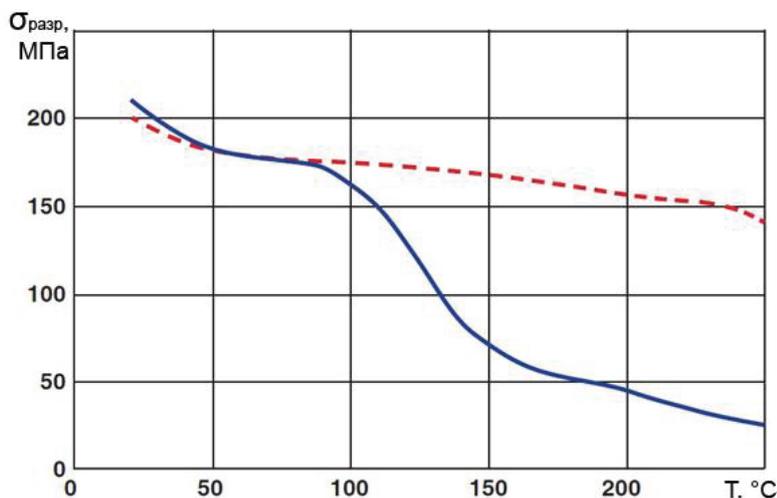


Рис. 1. Зависимости предела прочности на разрыв ($\sigma_{разр}$) от температуры для алюминия марки АС (сплошная синяя линия) и для сплава ZTAL (штриховая линия)

К третьей группе относятся провода ВТП с малой стрелой провеса с сердечником — материалы, которые применяются в данном проводе, понижают значения температурного коэффициента линейного расширения (k_T). В составе провода применяются следующие элементы:

- железоникелевого сплава;
- металлокомпозиита ($Al + Al_2O_3$),
- неметаллического (полимерного) композитного материала.

Таблица 1

N	Фирма	Марка	ФТПЧ/Фс, мм ² /мм ²	Тдоп, °С	Дпр, мм	Мпр.0, кг/км	Идоп, А/о.е.	С0, о.е.	fпр, м
1	Заводы РФ	АС	240/39	90	21,6	952	480/1,0	1,0	10,1
2	Nexans	AAAC Z	366/00	90	23,1	1040	770/1,6	7,9	9,9
3	L-B	TACSR/ACS	212/49	150	21,0	914	870/1,8	3,6	11,6
4	JPS	GTACSR	217/49	150	20,3	1015	840/1,7	6,0	9,1
5	ЗМ	ACCR	238/39	210	21,6	793	1210/2,5	13,0	9,9

При сравнение проводов в таблице 1 [3] нельзя не заметить преимущества проводов новых марок, и высокую пропускную способность, и допустимую температуру нагрева провода по сравнению с марками АС. К минусам же можно отнести значительную стоимость проводов новых марок по сравнению с обычным проводом АС. Так марки ACCR стоят больше в 12 раз чем провод АС за 1 км. Поэтому выбор современных проводников, должен быть обоснован. В связи с существенной стоимостью реконструкции новых ЛЭП возрастает роль увеличения пропускной с помощью воздействия на другие параметры.

Одним из решений данной проблемы является увеличение пропускной способности линии электропередач за счёт различных компенсирующих устройств. Необходимо сказать, что пропускная способность линий 220–750 кВ ограничивается нагревом проводов и устойчивостью электропередачи (статической, динамической).

Передаваемая по линии мощность без потерь находится [2, с.2]:

$$P_{наиб} = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_L} \cdot \sin \delta, \quad (1)$$

где U_1 — напряжение в начале линии, кВ;
 U_2 — напряжение в конце линии, кВ;
 X_L — индуктивное сопротивление линии, Ом;
 δ — угол между векторами $U_1 \cdot U_2$.

Предельная передаваемая мощность по линии, как видно из формулы будет при $\delta = 90^\circ$. Для того чтобы обеспечить статическую устойчивость в нормально режиме необходимо, чтобы коэффициент по передаваемой мощности, представленный в формуле 2 был больше 20%, а в аварийном режиме больше 8% [2, с.2]:

$$k_{P_{зан}} = \frac{P_{np} - P_0}{P_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где H_{np} — предельная передаваемая мощность по ЛЭП при $\delta = \pi/2$, кВт;
 P_0 — номинальная передаваемая мощность, кВт.

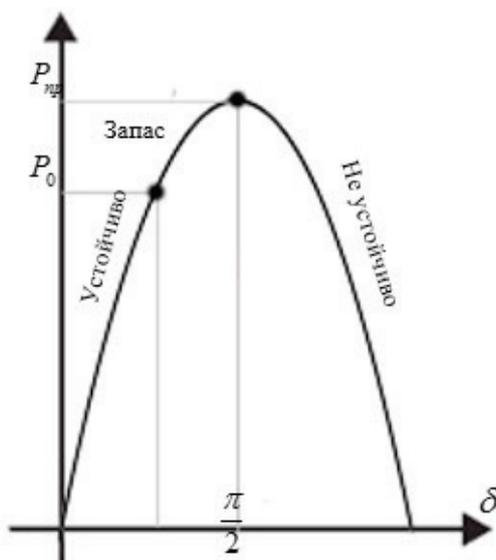


Рис. 2. Пределы передаваемой мощности

Таким образом, чтобы увеличить передаваемую мощность необходимо уменьшить индуктивное сопротивление и увеличить максимально возможно угол δ между напряжениями $U_1 \cdot U_2$, используя компенсирующие и управляющие устройство, которые могут увеличить пропускную способность. На сегодняшний день для таких целей используют: ФПУ, СТАТКОМ, СТК, ТУПК, АСК, ОРПМ и др. Для примера возьмем линию напряжением 500 кВ, длиной 800 км, с проводами 3×АС-400/51. Без компенсации наибольшая передаваемая мощность по линии составит 1063,2 МВт [5, с.63]. При установки ТУПК в се-

редине линии, соблюдая условия, что напряжения на выводах ТУПК не должно превышать 525 кВ, максимальная передаваемая мощность будет равна 1482,8 МВт.

Подводя итоги можно сказать, что если есть возможность увеличить передаваемую по линии мощность, без нарушения устойчивости ЭЭС, необходимо применять различные устройства компенсации, в данном примере удалось увеличить передаваемую мощность на 419,8 МВт, это примерная мощность одного небольшого алюминиевого завода. Строительства же новых высоковольтных линий электропередач обошлось бы намного дороже.

Литература:

1. Укрупненные стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35–1150 Кв // docs.cntd URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095834>
2. Кочкин, В. И. Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП // Новости ЭлектроТехники. — 2007. — № 3. — с. 45.
3. Неизолированные провода воздушных линий электропередачи: проблема выбора (аналитический обзор) // RusCable. URL: http://www.ruscable.ru/article/neizolirovanye_provoda_lep_problema_vybora/
4. Зарудский, Г. К., Платонова И. А., Шведов Г. В., Крохин А. Ю. Инновационные провода для воздушных линий электропередачи. Часть 3 // Кабель-news. — 2011, — № 2. — с. 52–54.
5. Радилов, Т. В. Разработка методики моделирования установившихся режимов электроэнергетических систем с гибкими электропередачами. — М.: 2004. — 150 с.

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ионное азотирование как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента

Водин Дмитрий Владимирович, магистрант
Тамбовский государственный технический университет

Рассмотрено ионное азотирование как один из основных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента, способствующее увеличению сроков его службы.

Ключевые слова: металлорежущий инструмент, ионное азотирование, газовая среда, стальной контейнер, катод и анод.

В настоящее время в машиностроении применяется ионное азотирование как один из перспективных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента.

Работоспособность и износостойкость металлорежущего инструмента характеризуется состоянием поверхностного слоя. Дальнейшее развитие и применение как перспективного метода получает ионное азотирование.

Материал металлорежущего инструмента прошедший ионное азотирование имеет повышенную поверхностную твердость и прочность, которая не изменяется даже при нагреве от 500⁰С.

Применение ионного азотирования способствует повышению износостойкости металлорежущего инструмента 2–3 раз в зависимости от условий металлообработки.

Оно способствует созданию азотированного слоя режущего инструмента с необходимой структурой.

Ионное азотирование как перспективный метод повышения стойкости металлорежущего инструмента применяется для марок стали:

- Р6М5К5, Р18, Р6М5;
- Р18, Р12Ф4К5, 13Х11Н2;
- Инструментальной и технологической оснастки.

Для усиления протекающих процессов в газовой среде применяют ионное азотирование или азотирование в тлеющем разряде.

В основе ионного азотирования лежит применение газовой среды, в которой может содержаться азот, аммиак и т.д. Одним из главных свойств азотированного слоя является его прочность и твердость.

Получение необходимой твердости и глубины азотированного слоя зависит от правильного выбора протекания режима процесса ионного азотирования. Процесс ионного азотирования осуществляется в две стадии:

- очистка поверхности катодным распылением;

- насыщение поверхности азотосодержащей газовой средой.

Процесс ионного азотирования осуществляется в стальном контейнере, который является анодом, а катодом является режущий инструмент, который находится внутри. Внутри контейнера при низком давлении пропускается азотосодержащая газовая среда. При напряжении от 500 до 1000 В и давлении от 1–10 мм.рт.ст ионы азота ударяются и очищают поверхность катода.

Далее поверхность катода нагревается до температуры 500–600⁰ С и ионы азота ударяясь о поверхность катода и в результате диффузии внедряются в его вглубь.

К основным характеристикам протекания процесса ионного азотирования относятся:

- давление от 1 до 10 мм.рт.ст;
- напряжение от 500 до 1000В;
- температура 500–600⁰ С;
- длительность процесса от 15 минут до одного дня;
- равномерность диффузного слоя по периметру катода.

Основными преимуществами ионного азотирования являются:

- повышение износостойкости и прочности металлорежущего инструмента;
- высокие показатели упрочнения металлорежущего инструмента
- высокая производительность;
- уменьшение продолжительности процесса в 1,5–3 раза;
- возможность регулирования процесса и получение азотированного слоя с нужными характеристиками;

Основными недостатками криогенной обработки являются:

- высокая стоимость установок и комплексов;
- токсичность;
- необходимость применения сложного технологического оборудования.

Для использования ионного азотирования как одного из перспективных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента основана на применении специальных установок, в которых происходит подача газовой среды, последующий нагрев и бомбардировка ионов.

Установка для ионного азотирования включает в себя:

- приборы управления и контроля
- процессор;
- датчик температуры, давления и напряжения;
- катод;
- анод;
- насосы и трубопроводы;
- клапан электромагнитный;
- контроллер;
- персональный компьютер.

Оборудование и установки, предназначенные для ионного азотирования, должны быть обязательно зарегистрировано в органах Госназзора и проходить при пуске в работу, периодическое, техническое освидетельствование.

Работать с данным оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет после прохождения обучения и аттестации комиссией с выдачей удостоверения на право производства работ. Периодическая проверка знаний производится не реже 1 раза в год.

Создание новых и модернизация имеющихся установок для ионного азотирования будет способствовать дальней-

шему внедрению и развитию этого метода на предприятиях, работающих в машиностроении.

Применение ионного азотирования способствует повышению износостойкости, улучшению режущих свойств и росту производительности металлорежущего инструмента (резцы, сверла и др.).

Азотированная поверхность металлорежущего инструмента способствует, понижению коэффициента трения и улучшению отвода стружки предотвращая её налипание на режущие кромки.

Данные свойства азотированной поверхности способствуют увеличению значений подачи и скорости резания при металлообработке. Глубина азотированного слоя зависит от фазового состава стали металлорежущего инструмента.

Ионное азотирование является эффективным и перспективным методом повышения износостойкости металлорежущего инструмента.

На кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» активно развивается следующее направление научной деятельности: получение и обработка композиционных материалов, выбор и создание новых интеллектуальных САПР-ТП, а также адаптация систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки и сборки.

Литература:

1. Водин, Д. В. Ионная имплантация как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента. Автоматизированное проектирование в машиностроении: Материалы III международной заочной научно-практической конференции / НОЦ «МС». — Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. — № 3. — 150 с.;
2. Григорьев, С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов. — М.: Машиностроение, 2011. — 368 с.;
3. Пестрецов, С. И. Применение систем автоматизированного проектирования процессов резания при создании управляющих программ для станков с числовым программным управлением / С. И. Пестрецов, А. М. Муравьев, М. В. Соколов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. — 2014. — Вып. 1 (50). — с. 146–152;
4. Алтунин, К. А. Концепция создания информационного обеспечения интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения: монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов — Тамбов: Студия печати Павла Золотова, 2015. — 112 с.
5. gigabaza.ru/doc/85177.html.

Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента

Водин Дмитрий Владимирович, магистрант
Тамбовский государственный технический университет

Рассмотрено поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) как один из основных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента, способствующее увеличению сроков его службы.

Ключевые слова: металлорежущий инструмент, поверхностная закалка, токи высокой частоты (ТВЧ), генератор, индуктор, спрейерное устройство.

В настоящее время в машиностроении применяется поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) как один из перспективных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента.

Работоспособность и износостойкость металлорежущего инструмента характеризуется состоянием поверхностного слоя.

Одним из перспективных способов повышения износостойкости металлорежущего инструмента является поверхностное упрочнение, разновидностью которого является поверхностная закалка ТВЧ.

Применение поверхностной закалки токами высокой частоты (ТВЧ) способствует повышению износостойкости металлорежущего инструмента 1,5–2 раз в зависимости от условий металлообработки.

Поверхностная закалка (ТВЧ) способствует созданию поверхностного слоя режущего инструмента необходимой структуры.

В основе поверхностной закалки токами высокой частоты (ТВЧ) лежит применение вихревых токов в переменном магнитном поле, которое способствует нагреву помещенного в него режущего инструмента. При наибольшей частоте тока полученный поверхностный слой будет тоньше. Основателем данного метода является российский ученый Вологдин В. П.

Толщина получаемого и прогреваемого поверхностного слоя металлорежущего инструмента зависит от характеристик материала и частоты тока и находится по формуле (1):

$$y = 5030 \cdot 4\pi \sqrt{\rho / \mu f} \quad (1);$$

где:

y — толщина слоя мм; ρ — удельное сопротивление материала (Ом · м); m — магнитная проницаемость; f — частота тока (Гц).

Часто всего при применении поверхностной закалки токами высокой частоты (ТВЧ) используются генераторы с частотой от 50 до 1000 Гц и ламповые генераторы с частотой больше 106 Гц. Глубина получаемого поверхностного слоя равна 2 мм.

Основными преимуществами поверхностной закалки (ТВЧ) являются:

- повышение износостойкости и прочности металлорежущего инструмента;
- высокие показатели упрочнения металлорежущего инструмента
- высокая производительность;
- экономичность процесса;
- экологичность;
- снижение показателей по короблению и трещинам;
- возможность регулирования и автоматизации процесса.

Основными недостатками поверхностной закалки (ТВЧ) являются:

- высокая стоимость индукционных установок и комплексов;

- опасность поражения токами высокой частоты (ТВЧ);
- ожоги вследствие контакта с открытыми участками тела и при прикосновении к предметам, находящимся при высоких температурах.

Поверхностная закалка (ТВЧ) как один из перспективных методов повышения износостойкости металлорежущего инструмента основана на применении специальных установок, в которых происходит создание вихревых токов в переменном магнитном поле.

Установка для поверхностной закалки (ТВЧ) включает в себя:

- приборы управления и контроля
- генератор ТВЧ;
- индуктор;
- охлаждающее устройство — спрейер;
- бак с охлаждающей жидкостью.

Индукторы изготавливаются из медных трубок, внутри которых перемещается вода, благодаря чему они не нагреваются. Форма индуктора соответствует внешней форме металлорежущего инструмента, и она обеспечивает зазор между индуктором и обрабатываемой поверхностью. Индуктор представляет собой медные шины или трубки с одним или несколькими витками.

Перед проведением поверхностной закалки (ТВЧ) режущий инструмент подвергают сначала нормализации, а после низкому отпуску при рабочей температуре 150–200°C.

После нагрева в течение 3–5 с с индуктора металлорежущий инструмент быстро перемещается в охлаждающее устройство — спрейер, через отверстия которого охлаждающая жидкость подается под давлением или окунанием нагретой поверхности в бак с охлаждающей жидкостью.

Для достижения безопасности в работе установок поверхностной закалки (ТВЧ) необходимо соблюдение комплекса профилактических и организационно-технических мер.

Помещения, в которых ведется работа, и находится оборудование для проведения поверхностной закалки (ТВЧ) должны, быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией. Помещение должно быть оборудовано автоматическим включением вентиляции

При работе необходимо использовать специальную обувь, одежду, рукавицы и защитные очки. Верхняя одежда должна быть закрытой, а брюки должны прикрывать обувь.

Для исключения соприкосновения персонала с оборудованием с высокой температурой необходимо применять герметизацию, термоизоляцию и защитные ограждения. На оборудовании необходимо устанавливать знаки безопасности.

При работе необходимо принять меры по устранению контакта обслуживающего персонала с оборудованием и поверхностями, имеющие высокую температуру.

Оборудование и установки, предназначенные для поверхностного упрочнения токами высокой частоты (ТВЧ), должны быть обязательно зарегистрированы в органах Госназзора и проходить при пуске в работу, периодическое, техническое освидетельствование.

Работать с данным оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет после прохождения обучения и аттестации комиссией с выдачей удостоверения на право производства работ.

Периодическая проверка знаний производится не реже 1 раза в год.

Создание новых и модернизация имеющихся установок для поверхностного упрочнения токами высокой частоты (ТВЧ) будет способствовать дальнейшему внедрению и развитию этого метода на предприятиях, работающих в машиностроении.

Применение поверхностного упрочнения токами высокой частоты (ТВЧ) способствует повышению износо-

стойкости, улучшению режущих свойств и росту производительности металлорежущего инструмента.

Поверхностного упрочнения токами высокой частоты (ТВЧ) является эффективным и перспективным методом повышения износостойкости металлорежущего инструмента.

На кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» активно развивается следующее направление научной деятельности: получение и обработка композиционных материалов, выбор и создание новых интеллектуальных САПР-ТП, а также адаптация систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки и сборки.

Литература:

1. Адаскин, А. М. Материаловедение в машиностроении: учебник для бакалавров / А. М. Адаскин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина, В. Н. Климов. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 535 с.
2. <http://www.supermetalloved.narod.ru>;
3. Водин, Д. В. Криогенная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента. Современные тенденции технических наук: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). — Казань: Бук, 2015. — 124 с.;
4. Григорьев, С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов. — М.: Машиностроение, 2011. — 368 с.;
5. Пестрецов, С. И. Применение систем автоматизированного проектирования процессов резания при создании управляющих программ для станков с числовым программным управлением / С. И. Пестрецов, А. М. Муравьев, М. В. Соколов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. — 2014. — Вып. 1 (50). — с. 146–152;
6. Алтунин, К. А. Концепция создания информационного обеспечения интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения: монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов — Тамбов: Студия печати Павла Золотова, 2015. — 112 с.;

Исследование технологического процесса и параметров машин для внесения жидких удобрений в условиях Туркменистана

Данатаров Агахан, кандидат технических наук, главный специалист
Министерство охраны природы Туркменистана

Аширов Сердар, соискатель;

Мухамметмырадов Какамырат, соискатель;

Худайбердиев Режепмурад, соискатель

Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А. Ниязова

Приводится схема устройства и описывается принцип его работы. Экспериментальными исследованиями установлено, что данная технология отличается от известных аналогов совокупностью признаков, обеспечивая подготовку почвогрунта на глубину и ширину возделываемого рядковым способом растения при одновременном внесении жидких удобрений в слой разрыхлённой почвы на весь её объём.

Ключевые слова: механическое и биологическое рыхление.

Результаты исследований академика И. С. Рабочева свидетельствуют о том, что уплотненный слой почвы затрудняет вымыв из нее солей, поэтому рекомендовал проводить глубокую вспашку. Р. Эггельсманн установил,

что в результате применения беструбчатого или аэрационного дренажа урожайность возрастает на 20–100% и более, а затраты на устройство значительно ниже затрат на устройство трубчатого дренажа. Многочисленные

исследования доказано, что по глубокой обработке сельскохозяйственных угодий подтверждают тот факт, что повышение продуктивности угодий происходит за счет увеличения мощности корнеобитаемого слоя почвы путем механического и биологического его рыхления.

М. В. Рязанов [5] установил, что неперенным условием повышения плодородия почв является применение органических удобрений, прежде всего навоза, который обеспечивает не только пищевой режим растений, но и регулирует интенсивность и объем малого биологического круговорота энергии в агроэкосистемах. Подпочвенное внесение жидких органических удобрений оказывает существенное влияние на рост, развитие, продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур, прибавка урожая озимой пшеницы составила 13,7 ц/га, при контроле 30 ц/га.

В. И. Скорляков [6] установил, что степень подвижности фосфатов через 6 месяцев после внесения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) локальным способом в черноземе оподзоленном была выше в 7 раз, а в черноземе типичном — в 18 раз, чем при разбросном методе. Локальное внесение удобрений усиливает способность сельскохозяйственных культур противостоять засухе, значительно снижает недобор урожая, положительно влияет на отложение запасных веществ. Водопотребление растений на единицу продукции при локальном внесении снижается на 10–15%. В связи с повышением коэффициентов использования питательных веществ при ленточном внесении оптимальные дозы удобрений снижаются на 25–50%.

Необходимо глубокое рыхление деградированных почв для разрушения уплотнённых иллювиальных прослоек и создания условий для формирования мощной корневой системы растения. Продуктивность земель повышается за счёт интенсификации использования энергетического потенциала почвы и самого растения. Если не обеспечивается бездефицитный баланс органики, происходит интенсивная дегумификация с последующей глубокой деградацией почв. Наибольший эффект ресурсосбережения достигается при комплексной мелиорации земель с использованием животноводческих стоков как необходимого элемента восполнения органического вещества в экологическом земледелии [1]. Почвозащитная и ресурсосберегающая направленность интенсивного земледелия как условие и исходное положение для расширенного воспроизводства плодородия почвы. Следовательно, основная стратегия ученых, в том числе в области сельского хозяйства должна быть направлена сегодня на обеспечение экологической безопасности. Воздействия антропогенной деятельности на окружающую среду сгруппированы: в механическое (обработка почвогрунтов и снижение уровня грунтовых вод); физическое (орошение и атмосферные осадки); химические (т.е. внесение минеральных удобрений); биологические (т.е. внесение органических удобрений и микроорганизмов).

Рассматриваемое устройство отличается от известных аналогов совокупностью признаков, обеспечивая подго-

товку почвогрунта на глубину и ширину возделываемого рядковым способом растения при одновременном внесении жидких удобрений в слой разрыхлённого почвогрунта на весь его объём [2]. Улучшение водопроницаемости и водного режима при глубоком рыхлении почвы связано с улучшением воздухопроницаемости аэрации. Этот комплекс условий благоприятствует развитию микробиологической деятельности и улучшению количества растворимых питательных веществ во всём корнеобитаемом слое культурных растений. Следовательно, для нарезки аэрационного дренажа и рыхления подпахотного уплотнённого слоя теоретически и экспериментально исследованы и разработаны оптимальные параметры аэрационного дренажа и глубокорыхлителя (НАД-2–60), на ней также можно установить приспособление для внесения органических и минеральных жидких удобрений (НАД-2–60М) [3]. В качестве рабочей жидкости, помимо воды, может быть использована навозная жижа или раствор, содержащий личинки дождевых червей. Подача жидкости в вертикальный нож может производиться насосом, имеющим привод от тягового трактора. Следовательно, устройство позволяет осуществить строительство дренажа высокопроизводительным методом в тяжёлых грунтах аридной зоны, влажность которых обычно находится за пределами оптимальных величин. При этом уменьшается сопротивление грунта, что в последующем приведёт к снижению расхода топлива [4]. Рыхлению подвергается не весь пахотный слой, а только траншейные ряды с профилем, соответствующим профилю корневой системы взрослого культурного растения, под которое производится подготовка почвогрунта. Пространственная подача жидких удобрений в рыхлый грунт образованной рыхлителем третьей траншеи обеспечивает полное и равномерное замачивание комьев почвы по всему её профилю.

Для этих целей в САО имени Героя Туркменистана С. Розметова этрапа имени С. А. Ниязова Дашогузского велаята сконструирован и испытан НАД-2–60М. На основании 215 приказа министра сельского хозяйства Туркменистана от 11 декабря 2013 года составленная Экспертная комиссия провела научно-исследовательские испытания и в соответствии с протоколом испытаний составила акт испытаний, одобренный и подтвержденный Научно-техническим советом в Отделе механизации сельского хозяйства при министерстве 15 января 2014 года, также агрономическую машину НАД-2–60М предложили для широкого внедрения в производство сельского хозяйства страны.

Следовательно, повышения урожайности хлопчатника для рассматриваемой культуры определяют количество навоза в питательном растворе, вносимого подпочвенно, и устанавливают в количестве от 6 до 11 тонн на один гектар пашни или экономия органических удобрений составляют 4–5 раза. Использование агрегата решает техническую задачу энергосбережения топлива при подготовке почвогрунта к возделыванию культурного растения рядковым способом. НАД-2–60М в качестве почво-

защитной и энергоемкой технологии, снижают потери минеральных удобрений: фосфора 40–50%; азота 33%; калия 12% укрепляет почву и корни хлопчатника, повышает урожай на 10–15 ц/га.

Литература:

1. Максименко, В. П. Комплексная мелиорация уплотнённых почв на орошаемых землях: Автореф. дис... д-ра с. — х. наук. М., 2011.
2. Пат. № 11/101144. Способ предпосевной обработки тяжелой малопроницаемой почвы под культуру рядкового посева в условиях орошения. Автор (ы): А. Данатаров и др. (ТМ), 2011.
3. Пат. № 11/101145. Комбинированное устройство для глубокого рыхления грунта с одновременным внутрпочвенным внесением жидких органоминеральных удобрений. Автор (ы): А. Данатаров и др. (ТМ), 2011.
4. Пат. № 13/J 01219. Устройство для нарезки кротовин. Автор (ы): А. Данатаров и др. (ТМ), 2013.
5. Рязанов, М. В. Повышение эффективности использования жидких органических удобрений путем разработки и обоснования параметров агрегата для подпочвенного внесения. Диссертация кандидат технических наук. 2009 Белгород. с.171.
6. Скорляков, В. И. Прикорневая подкормка: технологические особенности способов внесения гранулированных минеральных удобрений (ГМУ) «Агроснабфорум» информационно-аналитический журнал, КубНИИТиМ.

Термокомпрессионная технологическая оснастка для диффузионной сварки и пайки в вакуумных печах

Зоркин Александр Яковлевич, доктор технических наук, доцент;

Масленникова Мария Владимировна, магистрант;

Ткаченко Валерий Олегович, магистрант

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

Процесс диффузионной сварки (ДС) в вакууме позволяет получить прочные и герметичные соединения керамики с металлами без использования припоев [1,2]. Однако, существует дефицит специализированного оборудования для выполнения процесса ДС. В тоже время, предприятия приборостроения имеют многочисленную номенклатуру вакуумных печей, в которых возможно осуществлять диффузионную сварку различных материалов на основе использования термокомпрессионной технологической оснастки. Данный метод известен [2,3] и основан на использовании в конструкции технологической оснастки деталей из материалов с различными температурными коэффициентами линейного расширения (ТКЛР). Практическое использование рассматриваемого метода осложняется отсутствием расчетных методик, позволяющих оценить влияние выбора материалов деталей и режимов нагрева на величину возникающих в оснастке усилий сжатия свариваемых деталей.

Предложена расчетная методика термокомпрессионного метода ДС металлокерамических узлов в вакуумных печах.

Рассмотрена простая конструкция металлокерамического узла (рис. 1) состоящая из металлизированных керамических колец из керамики ВК 94–1 (поз.1) и металлических колец — из прецизионного сплава 37НКВТЮ-ИД (поз.3). Между керамикой и прецизионным сплавом помещалась прокладка из меди М06 (поз.2) толщиной 0,1÷0,25 мм.

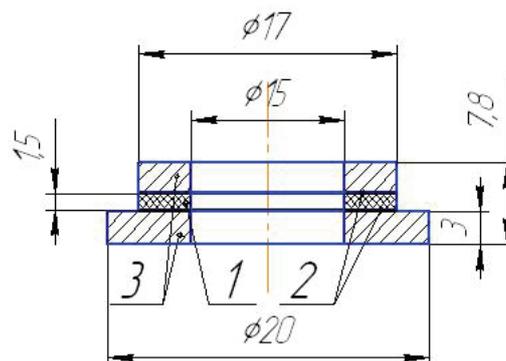


Рис. 1. Конструкция металлокерамического узла

Конструкция технологической оснастки для термокомпрессионного метода ДС в высоковакуумной печи типа «Вега-3М» представлена на рис.2.

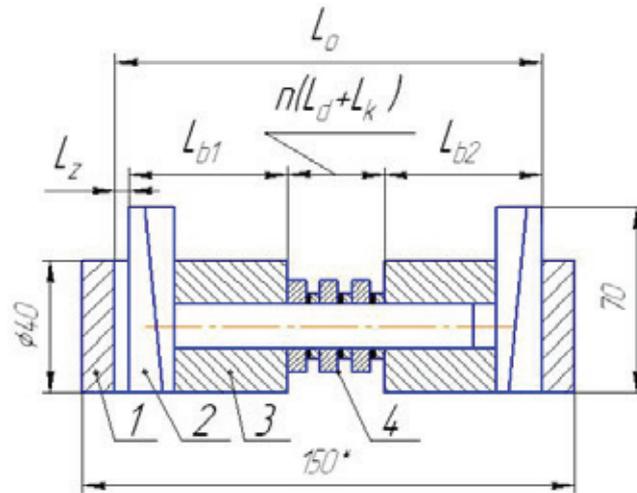


Рис. 2. Конструкция термокомпрессионного приспособления: 1 – корпус (титановый сплав ВТ-20); 2 – система клиньев (12Х18Н10Т); 3 – вкладыши (12Х18Н10Т); 4 – набор свариваемых деталей

Предложена инженерная методика расчета параметров термокомпрессионной технологической оснастки для ДС металллокерамических узлов.

Использовались исходные данные из ГОСТов на материалы из справочников [4,5]:

- геометрические размеры деталей (см. рис.1 и рис.2);
- температурные коэффициенты линейного расширения материалов (1/К): ВТ-20 $\alpha_0 = 9,5 \cdot 10^{-6}$; 12Х18Н10Т $\alpha_b = 18,2 \cdot 10^{-6}$; 37НКВТЮ-ИД $\alpha_{k1} = 8,3 \cdot 10^{-6}$; М06 $\alpha_{k2} = 18,6 \cdot 10^{-6}$; ВК 94–1 $\alpha_d = 6,5 \cdot 10^{-6}$;
- модули упругости материалов (Па): ВТ-20 $E_0 = 1,17 \cdot 10^{11}$; 12Х18Н10Т $E_b = 1,53 \cdot 10^{11}$; 37НКВТЮ-ИД $E_{k1} = 1,6 \cdot 10^{11}$; М06 $E_{k2} = 1,22 \cdot 10^{11}$; ВК 94–1 $E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$;
- температуры плавления материалов (К): ВТ-20 $T_{п0} = 1950$; 12Х18Н10Т $T_{пб} = 1725$; 37НКВТЮ-ИД $T_{пк1} = 1750$; М06 $T_{пк2} = 1750$; ВК94–1 $T_{пд} = 2750$.

Вначале задавалась скорость нагрева технологической оснастки в вакуумной печи — $V_T = 0,185$ К/с. Величина зазора L_z принималась равной $0,5 \cdot 10^{-3}$ м.

На основе исходных данных определялась скорость термической деформации (м/с):

$$V_d = V_T \cdot \left[L_b \cdot \alpha_b + n \cdot (L_d \cdot \alpha_d + L_{k1} \cdot \alpha_{k1} + L_{k2} \cdot \alpha_{k2}) - L_0 \cdot \alpha_0 \right] \quad (1)$$

где: n — количество комплектов свариваемых узлов (3 шт).

Расчет напряжений текучести свариваемых деталей (Па) определялся по уравнению:

$$\sigma_T = \left[(V_d/A) \cdot \exp \cdot (Q/R \cdot T) \right]^{1/c} \quad (2)$$

где: $Q = 22350 \pm 100$ кажущаяся энергия активации ползучести (Дж/моль), определенная из экспериментов по деформации свариваемых деталей в рассматриваемой оснастке при различных температурах ($773 \div 1173$ К).

R — универсальная газовая постоянная (8,3);

A — нормировочный коэффициент (9×10^{-27});

c — показатель степени (3);

T — текущее значение температуры (300 ÷ 1300 К).

Для расчета принимались линейные интерполяции зависимостей модулей упругости выбранных материалов от температуры:

$$E(T) = E_0 \cdot (1 - T/T_n) \quad (3)$$

где: E_0 — значение модуля упругости материалов при комнатной температуре (300 К);

T — текущее значение температуры (300 ÷ 1300 К);

T_n — температура плавления материалов (К).

Площадь контакта (м²) керамических колец в свариваемом узле (площадь сварки) $S_d = 5,027 \cdot 10^{-5}$. Площадь сечения (м²) корпуса оправки $S_0 = 7,653 \cdot 10^{-4}$.

Формулы для расчета термической, упругой и общей деформаций рассматриваемой сборки (м):

$$\Delta_T = T \cdot [L_b \cdot \alpha_b + n \cdot (L_d \cdot \alpha_d + L_k \cdot \alpha_k) - L_0 \cdot \alpha_0] \quad (4)$$

$$\Delta_y = \sigma_T \cdot \{n \cdot [L_b/E_d(T) + L_{k1}/E_{k1}(T) + L_{k2}/E_{k2}(T)] + S_d \cdot L_b / [(S_b \cdot E_b(T))] + S_d \cdot L_0 / [(S_0 \cdot E_0(T))]\} \quad (5)$$

$$\Delta_c = \Delta_T - \Delta_y - L_z \quad (6)$$

где: T — текущее значение температуры (300 ÷ 1300 К);

n — количество комплектов свариваемых узлов (3 шт).

Формула для расчета общего усилия (Н) в технологической оснастке:

$$P_T = S_d \cdot \sigma_T \quad (7)$$

Результаты расчетов по формулам (1–7) рассматриваемой технологической оснастки приведены на рис.3.

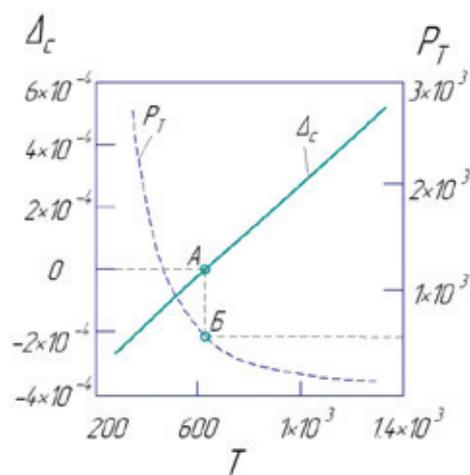


Рис. 3. Зависимость общей деформации (м) и усилия сжатия (Н) свариваемых деталей в технологической оснастке от температуры (К)

Отрицательные значения Δ_c соответствуют интервалу нагрева с невыбранным зазором L_z . Нулевое значение Δ_c соответствует исчезновению зазора (точка А на кривой общей деформации) и началу возникновения сжимающего усилия на свариваемых деталях (точка Б на кривой общего усилия).

Предложенная методика расчета параметров термокомпрессионной технологической оснастки для процесса ДС металлокерамических узлов в вакуумных печах позволяет моделировать этапы нагрева и подбирать необходимые размеры деталей и величины зазора L_z . Выбор величины зазора L_z позволяет исключить работу технологической оснастки при больших значениях общего усилия P_T , которые приводят к разрушению керамических деталей (значения на кривой P_T левее точки Б).

Литература:

1. Диффузионная сварка материалов: Справочник. /Под ред. Н. Ф. Казакова. — М.: Машиностроение, 1981. — 271с.
2. Конюшков Г.В, Мусин Р.А. Специальные методы сварки давлением. Учебное пособие. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2009. — 632 с.
3. Технология прецизионной диффузионной сварки в точном приборостроении. /А. Г. Щербак, В.Г. Кедров. — СПб: ГНЦ РФ — ЦНИИ “Электроприбор”, 1997. — 166с.
4. Физические величины: Справочник/А. П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под. Ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М.; Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
5. Прецизионные сплавы: Справочник. /Под ред. Б. В. Молотилова. — М.: Металлургия, 1974. — 448с.

Диффузионная сварка замедляющих систем

Зоркин Александр Яковлевич, доктор технических наук, доцент;
Масленникова Мария Владимировна, магистрант;
Филатов Григорий Григорьевич, магистрант
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Главный недостаток спиральных замедляющих систем ламп бегущей волны миллиметрового диапазона — низкий теплоотвод от спирали, ограничивающий выходную мощность прибора. Для снижения термосопротивления в зонах сопряжений спираль — стержни предложено применять для изготовления замедляющих систем диффузионную сварку молибденовой спирали с медным покрытием со стержнями, изготовленными из бериллиевой керамики. В данной работе представлена термодинамическая модель взаимодействия оксида бериллия с медью при образовании твердофазного соединения.

Схема взаимодействия бериллиевой керамики (BeO) с медью при изготовлении замедляющих систем представлена на рис. 1, б.

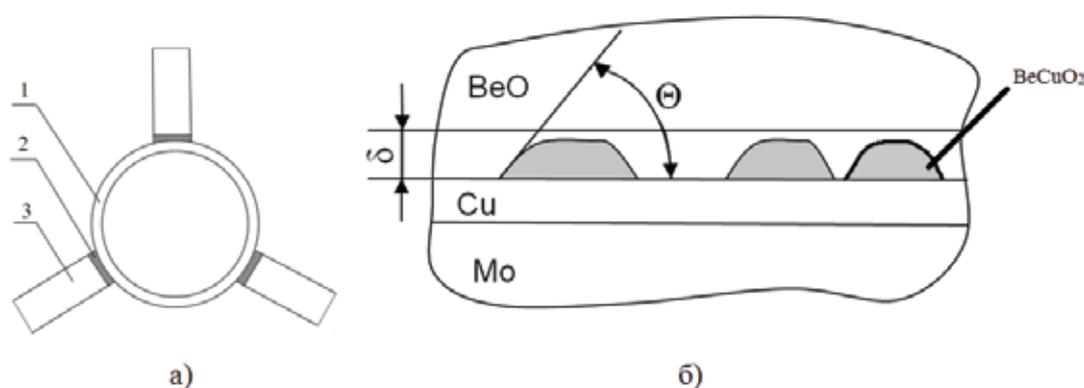


Рис. 1. Замедляющая система и схема взаимодействия керамики с медью:
1 — спираль, 2 — медь, 3 — бериллиевый стержень.

Замедляющая система (рис. 1, а.) состоит из молибденовой спирали 1, изготовленной из тугоплавкого материала (молибден), на поверхность которой нанесен слой меди 2 и стержней из бериллиевой керамики 3. Толщина слоя меди на спирали 20 мкм. При диффузионной сварке керамических стержней с медным покрытием спирали под действием температуры и давления медь диффундирует в бериллиевую керамику, в зоне взаимодействия толщиной δ образуется новая фаза BeCuO_2 . Степень превращения определяется скоростью образования зародышей новой фазы и линейной скоростью их роста.

Рассмотрим взаимодействие бериллиевой керамики с медью по следующей реакции:



Степень превращения определяется по формуле [1]:

$$\varepsilon_{\text{I}k0}(\text{T}, \text{t}, \delta, E_{\text{I}az}, E_{\text{I}av}, \text{n}) = 1 - \exp(-[\text{b}_1 \text{B}(\text{T}, \text{t}, \delta, E_{\text{I}az}, E_{\text{I}av}, \text{n})]^{(-1/3)} \cdot \text{f}_1 \text{B}(\text{T}, \text{t}, \delta, E_{\text{I}az}, E_{\text{I}av}, \text{n})) ,$$

$$\text{b}_\text{B}(\text{T}, \text{t}, \delta, E_{\text{az}}, E_{\text{av}}, \text{n}) = \frac{\text{I}_5(\text{T}, \delta, \Theta, E_{\text{az}}, \text{n})}{8 \cdot \delta^{-3} \cdot \text{v}(\text{T}, \delta, E_{\text{av}}, \text{n}) ;$$

$$\text{a}_\text{B}(\text{T}, \text{t}, \delta, E_{\text{az}}, E_{\text{av}}, \text{n}) = (\text{I}_5(\text{T}, \delta, \Theta, E_{\text{az}}, \text{n}) \cdot \text{v}(\text{T}, \delta, E_{\text{av}}, \text{n})^2)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{t} ;$$

$$\Delta G(\text{T}, \Theta, \text{n}) = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{\sigma_{\text{n}}^3 \cdot \text{v}^2}{A_{\text{r1}}(\text{T}, \text{n})^2} \cdot \text{F}(\Theta) \text{ — работа образования зародыша;}$$

δ — толщина зоны взаимодействия, м; T — температура, К; Θ — угол смачивания фазы BeCuO_2 с BeO; E_{av} — энергия активации образования зародышей, кДж/моль; E_{az} — энергия активации скорости роста; n — порядковый номер металла, взаимодействующего с оксидом бериллия; t — время взаимодействия, с; значение $A_{\text{r1}}(\text{T}, \text{n})$ — выбрано по справочнику [2].

На рис. 2 изображена зависимость степени превращения от времени при $\delta = 18 \cdot 10^{-6}$ м, $E_{az} = 390000$ кДж/моль, $E_{av} = 410000$ кДж/моль, $T = 1250^\circ\text{K}$ и $T = 1300$. Значения параметров получены путем подгонки к экспериментальным значениям.

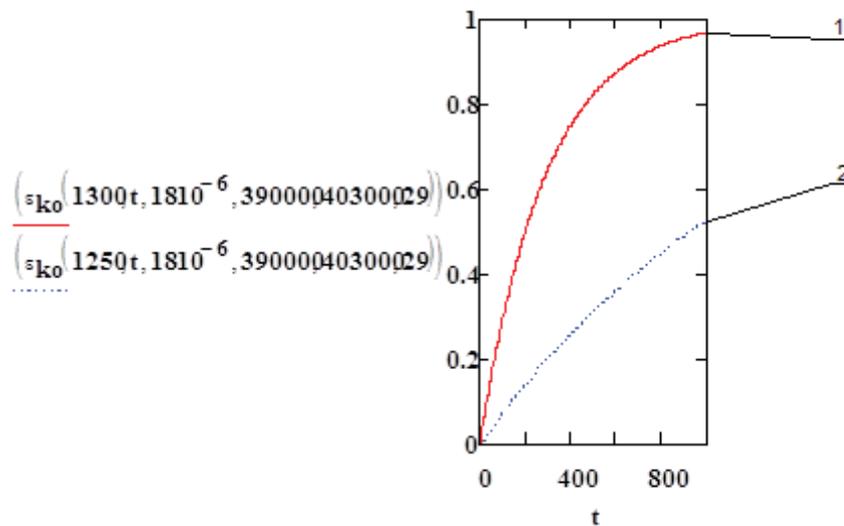


Рис. 2. Зависимость степени превращения от времени 1- $T=1300\text{K}$; 2- $T=1250\text{K}$

Проведен процесс диффузионной сварки спиралей из молибдена с медным покрытием и стержней из бериллиевой керамики. Металлографический анализ зоны взаимодействия показан на рис 3.

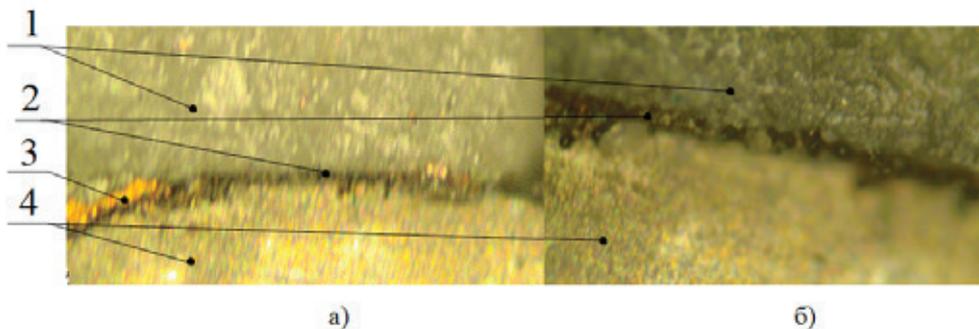


Рис. 3. Зона взаимодействия бериллиевой керамики с медью: а — $500\times$, б — $1000\times$; 1 — бериллиевая керамика, 2 — новая фаза ВеCuO_2 , 3 — медь, 4 — молибденовая спираль

На рис. 3, б видно условную фазу в виде шаровидных включений. Для идентификации необходимо провести рентгеноструктурный анализ данной фазы. При замере зоны взаимодействия получили $\delta_c = 18$ мкм. Линейная скорость роста равна, где t_c время диффузионной сварки, т.е. $v_c = 2 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Предложены термодинамическая и кинетическая модели взаимодействия бериллиевой керамики с медью при изготовлении замедляющих систем ЛБВ миллиметрового диапазона. Получено значение энергии активации для линейной скорости роста и образования зародышей путем подгонки к экспериментальным данным.

Проведены экспериментальные исследования процесса взаимодействия бериллиевой керамики с медным покрытием спирали. При испытании на отрыв наилучшая прочность соединения получена при степени приращения 0,4 при этом время сварки 10 мин, и температура 950°C .

Литература:

1. Дж. Кристиан. Теория превращений в металлах и сплавах. Часть 1. Термодинамика и общая кинетическая теория — М.: «Мир», 1978.
2. К. Дж. Смитлз. Металлы. Справочник. — М.: «Металлургия», 1980.

Сравнительная оценка применения очистных комбайнов в метаноопасных лавах

Сапрыкина Татьяна Владимировна, преподаватель
Кемеровский горнотехнический техникум

Основной причиной взрывов метана в очистных забоях является несоответствие между объемом выделяемого метана при добыче угля и вентиляционными возможностями разжижения газа до допустимых норм.

Согласно расчетам [1] предельно допустимая производительность комбайнов по газовому фактору на сверхкатегорных шахтах не должна превышать 2500 т/сут. Однако в 2014 году среднесуточная нагрузка на комплексно-механизированный забой (КМЗ) составила 4267 т/сут. [2]. Применяемые методы дегазации разрабатываемого пласта оказываются очень затратными и малоэффективными. Комбайновая выемка угля создает проблемы не только по газовыделениям, но и по образованию угольной пыли в атмосфере лавы. Так, при норме ПДК по угольной пыли 10 мг/куб.м воздуха согласно Правилам безопасности (ПБ), при работе зарубежных угледобывающих комбайнов превышение нормы ПДК происходит во много раз. В лаве, когда воздушная струя проходит через комбайн, невозможно смотреть навстречу воздушной струе. Угольной пыли так много, что лицо полностью забивается ею, нет возможности ни смотреть, ни дышать. Угледобывающие комбайны, создающие такую запыленность, не должны применяться.

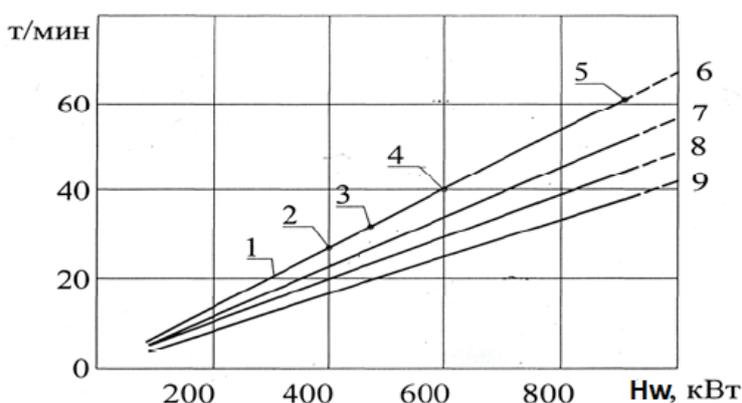
Существование ограничения по рабочей скорости подачи угледобывающих комбайнов всегда учитывалось в руководящих документах угольной промышленности.

Однако в настоящее время очистные забои в России (даже на сверхкатегорных шахтах по газу) оснащены комбайнами, в которых рабочая скорость подачи составляет 15–30 м/мин.

Согласно регламентированному руководству [3] для расчета максимальной нагрузки на очистную выработку в действующих шахтах необходимо знать суточную добычу угля, среднее метановыделение и максимальный расход воздуха, который можно подать в выработку по условиям вентиляции.

Опыт работы шахт и проведенные нами исследования показывают, что средние величины суточной добычи угля и метановыделения не характеризуют степень газоопасности шахт при добыче угля высокопроизводительными комбайнами, т.к. газовая ситуация при этом изменяется от допустимой до предельной в течение нескольких минут. Поэтому возникает необходимость перехода от статического к динамическому принципу оценки газоопасности современных очистных забоев с учетом нестационарности добычи угля и выделения метана.

Анализ показывает, что в настоящее время в угольной отрасли используется около 50 отечественных и зарубежных типов механизированных крепей, при которых применяется около 30 видов добычных комбайнов. Несмотря на такое многообразие добычной техники, принципы расчета ее возможностей по добыче угля остаются одинаковыми.



В этой связи газоопасность забоев необходимо оценивать по интенсивности добычи угля, определяемой техническими возможностями добычной техники и с учетом газового фактора.

Теоретически возможная интенсивность добычи угля комбайном, в зависимости от мощности электродвигателей комбайна и удельных энергозатрат на разрушение, рассчитывается по формуле [4, с.49]:

$$Q_t = \frac{N_{уст}}{60 \cdot H_w}, \text{ т/ч}; \quad (1)$$

где Q_t – теоретически возможная производительность комбайна, т/мин;

$N_{уст}$ – устойчивая мощность электродвигателей комбайна, кВт;

H_w – удельные энергозатраты на выемку полезного ископаемого, кВт · ч/т.

Исследования показывают, что энергия разрушения тонны угля при коэффициенте его сопротивления разрушению изменяется от 0,25 до 1,2 кВт·ч/т (см. рисунок).

Поскольку разрушенный уголь в лаве требует погрузки на конвейер, то суммарная величина энергии разрушения и погрузки увеличивается до 0,4. Общая величина разрушения, транспортировки и доставки угля составляет по шахте 0,4 и более.

Для шахт Кузбасса величина энергии разрушения и погрузки угля на конвейер в среднем равна 0,25–0,4. При сверхмощных зарубежных комбайнах типа «Джой 4LS.9»,

«Джой 4LS.8», энергия разрушения и погрузки угля превышает указанные пределы в несколько раз.

По формуле (1) рассчитана технически возможная добыча угля некоторыми современными добычными комбайнами. Итоги расчетов зависимости интенсивности от удельной энергии разрушения добычи угля сведены в таблицу, где видно, что фактическая интенсивность добычи угля ниже теоретической в 5–10 раз и более, что свидетельствует об имеющихся больших технических резервах увеличения добычи угля в очистных забоях, сдерживаемых газовым фактором.

Мощность комбайна, кВт	Типы выемочных комбайнов	Интенсивность добычи угля, т/мин		
		техническая, при $H_w = 0,25$ кВт·ч/т	расчетная, при $K_m = 0,15$	фактическая
300	1ГШ-68	20,0	3,0	2,9
320	2ГШ-68Б	21,3	3,1	2,7
400	KGS-460	26,7	4,0	3,2
450	КШЭ	30,0	4,5	2,4
500	ГШ-500	33,3	4,9	2,1
560	КСП	37,3	5,5	5,2
630	К-700	42,0	6,3	5,2
900	4LS	60	9,0	10,0

При высокой газоносности угольных пластов комбайн не может работать непрерывно длительное время, т.к. происходит отключение электроэнергии ввиду превышения концентрации метана. Поэтому коэффициент машинного времени в газообильных очистных забоях весьма низок и составляет обычно $K_m = 0,15–0,25$. С учетом (1) интенсивность добычи по газовому фактору связывается с теоретически возможной интенсивностью зависимостью [4]:

$$a_p = Q_m K_m, \quad (2)$$

где a_p – расчетная интенсивность добычи угля по газу, т/мин;

K_m – коэффициент машинного времени.

По формуле (2) рассчитана интенсивность добычи угля в очистных забоях по газовому фактору при минимальном коэффициенте машинного времени $K_m = 0,15$ и коэффициенте удельной энергии разрушения угля $H_w = 0,25$ (см. таблицу). Из таблицы видно, что фактическая добыча угля отличается от рассчитанной по формуле (2) в среднем на 22%, о чем свидетельствуют показатели работы выемочных комбайнов на высокогазопасных шахтах Ленинск-Кузнецкого района Кузбасса с заданными условиями. Определено, что максимальная фактическая интенсивность добычи угля на шахтах данного района находится в пределах от 0,5 до 7,14 т/мин., т.е. отличается более чем в 12 раз при среднем значении 3,75 т/мин. Средняя теоретическая интенсивность добычи угля комбайнами в районе составляет 30 т/мин, отличие ее от среднего значения достигает восьми раз.

Установлено соответственно, что величины коэффициентов машинного времени в очистных забоях, в за-

висимости от их газообильности находятся в пределах 0,15–0,45. При существующей энергии разрушения увеличение мощности очистного комбайна с 300 до 900 кВт приведет к увеличению интенсивности добычи угля с 20 до 60 т/мин, т.е. в три раза. Во сколько же раз можно увеличить нагрузку на очистной забой с применением дегазации угольных пластов и увеличением за счет этого коэффициента машинного времени. Таким образом, количественно оценены два основных пути повышения эффективности работы газоопасных очистных забоев, которые требуют; увеличения удельной энергии разрушения угля и повышения коэффициента машинного времени за счет предотвращения простоев из-за газового фактора.

Заключение

1. Используемая на современном этапе оценка метаоопасности высокопроизводительных очистных забоев угольных шахт, свидетельствует о наличии противоречий между возможностями добычной техники и ограничивающим ее газовым фактором.

2. Фактическая интенсивность добычи угля в очистных забоях может быть повышена в три раза и более за счет увеличения энергии разрушения и во столько же раз, за счет увеличения коэффициента машинного времени.

Проведенные исследования позволяют внести коррективы в методику определения допустимой нагрузки на очистной забой и создать более безопасные условия работ в шахтах.

Литература:

1. Ермолаев, А. М., Егоров П. В., Ермолаев А. А. Определение предельной нагрузки на очистной забой по газовому фактору на сверхкатегорных шахтах//Уголь.2006.№ 11.С.6–7.
2. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2014 г.// Уголь.2015.№ 3.С.56–71
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. — Макеевка—Донбасс: МакНИИ, 1989. — С.319.
4. Хорешок, А. А. Горные машины и оборудование: метод. указания по выполнению курсового проекта и дипломного проекта/ А. А. Хорешок, Ю. А. Антонов, с. А. Л. Ф. Кожухов, А. М. Цехин; КузГТУ. — Кемерово, 2012. — 170с.
5. Широколов, Г. В. Оценка геомеханического состояния подготовительных выработок // Вестник Кузбасского государственного технического университета № 6/2010 с.20–25

8. СТРОИТЕЛЬСТВО

Основы оценки эффективности инвестиций в энергосберегающие технологии в строительстве

Иванова Светлана Сергеевна, старший преподаватель;

Морозов Роман Владимирович, магистрант;

Павинев Илья Александрович, магистрант

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

Статья посвящена экономическим аспектам оценки инвестиций и рисков применения энергосберегающих технологий при строительстве зданий. Описаны основные критерии оценки, методика оценки по данным критериям, выделены основные формулы для расчета экономической оценки, даны рекомендации по развитию методики расчетов по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие технологии.

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, оценка инвестиций, оценка рисков, оценка экономической эффективности энергосберегающих технологий

Внедрение энергосберегающих технологий предполагает достоверную оценку экономической эффективности соответствующих инвестиций, в частности — при строительстве энергосберегающих зданий.

Для определения наиболее экономически эффективного варианта энергосберегающих мероприятий необходимо сравнить несколько различных вариантов инвестиционных проектов с точки зрения их экономической целесообразности. Экономическая эффективность энергосберегающих технологий характеризуется системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов варианта проекта применительно к интересам его участников [1,3].

Инвестиционные проекты следует оценивать с позиции пользы для страны, региона, муниципального образования, конкретного поселения, организаций, отдельных участников проекта и т.д.

Для проведения оценки рассматривают следующие показатели экономической эффективности:

— показатели коммерческой (финансовой) эффективности, учитывающие финансовые последствия реализации инвестиционного проекта для его непосредственных участников;

— показатели экономической эффективности, учитывающие связанные с проектом затраты и результаты, выходящие за пределы прямых финансовых интересов его участников и допускающие стоимостное измерение.

Для крупномасштабных проектов (существенно затрагивающих интересы города, региона или всей России) следует обязательно оценивать экономическую эффективность. Оценка эффективности инвестиционного проекта проводится в два этапа, отображенных на рис. 1.

На первом этапе определяют показатели экономической эффективности инвестиционного проекта в целом. Целью работы на этом этапе является агрегированная экономическая оценка проектных решений и создание необходимых условий для поиска инвесторов.

В первую очередь оценивают общественную эффективность инвестиционного проекта — его адекватность требованиям общества (обязательствам, вытекающим из законов, инструкций, правил, кодексов, уставов, а также из соображений обеспечения защиты окружающей среды, здоровья и безопасности общества, надежности производства, сохранения энергии и естественных ресурсов). При неудовлетворительной оценке общественной эффективности такие проекты не рекомендуют к реализации и они не могут претендовать на бюджетную поддержку любого уровня. Если же общественная эффективность оказывается положительной, оценивают их коммерческую эффективность. При недостаточной коммерческой эффективности инвестиционного проекта рекомендуется рассмотреть возможность применения различных форм его поддержки, которые позволили бы повысить коммерческую эффективность инвестиционного проекта до приемлемого уровня. Если источники и условия финансирования известны заранее, оценку коммерческой эффективности инвестиционного проекта можно не производить.

Второй этап оценки осуществляют после обоснования схемы финансирования. На этом этапе уточняют состав участников и определяют финансовую реализуемость и эффективность участия в проекте каждого из них, региональную и территориальную эффективность, эффективность участия в проекте отдельных предприятий и акционеров, бюджетную эффективность и пр. Для



Рис. 1. Схема оценки эффективности инвестиционного проекта

участников-кредиторов эффективность определяют процентом за кредит. [2].

Оценка экономической эффективности инвестиций в энергосбережение производится для сравнения различных вариантов энергосберегающих мероприятий и выбора наиболее эффективного варианта решений [4].

Дополнительные инвестиции в энергосбережение ДК приводят к ежегодному среднему дополнительному доходу ДЭ за счет экономии энергоресурсов в течение всего срока Тсл эксплуатации в зданиях энергосберегающих мероприятий. Сравнение различных вариантов энергосберегающих мероприятий производится на основе расчетов и сопоставления сроков окупаемости инвестиций в эти мероприятия, а также следующих дополнительных показателей эффективности инвестиций:

– чистый доход за счет экономии энергоресурсов за весь срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий;

– индекс доходности инвестиций в энергосберегающие мероприятия, обеспечивающих указанный доход.

Перечисленные выше показатели могут рассчитываться в двух вариантах:

- при дисконтировании поступающих доходов за срок службы инвестиционного оборудования;
- при наращении (капитализации) указанных доходов.

Срок окупаемости инвестиций в проектирование зданий повышенного уровня энергосбережения с учетом дисконтирования поступающих доходов за счет экономии энергоресурсов T_d , лет, определяется по формуле:

$$T_d = -\ln [1 - rT_0] / \ln (1 + r), \quad (1)$$

где r — расчетная норма дисконта, %; норму дисконта рекомендуется принимать равной 10–12% (0,10–0,12);

T_0 — бездисконтный срок окупаемости инвестиций, лет

Бездисконтный срок окупаемости инвестиций T_0 , лет, определяется по формуле:

$$T_0 = DK / DЭ, \quad (2)$$

где DK — инвестиции в проектирование повышенного уровня энергосбережения зданий, руб.;

$DЭ$ — ежегодный средний дополнительный доход за счет экономии энергоресурсов в течение всего срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий, руб./год.

Срок окупаемости инвестиций в проектирование повышенного уровня энергосбережения зданий с учетом наращивания (капитализации) поступающих доходов за счет экономии энергоресурсов $T_{нр}$, лет, определяется по формуле:

$$T_{нр} = \ln [1 + rT_0] / \ln (1 + r), \quad (3)$$

где r , T_0 — то же, что и в формуле (2)

Чистый дисконтированный доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий $ЧДД$, руб., определяется по формуле:

$$ЧДД = DЭд - DK, \quad (4)$$

где $DЭд$ — полный дисконтированный доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий, руб.;

DK — то же, что и в формуле (2).

Чистый доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий при наращивании (капитализации) поступающих доходов $ЧНД$, руб., определяется по формуле:

$$ЧНД = DЭ_{нр} - DK, \quad (5)$$

где $DЭ_{нр}$ — полный доход за счет экономии энергоресурсов за все время эксплуатации энергосберегающих мероприятий при наращивании (капитализации) поступающих доходов, руб.

DK — то же, что и в формуле (2).

Полный дисконтированный доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий $DЭд$, руб., определяется по формуле:

$$DЭд = DЭ [1 - (1 + r)^{-T_{сл}}] / r, \quad (6)$$

где $DЭ$, r — то же, что и в формулах (2);

$T_{сл}$ — срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий, лет, определяется по нормативным показателям или по данным фирм-производителей.

Полный доход за счет экономии энергоресурсов за все время эксплуатации энергосберегающих мероприятий при наращивании (капитализации) поступающих доходов $DЭ_{нр}$, руб., определяется по формуле:

$$DЭ_{нр} = DЭ [(1 + r)^{T_{сл}} - 1] / r, \quad (7)$$

где $DЭ$, r , $T_{сл}$ — то же, что и в формуле (6).

Индекс доходности инвестиций при условии дисконтирования всех поступающих доходов $ИДд$ в течение срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий определяется по формуле:

$$ИДд = DЭд / DK, \quad (8)$$

где $DЭд$ — то же, что и в формуле (6);

DK — то же, что и в формуле (2).

Индекс доходности инвестиций при условии наращивания (капитализации) всех поступающих доходов $ИД_{нр}$ в течение срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий определяется по формуле:

$$ИД_{нр} = DЭ_{нр} / DK, \quad (9)$$

где $DЭ_{нр}$ — то же, что и в формуле (7);

DK — то же, что и в формуле (2).

Заключение

Дальнейшее развитие методики расчетов по оценке экономической эффективности инвестиций в теплоэнергоснабжение и энергосбережение зданий должно учитывать следующие принципиально важные факторы [5]:

- рассмотрение энергетических ресурсов как стратегического сырья;
- представление о том, что главным мотивом энергосбережения должна быть защита интересов будущих поколений, сохранение традиционных источников энергии, но уже как сырья для химической и медицинской промышленности;
- необходимость сохранения качества окружающей естественной природной среды и ее улучшения;
- стимулирование применения возобновляемых нетрадиционных источников энергии — солнечной энергии, тепла верхних слоев Земли, энергии ветра и т.д.;
- повышение потребительских качеств здания путем применения энергосберегающих технологий, одновременно способствующих улучшению качества микроклимата помещений.

Литература:

1. Табунщиков, Ю. А. Потребительские качества здания // АВОК. 2004. № 4.
2. Бродач, М. М. Повышение тепловой эффективности зданий оптимизационными методами: Диссертация канд. техн. наук. М., 1988.
3. Дмитриев А. Н., Табунщиков Ю. А., Ковалев И. Н., Шилкин Н. В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005.
4. Р НП «АВОК» 5—2006. Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжению. Общие положения. М., 2006.
5. Грахов, В. П., статья «Инвестиционно-строительный комплекс города Ижевска: итоги и перспективы», журнал экономическое возрождение России № 2 (12)», 2007 г. стр.43

Определение социального эффекта от реконструкции общественных зданий

Манохин Павел Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;

Шишкина Светлана Леонидовна, магистрант

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

Реконструкция общественных зданий представляет собой изменение не только конструктивного плана, но и некоторые социальные изменения. Реконструкция объектов здравоохранения позволяет улучшить здоровье населения, повысить рождаемость. Часто, при реконструкции объектов, решается проблема безработицы. Все это так или иначе отражается на социальном фоне и на удовлетворенности населения.

Различают прямой и косвенный социальный эффект. Прямой эффект наблюдается сразу же после воплощения проекта реконструкции, либо же в процессе его реализации. Косвенный эффект может быть замечен с течением какого-то промежутка времени.

Представленная система показателей социальной эффективности поможет дать наиболее полную характеристику понятия социального эффекта. Система уточняет многоаспектность данного понятия и помогает раскрывать его сущность.

Ключевые слова: социальный эффект, реконструкция, инвестиционный проект, система показателей.

Реконструкция общественных зданий, как класса социально важных объектов, проводится, как правило, без изменения функциональной принадлежности объекта. Основная задача реконструкции в таких случаях является — улучшение качества предоставляемых услуг и улучшение качества жизни населения.

В целом показателями социального эффекта, достигаемого в результате реализации регионального инвестиционного проекта, направленного на повышение уровня обеспеченности муниципального образования, объектами социальной и инженерной инфраструктуры, являются:

- повышение уровня занятости населения в трудоспособном возрасте;
- повышение уровня обеспеченности населения благоустроенным жильем;
- улучшение состояния окружающей среды;
- повышение доступности и качества услуг населению в сфере транспорта, здравоохранения, образования, физической культуры и спорта, культуры, жилищно-коммунального хозяйства [1].

Социальная эффективность от реконструкции общественных зданий понимается как положительное последствие от реализации инвестиционного проекта для населения, которое выражается в улучшении качества жизни при увеличении объема или предложения качественно новых услуг, повышения доступности, своевременности и регулярности их предоставления.

Оценка социальной эффективности проводится с помощью системы показателей социальной эффективности инвестиционного проекта. В зависимости от реконструируемого объекта, в зависимости от поставленной цели, показатели могут быть различными. Вследствие чего, может быть выявлен специфический показатель социального эффекта. Некоторые показатели могут быть точно измерены и рассчитаны, в других случаях используют экспертные заключения или проводят качественную оценку.

Принято различать прямой и косвенный социальный эффект. Под прямым понимается эффект, непосредственно связанный с реализацией инвестиционного проекта — строительством (реконструкцией, модернизацией) проектируемых объектов и их последующей эксплуатацией. Косвенный эффект возникает вследствие налоговых поступлений, дополнительных инвестиций, развития производства, инициированных реализацией проекта [2].

Показатели общественной эффективности могут учитывать результаты реализации инвестиционного проекта для общества, в том числе как непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты [3, с.2]. Примерные показатели, используемые для оценки социальной эффективности проектов, представлены в таблице 1.

Изменение уровня жизни населения представляет собой рост доходов населения, рост платежеспособного спроса, или же наоборот их уменьшение. Как правило, это связано с изменением количества рабочих мест на реконструируемых объектах.

Изменение уровня занятости населения — важнейший показатель, так как по занятости населения можно судить об уровне безработицы и об уровне платежеспособного населения.

Улучшение качества предоставляемых услуг и изменение цены на услуги являются прямыми показателями инвестиционного проекта, по которым можно судить о необходимости его реализации.

Изменение условий труда, а в частности их улучшение, оценивается улучшением здоровья персонала, уменьшением случаев общей и профессиональной заболеваемости, травматизма.

Транспортная доступность ведет к прямому положительному экономическому эффекту, так как снижаются финансовые и временные затраты населения, что в какой-то мере повышает уровень жизни населения.

Таблица 1

Показатели социальной эффективности проектов

Показатели, определяющие влияние инвестиционного проекта на жизнь населения	
Непосредственное изменение уровня жизни населения	Рассчитывается эффект от роста оплаты труда
Изменение уровня занятости населения	Определяется процент безработных до и после реализации проекта, либо определяется количество работников, задействованных в процессе реализации проекта
Изменение качества предоставляемых услуг	Дается экспертная оценка.
Изменение цены на услуги (по сравнению с ценами до реконструкции, по сравнению с ценами конкурентов)	Дается характеристика изменения цены за услуги, определяется эффект от изменения цены
Изменение условий труда	Дается экспертная оценка.
Изменение транспортной доступности	Рассчитывается социальный эффект от изменения транспортной доступности (экономический эффект)
Показатели, охватывающие социальную направленность инвестиционного проекта	
Целевая аудитория	Дается экспертная оценка
Охват населения	Дается экспертная оценка
Изменение уровня обеспеченности услугами	В зависимости от сферы применения может быть рассчитан социальный эффект
Изменение объема предоставляемых услуг	В зависимости от сферы применения может быть рассчитан социальный эффект
Отраслевая принадлежность	Дается экспертная оценка
Приоритетность проекта в стратегии социально-экономического развития Муниципального Образования	Дается экспертная оценка
Изменение образовательного и квалификационного уровня персонала	Дается экспертная оценка
Изменение социальной напряженности в обществе (социальной стабильности)	Дается экспертная оценка
Развитие социальной сферы	В зависимости от сферы применения может быть рассчитан социальный эффект
Показатели, финансовой обеспеченности инвестиционного проекта	
Реализация принципов софинансирования	Дается экспертная оценка
Период ввода в эксплуатацию объектов основных средств	Дается экспертная оценка
Период реализации проекта	Дается экспертная оценка
Налоговые поступления от реализации проекта	Дается экспертная оценка
Специфические показатели	
Изменение демографической ситуации	Рассчитываются с применением статистических данных.
Изменение экологической ситуации	Рассчитываются проектные данные и сравниваются с допустимыми показателями.
Оптимизация миграционных потоков	Рассчитывается потребность в рабочей силе.

Показатели целевой аудитории и охвата населения помогают определить социальную направленность инвестиционного проекта. Без этих показателей нет возможности рассчитать многие другие социально и экономически важные показатели.

Изменение уровня обеспеченности услугами — показатель, который дает оценку соответствия спросу и предложению на услуги.

Изменение объема предоставляемых услуг показывает на сколько изменилось предложение услуг до реконструкции объекта и после.

Показатель отраслевой принадлежности необходим для определения целевой аудитории, а также для определения влияния данной отрасли на другие сферы жизни населения.

Приоритетность проекта — еще один показатель, который может прямо говорить о необходимости реализации данного инвестиционного проекта в тот или иной период времени.

Повышение образовательного и квалификационного уровня персонала — в последнее время является основной задачей нашего государства. При реконструкции общественного здания, часто пересматривается вся внутренняя политика учреждения, что и ведет к изменению числа работников и к изменениям требований к ним.

В зависимости от объекта реконструкции, от охватываемой аудитории, возможны серьезные изменения социальной стабильности. Необходимо учитывать ситуацию до принятия проекта и то, к каким последствиям может привести осуществление того или иного проекта.

Показатель развития социальной сферы не может быть измерен, его можно только оценить экспертным методом. Следует говорить о достаточном, либо недостаточном развитии данной сферы, то есть о наличии, в соответствии с законодательством, необходимого количества учреждений здравоохранения, образовательных учреждений, учреждений культурно-развлекательного характера и других.

Показатели финансовой обеспеченности инвестиционного проекта дают понять на сколько проект финансово обоснован. По данным показателям можно судить о том как проект будет осуществляться, в какие сроки, на сколько результат будет обоснован.

Показатель, характеризующий налоговые поступления от реализации проекта, от его дальнейшего развития, позволяет оценить позволят ли дополнительные средства в бюджете увеличить финансирование в сфере образования, здравоохранения, социальной политики. Все это отражается на качестве жизни населения, на зарплате работников бюджетных учреждений и на качестве предоставляемых услуг социальной сферы.

Специфические показатели характеризуют какую-либо сферу в отдельности. К примеру, реконструкция и модернизация учреждений здравоохранения влияет на демографическую ситуацию как отдельного района, так и города в целом.

Показатель изменения экологической ситуации при проведении реконструкции общественных зданий явля-

ется важнейшим показателем. Сегодня вопрос об экологии стоит очень остро. Необходимо учитывать малейшие воздействия на окружающую среду, так как экологические показатели влияют на здоровье населения. При улучшении экологических показателей, будут улучшаться показатели качества жизни населения, увеличиваться продолжительность жизни и уменьшаться заболеваемость.

Показатель миграционного потока необходим в сложных ситуациях, когда существует проблема оттока населения по экономическим, социальным либо другим причинам. Бывают ситуации, когда требуется привлечение рабочей силы из других регионов (с более высокой квалификацией, либо из-за недостатка собственной рабочей силы) для осуществления инвестиционного проекта.

На основании показателей, приведенных в таблице, проводится оценка социальной эффективности проектов, по результатам которой далее делается вывод о целесообразности реализации проектов.

Достигнутый социальный эффект ведет к повышению экономического эффекта. В первую очередь улучшение условий труда и увеличение объема предоставляемых качественных услуг по приемлемой цене, ведет к росту платежеспособного населения, улучшению условий жизни, улучшению состояния здоровья населения и общей благоприятной социальной атмосфере.

Литература:

1. Об утверждении методики расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов / Приказ Минрегиона РФ от 31 июля 2008 г. № 117 (зарегистрировано в Минюсте РФ 5 августа 2008 г. № 12067) // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 18 августа 2008 г. № 33.
2. Е. Н. Синдяшкина Вопросы оценки видов социального эффекта при реализации инвестиционных проектов [Электронный ресурс] // Экономический портал. — Режим доступа: <http://institutiones.com/investments/1718-investicionnye-proekty.html> (Дата обращения: 27.03.2016).
3. Петренко, Л. К., Побегайлов О. А., Петренко С. Е. Организация работ и управление реконструкцией [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Наукovedение», 2013. — № 3. — Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/13trgsu313.pdf> (доступ свободный).

9. ТРАНСПОРТ

Повышение эффективности электрифицированного железнодорожного транспорта путём использования системы постоянного тока повышенного напряжения и накопителей энергии

Кондрашов Илья Александрович, студент
Ростовский государственный университет путей сообщения

Человечество по своей природе на протяжении всего исторического процесса развивается и занимается совершенствованием окружающего мира, окружающих предметов и процессов. Иными словами, человек пытается добиться решений разного рода задач наиболее эффективными способами. Под эффективностью здесь и далее понимается продуктивность использования ресурсов в достижении какой-либо цели, а также получение определённого результата с минимально возможными издержками при максимально возможном объеме выхода продукции или работы.

Железнодорожный (ж/д) транспорт так же, как и многое, созданное человеком, имеет историческую периодизацию, поскольку неизбежно претерпевал изменения, ориентируясь на технический прогресс. Изначально использовалась мускульная тяга человека или крупного рогатого скота для «железнодорожных» вагонок в рудниках. Затем использовалась паровая тяга, обеспечивающая нужные мобильность и автономность. Позже было предложено использовать жидкое топливо, которое, как и прежде, сжигалось, но уже в тепловозах. Тем не менее, тепловозная тяга, использующаяся по сегодняшний день и имеющая ряд недостатков, перестала удовлетворять часть современных потребностей человека, поэтому для повышения эффективности большого количества параметров было предложено электрифицировать железную дорогу. То есть использовать для тяги электрическую энергию — наиболее гибкий, удобный, быстро и легко транспортируемый вид энергии, способный довольно просто и с высоким коэффициентом полезного действия (КПД) преобразовываться в любой другой вид энергии.

Изначально, в соответствии с уровнем технического прогресса того времени, электрификация проводилась на постоянном токе «низкого» напряжения (1,5 кВ, 3,3 кВ), так как на локомотиве были установлены двигатели именно постоянного тока, электрические (технические) характеристики которых не допускали подачу питающего напряжения большего, чем 1,5 кВ. Электрическая энергия доставляется к электроподвижному составу (ЭПС) посредством контактной сети (КС), контактная подвеска ко-

торой выполнена толстыми медными проводами, зачастую двойными. Такая расточительность вызвана тем, что передача необходимой мощности «низким» напряжением сопровождается протеканием в КС больших токов (порядка 1000 А), поэтому сечение проводов увеличивают для снижения активных потерь. Для подачи электроэнергии в КС используются тяговые подстанции (ТП) постоянного тока, которые понижают напряжение, приходящее из энергосистемы, выпрямляют его и подают в КС.

Однако, в конце 1920-х годов в СССР специалисты пришли к выводу, что оптимальным вариантом является электрификация на постоянном или переменном (50 Гц) токе напряжением 20 кВ. В конечном счете, предпочтение было отдано системе переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 27,5 кВ. Такое решение обусловлено тем, что техническое развитие тех лет не позволяло получить высокое постоянное напряжение, а потом преобразовать его в 3,3 кВ внутри локомотива.

Современный уровень технического прогресса позволяет устанавливать на ЭПС переменного тока асинхронный электродвигатель, который получает питание от импульсно-частотного преобразователя, способного преобразовать однофазное напряжение, полученное из КС, в трёхфазное напряжение с регулируемой частотой и амплитудой. Вместе с тем, нынешний уровень развития электроники позволяет осуществить ранее невозможное — проведение электрификации по системе постоянного тока высокого напряжения.

Петр Леонидович Капица утверждал: «Вы думаете, энергия распространяется по проводам? Напротив, в них она только теряется!». Известно, что протекание тока по проводам сопровождается потерями энергии и, как следствие, уменьшением напряжения на нагрузке (пантограф локомотива). Для увеличения эффективности системы электроснабжения необходимо свести эти потери к минимуму. Из курса теоретических основ электротехники известно, что помимо активных потерь, присутствующих обоим родам тока, переменному току оказывается ещё и реактивное (индуктивное и ёмкостное) сопротивление. Очевидно, что при передаче одной и той же мощности одним и тем же уровнем напряжения, потери

энергии на переменном токе будут больше, чем на постоянном. Это первый аргумент в пользу использования постоянного тока. Более того, из вышесказанного следует, что, при равенстве уровней тока и напряжения на ТП системы переменного тока (СПЕТ) и системы постоянного тока (СПОТ), использование СПОТ позволяет подводить к ЭПС бóльшую мощность.

Следует также отметить, что активное сопротивление проводников в цепи переменного тока всегда больше их сопротивления в цепи постоянного тока из-за, так называемого, явления поверхностного эффекта (скин-эффекта), суть которого заключается в том, что переменный ток протекает по сечению проводника не равномерно, а вытесняется к поверхности [1]. Это приводит к тому, что сечение проводника используется не полностью, то есть «полезное» сечение проводника уменьшается, что приводит к увеличению активного сопротивления. Это увеличение тем больше, чем больше частота протекающего тока. Влияние скин-эффекта на провода КС практически незначительно. Однако не стоит забывать о том, что в качестве обратного провода используется стальная, а значит ферромагнитная, рельсовая цепь, обладающая гораздо большей, по сравнению с контактной подвеской, площадью поперечного сечения и большей абсолютной магнитной проницаемостью, зависящей от протекающего по нему тока. Известно, что при переменном токе значение активного сопротивления рельсовой цепи в 5–10 раз превышает значение активного сопротивления при постоянном токе, а это уже необходимо учитывать [3]. Как бы то ни было, СПОТ лишена проблемы увеличения потерь, вызываемых скин-эффектом в КС и рельсах, поскольку значение частоты постоянного тока равно нулю.

К минусам использования СПОТ справедливо причисляют электрохимическую коррозию подземных сооружений. Влияние этой проблемы может быть уменьшено несколькими способами (с идеале используемыми совместно), среди которых:

1) использование станций катодной защиты [4];

2) уменьшение токов, потребляемых ЭПС и, соответственно, протекающих в земле.

Первый способ широко известен и довольно давно применяется. А вот снижение токов может быть достигнуто практически только за счёт увеличения питающего напряжения, так как для передачи некоторой мощности высоким напряжением необходимы сравнительно небольшие токи.

Именно в силу всех указанных выше причин предлагается использовать СПОТ с питающим напряжением не менее 25 кВ. Ведь при увеличении напряжения в 7,5 раз (по отношению к существующим 3,3 кВ) происходит уменьшения тока в те же 7,5 раз. Потери в проводниках по закону Джоуля-Ленца пропорциональны квадрату тока, значит при уменьшении тока в 7,5 раз, потери уменьшаются в 56,25 раза.

Уровень питающего напряжения не менее 25 кВ был выбран из следующих соображений:

1) при уменьшении тока до уровней, соизмеримых с существующими в СПЕТ-27,5, пропадает необходимость в использовании двух или более контактных проводов;

2) действие электрохимической коррозии подземных сооружений зависит от значения протекающего тока, поэтому при уменьшении тока уменьшается разрушающее воздействие коррозии;

3) при увеличении напряжения СПОТ до 25 кВ и, соответственно, уменьшении токов, можно будет использовать более или менее известные технические решения по выбору оборудования ТП, характеристик контактной подвески (типа, сечения и др.), изоляторов и т.д.

4) Снижение потерь приводит к возможности увеличения расстояния между ТП, а значит к уменьшению количества ТП.

Важно рассмотреть тему электромагнитной совместимости. Здесь, несомненно, предпочтение отдаётся СПОТ, поскольку постоянный ток и постоянное напряжение не создают неблагоприятных переменных электромагнитных полей. Чего нельзя сказать о СПЕТ, создающей опасные и мешающие электромагнитные влияния.

Вместе с тем, постоянное напряжение в СПОТ получено на ТП выпрямлением переменного трёхфазного напряжения, поэтому является пульсирующим и состоит из постоянной и переменной составляющих. Довольно распространены на железной дороге трёхфазные шестипульсовые выпрямительные агрегаты, использующие мостовую схему Ларионова или схему «две вторичные обмотки с уравнительным реактором» [5].

Переменная составляющая создаёт мешающие влияния на смежные линии связи и может быть аналитически представлена как сумма синусоидальных переменных напряжений с частотами, кратными частоте пульсации [6]. Тем не менее, с мешающими магнитными влияниями в СПОТ можно бороться следующими методами (в идеале применяемыми совместно):

1) использованием выпрямительных (выпрямительно-инверторных) агрегатов с меньшими коэффициентами волнистости, по сравнению с шестипульсовыми схемами, то есть применением 12- и 24-пульсовых схем выпрямления;

2) применением сглаживающих фильтров (СФ).

Коэффициент полной волнистости (КПВ) кривой выпрямленного напряжения $k_{об}$ характеризует его качество. Чем меньше переменная составляющая, тем меньше КПВ, и тем качественней выпрямленное напряжение. КПВ для 6-пульсовых схем $k_{об6} = 0,042$, 12-пульсовых $k_{об12} = 0,01$ и 24-пульсовых $k_{об24} = 0,003$ [6].

Очевидно, что более эффективным будет применение 12- и 24-пульсовых схем, которые повышают качество выпрямленного напряжения, снижают потери реактивной мощности, улучшают внешнюю характеристику. Однако практическое использование любой схемы выпрямления приводит к необходимости дальнейшего снижения пульсаций, вызванных, например, несимметричным режимом

работы. Для этого используются различные сглаживающие фильтры (СФ) [6]. Достоинством использования 12- и 24-пульсовых схем является применение довольно простых однозвенных апериодических СФ. Стоит также добавить, что коэффициент полезного действия (КПД) многих современных преобразователей достигает 97–99%.

Применение СПОТ высокого напряжения подразумевает использование соответствующих релейных защит и коммутационных аппаратов.

Релейная защита (РЗ), естественно, претерпит изменения. Во-первых, изменятся значения уставок различных видов защит. Во-вторых, для повышения эффективности необходимо устанавливать и использовать РЗ, построенную на современной элементной базе — микропроцессорах (МП). Использование микропроцессорных информационно-управляющих систем (МИУС) в РЗ повышает её надёжность, быстродействие и чувствительность, а значит, и эффективность всей системы. Применение МП также расширяет функциональные возможности РЗ, а это, в свою очередь, позволяет создавать защиты нового поколения практически любой сложности [7].

Все защиты, установленные на ТП, должны быть объединены в единую информационно-вычислительную систему (ИВС) подстанции. При необходимости единые ИВС отдельных ТП могут быть объединены между собой в ещё большую ИВС.

Стоит напомнить о ещё одном отличии переменного и постоянного тока с точки зрения коммутации цепей, содержащих индуктивность. При размыкании такой цепи, возникает дуговой разряд, который является опасным из-за своего термического воздействия. Однако переменный ток имеет точку перехода кривой через нуль. Именно в такие моменты дуга на переменном токе может быть погашена высоковольтным выключателем (ВВ) относительно простым способом. На постоянном токе дело обстоит иначе — дуга зажигается и не может погаснуть самостоятельно, её необходимо принудительно гасить специальными методами. Причём, при гашении дуги на постоянном токе возникает коммутационное перенапряжение. В используемой СПОТ-3,3 величина перенапряжения может достигать четырёхкратного напряжения источника питания.

Современным выключателям, эксплуатируемым на ТП СПОТ-3,3, приходится коммутировать токи нормального режима порядка 2500–3500 А и токи аварийного режима порядка 20000 А. Однако в СПОТ-27,5 выключатели будут работать в более щадящем режиме, так как им придётся коммутировать токи нормального режима порядка 100–200 А, поэтому их конструкция может быть упрощена, но всё равно рассчитана на отключение больших токов аварийного режима. Необходимо будет спроектировать новые элегазовые или вакуумные ВВ постоянного тока на номинальное напряжение, например, 27,5 кВ, способные отключать токи нормального и аварийного режимов с оптимально подобранным временем гашения дуги (для уменьшения перенапряжения, но в то же время довольно быстрого гашения дуги).

После того, как качественное постоянное напряжение, например, уровнем 27,5 кВ получено на ТП и с наименьшими потерями посредством КС доставлено к локомотиву, возникает вопрос: а способен ли ЭПС принять и использовать это напряжение? Ведь для питания двигателей постоянного тока или асинхронных двигателей напряжение должно быть понижено.

В случае если на ЭПС установлены асинхронные электродвигатели, необходимо использовать импульсный преобразователь (ИП) с регулировкой частоты и амплитуды. Такого рода преобразователи способны преобразовывать постоянное напряжение в трёхфазное переменное напряжение с регулируемой частотой. Такие преобразователи уже нашли применение в промышленности и на железной дороге в СПЕТ-27,5, там, где используются асинхронные двигатели. Эти ИП могут питаться любым родом тока: переменным трёхфазным, переменным однофазным или постоянным, поскольку внутри преобразователя всё равно питающее напряжение выпрямляется и, при помощи различных полупроводниковых устройств, импульсно подаётся в нужные моменты на ту или иную фазу электродвигателя. Это может быть осуществимо двумя способами. Первый заключается в простой подаче импульсов, отстающих друг от друга на 120°, в нужные фазы. В этом случае мы получаем трёхфазную систему, но не синусоидальную, а импульсную. Второй, более сложный способ, заключается в создании кривой напряжения из набранных друг за другом импульсов разной амплитуды с последующим сглаживанием. Таким образом, получается кривая напряжения, похожая на синусоидальную кривую. ИП создаёт три такие квазисинусоидальные кривые напряжения, отстающие друг от друга на 120°, каждая из которых подаётся в нужную фазу асинхронного двигателя.

Если же на ЭПС размещены двигатели постоянного тока, необходимо просто понизить уровень напряжения и регулировать его в некоторых пределах. Это преобразование (понижение напряжения) может произвести ИП, работающий на полупроводниковых устройствах (в частности транзисторах, симисторах и диодах) и LC-элементах или работающий с промежуточным преобразованием на высокой частоте.

При любой конструкции и схеме электроподвижного состава должна быть предусмотрена его работа в рекуперативном режиме работы.

Как уже говорилось ранее, силовая электроника шагнула далеко вперёд за последние 20 лет, поэтому теперь создание и применение различных видов ИП становится возможным. Тем не менее, у ИП есть, по крайней мере, один существенный недостаток — импульсы различных частот вызывают неблагоприятные электромагнитные влияния, с которыми возможно и необходимо бороться применением, например, экранирующего обору́дования. Также необходимо заметить, что КПД промышленных ИП с регулированием частоты варьируется в пределах 90–95%.

Повышение эффективности достигается за счёт модернизации отдельных элементов системы, осуществляющих преобразование, транспортировку и потребление электрической энергии. Тем не менее, известно, что потребление электрической энергии происходит неравномерно, существуют промежутки времени, когда электрическая энергия не потребляется (провалы графика потребления) и когда наоборот, её потребление довольно велико (пики графика потребления). На некоторых участках сети железных дорог в периоды пропуска нескольких тяжёловесных поездов системе тягового электроснабжения недостаёт мощности, могут наблюдаться просадки напряжения КС, вплоть до его снятия. Повысить качество тягового электроснабжения железных дорог можно за счёт внедрения накопителей энергии (НЭ) или аккумуляторов. Подразумевается, что такой НЭ также позволит решить проблему рекуперации энергии с возвратом её (если это необходимо) в энергосистему, питающую тяговую подстанцию [8].

Существует несколько основных типов аккумуляторов, которые возможно использовать на электрифицированной железной дороге:

- 1) сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИН);
- 2) динамические (инерционные) аккумуляторы;
- 3) криогенные аккумулирующие станции.

Аккумулятор, установленный на ТП, должен выполнять следующие функции: стабилизировать напряжение, подающееся в КС; стабилизировать мощность, потребляемую из системы внешнего электроснабжения; обеспечивать аккумулирование электроэнергии, полученной от ЭПС при рекуперации.

Расчеты показали, что для выполнения всех заявленных функций на участках ж.д., где осуществляется пропуск тяжёловесных поездов, энергоёмкость НЭ для тяговой подстанции СПОТ-3,3 должна составлять 4–20 ГДж, для ТП СПЕТ-27,5–20–80 ГДж [8].

Некоторые предприятия и научно-исследовательские части работают над СПИН, представляющим собой сверхпроводящие магниты, в магнитном поле которых накапливается энергия. Энергоёмкость таких НЭ в перспективе может достигать 3600 МДж, максимальная мощность — 300 МВт, КПД зарядно-разрядного цикла достигает 96%. Для встраивания СПИН в существующие системы электроснабжения требуются технические решения в области силовых полупроводниковых преобразователей [8]. Однако следует отметить, что в настоящее время для работы СПИН требуются криогенные (весьма низкие) температуры и соответствующая система охлаждения (криостатирования). Поэтому полномасштабное использование СПИН затруднительно и энергозатратно с точки зрения получения и поддержания низких температур.

В динамических аккумуляторах элементом, запасующим энергию, является маховик, накапливающий в себе энергию инерции. Ранее в качестве маховика использовалось цельное тело, как правило, цилиндрической формы.

Однако в 1964 году советским учёным Нурбеем Владимировичем Гулиа был изобретён супермаховик (СМ), отличающийся от обычного маховика способностью запасать гораздо большие значения энергии за счёт изменённой конструкции — тело СМ не монолитное, а состоит из лент, такая конструкция значительно повышает его прочность. Профессор Н. В. Гулиа, работавший все эти годы над совершенствованием СМ, утверждает: «Супермаховик, навитый из углеволокна, может в 20–30 раз превзойти стальной по плотности энергии, а если использовать для его изготовления, например, алмазное волокно, то накопитель приобретёт фантастическую энергоёмкость — 15 МДж/кг» [9]. Конструкция самого устройства предполагает, что СМ вращается в вакууме, а его ось закреплена в магнитных подшипниках, именно тогда сопротивление при вращении оказывается минимальным. КПД зарядно-разрядного цикла динамических аккумуляторов определяется в основном только КПД устройств, посредством которых осуществляется заряд (двигатель) и разряд (генератор), и может достигать 96–98%. Связь между двигателем (генератором) и супермаховиком должна осуществляться через другое известное изобретение профессора Н. В. Гулиа — супервариатор (СВ) — бесступенчатую передачу, позволяющую плавно изменять передаточное отношение привода. Диапазон регулирования современных СВ достигает 15–22, средний КПД — 96%, максимальный КПД — 99%.

Тем не менее, существует ещё один довольно интересный и перспективный способ аккумулирования энергии — криогенная аккумулирующая станция (КАС). Принцип действия этого НЭ заключается в том, что в моменты, когда потребления энергии электроподвижным составом не происходит (провал графика потребления), КАС охлаждает воздух до температуры -196°C и закачивает получившуюся жидкую смесь кислорода и азота в специальные закрытые резервуары-термосы. Эти резервуары позволяют неделями при атмосферном давлении хранить смесь с минимальными потерями (менее 0,5% в сутки). В моменты, когда системе электроснабжения не хватает мощности, сжиженная смесь поступает на испаритель и, расширяясь более чем в 700 раз, раскручивает турбину [10]. КПД такой установки был относительно невысок — 70%. Однако в настоящее время ведётся работа над созданием оборудования, способного работать в условиях низких температур, поэтому КПД будущих КАС должен быть выше. Очевидным достоинством КАС является её в принципе неограниченная ёмкость, так как она зависит, в основном, только от объёма используемых резервуаров. К тому же, может быть разработана схема использования неотработанной жидкой смеси азота и кислорода на промышленные нужды. Довольно интересной является мысль совмещения СПИН и КАС для создания мощной единой системы аккумулирования энергии.

Как бы то ни было, применение НЭ может быть не повсеместным, а только на тех участках, где возможна недодача мощности системой электроснабжения.

В заключение необходимо сказать, что процесс модернизации всегда является довольно долгим и сложным, особенно, когда дело касается действительно грандиозных и радикальных изменений. Тем не менее, если идея дей-

ствительно перспективная, ею необходимо заниматься. Одно известно точно: вышеперечисленное оборудование стало гораздо дешевле и доступней, чем 20 и более лет назад. Совершенству нет предела.

Литература:

1. Нейман, Л. Р., Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники: В 2-х т. Учебник для вузов. Том 2. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. — с. 376–393. — 416 с.
2. В. Г. Герасимов, П. Г. Грудинский, Л. А. Жуков. Электротехнический справочник. В 3-х томах. Т. 1 Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общей редакцией профессоров МЭИ. — 6-е изд. — Москва: Энергия, 1980. — с. 353. — 520 с.
3. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Марквардт. к.Г. — М.: Транспорт, 1982, — 528 с.
4. Бэкман, В., Швенк В. Катодная защита от коррозии. Справочник. — М.: Металлургия, 1984. — 496 с.
5. Бурков, А. Т. Электронная техника и преобразователи: Учеб. Для вузов ж. — д. трансп. — М.: Транспорт. 1999. — 464 с.
6. Бадер, М. П. Электромагнитная совместимость / Учебник для вузов железнодорожного транспорта. — М.: УМК МПС, 2002. — 638 с.
7. Фигурнов, Е. П. Релейная защита. Учебник для вузов ж. — д. трансп. — М.: Желдориздат, 2002. с. 177–178.
8. В. Н. Носков, М. Ю. Пустоветов, Железнодорожная тяга и сверхпроводимость // Наука и транспорт. № 3. 2012.
9. Николай Корзинов. Диски высокой энергии: Маховичный накопитель [Текст] / Николай Корзинов // Популярная механика. — 2008, № 12 (74).
10. Владимир Санников. Кристоэнергетика: криогенная электростанция [Текст] / Владимир Санников // Популярная механика. — 2012, № 6 (116).

О возможности применения системного подхода к проблеме управления движением судов

Тюфанова Анастасия Александровна, кандидат технических наук, доцент
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова

Рассмотрен процесс движения судов в зоне обслуживания системы управления движением судов с точки зрения системного анализа.

Ключевые слова: судопоток, судно, система, водный путь.

Методы управления движением судов остаются наименее исследованными в теории судопотока. В этом случае наиболее перспективной следует считать методологию системного анализа. Термин «система» имеет множество определений, но в рассматриваемом контексте под системой понимается «множество элементов» вместе со связями между элементами и между их признаками. Элементы — неделимые части или компоненты системы, определяющие ее состав [1]. При необходимости вводится иерархия подсистем. Признаки отражают самые разнообразные свойства элементов и подсистем, а связи объединяют систему в единое целое, придавая ей два таких важных макроскопических качества, как обособленность и целостность. В сущности, система становится таковой лишь благодаря наличию многих видов связи между подсистемами, между элементами и между признаками подсистем и элементов. Не раскрывая всего многообразия связей, выделим их в три основные группы:

- характеристические связи, определяющие соотношения между признаками подсистем и элементов, например, зависимость между скоростью и интенсивностью судопотока;
- информационные связи, определяющие пути передачи информации внутри системы;
- управляющие (функциональные) связи или воздействия, генерируемые человеком для достижения какой-либо частной цели.

Исходя из этих общих положений, процесс движения судов в зоне обслуживания системы управления движением судов (СУДС) можно рассматривать как функционирование сложной (большой) системы, состоящей из трех систем «водный путь — судопоток — СУДС».

В принципе, система «водный путь» аналогично понятию «естественное окружение», применяемому в системном анализе. Однако в данном случае целесообразно использовать именно понятие «система», поскольку эле-

менты водного пути имеют характеристические, информационные и управляющие связи с другими системами, формирующими сложную систему, которая не просто существует в данном окружении, но и функционирует с учетом признаком элементов водного пути [2].

Среди элементов системы «водный путь» можно выделить акваторию (признаки: размеры, форма, глубины), навигационную обстановку (наличие и характеристики средств навигационного обеспечения, естественные ориентиры), гидрометеорологические условия (наличие течения, ветра, волнения). Особо следует отметить, что система «водный путь» почти всегда имеет общую с СУДС подсистему в виде схемы движения, включающей в себя также такие элементы, как фарватеры, зоны и линии разделения движения, специальные районы плавания. Такие элементы, формируя часть топологической структуры системы «водный путь», являются первичными элементами СУДС, которые определяют пространственное распределение судопотоков, выбор скорости движения, т.е. в сущности, оказывают на суда управляющее воздействие. Структурирование системы «водный путь» и определение признаков и связей между ее элементами особых трудностей не вызывает.

Второй составляющей данной сложной системы, с которой связаны основные цели системного анализа, является система «судопоток». Состав этой подсистемы однороден: он включает в себя лишь суда, хотя спектр признаков судов весьма широк как по количественному, так и по качественному разнообразию. Особенность признаков судов заключается в том, что им приписывается различный характер в зависимости от подхода: макроскопического или микроскопического. Например, техническая скорость при микроскопическом подходе, когда рассматривается конкретное судно в отдельности, имеет строго детерминистическое определение, т.е., она функционально зависит от размеров и формы корпуса судна, мощности главного двигателя, загрузки и т.п. Однако при макроскопическом подходе, когда речь идет о системе «судопоток» в целом, техническая скорость любого судна — это случайная величина, которая задается некоторой функцией распределения. Иногда для изучения проблемы на более высоком уровне целесообразно судно представлять в виде подсистемы «судоводитель — средства управления — судно как объект управления».

Судопотоку присущи также интегральные признаки, которыми не обладают отдельные суда: интенсивность, плотность и средняя скорость. Именно целенаправленное изменение этих признаков преследуется при воздействии на суда со стороны СУДС.

Характерной особенностью наблюдаемого судопотока в портах является то, что с большей вероятностью в течение некоторого заданного промежутка времени в порт поступят все суда, приход которых ожидается для погрузки или выгрузки определенного вида груза, и практически с нулевой вероятностью поступит большее, чем ожидается. Исходя из этого определяющего условия, попытаемся построить модель управляемого судопотока [1].

Пусть, в порту на интервале $(0, T)$ планируется $N \geq 1$ судозаходов (для погрузки или выгрузки одного какого-либо рода груза). Подход судов в порт предполагается случайным, причем интервалы между любыми двумя соседними судозаходами считаются случайными величинами, подчиненными одному и тому же закону распределения:

$$A(t), A(+0) < 1, A(t), A(+0) < 1,$$

$$\alpha = \int_0^{\infty} tA(t)dt < +\infty \quad \alpha = \int_0^{\infty} tA(t)dt < +\infty.$$

Основными вероятностными характеристиками описанного потока наряду с функцией распределения (ф.р.) $A(t)$ служит распределение вероятностей числа поступивших в интервале $(0, T)$ судов [3]:

$$\{\pi_i(t)\}, i = 0, \bar{N} = 1, \sum_{i=0}^N \pi_i(t)$$

и ф.р. случайного промежутка времени до наступления N -ого судозахода, которое обозначим ξ_N .

Введенный случайный поток, определенный для $0 \leq t \leq +\infty$, будем называть ограниченным рекуррентным потоком (ОРП).

Вероятности $\pi_i(t)$ легко находятся с помощью методов теории восстановления. Пусть процесс поступления судов начинается в момент $t=0$.

$$\pi_i(t) = A^{(i)}(t) - A^{(i+1)}(t), i = 0, \bar{N} - 1;$$

$$\pi_i(t) = 1 - \sum_{i=0}^{N-1} [A^{(i)}(t) - A^{(i+1)}(t)] A^{(N)}(t),$$

где $A^{(i)}(t)$ — i -кратная свертка ф.р. $A(t)$ с собой; $A^{(0)}(t) = 0$.

Нетрудно также убедиться, что $P\{\xi_N < t\} = \pi_N(t)$.

Для решения рассматриваемой задачи кажется естественным использовать модель так называемого потока Бернулли, для которого:

$$\pi_i(t) = C_N^i \left(1 - \frac{t}{T}\right)^{N-i} \left(\frac{t}{T}\right)^i, 0 \leq i \leq N, 0 \leq t \leq T.$$

Однако то обстоятельство, что эта модель предполагает с вероятностью единица приход в промежутке $[0, T]$ точно N судов, ограничивает возможность ее использования для описания потока морских судов. На практике вероятность упомянутого события хотя и близка к единице, но все же отлична от нее. Отметим попутно, что поток Бернулли не является ОРП, так как в этом потоке интервалы между соседними наступлениями событий статистически зависимы между собой, причем время до наступления каждого из N событий распределено равномерно в промежутке $[0, T]$ и моменты их наступлений совершенно между собой не согласованы.

Довольно часто на практике приходится сталкиваться с проблемой наложения (или суперпозиций) нескольких потоков судов. Вообще говоря, результирующий поток имеет значительно более сложную структуру, чем состав-

ляющие потоки, если последние достаточно просты. Хорошо известно, к примеру, что поток, образованный наложением любого конечного числа $m > 1$ независимых простейших потоков с параметрами $\lambda_1, \dots, \lambda_m$, также является простейшим потоком с параметрами $\lambda_1 + \dots + \lambda_m$ [3].

Ограниченные пуассоновские потоки аналогичным свойством уже не обладают.

Мы рассмотрели несколько упрощенную ситуацию, при которой в интервале $(0, T)$ могли поступать только суда, включенные в план этого периода. Приведенная модель судопотока является достаточно правдоподобной только на промежутке, поскольку на следующем плановом промежутке будут поступать уже другие суда и с положительной вероятностью возможно наложение потока судов, не поступивших в первом интервале (из числа запланированных), и нового потока судов, приход которых запланирован во втором интервале. Новый поток судов характеризуется другой функцией распределения $A(t)$ и другим значением N . Поэтому возникает необходимость в изучении потока, образованного наложением потоков судов на двух соседних плановых промежутках. В реальных условиях всегда достаточно рассматривать эффект наложения судопотоков только на двух смежных плановых промежутках. Обычно число судов «переходящих» из первого промежутка на второй не превышает трех — четырех [2].

Наиболее сложной в структурном отношении в рассматриваемой сложной системе является СУДС. В структурно-функциональном отношении СУДС представляется тремя основными подсистемами: «персонал», «технические средства» и «схема движения». При изучении элементов этих подсистем, их признаков и связей возникают наиболее сложные проблемы, связанные с организационными, техническими, технологическими, психофизиологическими и социально-экономическими аспектами.

Моделирование сложной системы преследует несколько целей, каждая из которых может быть выражена

некоторыми критериями, причем такие критерии не всегда согласуются между собой и противоречивы. В итоге можно сформировать или интегральный (обобщенный) критерий или систему критериев, которая бы являлась основой для выбора оптимального (по данной системе критериев) варианта модели системы из нескольких альтернатив. Так, применительно к системе «водный путь — судопоток — СУДС» интегральный критерий может соответствовать такой цели, как «достижение заданного уровня безопасности движения судов при минимальных затратах».

Общий подход к принятию решения может быть сведен к следующему:

— имеется некоторый набор альтернатив (вариантов) модели системы A , причем каждая альтернатива \bar{a} характеризуется совокупностью интегральных признаков p подсистем a_i^n , где n — количество подсистем, i — количество интегральных признаков;

— имеется совокупность критериев $\bar{q} = (q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n)$, отражающих количественно множество признаков подсистем, т.е., каждая альтернатива характеризуется вектором $\bar{q}(\bar{a}) = (q_1(\bar{a}), q_2(\bar{a}), \dots, q_i(\bar{a}), \dots, q_n(\bar{a}))$;

— необходимо принять решение о выборе одной из альтернатив или по одному критерию (простое решение) или по совокупности критериев (сложное решение).

Эта задача сводится к нахождению оператора (отображения) φ , который каждому вектору \bar{q} ставит в соответствие действительное число $E = \varphi(\bar{q}) = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n)$, определяющее степень предпочтительности выбранного варианта (здесь φ — интегральный критерий).

Таким образом, проблему безопасного и эффективного управления движением судов в зонах действия СУДС целесообразно решать на основе методологии системного анализа с привлечением математического аппарата исследования операций.

Литература:

1. Каштанов, В. А. Теория надежности сложных систем/В. А. Каштанов, А. И. Медведев/ — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 608 с.
2. Лентарев, А. А. Морские районы систем обеспечения безопасности мореплавания// Владивосток: Морской государственный университет, 2004. — 114 с.
3. Тюфанова, А. А. Роль математического моделирования управляемого потока судов в безопасности мореплавания в портовых водах// Сборник научных трудов, выпуск № 12. Новороссийск РИО «МГА им. адм. Ф. Ф. Ушакова», 2007. — с.23–25

12. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Перспектива разведения страусов в России в период введения санкций на сельскохозяйственные товары

Вайскрובה Евгения Сергеевна, кандидат технических наук, доцент;

Чечерина Светлана Александровна, студент

Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова

Сельское хозяйство важная отрасль мировой экономики и занимает значительную роль в жизни человека. Главная цель сельского хозяйства — удовлетворение потребностей населения в питании, а промышленности — в сырье.

Сельское хозяйство, обеспечивает людей продуктами питания, дефицит которых приводит к голоду. Проблемы в сфере сельского хозяйства приводят к социальной напряженности и нестабильности в обществе, поэтому его развитие контролируется во всех странах [1].

В связи с последними событиями, произошедшими в мире, Российская Федерация подверглась санкциям со стороны Канады, Европейского союза, США и Австралии. Россия ответила аналогично: ввела санкции на воз в страну продуктов сельского хозяйства из этих стран. Санкции открыли широкий путь отечественным производителям мясной и молочной продукции, овощей и фруктов и дали толчок для развития сельскохозяйственной и пищевой промышленности в нашей стране. В этой ситуации особенно актуальным стал вопрос развития малых фермерских хозяйств, которые помогут полностью обеспечить страну нужной продукцией. Стоит отметить, что РФ запретила импорт только тех товаров, в которых сама имеет возможность достаточно быстро нарастить производство. И тут возрастает роль малых фермерских хозяйств в экономике страны: они легче перестраиваются на выпуск популярной, востребованной продукции, организуют новые рабочие места. Отечественные сельхозпроизводители и пищевая промышленность получили невероятный шанс для насыщения рынка необходимыми товарами.

Решением многих проблем импорта замещения в сфере сельского хозяйства — это внедрение повсеместно на территории России инновационных производств, которые не требуют больших затрат, при использовании грамотной маркетинговой политики, умелых руководителей и качественной продукции, что быстро окупится [2].

Так же сокращение объема импорта продовольственных товаров в сочетании с комплексом мер по государственной поддержке товаропроизводителей и малых фермерских хозяйств может привести к заметному улучшению ситуации в ряде отраслей отечественного сельского хозяйства [3].

В экономически развитых странах в структуре производства и потребления преобладают скороспелые и наиболее доступные виды мяса: свинина и мясо птицы, поскольку их производство отличается высокой экономической эффективностью [5].

На российском рынке присутствуют традиционные виды мяса такие как: свинина, говядина, мясо кур и некоторые другие, а в последнее время появляются и такие экзотические, как мясо страуса.

Таким образом, удовлетворение нужд населения в полноценных и разнообразных мясных продуктах осуществляется за счет развития новых отраслей птицеводства.

Сегодня в России наблюдается тенденция массового выращивания и переработки такой экзотической птицы как страус, кормление которой не требует введения в рацион питания различного рода стимуляторов, гормональных препаратов, антибиотиков.

Страусоводство России — это новая отрасль сельского хозяйства, зародившаяся благодаря отдельным энтузиастам, она в настоящее время продолжает активно развиваться на волне всеобщего интереса к нетрадиционным видам продуктов для здорового питания. Поэтому государству необходимо поддерживать это стремление населения, так как это один из инновационных предпринимательств в сельском хозяйстве, который позволит заменить сокращенный импорт сельхозпродукции в России.

При изучении инновационной отрасли птицеводства — страусоводство получены результаты, доказывающие целесообразность разведения страусов в России. В таблице 1 представлена сравнительная характеристика питательности мяса страуса и традиционных видов мяса.

Из таблицы видно, что страусятина высокого качества успешно конкурирует с традиционными видами мяса и все больше привлекает гурманов и людей, заботящихся о своем здоровье, поскольку в ней практически не содержится холестерина. Следовательно, в настоящее время выгодной отраслью сельского хозяйства становится разведение страусов.

Большинство российских потребителей, совершая покупки продуктов питания в крупных розничных сетях гипермаркете и дискаунтере, даже при широчайшем ассортименте продовольственных товаров, вряд ли увидят

Таблица 1

Сравнительная характеристика питательной ценности мяса

Показатель	Мясо страуса	Цыпленок-бройлер	Мясо индейки	Тощая говядина
Холестерин, мг/100 г	49	73	59	77
Калорийность, ккал/100 г	97	140	135	240
Жир, %	1,7	3	3	15
Белок, %	21,2	27	25	23

на прилавках среди говядины, свинины, курятины мясо страуса. Даже в гастрономах премиум класса, которые специализируются на экзотических продуктах, такое мясо можно обнаружить с трудом. Более того, многие просто не знают об этом продукте, действительно обладающем высокой пищевой и биологической ценностью [9].

В России в настоящее время с целью получения мяса разводят два вида страусов — африканского (преимущественно черношеего) и австралийского (эму).

Сегодня бегающих, или бескилевых птиц — страусов разводят в 130 странах мира, в том числе США, Китае, Зимбабве, Польше, Италии, Испании. Мировым лидером страусоводства является ЮАР.

В России начало становления фермерского страусоводства пришлось на конец 90-х годов прошлого века. Именно тогда в Московской области появились первые страусиные фермы. Основную часть поголовья птиц составляют черные африканские страусы (гибридная форма — *Struthio camelus domesticus*, полностью приспособленная для разведения в домашних условиях), однако на ряде ферм выращивают австралийских эму и южноамериканских нанду.

Большой интерес к выращиванию страусов, в частности, у фермеров в Европе и России обусловлен рядом причин:

— птица хорошо адаптируется к новым условиям окружающей среды, легко переносит как жаркую погоду, так и европейские морозы (позволяет теплое оперение), вследствие чего для нее не требуется строительства специализированных помещений.

— страус не требует больших затрат при выращивании, так как рацион птицы может состоять из обычных для нашей страны зерновых культур, овощей, комби-

кормов, а в летний период оптимальным кормом служит свежая зелень клевера, люцерны и других полевых растений.

— высокая продуктивность страуса в сравнении с другими сельскохозяйственными животными. Сравнительная оценка эффективности использования страусов и других традиционных видов животных для производства мяса свидетельствует о существенном преимуществе страусов. Так, теленок достигает убойной массы через 645 суток, и от него можно получить 250 кг мяса. Страусиха дает не менее 40 страусят, которые достигают убойного возраста уже через 407 суток, обеспечивает в год 1800 кг мяса, 50 м кожи и 36 кг перьев. Эффективность производства мяса страуса и крупного рогатого скота представлена в таблице 2.

Чистая масса мяса составляет 50% предубойной живой массы страуса, что на много выше, чем у других сельскохозяйственных животных и домашней птицы. Кроме того, самки страусов могут давать продукцию в течение 40 лет при общей продолжительности жизни до 70 лет. Благодаря такому объему продукции разведения страусов на фермах становится чрезвычайно конкурентоспособной и высококорентабельной отраслью производства продуктов питания в нашей стране.

Кроме высококачественного мяса, продукцию страусоводства составляют яйца, субпродукты, жир, кожа и перья птицы. В среднем 25% получаемых от птицы яиц оказываются непригодными для инкубации и могут служить для пищевых целей. Скорлупа яиц очень прочная, поэтому для их вскрытия используют механические инструменты. Делают это аккуратно, поскольку из скорлупы изготавливают прекрасные сувениры. Содержимое яиц употребляют целиком в вареном виде (время варки составляет

Таблица 2

Эффективность производства мяса страуса и крупного рогатого скота

Показатель	Продукция животноводства	
	Страусы	Крупный рогатый скот
Период беременности (инкубации), сут	42	285
Численность потомства, гол./год	40	1
Продолжительность периода от зачатия до убоя, сут	407	645
Выход продукции:		
Мясо, кг	1800	250
Кожа, м	50,4	2,7
Перья, кг	36	—

около 75 мин) или готовят яичницу. Одно яйцо обычно достаточно, чтобы приготовить 9–12 порций продукта. Органолептические свойства страусиных яиц оценивают как хорошие, поэтому в перспективе из них можно получать широкий ассортимент яйцепродуктов для использования в мясной промышленности, в том числе при производстве колбасных изделий [7].

Из субпродуктов страуса в пищу используют сердце и часть желудка, а также печень, которая благодаря своим вкусовым качествам считается деликатесным продуктом.

А полученные из подкожного и внутреннего жира африканского страуса и других бескилевых птиц масла применяются в медицине и косметологии благодаря их противовоспалительным, бактериостатическим, ранозаживляющим и увлажняющим свойствам. Они эффективны для уменьшения мышечных болей, используются для регенерации капилляров, при укусах насекомых, применяются для приготовления увлажняющих кремов и лосьонов. Кроме того, в промышленности эти масла используют как смазочные средства.

Страусиная кожа отличается от других высокими потребительскими свойствами: износостойкостью (ее носкость составляет до 30 лет), гибкостью и мягкостью, устойчивостью к влаге, легкостью в обработке и пригодностью для изготовления из нее широкого ассортимента изделий.

В связи с продолжающимся ростом количества страусоводческих ферм и поголовья страусов возникает практическая необходимость в разработке нормативных документов по вопросам ветеринарно-санитарной экспертизы, в частности предубойному осмотру и послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизе туш и органов страусов, определению органолептических и физико-химических показателей свежести мяса страусов, а также его качественных показателей и биологической полноценности, которые позволяли бы осуществлять выпуск продукции

высокого санитарного и товарного качества. Необходимо проведение широких научно-прикладных исследований для совершенствования и интенсификации технологии выращивания птицы, более глубокого изучения химического состава отечественной пищевой продукции страусоводства, обоснования сроков ее хранения при различных условиях, разработки продуктов питания на ее основе или с ее использованием и утверждения пакетов технической документации, а возможно, и государственных стандартов или технических регламентов [6].

В заключение следует отметить, что в ряде стран, в том числе и европейских, африканский страус стал уже обычной сельскохозяйственной птицей. Мясо, субпродукты и яйца можно приобрести во многих супермаркетах, блюда из них имеются в меню ресторанов. В России пока такую продукцию закупают только отдельные рестораны и некоторые гастрономические магазины. Это связано, во-первых, с недостатком собственного производства такой продукции, обусловленным особенностями выращивания птицы, экономическими и другими причинами; во-вторых, с относительно высокой стоимостью продукции; а в-третьих, с отсутствием у большинства потребителей достоверной информации о данной продукции.

В перспективе ожидается положительная динамика эффективности данного предприятия в результате реализации продукции страусоводства. Это свидетельствует об инвестиционной привлекательности этой подотрасли. Поскольку рентабельность страусоводства превышает рентабельность производства говядины и свинины в России, то при поддержке государства и увеличении частных инвестиций можно прогнозировать активное развитие этой отрасли птицеводства в ближайшие годы, что должно привести к снижению стоимости продукции и увеличению спроса на нее со стороны потребителей, предпочитающих здоровое питание, а также переработчиков, заинтересованных в расширении ассортимента выпускаемой продукции [7].

Литература:

1. Долгов, Н. И. Насколько важную роль играет сельское хозяйство в современной мировой экономике [Текст] / Н. И. Долгов // Инновационная экономика: материалы междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). — Казань: Бук, 2014. — с. 44–47.
2. Моджина, Н. В. Влияние малых фермерских хозяйств на финансовую систему региона [Текст] / Н. В. Моджина, Д. В. Арефьева, Т. Р. Миргалеев // Молодой ученый. — 2015. — № 1. — с. 163–166.
3. Дупленко, Н. Г. Проблемы стимулирования инновационной активности малых сельхозпредприятий на муниципальном уровне [Текст] / Н. Г. Дупленко, М. А. Лупачева // Молодой ученый. — 2015. — № 21.1. — с. 11–15.
4. Печатнова, А. П. Инновационное развитие сельского хозяйства: проблемы и перспективы [Текст] / А. П. Печатнова // Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 427–429.
5. Инновационно-технологическое развитие животноводства в России как условие импортозамещения [Текст] / В. С. Буряков [и др.] // Молодой ученый. — 2015. — № 8.3. — с. 14–18.
6. Кузьмичев, В. Ю., Колодязная В. С. Мясо страусов в производстве мясных продуктов [Текст] / В. Ю. Кузьмичев, В. С. Колодязная // Мясные технологии. — 2008. — № 5. — с. 64–68.
7. Сафиуллина, А. М. Перспективы развития страусоводства в России [Текст] / А. М. Сафиуллина, А. М. Зигангирова // Мясная индустрия: птицеводство и переработка птицы (сентябрь 2011 г.). — с. 56–57.

Современные представления о перспективных смесителях компонентов комбикормов

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук, и.о. ассоциированного профессора
Хасанов Кайнар Кенесович, магистрант
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина

В статье представлен анализ наиболее перспективных смесителей при производстве комбикормов. Дается краткое описание, назначение, сравнительная оценка и эффективность смесителей.

Ключевые слова: смеситель, комбикорма, процесс смешивания, кормопроизводство.

В животноводстве огромный процент от общих затрат на производство животных и животноводческой продукции составляют затраты на корма. Исследование стадий кормопроизводства является важнейшей составляющей сельского хозяйства и пищевой промышленности [1–5]. Отсюда вытекает требование обеспечения высокого коэффициента полезного действия от использования кормов и эффективной экономии питательных веществ. Поэтому для производства сбалансированных по питательной ценности рассыпных комбикормов, уменьшающих перерасход кормов, большое значение уделяется смесителям, которые должны обеспечить качественное смешивание компонентов комбикормов в соответствии со стандартами.

В последние годы идет совершенствование исследований по разработке устройств для смешивания кормов. Рассмотрим наиболее перспективные разработки.

Популярным по своей технической сущности является смеситель для сыпучих материалов, содержащий емкость, гибкое виброднище, основание, дебалансный вибровозбудитель, шарнир, соединяющий вибровозбудитель с виброднищем [6].

Известен смеситель [7], который относится к смесителям для сыпучих материалов и может быть исполь-

зован в комбикормовой промышленности. Смеситель содержит емкость с гибким виброднищем, соединенным с вибровозбудителем шарниром. Внутри емкости установлена система из трех пружин, скрепленных концами между собой в одной точке. Свободный конец одной пружины соединен с виброднищем, а свободные концы двух других пружин закреплены на стенках емкости. Технический результат состоит в интенсификации процесса смешивания. На рисунке 1 показан разрез смесителя по А-А. Смеситель состоит из емкости 1, в нижней части которой крепится виброднище 2. Емкость 1 и гибкое виброднище 2 установлены на основании 3. Дебалансный вибровозбудитель 4 подвешен в центре гибкого виброднища 2, с наружной его стороны, через шарнир 5. Внутри емкости 1 смесителя установлена система из трех пружин 6, крепящихся между собой концами в одной точке. Свободный конец одной из пружин соединен с виброднищем 2, а свободные концы двух других пружин закреплены на стенках емкости 1. Угол между смежными пружинами в каждой паре составляет 120° .

Устройство работает следующим образом. В емкость 1 засыпают смешиваемый материал и включают дебалансный вибровозбудитель 4. Благодаря шарниру 5 гибкое виброднище 2 получает только вертикальные прямоли-

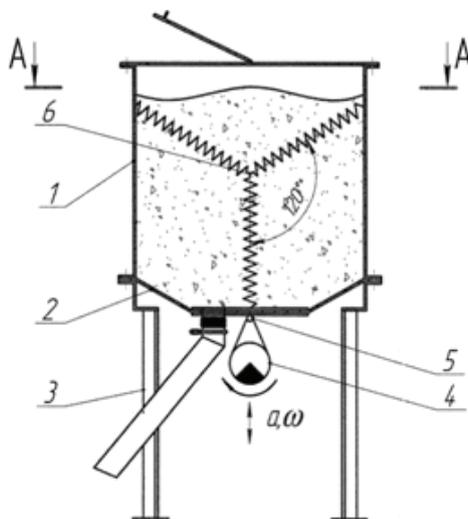


Рис. 1. Смеситель сыпучих материалов

нейные колебания. Через гибкое виброднище 2 колебания передаются сыпучему материалу, который переходит в состояние псевдооживления и начинает перемешиваться. Установленная в емкости 1 система из трех пружин 6 колеблется вместе с виброднищем, получая от него растягивающе-сжимающие усилия. Система пружин 6 является дополнительным рабочим органом, интенсифицирующим процесс смешивания. Жесткость системы пружин 6 подбирается таким образом, чтобы колебательные движения дебалансного вибровозбудителя 4, гибкого виброднища 2 и системы пружин 6 находились в динамическом состоянии, что уменьшает энергозатраты, динамические нагрузки и шум. Поскольку обрабатываемый материал может отличаться по физико-механическим характеристикам, то полная загрузка смесителя также может варьироваться по массе, в зависимости от свойств материала. Для осуществления необходимого режима колебаний, при различной загрузке смесителя по объему и плотности смешиваемого материала, расположение пружин подбирается таким об-

разом, чтобы вся система обладала квазиулеговой жесткостью. В этом случае система пружин будет обеспечивать необходимую несущую способность при сколь угодно малой жесткости системы.

Известен смеситель [8], который работает следующим образом (рисунок 2): после загрузки материала А через карман 10 и материала Б через карман 11 во внутреннюю полость корпуса 1, при вращении камеры смешения 4 и шнека 2 материал А и Б перемещается вверх по цилиндрической части полости корпуса 1, а затем подается в коническую часть полости корпуса 1.

В конической части полости корпуса 1 поступивший материал из-за конусности кожуха 3 сжимается и выталкивается через отверстия 7 конусной части кожуха 3 при совпадении их с отверстиями 6, расположенными на неподвижном конусе 5. Из отверстий 6, расположенных на неподвижном конусе 5, с частотой, с которой они совпадают с отверстиями 7 конусной части камеры смешения 4, смесь под действием сил гравитации поступает в ка-

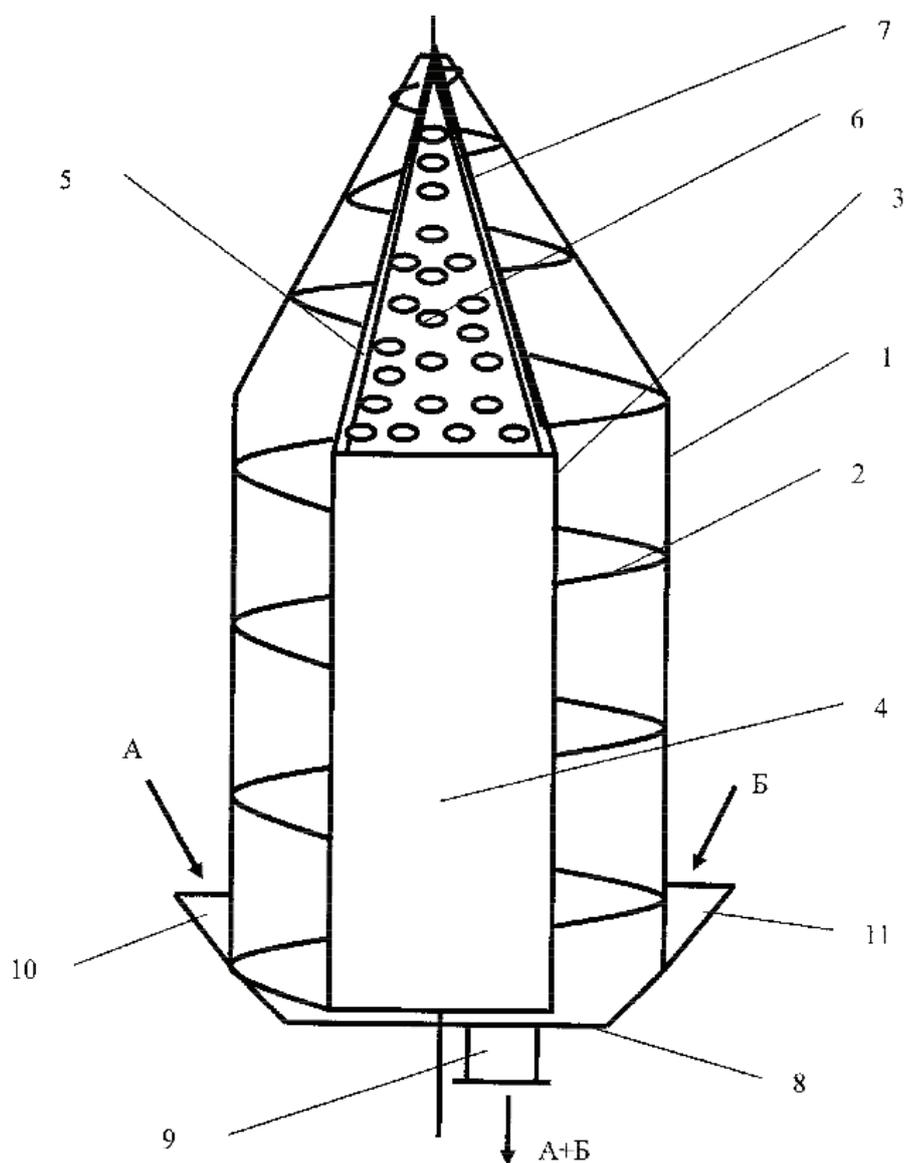


Рис. 2. Смеситель

меру смешения 4, причем материалы А и Б делятся на мелкие фрагменты и перемешиваются по мере движения их к нижней части камеры смешения 4. При достижении определенной однородности материалов смесь выгружается через выгрузной патрубок 9. Эффект от данного смесителя заключается в том, что при перемещении материалов из нижней части камеры смешения во внутрь конусного кожуха и подаче его через отверстия в камеру смешения весь смешиваемый материал делится на множество малых частей, которые пульсирующими струйками поступают в камеру смешения через отверстия неподвижного конуса. Струйки, в свою очередь, попадая на соседние струйки, дробятся на еще более мелкие части,

происходит интенсивное хаотическое перераспределение частиц по высоте камеры смешения, при этом заданная однородность смеси достигается при меньших затратах времени, а следовательно, и меньшем энергопотреблении по сравнению с прототипом

Известно изобретение [9], которое относится к устройствам для смешивания сыпучих материалов, а именно к смесителям, и может быть использовано в сельскохозяйственном производстве и комбикормовой промышленности. Смеситель (рисунок 3) включает смесительную камеру, выполненную в виде цилиндрического бункера с усеченным конусным днищем, по оси которой установлен заключенный в трубу рабочий орган-шнек.

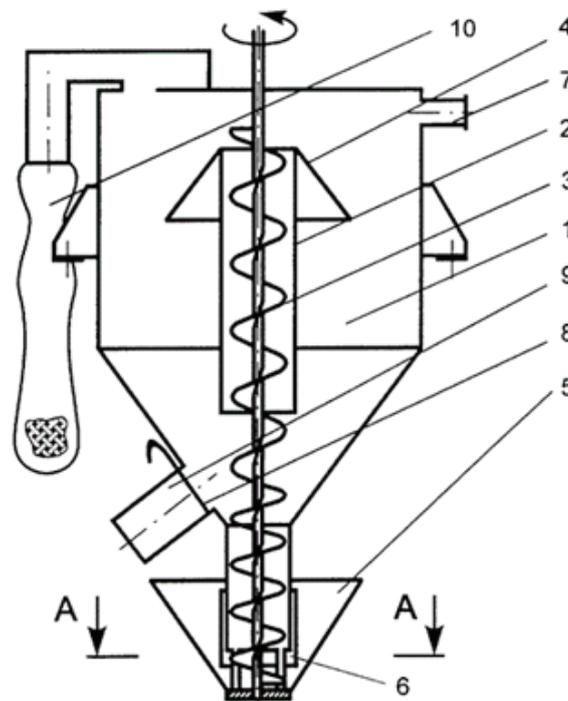


Рис. 3. Устройство для смешивания сыпучих материалов

Труба в верхней части снабжена усреднительным усеченным конусом, а шаг навивки шнека выполнен переменным, увеличивающимся по мере движения материала к верхней части смесительной камеры. В основании шнека установлен питатель-дозатор, оборудованный центральной дозирующей заслонкой. Для загрузки основного компонента установка снабжена загрузочным патрубком. Выгрузка готового продукта осуществляется путем открытия задвижки через выгрузной патрубок. Роль пылесборника выполняет улавливающий фильтр. Устройство обеспечивает снижение энергоемкости и улучшение качества смешивания

Известен способ получения смеси сыпучих материалов, включающий подачу отдельных компонентов и последующее перемешивание их во взвешенном состоянии за счет подвода воздуха, причем подачу компонентов осуществляют последовательно по мере увеличения их

удельного веса, а количество подаваемого воздуха изменяют пропорционально удельному весу компонентов [10].

Известен способ перемешивания сыпучих материалов [11], включающий нисходящее перемещение материала под действием силы тяжести, подачу потока газа навстречу потоку материала в емкости, секционированной экранами, образующими со стенками подэкранные полости, в каждую из которых вводят газовую струю, направленную тангенциально к поверхности движущегося слоя сыпучего материала. Кроме того, при непрерывном процессе смешения компоненты смеси подают через газопроводящее устройство в подэкранные полости, а готовую смесь отводят с поверхностного слоя по патрубку для отвода или непосредственно из центральной трубы.

Известен аэродинамический сепаратор [12], содержащий цилиндрический корпус с осевым выхлопным патрубком, тангенциальные патрубки для ввода пылега-

зовой смеси, расположенные на боковой поверхности корпуса, и тангенциальный патрубок для вывода отделенной пыли, присоединенный к днищу корпуса, днище корпуса выполнено по винтовой образующей, а патрубки для ввода пылегазовой смеси установлены наклонно к оси сепаратора под углом, равным углу наклона винтовой образующей днища, и примыкают друг к другу. Аэродинамический сепаратор в принципе может быть использован для смешивания сыпучих материалов за счет установленных тангенциально входных патрубков.

Известен «Турбоциклон» [13], содержащий конический корпус, крышку с входным патрубком для газа и выводом очищенного газа, патрубок выпуска частиц и центробежное вентиляторное колесо, установленное под крышкой, турбоциклон снабжен полым конусом с отверстием в вершине, закрепленным под центробежным вентиляторным днищем вверх, установленными концентрично в конусе цилиндрическими обечайками, внутренняя из которых нижним краем укреплена в отверстии конуса, а наружная верхним краем укреплена на основании конуса, выходы очищенного газа выполнены в виде треугольных отверстий, равномерно расположенных по периферии крышки вершиной навстречу потоку газа и соединенных коробами треугольного сечения с отверстиями аналогичной формы, выполненными в днище конуса. Турбоциклон в принципе может быть использован для смешивания сыпучих материалов за счет центробежного колеса.

Известно устройство [14]. На рисунке 4 показан аэродинамический смеситель, общий вид, на рисунке 5 — вид А на рисунок 4. Способ смешивания сыпучих материалов включает подачу воздуха и компонентов смеси тангенциально в емкость и перемешивание их во взвешенном состоянии. Подачу воздуха и отдельных компонентов смеси осуществляют совместно посредством всасывания за счет создания разрежения в емкости с помощью лопаток центробежного вентиляторного колеса с одновременным дозированием тангенциальными патрубками разного диаметра, установленными в одной плоскости, и последующим смешиванием компонентов смеси в одной рабочей зоне. Аэродинамическое устройство (рисунок 4) содержит конический корпус 1, крышку 2 с коробами 3 выхода воздуха, рабочую камеру 4, установленную над крышкой с входными тангенциальными патрубками 5 для подачи воздуха совместно с компонентами смеси, электродвигатель 6, на валу которого закреплено центробежное вентиляторное колесо 7 с лопатками 8, установленное под крышкой, полый конус 9 с отверстием в вершине, закрепленный под центробежным вентиляторным колесом днищем вверх и патрубок 10 выпуска частиц. Тангенциальные патрубки установлены на боковой поверхности рабочей камеры, имеют разные диаметры и расположены последовательно по нарастающей от меньшего диаметра к большему на одной плоскости (рисунок 5). Тангенциальные патрубки примыкают друг к другу и имеют дозирующие заслонки 11. Высота лопаток центробежного вентиляторного колеса равна или не меньше наибольшего диаметра всасывающего тангенциального патрубка.

Способ смешивания сыпучих материалов осуществляется в аэродинамическом устройстве, которое работает следующим образом. Потоки воздуха с взвешенными в нем отдельными компонентами смеси одновременно засасываются за счет создания разрежения лопатками 8 центробежного вентиляторного колеса 7 через входные тангенциальные патрубки 5, установленные на боковой поверхности рабочей камеры 4. В рабочей камере 4 потоки воздуха с взвешенными в нем компонентами смеси приобретают вращательное движение, что приводит к смешиванию компонентов смеси. При этом установка тангенциальных патрубков 5 с разными диаметрами и расположение их последовательно по нарастающей от меньшего диаметра к большему на одной горизонтальной плоскости позволяет одновременно дозировать отдельные компоненты смеси и смешивать их друг с другом.

Разные диаметры тангенциальных патрубков позволяют засасывать компоненты смеси с различной насыпной плотностью, а также в зависимости от требуемого их соотношения, т.е. рецепта смеси. Компоненты смеси с большой насыпной плотностью засасываются тангенциальными патрубками меньшего диаметра и наоборот. А это способствует быстрому и эффективному процессу смешивания компонентов смеси, так как лопатки 8 центробежного вентиляторного колеса создают требуемое одинаковое разрежение в рабочей камере, а скорость движения сыпучего материала по тангенциальным патрубкам 5 с меньшим диаметром будет выше, чем с большим диаметром. Поэтому более тяжелые компоненты смеси проникают в слой более легких при вращательном их движении в рабочей камере. Согласно рецепту смеси предварительное дозирование происходит за счет разных диаметров тангенциальных патрубков и использования максимально их «живого» сечения. Более точное дозирование обеспечивается установкой дозирующих заслонок 11 на тангенциальных патрубках 5. Винтообразный поток сыпучей смеси за счет разрежения и силы тяжести поступает на вращающиеся лопатки центробежного колеса. Здесь происходит дополнительное смешивание компонентов смеси, которые вместе с воздухом отбрасываются к внутренней поверхности конического корпуса 1. Для обеспечения эффективной работы аэродинамического смесителя соблюдается условие, что высота лопаток 8 центробежного вентиляторного колеса 7 всегда должна быть больше слоя сыпучей смеси, находящейся на колесе 7. Это возможно, когда высота лопаток центробежного вентиляторного колеса равна или не меньше наибольшего диаметра всасывающего тангенциального патрубка 5, иначе не будет эффективного всасывания компонентов смеси с воздухом. В коническом корпусе устройства, под действием центробежных сил — сил трения и тяжести, происходит разделение сыпучей смеси и воздуха. Сыпучая смесь заполняет конический корпус 1 до определенного уровня, который находится ниже конуса и выпускается из конического корпуса патрубком 10. Воздух поступает в конус и удаляется через выходные коробки 3. Для обеспечения наименьшего сопротивления

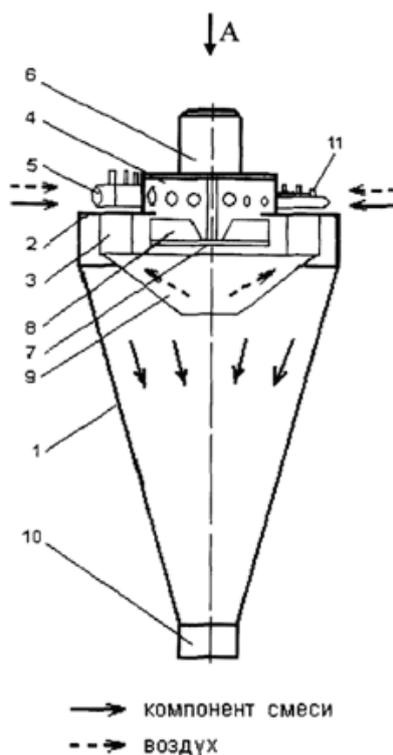


Рис. 4. Аэродинамическое устройство



Рис. 5. Вид А на рисунок 4

выходные коробки 3 выполнены с треугольным сечением и расположены в потоке, выходящем из центробежного колеса, с наименьшим миделем, что достигается ориентированием вершин коробов в направлении, противоположном вектору скорости потока. Коробы, установленные таким образом, позволяют произвести дополнительное смешивание, так как они усложняют траекторию движения сыпучей смеси по пути к периферии. Техничко-экономический эффект достигается за счет повышения эффективности процесса смешивания сыпучих материалов и увеличения производительности смесителя за счет тангенциальной подачи путем всасывания воздуха совместно с компонентами смеси и одновременным их дозированием.

Известен лопастной смеситель [15], состоящий из корпуса с полуцилиндрическим днищем и с отверстиями загрузки и разгрузки продукта, конического отражателя, расположенного перед выгрузным отверстием, вала с лопастями в виде пластин с закрепленными и при необхо-

димости съемными гребками на каждой второй пластине, концы которых загнуты и скруглены в сторону, противоположную перемещению смеси с зазором 3–5 мм. между гребками и днищем корпуса.

Известен лопастной смеситель [16], состоящий в виде корпуса с отверстиями загрузки и разгрузки продукта, снабженного рамой, приводом, перемешивающим устройством в виде закрепленных на валу лопастей и стоящих перед ними разрушителей, выполненных в виде стержней круглого сечения и установленных с возможностью регулирования расстояния между лопастями и разрушителями.

Известен лопастной смеситель [17], выполненный из опорной рамы, корпуса с загрузочным и разгрузочным отверстиями, вала с лопастями, состоящими из центральных и периферийных пластин.

Таким образом тенденции развития смесителей совершенствуются большим образом за счет разработки новых

технических и конструктивных решений на основе эффективности технико-экономических показателей и параметров устройств для смешивания. Немаловажным является интенсивность процесса смешивания с помощью лопастей и других элементов, способствующих лучшей однородности получаемых комбикормов.

Литература:

1. Исакаков, М. М., Исакаков Р. М. Ветеринарные конфискаты и их переработка. — Алматы: Международное агентство подписки, 2011. — с. 89–115.
2. Исакаков, М. М., Исакаков Р. М. Актуальность ветеринарии при производстве кормов // Аграрная наука — сельскому хозяйству: Сборник статей 3-й Международной научно-практической конференции, сб. 2, Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия, 2008. — с. 304–306.
3. Исакаков, М. М., Исакаков Р. М. Ветеринарно-санитарное состояние кормовых отходов пищевой промышленности и оценка качества выработанного продукта // Паразитология: современное состояние изученности, актуальные проблемы и пути решения: Материалы Международной научно-практической конференции, Семипалатинский государственный университет имени Шакарима, Семипалатинск, Республика Казахстан, 2006. — с. 290–294.
4. Исакаков, М. М., Нукешев С. О., Исакаков Р. М., Масенов К. Б., Исакова А. М., Заичко Г. А., Мустафин Ж. Ж. Инновационный патент РК на изобретение № 27126. Линия для производства сухих животных кормов из ветеринарных конфискатов. А23N17/00, А23K1/10. опубл. 15.07.2013.
5. Исакаков, М. М., Исакаков Р. М., Исенов С. С., Имашева А. Ш., Манапова Ж. К., Букганбаева Ж. К. Инновационный патент РК на изобретение № 29804. Способ производства мясокостной муки, опубл. 15.05.15 г
6. Патент на полезную модель РФ N 20855, М. Кл. В01F 3/18, 11/00.
7. Федоренко, И. Я., Пирожков Д. Н., Котов Р. А. Патент РФ № 2421271, «Смеситель», опубл. 20.06.2011. Бюл. № 17.
8. Холдин, Н. В. Патент РФ 2392041 Опубликовано: 20.06.2010.
9. Сысуев, В. А., Савиных П. А., Чернятьев Н. А., Алешкин А. В., Палкин А. В., Устюгов С. Ю., Турубанов Н. В. Патент РФ № 2217226 Опубликовано: 27.11.2003 Бюл. № 33.
10. А.С. № 1148639; В 01 F 13/02, 1985.
11. А.С. № 1172584; В 01 F 13/02, 1985.
12. А.С. № 940861; В 04 С 13/02, 1982.
13. А.С. № 956033; В 04 С 9/00, 1982.
14. Сергеев, Н. С., Николаев В. Н. Патент РФ 2294795. Опубликовано: 10.03.2007 Бюл. № 7.
15. Патент РФ № 120016, кл. В01F 7/00, 10.09.2012.
16. Патент РФ № 2299759, кл. В01F 7/02, В01F 7/04, 27.05.2007.
17. А.с. СССР № 778762, кл. В01F 7/04, 15.11.1980.

Авторы статьи всегда помнят и чтят ценные советы выдающегося ученого, отличника образования Республики Казахстан, лауреата ВДНХ СССР, автора множества научных открытий и изобретений, доктора ветеринарных наук, профессора, академика Исакакова Маратбека Мухабековича.

Системный анализ процесса продольно-поперечного смешивания компонентов комбикормов

Исакаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук, и.о. ассоциированного профессора
Хасанов КайнарКенесович, магистрант
Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина

В статье представлен системный анализ наиболее продольно-поперечного смешивания компонентов комбикормов. Дается краткое описание, назначение, сравнительная оценка и эффективность смесителей.

Ключевые слова: смеситель, комбикорма, продольно-поперечное смешивание, кормопроизводство, разброс.

Развитие промышленного производства должно носить ресурсосберегающий характер, что может быть обеспечено только переходом к оптимальному планированию технологического оборудования. Из числа перспективных

проблем развития науки и техники основными являются: создание безотходных, ресурсосберегающих, экологически чистых производств [1–4]. Свойства, поведение или состояние, которыми обладает система в целом, отли-

чаются от свойств, образующих ее элементов. Для любой системы характерны только ее закономерности, не вытекающие непосредственно из отдельных элементов [5].

Одним из методов изучения сложных, многомерных и взаимосвязанных процессов к которым относится исследуемый процесс продольно-поперечного смешивания и происходящие при этом явления физической и химической природы является системный анализ. Он проводится по методологии математического моделирования технологических процессов, разработанной школой В.В. Кафарова [6–7].

Иерархическая структура системного анализа при изучении процесса смешивания частиц комбинированного корма включает в себя пять уровней. Первый (I) и второй (II) уровни иерархии системного анализа смешивания при

производстве комбинированного корма представляют собой изучение объекта переработки на атомно-молекулярном уровне, физико-химических, теплофизических свойств сырья и готового продукта.

Основой конструктивных же решений при расчете и разработке смесителя, а также выявления основных факторов, влияющих на процесс продольно-поперечного смешивания в производстве комбинированного корма являются третий (III), четвертый (IV) и пятый (V) уровни иерархической структуры системного анализа.

К III уровню иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания в производстве комбинированного корма относятся физико-химические явления, структурная схема которой представлена в соответствии с рисунком 1.

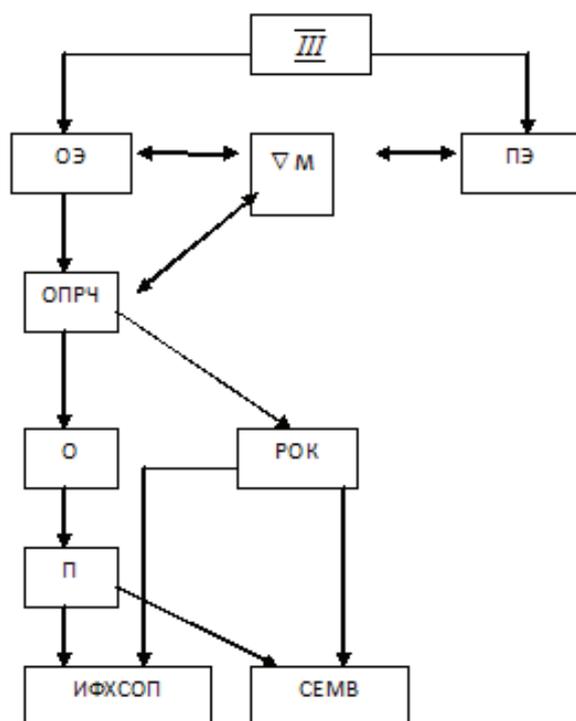


Рис. 1. Структурная схема физико-химических эффектов III уровня иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания в производстве комбинированного корма

В результате смешивания объекта переработки выявляются два эффекта: обмен энергии (ОЭ) и перемещение энергии (ПЭ). В перемещении энергии доминирующее значение имеют градиенты массосодержания (∇m). Несовпадение между количеством массы, переходящей с поверхности одного тела и количеством массы, поступающего из слоя соседних тел, приводит к возникновению контактных областей перемещения и рассортировки частиц (ОПРЧ) в объеме (О) и по поверхности (П), расширению областей контакта (РОК). Исходя из этого перемещения изменяются физико-химическое состояние объекта переработки (ИФХСОП), и содержание единицы массы вещества (СЕМВ), при этом они наблюдаются в каждом участке системы. Совместное действие контактиру-

ющих фаз, в сущности определяет механизм процесса смешивания, кинетика которого описывается естественным процессом переноса энергии и массы, в том числе и интенсивностью фазового перемещения. Закономерно, что приведенные внутренние явления — это результат совместного контакта частиц объекта механической переработки, которое отображается в структурной схеме IV и V уровней иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания комбинированного корма.

Явления IV уровня иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания в производстве комбинированных кормов представлены в структурной схеме физико-химических факторов смесителя в соответствии с рисунком 2, которые определяют со-

здание пограничного поля (СПП) над объектом переработки, характеризующегося полями распределения концентраций (ПРК) и скорости течения слоев смешиваемых

частиц (СТССЧ). Непосредственное значение на них оказывает хаотическое перемещение частиц объекта переработки (ХПЧАС).

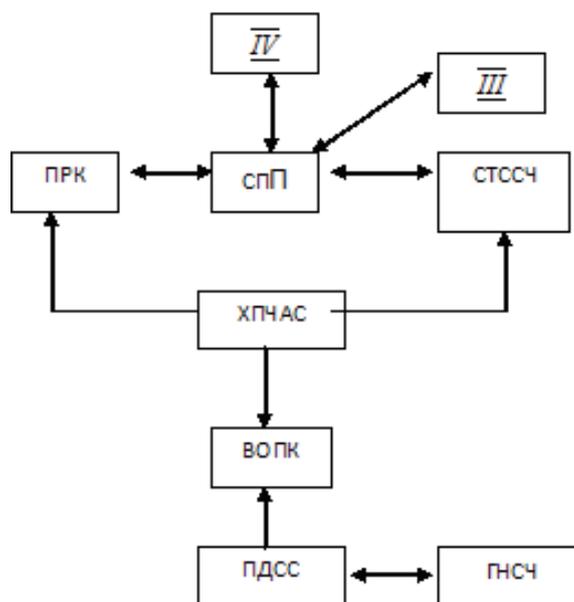


Рис. 2. Структурная схема IV уровня иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания при производстве комбикормов

При непрерывной механической обработке частиц смешиваемых слоев комбинированного корма возникают вновь образованные поверхности контакта (ВОПК). Хаотическое движение частиц перерабатываемого материала вызывает их соударение между собой, а также о стенки и рабочие элементы внутренней конструкции аппарата, таким образом образуя перераспределение контактирующих полей в частицах материала и в целом рабочей зоне аппарата. С другой стороны на СПП над объектом сушки влияют эффекты III уровня иерархии системного анализа процесса смешивания частиц комбинированного корма в плане устройства для смешивания. Нарастающее смешивание по горизонтали рабочей зоны аппарата с образованием новых поверхностей контакта за счет поперечного движения смешиваемых слоев (ПДСС), а также чередования горизонтального направления смешиваемых частиц (ГНСЧ) с поперечным движением смешиваемых слоев комбинированного корма обуславливает широкую область взаимодействия двух потоков частиц, тем самым активно изменяя состав массосодержания смешиваемых слоев частиц, что приводит к интенсификации процесса смешивания и получения лучшей однородности получаемого комбикорма.

Первоочередным параметром, характеризующим V уровень иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания в производстве комбикормов, структурная схема которой представлена в соответствии с рисунком 3, являются конструктивные черты устройства для смешивания (КЧУС). Здесь сле-

дует понимать работу механической обработки (РМО), требуемой для перемешивания и некоторого измельчения (ИПиНИ); работу, необходимую для выноса готового продукта из смесителя (ВГПС); вихревые возмущения, приносимые интенсивным механическим движением объекта переработки композиционного состава (ИМДОП). Данные явления приносят массовые потоки в объеме аппарата, которые образуют поля массопереноса (ОПМС) в смесителе. Вихревые течения (ВТ) в объеме смесителя значительно влияют на распределение частиц по горизонтали смесителя (РЧГС), ее качество смешивания, то есть однородности состава частиц (ОСЧ), времени смешивания частиц материала в смесителе (ВСЧС), производительности готового продукта — комбикорма (ПГПК).

В результате проведенного системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания в производстве комбикормов выяснено, что основными характеристиками, приводящими к эффективной смешиваемости комбикормов и их высокой однородности являются:

- увеличение контакта площади взаимодействия частиц объекта переработки;
- увеличение частоты механического воздействия на объект переработки с целью ускорения смешивания частиц комбикорма с выработкой готовой продукции высокой однородности.
- применение чередования горизонтального направления смешиваемых частиц с поперечным движением смешиваемых слоев комбинированного корма.

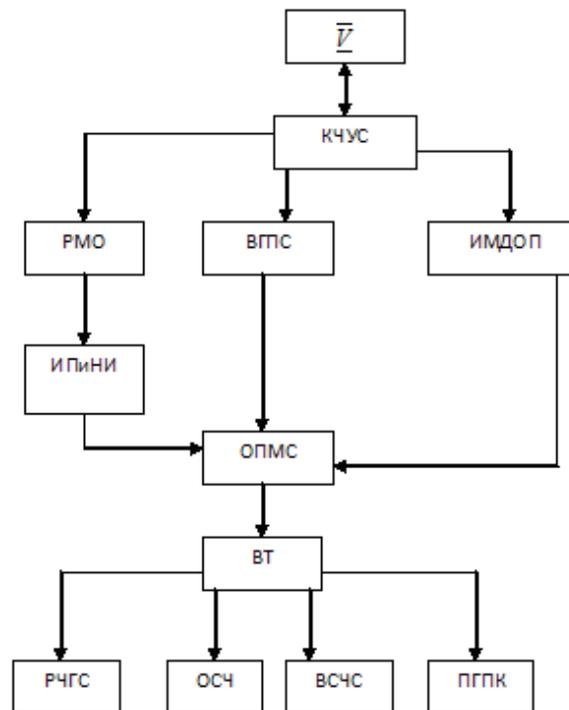


Рис. 3. Структурная схема Уровня иерархии системного анализа процесса продольно-поперечного смешивания при производстве комбикормов

Исходя из изложенного, были выявлены основные показатели, которые между собой имеют определенную взаимосвязь:

1) Решетки с отверстиями для повышения эффекта смешивания путем создания поперечного направления смешиваемого комбикорма при горизонтальном расположении ротора;

2) Время порционного дозирования компонентов комбикорма;

3) Частота вращения лопастей;

4) Конструктивные размеры установки (количество лопастей);

5) Равномерность измельченных частиц компонентов комбикорма.

Авторы статьи всегда помнят и чтят ценные советы выдающегося ученого, отличника образования Республики Казахстан, лауреата ВДНХ СССР, автора множества научных открытий и изобретений, доктора ветеринарных наук, профессора, академика Исакова Маратбека Мухабековича.

Литература:

- Исакаков, М. М., Исакаков Р. М. Ветеринарные конфискаты и их переработка. — Алматы: Международное агентство подписки, 2011. — с. 89–115.
- Исакаков, М. М., Исакаков Р. М. Актуальность ветеринарии при производстве кормов // Аграрная наука — сельскому хозяйству: Сборник статей 3-й Международной научно-практической конференции, сб. 2, Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия, 2008. — с. 304–306.
- Исакаков, М. М., Исакаков Р. М. Ветеринарно-санитарное состояние кормовых отходов пищевой промышленности и оценка качества выработанного продукта // Паразитология: современное состояние изученности, актуальные проблемы и пути решения: Материалы Международной научно-практической конференции, Семипалатинский государственный университет имени Шакарима, Семипалатинск, Республика Казахстан, 2006. — с. 290–294.
- Курмангалиев, С. Г., Кожамметов М. К. Развитие мясной и молочной промышленности Казахстана. — Алматы: Кайнар, 1993. — с. 4.
- Нарибаев, К. Н., Жатканбаев Е. Б., Мухтарова К. С. Методы научных исследований в экономике. — Алматы: Қазақ университеті, 1999. — 272 с.
- Кафаров, В. В., Дорохин И. И. Системный анализ процессов химической технологии. Основы стратегии. — Москва: Наука, 1976. — 464 с.
- Кафаров, В. В., Дорохин И. Н., Арутюнов С. Ю. Системный анализ процессов производства химической технологии. Процессы измельчения и смещения сыпучих материалов. — Москва: Наука, 1985. — 440 с.

14. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Экологические требования к орошению почв в условиях Туркменистана

Данатаров Агахан, кандидат технических наук, главный специалист
Министерство охраны природы Туркменистана

Аширов Сердар, соискатель;
Мухамметмырадов Какамырат, соискатель;
Худайбердиев Режепмурад, соискатель
Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А. Ниязова

Ключевые слова: экология, механическое рыхление, аэрационный дренаж.

Академик А. Г. Бабаев отмечает, что разрушение равновесия природной среды оборачивается экономическим ущербом и социальным уроном, нравственными потерями. Деградация даже одного природного звена может спровоцировать неожиданные последствия во всей экологической цепи. Уменьшение деградации почвогрунтов и повышение их качества является основой экологической интенсификации агротехнологий. Качество почвы, так же как и урожайность, является сложным понятием, которое трудно определить, или измерить. Качество почвогрунтов трактуется, как способность поддерживать биологическую продуктивность, сохранять окружающую среду, развитие здоровых растений и животных. Поддержание продуктивности растений через оптимальные резервы питательных веществ в почве, способность ее сохранять влагу и благоприятную структуру для роста корней являются теми свойствами, которые влияют на ее экологию.

Механическая обработка почвогрунтов тесно связана с экологической стабильностью, как пахотных горизонтов, так и экологией окружающей среды в целом. Неумеренное применение пахотных плугов, многократные проходы по полю разнообразных тракторных агрегатов приводят к смыву и выдуванию плодородного слоя почвы, загрязнению водоемов остатками удобрений и химикатов [5]. Кроме того, сама по себе механическая обработка имеет двойственный характер — и почвообразующий и почворазрушающий. Поэтому почвозащитные меры должны учитываться при использовании любых технологий обработки почвы, в том числе и при глубоком рыхлении.

Дренаж находится между водным хозяйством, почвоведением и сельским хозяйством, с одной стороны, и строительной и машинной техникой — с другой. В области мелиорации проводятся постоянные поиски экономически и экологически оправданных решений. Различают засоление почв в естественных условиях, или первичное за-

соление, и засоление в искусственных условиях, или вторичное засоление. Последнее происходит при орошении, если оросительная система не имеет удовлетворительного дренажа. Внедрение интенсивных технологий с использованием энергонасыщенных и тяжелых агрегатов увеличило уплотнение почвогрунтов и ускорило образование почвенной уплотненной подошвы.

Выше изложенное применительно к теме данного исследования, относящегося к области производственной эксплуатации машин, ставит две основные задачи: условиях дефицита техники для осуществления технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции приобретением машин необходимо решить на основе научно-обоснованным путем; освоение сельхозпроизводителями прогрессивных технологий производства продукции.

Данное исследование проведено с целью разработки теоретических основ и методов повышения эффективности производства хлопчатника в условиях рынка за счет выбора рациональных форм использования техники.

Для удовлетворения изложенных требований нами были разработаны специальные, универсальные рыхлители-кротователи новой конструкции [1,3], защищенные авторским свидетельством № 1751263. Эта универсальная конструкция может работать как глубокорыхлитель, так и нарезчик аэрационного дренажа (АД).

Таким образом, новая конструкция АД, технология и средства его нарезки позволили обеспечить оптимальный водно-воздушный режим почвы. При этом значительно улучшается экологическая обстановка, сокращается поливная и промывная норма до 30%, предотвращаются повышения уровня грунтовых вод и процесс засоления [2]. Экономическая эффективность может быть определена по трем основным составляющим: экономическая эффективность от применения новой конструкции АД и технологии его нарезки; экономическая эффективность от при-

бавки урожая сельскохозяйственных культур; экономия промывной и поливной воды [4].

Выводы

1. В результате орошения и воздействия тяжелой сельскохозяйственной техники наблюдается чрезмерное уплотнение подпахотного слоя почвы до 1,5–1,9 г/см³, что оказывает негативное влияние на ее водно-физические свойства и снижению продуктивности орошаемого гектара.
2. Глубокое рыхление уплотненных почв до 50 см обеспечивает снижение плотности подпахотного слоя с 1,5–1,6 до 1,2–1,3 г/см³, повышение скважности на 30%, понижение температурного режима взрыхленного слоя на 20–25%, что способствует мощному формированию корневой системы хлопчатника, а также способствует аккумуляции влаги, повышая её содержание в горизонте 10–60 см на 56,5%.
3. Предложены зависимости и получены экспериментальные подтверждения расчета новой конструкции нарезки АД, позволяющие повысить эффективность и срок службы кротовин до 4 лет.
4. Разработана методика выбора рациональной области использования нарезки АД и оптимизации основных параметров кротователей.
5. Сформулированы основные агротехнические требования к конструкции и технологии устройства АД на староорошаемых грунтах аридной зоны.
6. Установлено, что глубокое рыхление способствует снижению температуры почвы в слое 10–55 см, в среднем на 2,5°C, что создает хорошие условия для роста и развития корневой системы и обеспечивает повышение урожайности хлопчатника, в среднем на 35 процентов.
7. Установлено, что по эксплуатационным затратам на 1 га усовершенствованный глубокорыхлитель кротовательного типа НАД-2–60 по расходам горючее на 27% экономичнее по сравнению с рыхлителем ГРН-60.
8. Оценено применение глубокого рыхления (до 60 см) усовершенствованным глубокорыхлителем и кротователем НАД-2–60 в качестве основной обработки орошаемых земель под хлопчатника. Прибыль при возделывании хлопчатника по рыхлению в среднем в 1,3 раза превышает, чем при обычной обработки.
9. Разработана технологическая схема и создано машин с комбинированными рабочими органами, обеспечивающее заданный уровень качественных показателей обработки за один проход. Одним из способов снижения энергоемкости глубокого рыхления и кротования тяжелых почвогрунтов является использование конструкции рабочих органов, обеспечивающих различные виды деформаций почвы.
10. При использовании теории Кулона-Мора дополнительно учитывалось сопротивление почвы вдавлению режущей кромки лемеха рабочего органа, которое составляет 20–25% общего сопротивления резанию.

11. Для экспериментально-теоретического изучения напряженно-деформированного состояния почвы в зоне контакта с почворежущим инструментом, который позволяет после качественной расшифровки интерференционных полос получить эпюру давления почвы (кротовин).

12. Агротехническая и энергетическая эффективность рыхления зависит от формы и параметров стоек, кротователей и схемы расстановки рабочих органов на раме. Полнота рыхления рабочих органов без кротователей при ширине долота 0,12–0,20 м изменяется от 0,35 до 0,45; установка кротователей увеличивает площадь рыхления на 20–25%, а полнота рыхления достигает 0,6–0,7, что вполне удовлетворяет агротехническим требованиям.

13. С увеличением ширины долота и установки кротователей устойчивость хода глубокорыхлителя по глубине повышается. Увеличение рабочей скорости с 1,5 до 2,4 м/с практически не влияет на величину зоны рыхления, но при этом интенсивно растет сопротивление рабочего органа.

14. Определение силовых характеристик рабочих органов показало, что при рыхлении на глубину 0,5–0,6 м сопротивление одного рабочего органа при полублокированном резании составляет от 16 до 19 кН.

15. Увеличение ширины долота с 0,1 до 0,20 м приводит к увеличению зоны рыхления на 41%, при этом удельное сопротивление увеличивается только на 15,2%, что свидетельствует о целесообразности увеличения зоны рыхления за счет применения кротователей.

16. Расход топлива, отнесенный к показателю полноты рыхления, имеет прямую зависимость от ширины долота, однако, рабочий орган с двухъярусным расположением долот имеет менее интенсивный рост.

1. При работе опытный образец с трактором Claas при глубине рыхления почвы 0,5–0,6 м и рабочей скорости 1,75 м/с, расход топлива 39,9 кг/га.

17. Испытаниями установлено, что рабочие органы с двухъярусным расположением долот по сравнению с серийными обеспечивают: с трактором Claas — повышение производительности на 10,9%, снижение расхода топлива на 25,9%, увеличение полноты рыхления на 30%; с трактором John-Deer: повышение производительности на 11,5%; снижение расхода топлива на 27%, увеличение полноты рыхления на 21%.

18. Установлена закономерность изменения плотности, влагоемкости и фильтрационных свойств почвогрунтов в процессе нарезки АД. Определено влияние НАД-2–60 на изменение плотности почвы, ее водного и температурного режимов.

19. Разработана технология устройства АД с применением принципиально нового способа и конструкции нарезки кротовин, основанного на протаскивании ступенчатого пассивного ножа с двумя параллельно установленными остроусеченными дренами, размещенными скосами друг к другу и жестко соединенными между собой.

20. Разработана методика выбора рациональной области использования АД и оптимизации основных пара-

метров кротователей. Технико-экономическая польза: легкий на 30–40%, по итогам научных исследований пол- ностью установлено, что с понижением уровня подпоч- венных вод предотвращается вторичное засоление почвы.

Литература:

1. Войтович, И. В., Данатаров А. Оптимизация параметров рабочих органов кротователей. — В сб. научных трудов Гидротехника и мелиорация на Украине. вып. 3. — Киев 1994.
2. Данатаров, А. Об экологической напряженности в аридной зоне. //Тезисы докладов Межд. научной конференции (16–17 сентября 1993). Экологические проблемы при орошении и осушении: часть I. — Киев 1993.
3. Данатаров, А. Устойчивость кротовых дрен. — В сб. научных трудов Гидротехника и мелиорация на Украине. вып. 3. — Киев 1994.
4. Данатаров, А., Сапаров, К. Б. Устройство аэрационного дренажа в аридной зоне. Мелиорация и водное хозяйство. Международный научный журнал № 2. Москва. 1994.
5. Данатаров, А., Худайберенов М. Ч., Атаманов Б. К вопросу изучения опреснительной и очистительной способностей ВВР. Тезисы докладов международной конференции. «Мировой опыт и передовые технологии эффективного использования водных ресурсов» 2–4 апреля. Ашгабат. 2010.

Technical requirements to the working agent for flooding on the deposit Alibekmola

Орынбасар Райгуль Орынбасаркызы, кандидат химических наук;

Котик Елена Петровна, старший преподаватель;

Кошкинбаев Ахат Кадиржанович, студент

Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова (Казахстан)

Flooding of the pay zones on the deposit Alibekmola is proposed using two sources of water supply:

- artesian water from the Albian-Cenomanian complex;
- formation wastewaters.

The main technical requirements on the working agent for flooding are:

- retention of stable injectivity of the injection wells;
- prevention of complications during operation of the injection wells owing to encrustation of the underground equipment with inorganic salts;
- prevention of corrosion wear of the water lines of the reservoir pressure maintenance system and the well equipment;
- prevention of vitality of sulfate-reducing bacteria in the bottom-hole zone of the injection wells.

Based on data of the technical requirements, the requirements on quality of treatment of the injection waters are formulated.

Treatment of the injection waters is based on technical solutions ensuring retention of stable injectivity of the injection wells.

The given technical solutions are based on substantiated requirements on quality of the injection water, especially quality of the formation wastewaters relative to admissible content of emulsified crude and mechanical impurities.

Prevention of salt deposits is achieved by selecting the source of water supply. Technical water of the chosen source of the water supply is chemically compatible with the formation waters, for which reason complications in operation of the injection wells from salt deposits are not expected.

Suppression of vitality of sulfate-reducing bacteria, the result of which is the appearance of biogenic hydrogen sulfide in the production wells, is not an important task in equipping the deposit Alibekmola, since the content of hydrogen sulfide in the produced crude significantly exceeds the amount that forms during developing of sulfate reduction.

The requirements on water quality used for flooding are imposed according to a broad spectrum of indices.

The requirements on water quality according to the indices are based on data on the physical and hydrodynamic characteristics of the pay zone. The most important information is information on the lithological characteristics of the pay zones, porosity, permeability and also development of fracturing.

The pay zones (KT-II-1 and KT-II-2) are composed of limestones with interlayers of dolomite, clay, rarely conglomerates. The oil reservoirs are limestones and dolomites.

The limestones are nonuniformly porous, fractured and stylolitized, rarely silicified and dolomitized in individual interlayers.

The cement is contact cement of the pore type represented by fine-crystalline calcite, rarely anhydrite.

Open pores are complicated by leaching out to formation of fine caverns. The pores are often connected by thin channels between forms.

Fracturing is confined to the dense rock interlayers. Open cracks are uneven, often weakly tortuous, enclosing shaped residues, lithogenic with an openness of 5–30 μm, sometimes complicated by leaching cavities and oriented parallel to the rock bedding or at an angle of about 30°. The hori-

zontal cracks are positioned in interlayers en echelon at a distance of 0.5–5 cm from each other. The walls of the cracks are uneven. Open cracks situated perpendicular to the bedding are rarely encountered.

The dolomites are fine-crystalline, secondary, composed of crystals of rhombohedral and irregular shape, darkened by pelitic material. The porosity is uneven. The shape of the pores is angular, irregular with sometimes rounded corners. The pore size is 0.02–0.35 mm.

Quantitative evaluation of the fracturing parameter showed that the capacity of the fractures is insignificant and amounts to a hundredth to a tenth of a percent. For formation KT-II-1, the openness of the fractures is 15–20 μm, for formation KT-II-2, the openness of the fractures is 5–30 μm.

As mentioned above, fracturing is confined to the consolidated rock interlayers. A porous-fractured type of reservoir is characteristic of these rocks. There are no fractures in the effective interlayers and leaching pores are present in the reservoirs of the pore type. The average permeability for formation KT-1 is 0.0176 μm², for formation KT-II-1 0.008 μm², for formation KT-II-2 0.0105 μm².

Under conditions when the effective thicknesses of the objects are very significant, as is observed in Alibekmola, the errors in determining the permeability coefficient can be very high. Core data apparently give understated permeability values. Although fracturing of the reservoir is relatively limited, the presence of fractures has nevertheless been established and although they are insignificant, they do increase the permeability of the reservoir. An indirect indication of

the effect of fractures on the increase in rock permeability of the reservoir are the results of determination of the productive characteristics of the wells, which are relatively high. Thus, the average specific productivity factor was 0.339 for formation KT-1, 0.548 for formation KT-II-1 and 0.261 m³/day · MPa · m for formation KT-II-2. Thus, from the results of investigation of the reservoir properties of the pay zones of the Alibekmola field, the latter are assigned to the porous-fractured type of reservoir rock.

According to RDS 39–01–041–81, the following standard indices are established for this type of reservoir in terms of content:

- crude to 15 mg/L;
- mechanical impurities to 15 mg/L.

The dispersity of the particles in the injection water should not exceed 10 μm.

In the formation wastewater arriving in the reservoir pressure maintenance system, free hydrocarbon gas should not be present and the oxygen content according to the standard OST 39–225–88 must not exceed 0.5 mg/L.

According to the requirements on the working agent for flooding, the process and the equipment used to accomplish it must ensure production of degassed formation wastewater that is stable in chemical compositions, containing no more than 15 mg/L crude and 15 mg/L mechanical impurities. Moreover, the water after purification and treatment must contain no more than 0.5 mg/L oxygen and have low corrosion activity (less than 0.1 mm/year).

Consider the technological option (Figure 1) that meets the requirements listed above.

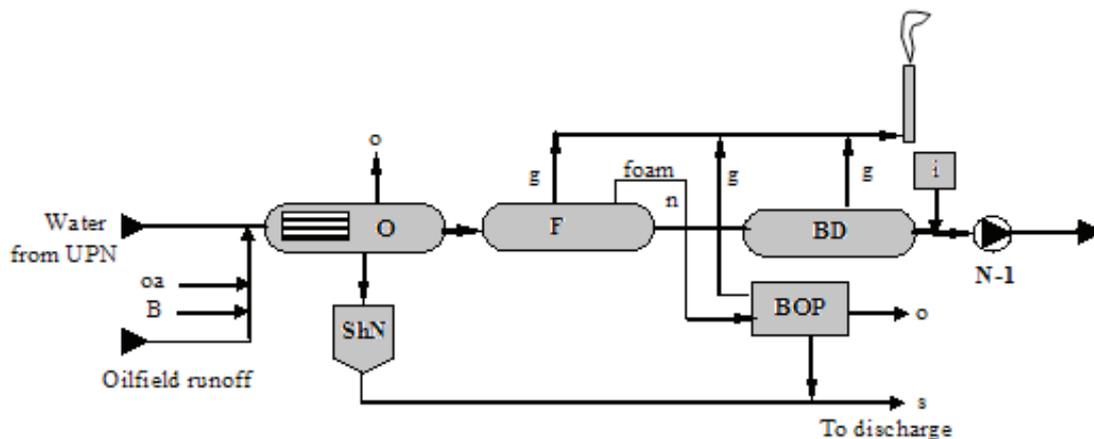


Fig. 1. Flow chart of full treatment of wastewater based on equipment from the Petreco Co: O – ribbed settling tank; F – flotation device; BD – buffer-degasser; N-1 – pump; BOP – foam treatment unit; ShN – sludge accumulator; g – gas; o – crude; s – sludge; i – corrosion inhibitor; k – oxygen absorber; B – bactericide

The formation wastewater from the UPN together with the oilfield runoff, treated with an oxygen absorber and bactericide, goes to the first purification stage, the pressurized settling tank O. Passing through the settling tank, the water is sent to the second purification stage — flotation device F in which turbulent flotation with hydrocarbon gas is carried out.

The purified water passing through the buffer-degasser BD is fed by pump N-1 to the flooding system. The corrosion inhibitor is fed to the intake of pump N-1.

The crude trapped in the settling tank O is returned to the UPN and the mechanical impurities that settle on the bottom of the settling tank (oil sludge) go to the sludge accumulator.

The foam trapped in the flotation device F is withdrawn to the foam treatment unit BOP where it is separated into crude, gas and oil sludge. Gas from the flotation device, the foam treatment unit and the buffer-degasser are flared, the crude from the foam treatment unit are returned to the UPN and the sludge from the sludge accumulator ShN and the foam treatment unit BOP are periodically removed for disposal.

In an installation for purification of formation waste-water according to this option, it is possible to guarantee that the requirements on water quality used in flooding will be achieved.

However, in designing this variant, attention must be focused on the technical solutions for treatment and utilization of the foam sludge.

References:

1. Уточненная технологическая схема разработки месторождения Алибекмола. ТОО НИИ «Каспиймунайгаз», ЗАО «КОНКОРД» Договор № 04TD01Ук7–101/ДГРг. Атырау, 2008
2. Проект пробной эксплуатации нефтегазового месторождения Алибекмола. Отчет ЗАО «НИПИнефтегаз». Договор 43/2000. Актау, 2001.
3. Сазонов Б. Ф. О влиянии совместной разработки продуктивных пластов на эффективность разработки нефтяных залежей на примере Мухановского месторождения. Материалы научно-практической конференции. ЦКР 6–8 апреля 1999 г. Москва, с. 94–100.
4. ОСТ 39–228–89 Оценка совместимости закачиваемой воды с пластовой водой и породой продуктивного пласта.
5. ТЭО целесообразности разработки нефтяного месторождения Алибекмола республики Казахстан. ВНИИ-ОЭНГ, Москва, март 1996 г.
6. Методика определения химической совместимости пластовых вод нефтяных месторождений Волго-Уральского района (для условий сбора, подготовки и утилизации) РД 39–30–1214–84.
7. Определение химической совместимости пластовых вод нефтяных месторождений. Методическое руководство. Куйбышев, 2004 г.

Графо-аналитический метод определения линии общего уклона плоской кривой

Хаитов Бафо Усманович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник-соискатель Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье предлагается графо-аналитический метод определения линии общего уклона для профильного сечения рельефа. На основе линии общего уклона в задачах инженерной подготовки территорий, можно выбрать оптимальную проектную поверхность вертикальной планировки.

In article is offered grafo-analytical method of the determination of lines of the general slope for contour of profile of section of the relief. On base of the lines of the general slope in problem of engineering preparation territory, possibly choose the optimum design surface of the vertical planning.

В задачах инженерной подготовки территорий первоначально разрабатывается проект вертикальной планировки. На основе предварительно выбранной проектной поверхности производится трансформация рельефа местности по условиям и требованиям целевого проекта — строительство аэродромов и спортивных сооружений, промышленных и гражданских сооружений, авто- и железнодорожных коммуникаций и т.д. Вертикальная планировка подразумевает: повышение эксплуатационных качеств аэродромов [1; ст. 5–6]; создание необходимых условий для осуществления строительства зданий и сооружений с отводом поверхностных вод с территории [2;

ст. 21–22]. Проекты дорожных коммуникаций налагают иные условия — зависимость продольных и поперечных уклонов от скоростей движения и продольного уклона не превышающих 20–30% [3; ст. 30–46]. Конечно, в инженерной подготовке территорий учитываются геоморфологические, геологические, гидрогеологический, гидрологический факторы [4], но вопрос в том, насколько обоснованно учитываются эти факторы. Если учитывать все естественно возникает новый аспект — инженерно-экономический.

Современный уровень развития техники и технологий позволяет использовать под застройку различные терри-

тории и регионы, но пренебрежение природных условий, нарушение биологического баланса зачастую приводит к техногенным, необратимым катаклизмам с которыми мы нередко встречаемся на практике.

На сегодняшний день, как и в других областях науки и производства так и в задачах инженерного проектирования также востребованы энерго и ресурсосберегающие технологии. Современная практика инженерной подготовки и благоустройства территорий становится более направленной на сохранение и единства природного и биологического баланса независимо от капитальных затрат. Становятся востребованными разработка теоретических основ геометрического моделирования рельефа для задач инженерной подготовки территорий.

Особый интерес вызывает задача определения естественного продольного уклона территории по профильному сечению рельефа. Имеются теоретические подходы к определению линии общего уклона кривой для четного количества входных данных [5,6]. Так как входные данные выбираются дискретно можно решить задачу линии общего уклона плоской кривой методом конечных разностей [4; ст. 61]. Рассмотрим решение задачи с четным количеством данных более подробно, для полного представления сути поставленной задачи.

$$i = |Z_1; Z_2; \dots; Z_n|; Z_n \text{ — четная.}$$

где: i — кривая;

Z — дискретные данные кривой.

При условии $\Delta x = x_n - x_{n-1} = const.$, построим плоскую кривую (рис.1)

Среднее значение высот равно:

$$\Delta Z = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{n-1} + Z_n}{n}; \text{ или } \Delta Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n}; \quad (1)$$

Среднее значение ΔZ принадлежит искомой прямой и расположена на расстоянии $L/2$ (рис.1). Достаточно найти еще одну точку N или M по средним значениям высот в промежутках $L/2$.

$$N = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + \lim \Delta Z}{\Delta X / 2};$$

$$\text{или } M = \frac{\lim \Delta Z + \dots + Z_{n-1} + Z_n}{(X_n - \Delta X) / 2}. \quad (2)$$

Точка N или M расположена на расстоянии $L/4$ (рис.1). Любая пара найденных точек $N, \Delta Z$ или $\Delta Z, M$ будет принадлежать единственной прямой.

При определении линии общего уклона с нечетным количеством данных, также по уравнению (1) определяется среднее значение высот — ΔZ и располагается на расстоянии $L/2$ (рис.2). Для определения последующих точек N или M следует также определить среднее значение с учетом некоторых преобразований:

$$N = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + \Delta Z_2}{\Delta X / 2};$$

$$\text{или } M = \frac{\Delta Z_2 + \dots + Z_{n-1} + Z_n}{(X_n - \Delta X) / 2}; \quad (3)$$

$$\text{где: } \Delta Z_2 = \frac{\Delta Z + Z_k}{2};$$

Таким образом, графо-аналитический метод определения линии общего уклона кривой способствует автоматизацию процесса проектирования в САПР с учетом теоретически обоснованных вариантов выбора оптимальных решений.

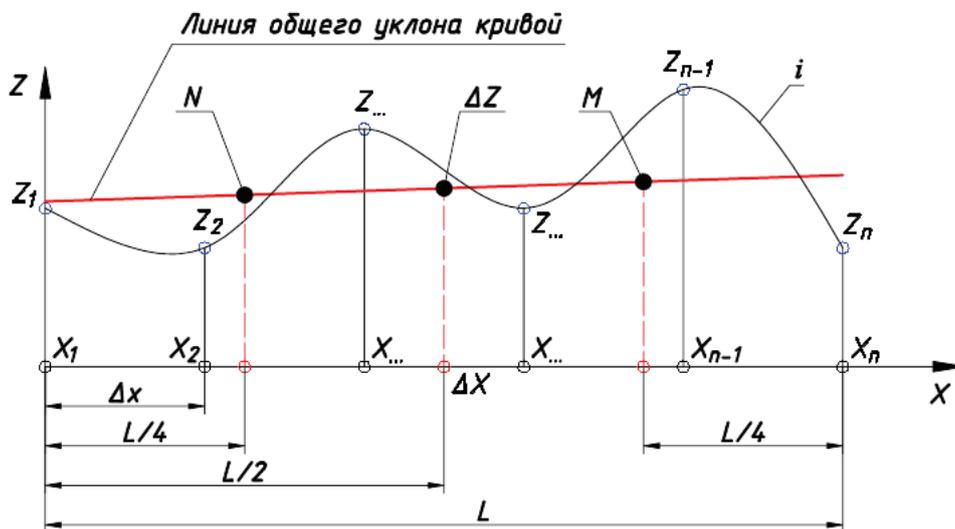


Рис. 1. Линии общего уклона кривой с четным количеством данных

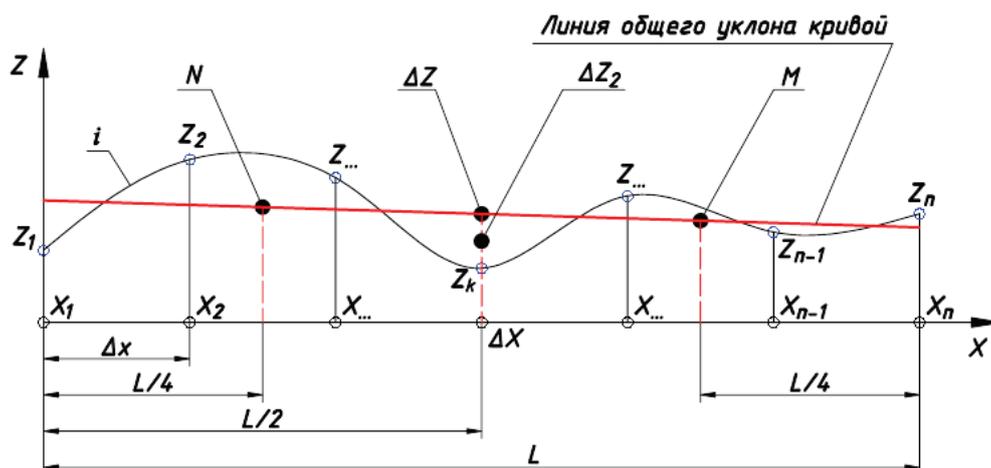


Рис. 2. Линии общего уклона кривой с нечетным количеством данных

Литература:

1. Блохин, В. И. Вертикальная планировка аэродромов. — М.: Транспорт, 1978. — 136 с.
2. Каплан, Л. З. Инженерная подготовка территории строительства. — М.: Госстройиздат, 1961. — 155 с.
3. Владимиров, В. В. и др. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий. — М.: Архитектура-С, 2004. — 240 с.
4. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический / под ред. А. А. Уманского. — М.: Госстройиздат, 1960. — 1041 с.
5. Кучкарова, Д. Ф., Хаитов Б. У. Об одном геометрическом методе построения проектной поверхности в САПР AutoCAD // Современное состояние, развитие инженерной геометрии и компьютерной графики в условиях информационных и компьютерных технологий: Материалы международной научно-методической конференции. — Алматы: КазНТУ, 2011. — с. 33–40.
6. Хаитов, Б. У. Об одном геометрическом методе определения линии общего уклона плоской кривой // Молодой ученый. — Казань, 2015. — № 10 (90). — с. 340–342.

Научное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

III Международная научная конференция

Чита, 2016 г.

Сборник статей

Материалы печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *М.В. Голубцов*

Издательство «Молодой ученый»

Подписано в печать 24.04.2016. Формат 60x90 ¹/₈.

Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 12,83. Уч.-изд. л. 17,85. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый»
420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.