

VI Международная научная конференция

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Санкт-Петербург

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, Т. К. Абдрасилов, 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, Р. М. Искаков, К. К. Калдыбай, А. А. Кенесов, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, В. М. Кузьмина, К. И. Курпаяниди, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, Т. В. Матроскина, Е. В. Матвиенко, М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Б. Ж. Паридинова, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин, А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, М. С. Федорова, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова

Руководитель редакционного отдела: *Г. А. Кайнова*

Ответственный редактор: *Е. И. Осянина*

Международный редакционный совет:

З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), К. М. Ахмеденов (Казахстан), 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), Р. М. Искаков (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия), А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева (Россия), Е. П. Колпак (Россия), А. Н. Кошербаева (Казахстан), К. И. Курпаяниди (Узбекистан), В. А. Куташов (Россия), Кыят Эмине Лейла (Турция), 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. Узиков (Узбекистан), М. С. Федорова (Россия), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан), А. Хоссейни (Иран), К. Шарипов (Казахстан), З. Н. Шуклина (Россия)

Технические науки: проблемы и перспективы: материалы VI Междунар. науч. конф
Т38 (г. Санкт-Петербург, июль, 2018 г.). — СПб. : Свое издательство, 2018. — iv, 62 с.
ISBN 978-5-4386-1442-5

В сборнике представлены материалы VI Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы».

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

УДК 62(01)
ББК 30

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Галкина М.В.

Ранжирование угроз информационной безопасности на основе принципа Парето 1

Денисенко А.А.

Восстановление смазанных изображений в условиях ограниченных ресурсов на мобильных платформах 5

Коновалов М.В.

Big Data. Особенности и роль в современном бизнесе 8

Прошкина Е.Н.

Анализ моделей информационных процессов мониторинга и сбора статистики по решаемым в компании задачам 10

Рогова О.С., Юрьев Д.Р.

Определение воздействия внутренних и внешних угроз на информационную систему персональных данных с помощью построения математической модели 15

Топорин М.А.

Безопасность данных. Основные проблемы и методы их решения 16

Усмонов М.С., Тохирова Ч.

Интеллектуальные системы анализа изображений 19

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Аксаятов М.Х., Егорова Е.В., Рыбаков А.Н.

Применение многоуровневой фрактальной модели для задач тематической обработки данных 21

Пешкин А.М., Грязнов Д.А.

Оценка эффективности использования сигнально-кодовых конструкций на примере технологии DVB-T2 24

Чигуров И.О., Царев В.А., Ливчина А.В.

Исследование многомодового режима взаимодействия электронов с СВЧ-полем в однозачорных резонаторах для приборов клитронного типа 27

АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Силаев А.А., Семенов А.В.

Разработка автоматизированной системы управления подогревателем нефти ПТБ-10Э 32

ЭНЕРГЕТИКА

Антонова Е.О., Колчин В.С., Колчин Ю.С.

Повышение производительности камеры акклиматизации ЦСП без увеличения мощности установки ... 35

Руди Д.Ю., Коровин Д.А.

Исследование коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в распределительных сетях низкого напряжения 38

МЕТАЛЛУРГИЯ

Сомонов В.В.

Прямое лазерное выращивание из титановых сплавов: сравнение методов получения изделий из порошка и проволоки 44

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ефремов А.В.

Исследование акустических характеристик генератора Гартмана50

ТРАНСПОРТ

Кокотчиков М.А., Семенов Д.Ю.

Конкурентоспособность станций технического обслуживания на рынке услуг56

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Онаев М.К., Конашева Е.А., Наурзбекова А.Ж.

Решение проблемы высокого дефицита продукции йода путем извлечения ее
из поликомпонентных вод58

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Ранжирование угроз информационной безопасности на основе принципа Парето

Галкина Мария Викторовна, студент
Оренбургский государственный университет

Стремительное развитие и усложнение информационных технологий проблема защиты информации приобретает всё большее значение. Как внутренние, так и внешние угрозы могут приводить к потере важных данных, финан-

совых убытков, ухудшению имиджа компании и т.д. На рисунке 1 представлены статистические данные американской исследовательской компании Javelin Strategy & Research за 2012–2017 года [1].

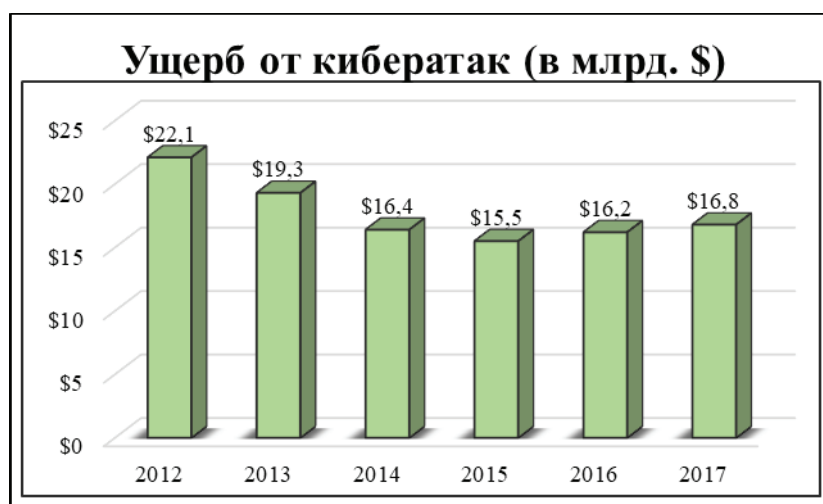


Рис. 1. Финансовые потери от кибератак в мире за 2012–2017 гг.

Из вышесказанного следует вывод о необходимости использования различных методик для повышения эффективности обеспечения информационной безопасности.

Так как данная тема, в наше время, является актуальной, все большее количество людей старается разобраться в данном вопросе и предложить свои варианты выбора определения наиболее важных угроз.

В статье Александра Бондаренко [2] рассмотрены 5 основных мероприятий, позволяющих обеспечить базовый уровень защиты информации.

На посвященном информационной безопасности портале «Security Lab» опубликована статья от компании «SearchInform» [3], посвященная применению принципа Парето в информационной безопасности. В статье предполагается, что «80% утечек информации — случайные, а 20% — умышленные».

На портале академии народного хозяйства при правительстве РФ размещен журнал школы IT-менеджмента, где опубликована статья Голубева С. В. [4], где рассмотрен «Менеджмент информационной безопасности на примере

организации ООО «Компания РАН»». С помощью принципа Парето в данной статье был предложен требуемый уровень безопасности для организации ООО «Компания РАН», то есть с минимальными инвестициями был достигнут максимальный результат.

Главным достоинством данных работ является то, что они описывают широкий диапазон угроз по типу и времени. Однако, в ряде задач было необходимо систематизировать и выявить изменение характера угроз на текущий момент времени.

Целью исследования является анализ и выявление актуальных угроз информационной безопасности на текущий момент по данным современных изданий и Интернет-ресурсов.

Для достижения цели в работе поставлены следующие задачи:

1. Провести сбор информации оценочных потерь от различных типов угроз

Group-IB — одна из ведущих международных компаний по предотвращению и расследованию киберпреступлений

и мошенничеств с использованием высоких технологий. С 2003 года данная организация выпускает ежегодный отчет на тему тенденций развития технологических преступлений. В состав отчета входит оценка рынка высокотех-

нологических преступлений. Таким образом, на таблицах 1–4 представлены статистические данные финансовых потерь от кибератак в России и СНГ за 2014–2017 гг. соответственно [5,6].

Таблица 1

Оценка российского рынка хищений денежных средств посредством высокотехнологических атак за 2014 г.

№ п/п	Факторы	Вклад фактора, руб.	Доля фактора (%)	Данные Парето (%)
1	Хищения в интернет-банкинге у юридических лиц с использованием вредоносных программ	8 127 000 000	82,87	82,87
2	Целевые атаки на банки	1 360 000 000	13,87	96,74
3	Хищения в интернет-банкинге у физических лиц с использованием вредоносных программ	214 000 000	2,18	98,92
4	Хищения у физических лиц с Android-тремями	106 000 000	1,08	100,00
Сумма, руб.		9 807 000 000		

Таблица 2

Оценка российского рынка хищений денежных средств посредством высокотехнологических атак за 2015 г.

№ п/п	Факторы	Вклад фактора, руб.	Доля фактора (%)	Данные Парето (%)
1	Хищения в интернет-банкинге у юридических лиц с использованием вредоносных программ	1 912 320 018	72,18	72,18
3	Целевые атаки на банки	637 999 974	24,08	96,26
4	Хищения у физических лиц с Android-тремями	61 004 991	2,30	98,56
5	Хищения в интернет-банкинге у физических лиц с использованием вредоносных программ	38 096 976	1,44	100,00
Сумма, руб.		2 649 421 959		

Таблица 3

Оценка российского рынка хищений денежных средств посредством высокотехнологических атак за 2016 г.

№ п/п	Факторы	Вклад фактора, руб.	Доля фактора (%)	Данные Парето (%)
1	Целевые атаки на банки	2 500 000 000	65,60	65,60
3	Хищения в интернет-банкинге у юридических лиц с использованием вредоносных программ	956 160 000	25,09	90,68
4	Хищения у физических лиц с Android-тремями	348 600 000	9,15	99,83
5	Хищения в интернет-банкинге у физических лиц с использованием вредоносных программ	6 424 200	0,17	100,00
Сумма, руб.		3 811 184 200		

Таблица 4

Оценка российского рынка хищений денежных средств посредством высокотехнологичных атак за 2017 г.

№ п/п	Факторы	Вклад фактора, руб.	Доля фактора (%)	Данные Парето (%)
1	Целевые атаки на банки	1 630 000 000	52,75	52,75
3	Хищения у физических лиц с Android-троянами	821 700 000	26,59	79,35
4	Хищения в интернет-банкинге у юридических лиц с использованием вредоносных программ	622 500 000	20,15	99,49
5	Хищения в интернет-банкинге у физических лиц с использованием вредоносных программ	15 687 000	0,51	100,00
Сумма, руб.		3 089 887 000		

Данная статистика позволяет увидеть тенденцию развития не только угроз информационной безопасности, но и повышения эффективности средств защиты информации.

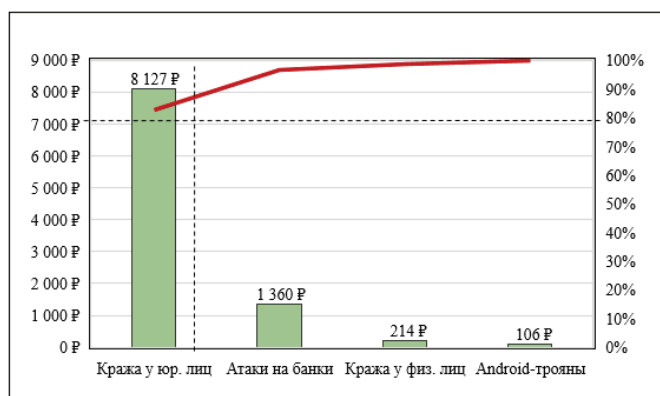
Принцип Парето лучше всего просматривается, когда он применяется к большой выборке данных. Таким образом, перед специалистом стоит задача сформировать как можно больший размер выборки уязвимостей в течение большого промежутка времени, чтобы получить наиболее полезные результаты. Но для того, чтобы ди-

аграмма Парето была более понятной, все уязвимости стоит сократить до их основных классов.

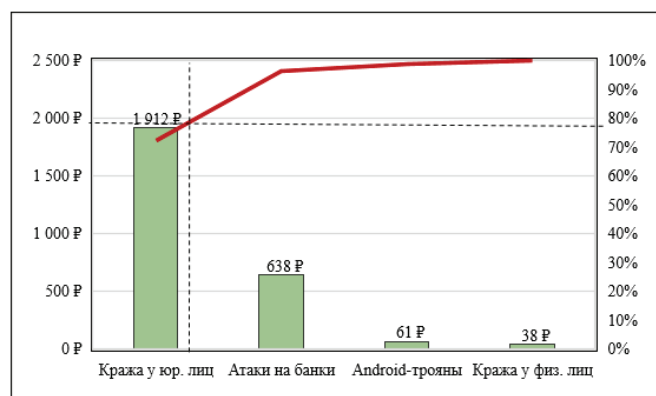
2. Провести обработку информации оценочных потерь от различных типов угроз

Диаграмма, визуально сравнивает каждую классификацию с другой, с точки зрения процента от общего числа, и выделяет откуда происходит 80% нарушений.

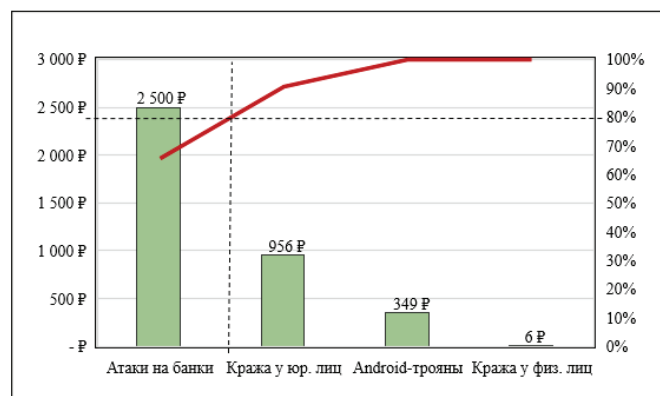
Для того, чтобы определить наиболее важные угрозы к представленным данным был применен принцип Парето и построены соответствующие диаграммы (рисунок 2).



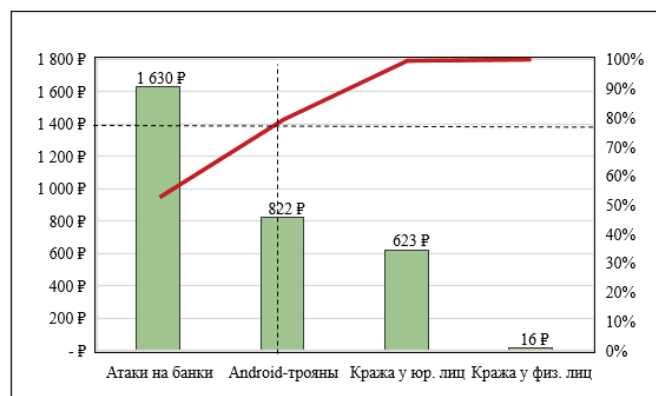
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Диаграммы Парето для 2014–2017 гг.: а) Диаграмма Парето за 2014 г. (в млн руб.), б) Диаграмма Парето за 2015 г. (в млн руб.), в) Диаграмма Парето за 2016 г. (в млн руб.), г) Диаграмма Парето за 2017 г. (в млн руб.)

3. Провести анализ на основе обработанных данных

Исходя из представленных данных с помощью принципа Парето были получены следующие результаты:

— на момент 2014 года кибератаки, связанные с хищениями в интернет-банкинге у юридических лиц с использованием вредоносных программ, принесли самые большие финансовые убытки;

— на момент 2015 года кибератаки, связанные с хищениями в интернет-банкинге у юридических лиц с использованием вредоносных программ, продолжили тенденцию предыдущего года и так же принесли самые большие финансовые убытки;

— на момент 2016 года кибератаки, связанные с целевыми атаками на банки, увеличились на 291.85% и принесли самые большие финансовые убытки;

— на момент 2017 года кибератаки, связанные с целевыми атаками на банки, уменьшились на 34.8%, а кибератаки, связанные с хищениями у физических лиц с Android-троянями увеличились на 135.71% и эти два фактора принесли самые большие финансовые убытки.

Большинство организаций имеют очень мало времени и денег, отведенных на вопросы по безопасности. Таким образом, использование диаграммы Парето может помочь направить ограниченные ресурсы для того, чтобы организовать наибольшую отдачу. На данных примерах показано, что пользователи должны быть как можно лучше осведомлены о последствиях нарушений, а также, необходимо внедрение средств защиты информации для предотвращения нарушений.

Преимуществом данного проекта является то, что в ряде задач было необходимо систематизировать и выя-

вить изменение характера угроз информационной безопасности на текущий момент.

Несомненно, при сосредоточивании только на определенном малом количестве угроз существует риск упущения некоторых не менее важных нарушений.

На примере ранее приведенных таблиц и диаграмм можно определить, что угроза хищения в интернет-банкинге у физических лиц с использованием вредоносных программ составляет от 0.51 до 2 процентов в год. Однако, данный фактор может являться случаем промышленного шпионажа или раскрытия коммерческой тайны. В таком случае, нанесенный ущерб мог бы превысить сумму ущерба от всех остальных нарушений.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что специалисты по информационной безопасности сталкиваются со все более большим и сложным массивом информации в своей работе. Принцип Парето является одним из инструментов определения того, где сосредоточить свои ограниченные ресурсы.

Также важным этапом является повторное применение принципа Парето через регулярные промежутки времени. После внесения изменений, основанных на выводах принципа Парето, важно повторно применить данный закон через определенный период времени, чтобы убедиться, что изменения вступили в силу. Даже если изменения не были реализованы, всегда есть вероятность, что с течением времени данные будут меняться. Изменение данных может быть связано с различными факторами, такими как: появление новых угроз, появление новых систем в сети, смещения количества сотрудников предприятия.

Литература:

1. Identity Fraud Hits All Time High With 16.7 Million U. S. Victims in 2017, According to New Javelin Strategy & Research Study [Электронный ресурс] — режим доступа: <https://www.javelinstrategy.com/press-release/identity-fraud-hits-all-time-high-167-million-us-victims-2017-according-new-javelin> (дата обращения: 11.05.2018);
2. Александр Бондаренко. Закон Парето и информационная безопасность [Электронный ресурс] — режим доступа: <https://www.securitylab.ru/blog/personal/secinsight/20950.php> (дата обращения: 01.05.2018);
3. SearchInform. Принцип Парето в ИБ [Электронный ресурс]. — режим доступа: <https://www.securitylab.ru/blog/company/securityinform/148414.php> (дата обращения: 01.05.2018);
4. Голубев С.В. Менеджмент информационной безопасности на примере организации ООО «Компания РАН» [Электронный ресурс]. — режим доступа: <http://journal.itmane.ru/node/769> (дата обращения: 11.05.2018);
5. Расследование киберпреступлений Group-IB [Электронный ресурс] — режим доступа: <http://docplayer.ru/26132394-Rassledovanie-kompyuternyh-prestupleniy.html> (дата обращения: 18.05.2018);
6. Group-IB Hi-Tech Crime Trends 2017 [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://www.pacifica.kz/upload/Group-IB_Hi-Tech_Crime_Trends_2017.pdf (дата обращения: 18.05.2018);

Восстановление смазанных изображений в условиях ограниченных ресурсов на мобильных платформах

Денисенко Алексей Александрович, студент магистратуры
Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого (Украина)

В работе решается задача восстановления смазанных изображений с использованием алгоритмов восстановления изображений в условиях ограниченных ресурсов на мобильных платформах.

Ключевые слова: восстановление, цифровые изображения, Слепая деконволюция, размытие, смазывание.

In this paper, the image deblurring problem is solved using image recovery algorithms in conditions of limited resources on mobile platforms.

Key words: restoration, digital images, Blind deconvolution, blur

Исправление искаженных фотографий является очень интересной и важной проблемой в ряде задач обработки изображений. Мы будем рассматривать размытие изображений в результате роз фокусировки и смазывания. Данные методы начали разрабатываться приблизительно 70 лет назад, но, все они нашли свое применение только в последнее время. Кроме этого, количество людей, использующих смартфоны, стремительно растет [2], поэтому область цифровой обработки изображений на смартфонах является достаточно перспективной.

К сожалению, по состоянию на сегодня отсутствуют стабильно работающие приложения для смартфонов, которые позволяют восстанавливать размытые изображения, что обусловлено применением сложных методов обработки изображений, которые требуют большой аппаратной мощности в условиях ограниченных ресурсов. Большинство методов, которые дают мало-мальски значимые результаты, требуют большой объем оперативной памяти (более 4 гигабайт оперативной памяти для восстановления изображений размером 1000×1000 пикселей), что зачастую не может обеспечить смартфон.

В данной работе рассматривается задача восстановления изображений на смартфонах. Причем, мы будем рассматривать как более простые алгоритмы восстановления изображений (базовые), среди которых «фильтр Винера», «фильтр Тихонова» так и более сложные (продвинутое) — метод «слепой обратной свертки».

Изображением называется двумерная функция $f(x, y)$, где x и y — координаты в пространстве (конкретно, на плоскости), i значение f которое в любой точке, заданной парой координат (x, y) , называется интенсивностью или уровнем серого в этой точке. Если величины x , y и f принимают конечное число дискретных значений, то говорят про цифровые изображения [1]. Цифровой обработкой изображения называется обработка цифровых изображений при помощи электронных вычислительных машин (компьютеров). Отметим, что цифровое изображение состоит из конечного числа элементов каждый из которых расположен в конкретном месте и принимает определенное значение. Эти элементы называются элементами изображения или пикселями [1].

Фильтр Винера учитывает свойства искажающей функции и статические свойства шума, как случайного процесса. Задача заключается в определении оценки \hat{f} для исходного изображения f , таким образом, чтобы среднеквадратическое отклонение этих величин было минимальным [1]. Фильтрацию Винера можно задать следующим частотным выражением:

$$\hat{F}(u, v) = \left(\frac{1}{H(u, v)} \cdot \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)/S_f(u, v)} \right) \cdot G(u, v)$$

Недостатком данного метода является то, что он даёт хорошие результаты восстановления изображений в тех случаях, когда заранее известна искажающая функция, что на практике невозможно [1].

Проблема, что заключается, в необходимости иметь некоторую информацию относительно искажающей функции, является общей для большинства методов восстановления смазанных изображений. Использование фильтра Винера связано с дополнительной сложностью, которая заключается в том, что энергетические спектры неискаженного изображения и шума тоже должны быть известны.

Для фильтрации по Тихонову нужно знать только среднее значение и дисперсию шума. Это является важным преимуществом данного метода, поскольку, обычно можно оценить указанные величины на основе искаженного изображения. Другое важное отличие состоит в том, что Винеровская фильтрация базируется на минимизации в значении некоторого статистического критерия, то есть, является оптимальной в некотором среднестатистическом смысле. Метод фильтрации по Тихонову, в свою очередь позволяет получить оптимальный результат для каждого конкретного изображения, к которому он применяется.

Главная идея метода состоит в том, чтобы сформулировать задачу в матричном виде с дальнейшим решением соответствующей задачи оптимизации. Решение задачи оптимизации в частотной области обозначается следующей формулой [1]:

$$\hat{F}(u, v) = \left(\frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + \gamma|P(u, v)|^2} \right) \cdot G(u, v)$$

где γ — параметр регуляризации;

$P(u, v)$ — превращение Фурье оператора Лапласа [1].

Как и метод Винера, данный метод базируется на том, что искажающая функция заранее известна. И чтобы узнать эту функцию, нужно использовать другой подход.

Исследования показали, что несмотря на то, что реальные изображения имеют большой диапазон значений отдельных пикселей, градиенты этих значений имеют вид распределения с медленно падающими границами [3].

Это совпадает с интуитивным представлением, что на реальных изображениях в большинстве случаев присутствуют большие области с более-менее постоянной яркостью, которые завершаются объектами с резкими и средними перепадами яркости [3].

Но реализация методов, базирующихся на данном подходе, на смартфонах, не представляется возможной из-за аппаратных ограничений.

В таком случае мы можем использовать клиент-серверную архитектуру для создания системы восстановления изображений с помощью смартфонов. Смартфон, выступая в роли клиента, отправляет на сервер запросы с изображениями, которые нужно восстановить, при этом нам не известна искажающая кривая. Программное средство при этом позволяет выбрать регион для построения искажающей кривой, дабы уменьшить время работы алгоритма. На сервере происходит построение искажающей кривой при помощи метода «слепой обратной свертки» и восстанавливаем изображение при помощи фильтрации Тихонова (мы можем это сделать, так как искажающая кривая была ранее построена). Далее восстановленное изображение отправляется назад клиенту.

На изображении ниже показано экран предварительной обработки изображения. На нем располагается информация о изображении, кнопка выбора региона для анализа и кнопка запуска обработки изображения, после нажатия на которую, появляется диалоговое окно, информирующее пользователя о том, что изображение обрабатывается.

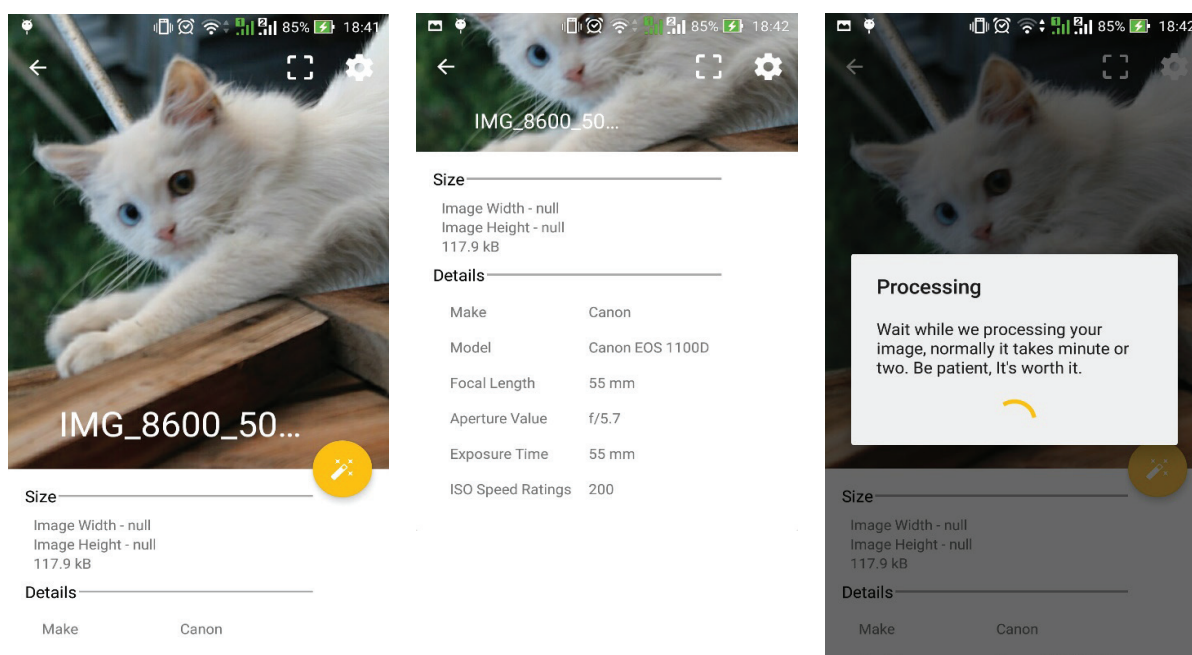


Рис. 1. Внешний вид экрана предварительной обработки изображения

Далее показан пример выбора региона для анализа. С рисунка видно, что выбран только тот регион, который влияет на процесс обработки. По завершению выбора региона в правом верхнем углу нужно подтвердить свой выбор.

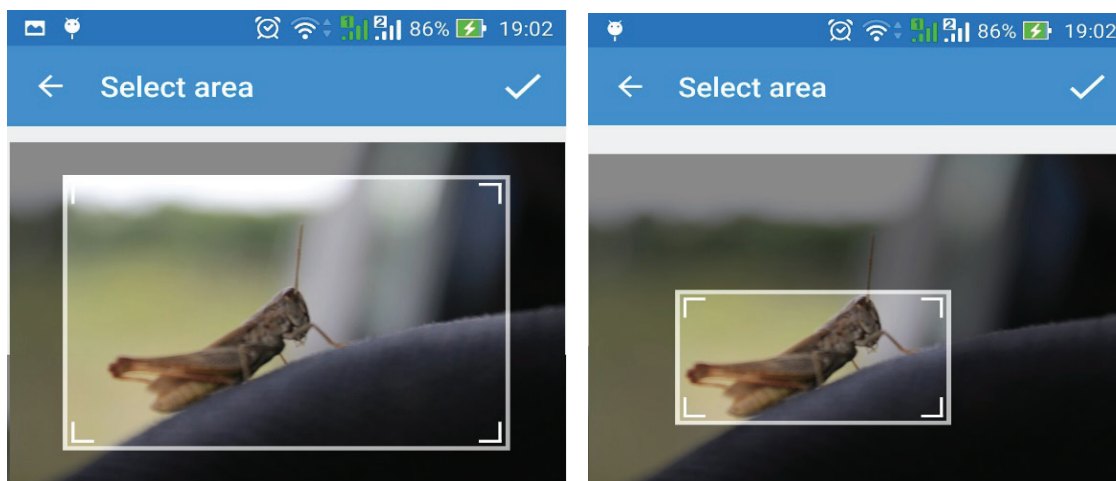


Рис. 2. Выбор региона для анализа изображения

После обработки изображения программное средство переходит на экран просмотра результатов обработки изображения. Тут можно выполнить обрезку изображения, посмотреть информацию о искажающей кривой и сохранить изображение.

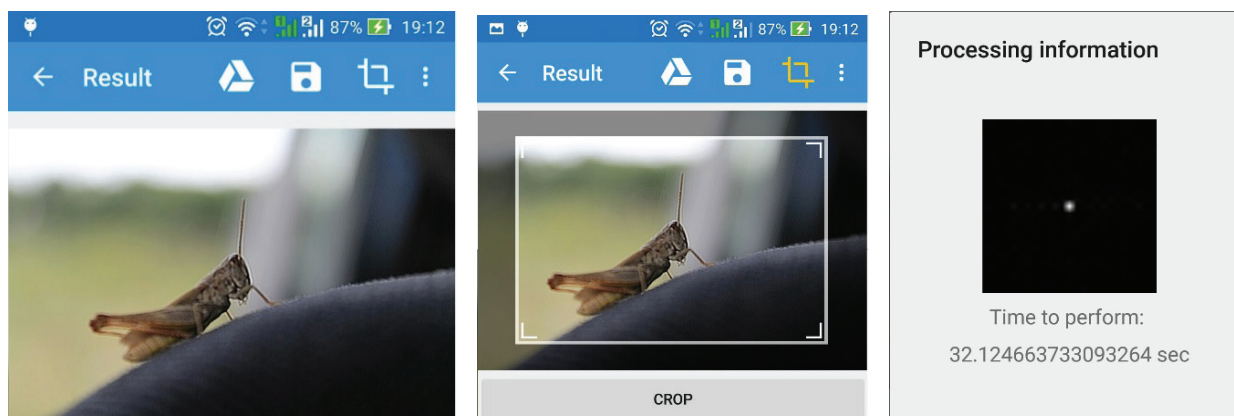


Рис. 3. Экран просмотра результатов обработки

В результате работы над данным программным средством было проанализировано алгоритмы восстановления размытых и смазанных изображений, подобрано оптимальные алгоритмы для разработки программного средства. А также выбрано архитектуру программного средства на основе знания о том, что данные алгоритмы очень ресурсоемкие. Выбор пал на клиент-серверную архитектуру. Результаты работы программного средства приведено ниже.



Литература:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений — М.: Техносфера, 2005. — 1072 с.
2. Number of smartphone users worldwide from 2014 to 2020 (in billions) // Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/> (дата обращения: 9.05.2018).
3. Blind Deconvolution — автоматическое восстановление смазанных изображений // Habrahabr.ru. URL: <https://habr.com/post/175717/> (дата обращения: 12.05.2018).
4. А. с. № 79362 Украина. Комп'ютерна програма «Програмний засіб відновлення розмитих зображень». О. О. Денисенко. Бюл. № 49.

Big Data. Особенности и роль в современном бизнесе

Коновалов Михаил Владимирович, системный аналитик
АО «Райффайзенбанк» (г. Москва)

В статье рассматриваются основные понятия, связанные с big data, основы и принципы работы с методами и подходами больших данных. Анализируются текущие тенденции на современном рынке предоставляемых услуг и продуктов, а также в каких случаях могут применяться подобные технологии, и почему большие данные, несмотря на дороговизну, все больше набирают популярность.

Ключевые слова: big data, большие данные, масштабируемость, транзакционная система, информационная система, анализ, программное обеспечение, БД, ИТ.

Введение

Не секрет, что на сегодняшний день объемы данных, которые требуется хранить и обрабатывать, растут в геометрической прогрессии. Например, объемы данных, которые хранятся в Интернет, увеличиваются примерно на 40% ежегодно. Интересно, что с одной стороны, именно развитие современных информационных технологий позволяет и способствует тому, чтобы объемы сохраняемых и обрабатываемых данных постоянно росли. А с другой стороны, для работы с быстрорастущими объемами самых разнообразных видов данных требуется все больше ресурсов и более сложных программных решений. Одной из наиболее современных и быстро набирающих популярность технологий является big data. Этот термин стал применяться и быстро набирать популярность всего 8–10 лет назад. А сегодня крупнейшие мировые компании, занимающие лидирующие позиции в самых разных областях бизнес деятельности, вкладывают миллиарды долларов в развитие этого направления. В данной статье рассмотрены основные понятия, связанные с технологией big data, почему одни крупные компании готовы вкладывать огромные средства в развитие этого направления, а другие нет. Какие наиболее распространенные решения на основе big data существуют сегодня на рынке, какие есть сложности и что ждет остальной рынок ИТ с приходом новой технологии.

Понятие Big Data

Дословно big data означает большие данные. Более подробное определение можно сформулировать так. Big

data — это серия подходов и методов обработки большого объема и значительного многообразия данных, которые тяжело обработать обычными способами. Целью обработки больших данных является получение новой информации. При этом данные могут быть как обработанными (структурированными), так и разрозненными (то есть неструктурированными).

Если говорить о типах данных, для которых применимы рассматриваемые методы обработки, то это может быть совершенно разная информация: документы, блоги, социальные сети, любые клиентские данные или даже информация о совершенных клиентами действиях. Также информация, поступающая от измерительных устройств и т.д. Но это все преимущественно текстовая информация. Помимо этого, обработке могут подлежать аудио и видео данные, изображения и т.д.

Но не все абсолютно данные подлежат обработке с применением технологий big data. Есть критерии, по которым можно отнести информацию и данные, пригодные к подобной обработке, т.к. не все данные могут быть пригодны для аналитики. В этих определяющих характеристиках как раз и заложено ключевое понятие больших данных. Все они уместаются в т.н. три V:

Объем (от англ. volume). Данные измеряются величиной физического объема «документа», который подлежит анализу.

Скорость (от англ. velocity). Данные не статичны в своем развитии, а постоянно прирастают. Поэтому смысл этой характеристики не только в быстро растущих объемах данных, но и в необходимости их быстрой обработки для получения требуемых результатов.

Многообразие (от англ. variety). Данные могут быть не одноформатными. То есть могут быть разрозненными, структурированными, не структурированными или структурированными частично. И смысл заключается в том, чтобы одновременно обрабатывать различные типы данных.

Также к уже рассмотренным трем V, в разных источниках добавляют четвертую. Достоверность или правдоподобность (от англ. veracity). И даже пятую жизнеспособность или ценность (от англ. viability или value). В различных вариантах можно говорить о 7V, но для базового понимания достаточно трех.

Принципы работы big data

Исходя из определения big data, можно сформулировать три основных принципа работы с такими данными:

Горизонтальная масштабируемость. Поскольку объем данных постоянно и стремительно растет и информации может быть сколь угодно много, то система, которая подразумевает обработку этих данных, должна быть расширяемой. К примеру, если 2 раза вырос объем данных, то должна быть возможность увеличить мощность аппаратного обеспечения в 2 раза в кластере и система продолжит работать без потерь в производительности.

Отказоустойчивость. Рассмотренный выше принцип горизонтальной масштабируемости подразумевает, что машин в кластере может быть много. Например, в компании Yahoo кластер насчитывает более 40000 машин. При этом допускается, что часть этих машин будет регулярно выходить из строя. Методы работы с большими данными должны учитывать вероятность таких сбоев и поддерживать работоспособность системы без каких-либо значимых последствий.

Локальность данных. В крупных распределенных системах, используемые данные хранятся на большом количестве машин. Но если данные находятся физически на одном сервере, а обрабатываются на другом, то ресурсы, требуемые на передачу данных, могут превысить расходы на обработку данных. Поэтому при проектировании решений на big data одним из важнейших принципов является принцип локальности данных, суть которого заключается в том, чтобы данные обрабатывались и хранились на одной и той же машине.

Особенности применения и роль в современном бизнесе

Изучая многообразие современных технологий хранения и обработки данных, возникает логичный вопрос. Для чего придуманы методы и подходы, называемые big data? Что в этом уникального, как можно использовать информацию, обработанную с помощью данных технологий и почему компании готовы вкладывать в развитие больших данных огромные средства?

Во-первых, в отличие от big data, обычные базы данных (БД), не могут хранить и обрабатывать такие огромные

объемы данных (сотни и тысячи терабайт). И речь даже не об аналитике, а только лишь о хранении данных. В классическом понимании БД предназначена для быстрой обработки (хранение, изменение) относительно небольших объемов данных или для работы с большим потоком записей небольшого размера, т.е. транзакционная система. С помощью big data как раз решается эта основная задача — успешное хранение и обработка больших объемов данных.

Во-вторых, в big data структурируются разнотипные сведения, которые поступают из различных источников (изображения, фото, видео, аудио и текстовые документы) в один единый, понятный и приемлемый для дальнейшей работы вид.

В-третьих, в big data происходит формирование аналитики и построение точных прогнозов на основании полученной и обработанной информации.

Для чего это нужно и где может быть применено на практике? Для наглядности и для того, чтобы сформулировать ответ простыми словами, рассмотрим на примере типичных бизнес-задач в маркетинге. Обладая такой информацией, как:

- полное понимание о своей компании и бизнесе, в том числе с точки зрения статистической информации и цифр;
- подробные данные о конкурентах;
- новая и подробная информация о своих клиентах;
- все это позволит преуспеть в привлечении новых клиентов, значительно повысить уровень предоставляемого сервиса текущим клиентам, лучше понять рынок и своих конкурентов, а значит вырваться вперед за счет преобладания над ними.

Учитывая вышеперечисленные результаты, которых позволяет достигнуть big data, и объясняет стремление компаний, пытающихся завоевать рынок, вкладываться в эти современные методы обработки данных сегодня, чтобы получить увеличение продаж и уменьшение издержек завтра. А если более конкретно, то:

- увеличение дополнительных продаж и кросс продаж за счет лучшего знания предпочтений клиентов;
- поиск популярных товаров и причин — почему их покупают или наоборот;
- усовершенствование предоставляемой услуги или продукта;
- повышение качества обслуживания клиентов;
- повышение лояльности и клиентоориентированности;
- предупреждение мошенничества (больше актуально для банковской сферы);
- снижение лишних расходов.

Один из наиболее наглядных и популярных на сегодняшний день примеров, о котором можно прочитать во многих источниках сети Интернет, связан с компанией Apple, которая собирает данные о своих пользователях с помощью производимых устройств: телефон, планшет, часы, компьютер. Именно из-за наличия такой системы

корпорация владеет огромным количеством информации о своих пользователях и в дальнейшем использует ее для получения прибыли. И подобных примеров на сегодняшний день можно найти целое множество.

Краткий обзор инструментов big data

Учитывая огромные объемы информации, которые необходимо хранить и обрабатывать в процессе работы, следует заметить, что подобные манипуляции не могут выполняться на простых жестких дисках. А программное обеспечение, которое структурирует и анализирует накапливаемые данные — это отдельная интеллектуальная собственность и в каждом отдельном случае является авторской разработкой. При этом можно отметить наиболее популярные на сегодняшний день инструменты, на основе которых создаются такие решения:

- Hadoop & MapReduce;
- NoSQL базы данных;
- Инструменты класса Data Discovery.

Анализу особенностей и отличий перечисленных инструментов, а также обзору решений, которые могут предлагаться на основе данных инструментариев может быть посвящена отдельная статья. Но, в качестве примера, хотелось бы привести модель, которая, пожалуй, является на сегодняшний день одним из лидеров на рынке — это Oracle Big Data Appliance X5-2. Ориентировочная стоимость такой системы в максимальной комплектации

может достигать 30 миллионов рублей за 1 стойку. Конечно, речь идет о промышленных системах премиум класса. Тем не менее, приведенный пример позволяет оценить порядок расходов, которые потребуются на реализацию подобных решений в компании. И это еще без учета узкоспециализированных специалистов и дополнительной ИТ инфраструктуры. Поэтому говорить о применении больших данных, например, в малом бизнесе не приходится.

Заключение

В современном бизнесе, практически не зависимо от специфики и индустрии, все более явно прослеживается ценность и высокая роль информации о потенциальных и текущих клиентах компании, о ее конкурентах и грядущих тенденциях на рынке. Все более это становится необходимыми условиями для того, чтобы сохранить конкуренцию в современном мире. В связи с этим и уже существующими примерами успеха внедрения big data крупными компаниями, которыми наполнен Интернет, можно предположить, что роль больших данных со временем будет только расти. Благодаря этому компании будут лучше знать и понимать потребности своих клиентов и предлагать им наиболее релевантные и подходящие решения, а потребители смогут наслаждаться продуктами и услугами, которые наилучшим образом подходят именно им.

Литература:

1. Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукбер. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живём, работаем и мыслим = Big Data. A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think / пер. с англ. Инны Гайдюк. — М.: Манн, Иванов, Фербер, 2014.
2. Академия BIG DATA: Введение в аналитику больших массивов данных: Информация // Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/12385/1181/info> (дата обращения: 30.06.2018).
3. Аналитический обзор рынка Big Data // Хабр. URL: <https://habr.com/company/moex/blog/256747/> (Дата обращения: 30.06.2018).
4. Streamline Your Big Data Platform // ORACLE. URL: <https://www.oracle.com/big-data/index.html> (Дата обращения: 30.06.2018)
5. MapReduce and Teradata Aster SQL—MapReduce // Teradata. URL: <https://www.teradata.com/products-and-services/Teradata-Aster/teradata-aster-sql-mapreduce> (Дата обращения: 30.06.2018)

Анализ моделей информационных процессов мониторинга и сбора статистики по решаемым в компании задачам

Прошкина Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент
Пензенский государственный университет

В статье представлен анализ моделей информационных процессов мониторинга и сбора статистики по решаемым в компании задачам. Модели информационных процессов представлены в нотациях IDEF0, DFD, IDEF3, каждая из которых позволяет рассмотреть процессы с разных сторон.

Ключевые слова: Help Desk система, информационный процесс, мониторинг, статистика, анализ информации.

П родуктивная и оперативная работа любой компании, организации или сервиса основывается на правильно подобранном программном обеспечении. Когда организация выходит на соответствующий уровень, а клиенты начинают появляться целыми сотнями, а то и тысячами, возникает необходимость в централизации их данных, сборе информации, запросов и заявок. Для этого были разработаны сервисы типа Help Desk — инновационные и удобные системы поддержки клиентов.

Системы HelpDesk обеспечивают:

- единую точку обращения к службе поддержки;
- стандартный способ регистрации и выдачи заданий специалистам; контроль за последовательностью исполнения работ, потраченным временем и ресурсами;
- эскалация запросов и инцидентов, оповещение соответствующих администраторов;
- хранение базы знаний по прошлым запросам, позволяющее специалистам быстро разрешать проблемы, схожие с уже возникавшими;

— отчётность по затратам времени и средств на выполнение запросов.

В настоящее время существует большое количество систем подобного типа: Omnitracker, ITSM 365, Naumen Service Desk, однако ни одна из них не позволяет формировать статистику по решаемым задачам и вести мониторинг процессов.

Рассмотрим модель информационного процесса мониторинга и сбора статистики в нотации IDEF0 (рис. 1). IDEF0 — нотация графического моделирования, используемая для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающих эти функции [1]. Из модели видно, что прежде чем обработать запрос клиента, нужно привести его к типу обрабатываемой услуги, определённому в системе. Далее необходимо провести ее декомпозицию на операции. Следующим этапом осуществляется оказание типовой услуги, ее обработка. Завершающим этапом является анализ. С помощью данного этапа формируется статистика.

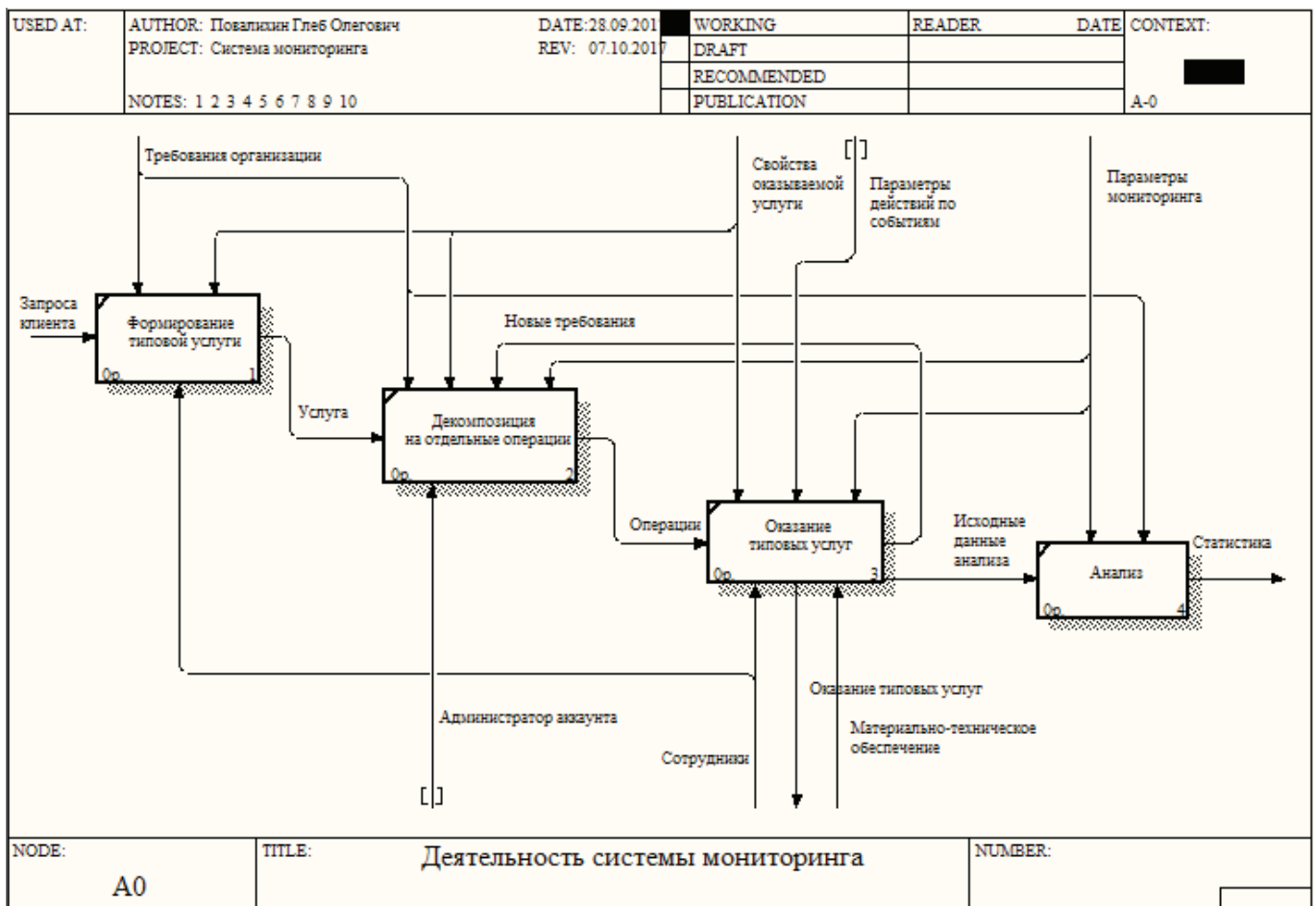


Рис. 1. Модель информационного процесса мониторинга и сбора статистики

Выполним декомпозицию информационного процесса формирования типовой услуги в нотации DFD, что позволит отобразить основные потоки данных [2] (рис. 2). Из запроса клиента выделяются типовые особенности

запроса, на основе которых в системной базе данных производится поиск подходящего типа, далее на основе найденного или созданного типа услуги, формируется услуга.

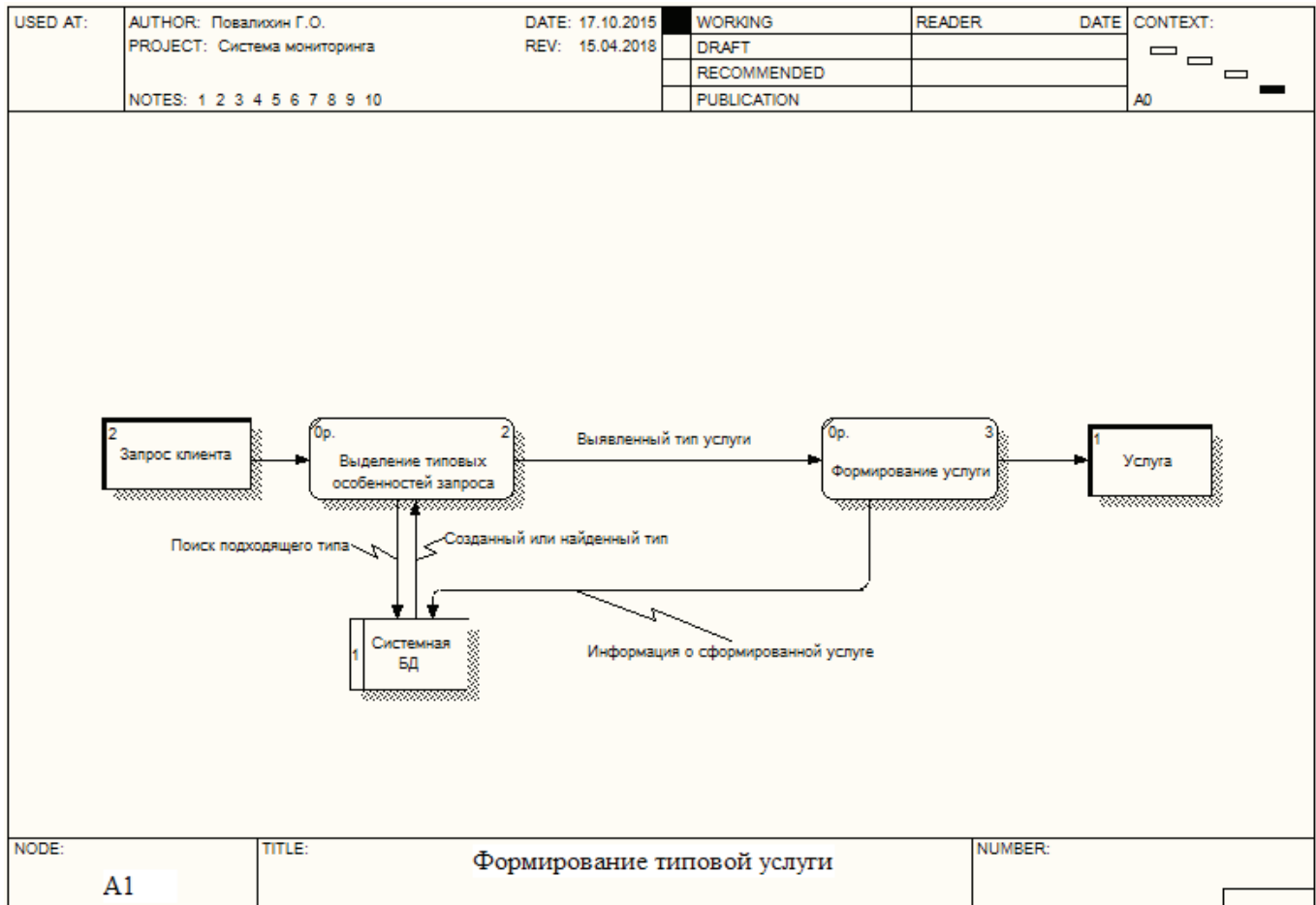


Рис. 2. Декомпозиция информационного процесса «Формирование типовой услуги»

Системная база данных представляет собой хранилище информации, состоящее из 8 сущностей, связанных между собой логическими связями:

- «Пользователь» — для хранения данных о пользователях, является абстрактной сущностью, от которой наследуются две сущности Сотрудник и Контакт;
- «Аккаунт» — для хранения данных об аккаунтах;
- «Экземпляр услуги» — для хранения данных об экземплярах услуги;
- «Услуга» — для хранения данных об услугах;
- «Действие по событию» — для хранения данных о действиях по событию;
- «Шаблон писем» — для хранения данных о шаблонах писем;
- «Лог действий по событиям» — для хранения данных о логах действий по событиям;
- «Компонент услуги» — для хранения данных о компонентах услуг.

Логическая модель системной базы данных приведена на рис. 3

После того, как услуга сформирована, осуществляется разбиение ее на отдельные операции, а операции, в свою очередь, являются исходными данными для процесса оказания типовых услуг, который сводится к следующей последовательности действий (рис. 4):

- создание экземпляра услуги;
- изменения состояния экземпляра услуги реализованных сменой статусов;
- реакция на произошедшие изменения посредством автоматических действий системы;
- завершение создания экземпляра услуги.

Последним этапом в информационном процессе мониторинга и сбора статистики является анализ. Исходные данные анализа определяют критерии выбора анализируемых параметров и информации из БД. После чего производится сравнение анализируемых показателей и определение отклонения показателей от базисных величин. Эти два процесса выполняются параллельно. На основе результатов сравнения анализируемых показателей определяются пути регулирования факторов, влияющих на

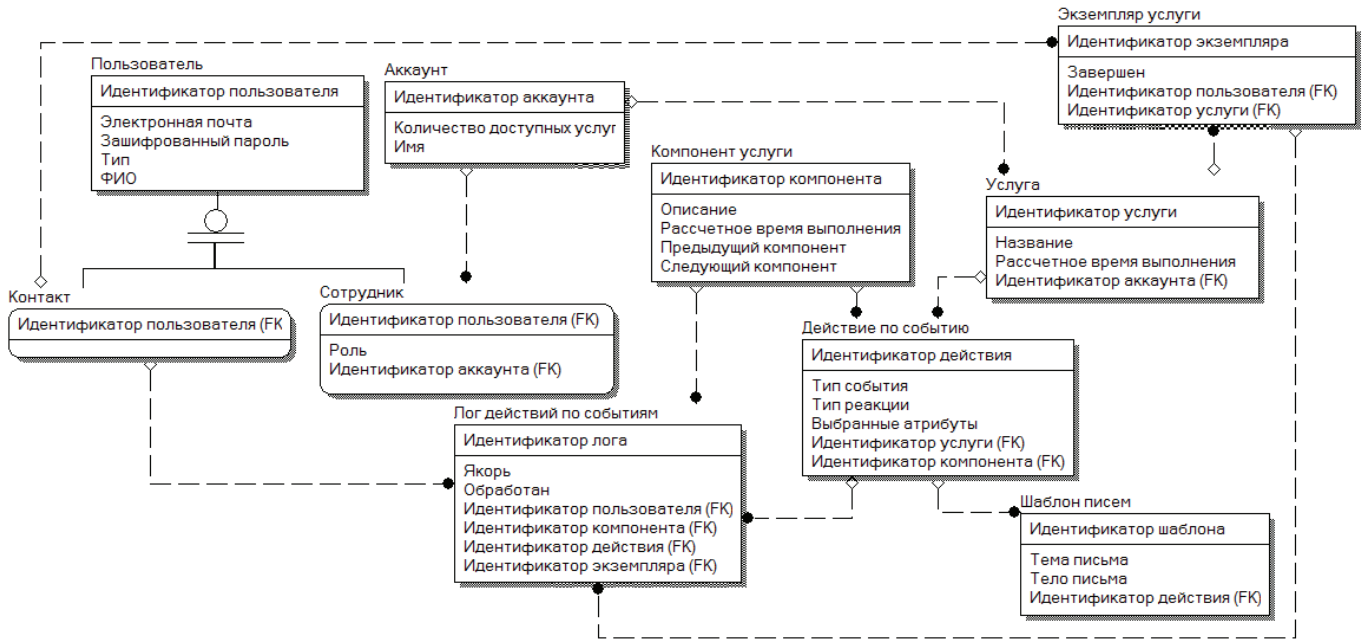


Рис. 3. Логическая модель системной базы данных

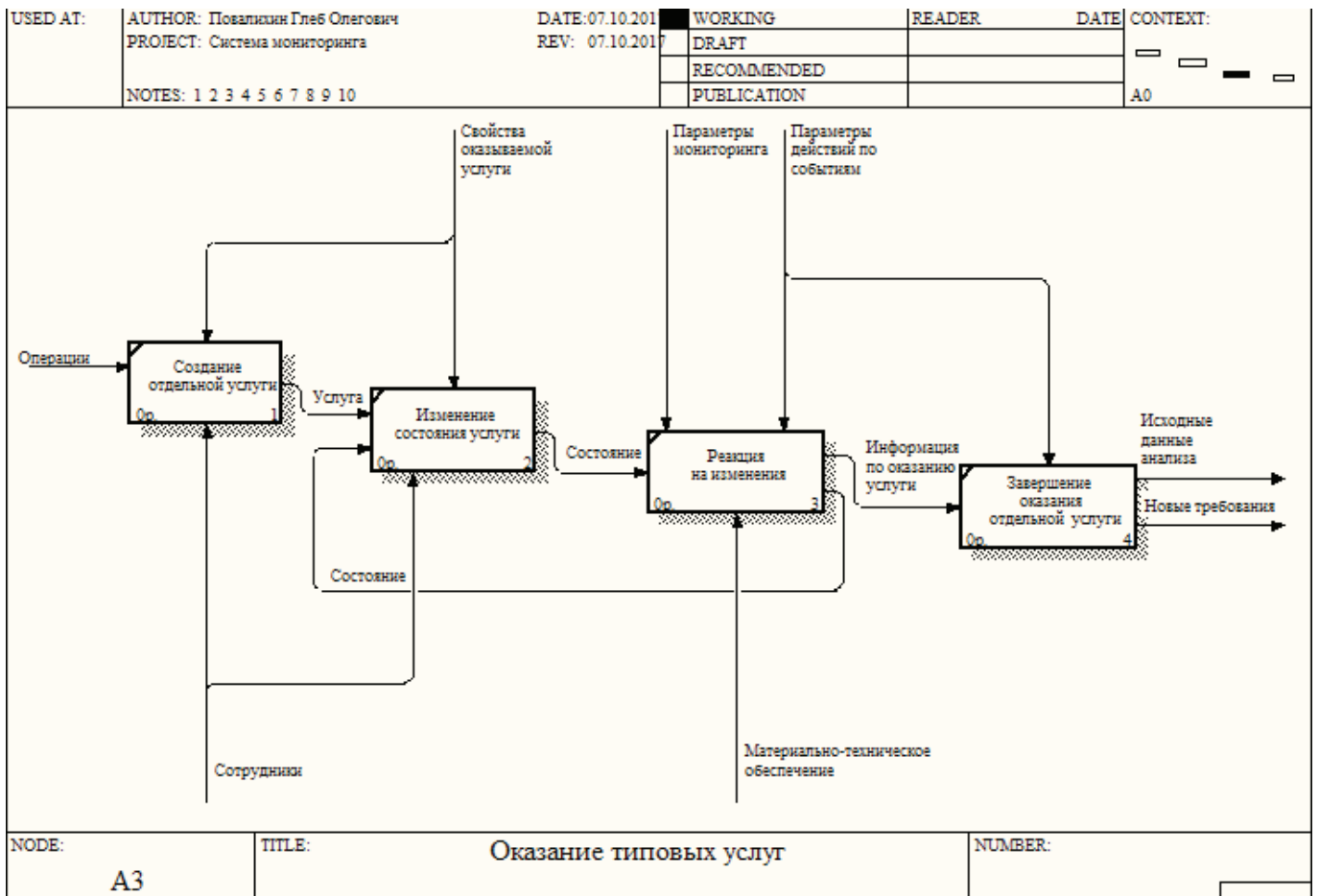


Рис. 4. Декомпозиция информационного процесса «Оказание типовой услуги»

колебания анализируемых параметров. Полученная информация применяется при составлении графиков и диаграмм, которые впоследствии представляют собой сфор-

мированную статистику. Декомпозиция информационного процесса анализа в нотации IDEF3 представлена на рис. 5. IDEF3 предназначен для описания бизнес-процессов

нижнего уровня и содержит объекты — логические операторы, с помощью которых показывают альтернативы и места принятия решений, а также объекты-стрелки, с помощью которых показывают временную последовательность работ в бизнес-процессе [3]. В нашем случае

для того, чтобы показать параллельность выполнения процессов использован перекресток «синхронное И». Это означает, что все процессы, которые следуют после перекрестка, начинаются и заканчиваются одновременно, а также выполняются параллельно.

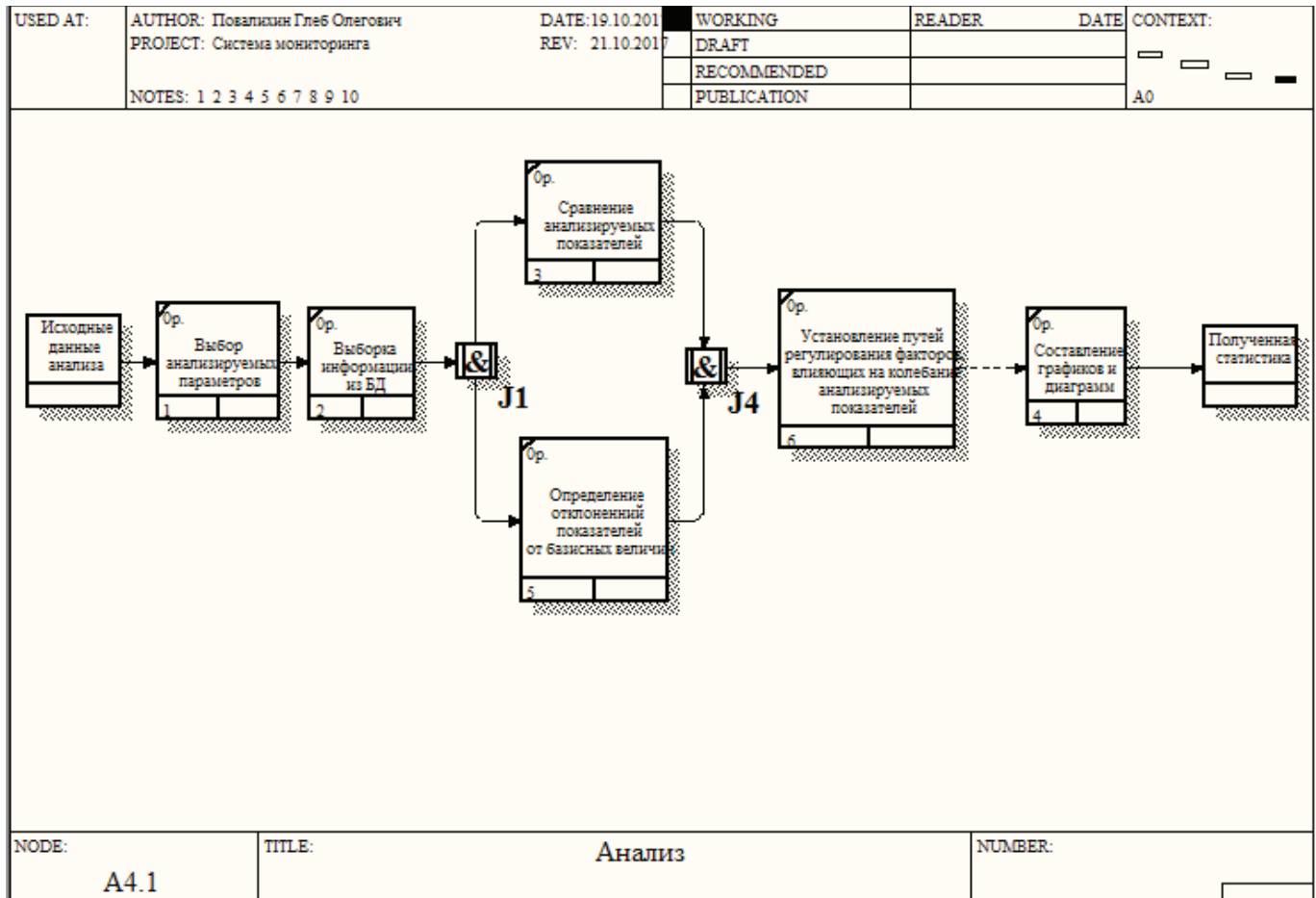


Рис. 5. Декомпозиция информационного процесса «Анализ»

Анализ моделей информационных процессов мониторинга и сбора статистики позволил выделить основные этапы данных процессов. Каждый этап затем был разбит на операции, что облегчило понимание работы всей си-

стемы в целом. Результаты, полученные в данной работе, будут использованы в дальнейшем при создании информационной системы мониторинга и сбора статистики по решаемым в компании задачам.

Литература:

1. Горбаченко В. И., Убиенных Г. Ф., Бобрышева Г. В. Проектирование информационных систем с СА ERwin Modeling Suite 7.3 — Пенза: Издательство ПГУ, 2012 г.
2. Емельянова Н. З. Основы построения автоматизированных систем: учеб. пособие / Н. З. Емельянова. — М.: ИНФРА-М, 2009. — 269 с.
3. Маклаков с. В. BPwin и ERwin: CASE-средства для разработки информационных систем / С. В. Маклаков. — М.: Диалог-МИФИ, 2009. — 238 с.

Определение воздействия внутренних и внешних угроз на информационную систему персональных данных с помощью построения математической модели

Рогова Олеся Сергеевна, аспирант;
Юрьев Дмитрий Русланович, аспирант
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

Каждая информационная система в той или иной степени имеет свои особенности в работе. Для того что бы дать формализованное описание структуры и процесса функционирования информационной системы необходимо создать математическую модель. Математическая модель позволяет представить процесс функционирования системы в виде, допускающем аналитическое исследование системы с использованием методов, разработанных в рамках данного математического аппарата, что в свою очередь по-

зволяет идентифицировать неисправности, уязвимости и недостатки данной информационной системы. Основными требованиями к построенной модели являются ее достаточность для решения поставленных задач и практическая целесообразность (удобство в использовании).

Цель данной работы — на основе типичной информационной системы по обработке персональных данных построить математическую модель воздействия угроз и разработать методику их выявления.

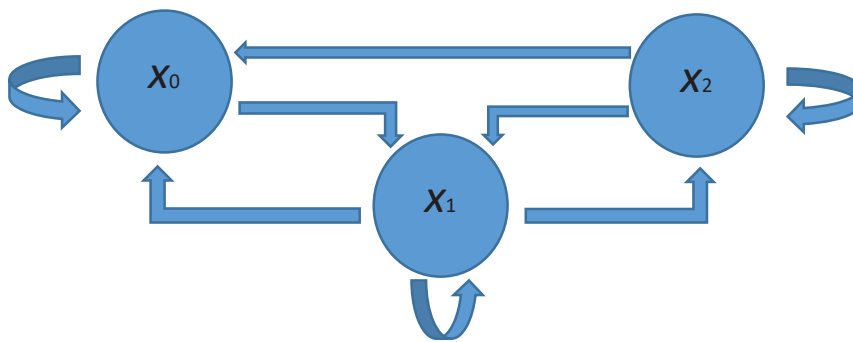


Рис. 1. Состояние системы

Данную информационную систему будем рассматривать как систему массового обслуживания, в которую поступают угрозы. Для начала рассмотрим вариант того что на систему поступают угрозы одного типа, учитывая, что данная угроза не может быть реализована или наступить несколько раз в один и тот же момент времени. Согласно этим условиям мы строим ориентированный граф (рис. 1) который показывает три различных состояния системы: а) начальное состояние (угрозы не было); б) измененное состояние (нереализованная угроза); в) критическое состояние (реализованная угроза).

Для построения математической модели системы об условимся, что у данной системы отсутствуют поглощающие состояния, т.е. реализованная угроза либо никак не влияет на работоспособность системы в целом, либо выводит из строя на непродолжительный срок один из ее сегментов. Это указывает на то, что система из любого состояния имеет возможность вернуться в исходное состояние, что позволяет нам изучить ее поведение в течении длительного промежутка времени.

Переход системы из состояния в состояние показан с помощью ориентированного графа на рис. 1. Данная информационная система является системой с восстановлением, т.к. согласно вышеупомянутому она не имеет погло-

щающие состояния, а это означает, что из состояния X2 система может вернуться в исходное состояние. Для описания процесса перехода системы построим матрицу интенсивностей перехода [1]:

$$p_{ij} = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} & 0 \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{vmatrix} \quad (1)$$

Согласно условиям, предъявляемым к матрице интенсивностей перехода [1], все элементы этой матрицы

должны удовлетворять условию $\sum_{j=1}^n g_{ij} = 0, (i = \overline{1, n})$,

получим:

$$\begin{aligned} g_{12} &= -g_{11}; \\ g_{22} &= -g_{21} - g_{23}; \\ g_{33} &= -g_{31} - g_{32}; \end{aligned} \quad (2)$$

В данной работе используется вероятностно-аналитический способ определения элементов матрицы интенсивностей переходов в соответствии с видом информационной системы (рис. 1). Для определения вероятностей

$p_0(t), p_1(t), p_2(t)$ строим систему дифференциальных уравнений с начальными условиями

$p_0(0) = 1; p_1(0) = 0; p_2(0) = 0$ (3) которая имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = p_0(t)g_{11} + p_1(t)g_{21} + p_2(t)g_{31}, \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = p_0(t)g_{12} + p_1(t)g_{22} + p_2(t)g_{32}, \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = p_1(t)g_{23} + p_2(t)g_{33} \end{cases} \quad (4)$$

Данную математическую модель (3), (4) рассматриваемой информационной системы, можно численно решить с помощью задачи Коши с использованием специальных

математических программ (например, SMATH Studio Cloud)

Если переход системы из состояния в состояние осуществляется в строго определенный момент времени t , т.е. является дискретным, то матрица вероятностей перехода из состояния в состояние за один шаг имеет вид (1), иначе матрица за n -шагов ($t=n$) приобретает следующий вид [3,4]:

$$\|p_{ij}(n)\| = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{vmatrix}^n \quad (5)$$

Таким образом данная математическая модель определяет воздействия внутренних и внешних угроз на информационную систему персональных данных.

Литература:

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем: учебное пособие. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. — 363 с.
2. Волков И. К., Зуев С.М., Цветкова Г.М. Случайные процессы: учебник для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. — М.: МГТУ им.Баумана, 1999. — 448с.
3. Теоретические основы анализа и оценки влияния внутренних угроз на безопасность конфиденциальной информации: монография / А.П. Росенко. — М.: Гелиос АРВ, 2008. — 154 с

Безопасность данных. Основные проблемы и методы их решения

Топорин Максим Александрович, соучредитель и генеральный директор
Компания Nyvara Software (г. Харьков, Украина)

Какие основные проблемы безопасного хранения данных?

Несмотря на высокое развитие IT технологий на сегодняшний день мы еще не столкнулись и не осознали всю проблему безопасности хранения личных и корпоративных данных. Компания Gartner в апреле 2018 года представила нам прогноз мирового рынка общедоступных облачных услуг (табл. 1) из которого мы видим, что с каждым годом рынок облачных сервисов становится больше в среднем на 20%. Это значит, что по всей пла-

нете люди, компании и государственные предприятия все больше пользуются и доверяют облачным технологиям.

Также стоит отметить, что количество и ценность контента растет. Сегодня мы храним на облачных серверах огромное количество важной информации, такой как почта, контакты, фотографии, видеоматериалы, документы, номера кредитных карт, пароли, финансовую отчетность и т.д. — это только примеры личного пользования.

На сегодняшний день большинство компаний, банков, государственных учреждений хранит на облаках терабайты важных данных.

Таблица 1

Прогноз мирового дохода рынка общедоступных облачных сервисов (млрд долл. США) Источник: Gartner (апрель 2018) [2]

	2017	2018	2019	2020	2021
Облачные услуги бизнес-процессов (BPaaS)	42.6	46.4	50.1	54.1	58.4
Облачные услуги инфраструктуры приложений (Paas)	11.9	15	18.6	22.7	27.3
Прикладные облачные услуги = облачные приложения (SaaS)	60.2	73.6	87.2	101.9	117.1
Облачные услуги администрирования и безопасности	8.7	10.5	12.3	14.1	16.1
Облачные услуги инфраструктуры систем (IaaS)	30	40.8	52.9	67.4	83.5
Общий объем рынка:	153.5	186.4	221.1	260.2	302.5

BPaaS = бизнес-процессы-как-услуга; IaaS = инфраструктура-как-услуга;
Paas = платформа-как-услуга; SaaS = ПО-как-услуга

Впервые Amazon Web Services был представлен миру в 2006 году как инфраструктура платформ облачных веб-сервисов, а такой гигант как Google Cloud был запущен в 2010, а чуть позже и iCloud в 2011. Стоит отметить, что даже в 2011 году уровень потребления и доверия облачным сервисам был достаточно низок. Большинство людей не хранили никакой важной информации на данных сервисах.

Но в 2018 году все изменилось и на сегодняшний день уровень доверия предельно высок, но уровень защиты нашей информации остается примерно на том же уровне, что и в 2011. В этом и заключается основная проблема, люди вкладывают огромные усилия в развитие облачных сервисов, но слишком мало времени уделяют ее защите. Ниже я приведу несколько основных проблем безопасности хранения данных.

№ 1 Использование одного пароля для всех аккаунтов

На сегодняшний день использование одного пароля для всех аккаунтов — это самая распространенная проблема, связанная с безопасностью хранения данных. Большинство людей имеет от 5 до 40 аккаунтов в различных сервисах или социальных сетях. Такими примерами могут стать Google, Facebook, Twitter, iCloud, Netflix, Amazon, Uber. И, конечно, создавать и запоминать пароль для каждого отдельного аккаунта сложно и неудобно. Именно по этой причине люди используют один пароль и в паре к нему свой адрес электронной почты, что практически всегда требует регистрация нового аккаунта.

Таким образом заполучив ваш пароль, злоумышленник может с легкостью прочесть всю вашу переписку, получить доступ к вашему телефону, кредитным картам, узнать все о вашем передвижении, получить информацию, какие фильмы вы предпочитаете, а также нанести невосполнимый урон всем вашим персональным и рабочим данным (фотографиям, документам, контактам и доступам к социальным сетям). В большинстве случаев это происходит, когда пользователи регистрируются на непроверенных ресурсах, таких как мелкие форумы, сторонние приложения, сайты с подозрительной репутацией. Как правило, такие сервисы существуют для того, чтобы собирать ваши данные, либо их взламывают и получают доступ к данным всех зарегистрированных пользователей.

№ 2 Компьютерная неграмотность

Согласно исследованию OECD Skills Outlook 2013 [1] в 33 развитых странах, только 5% населения обладает высоким уровнем компьютерных знаний, и только треть людей может выполнить задания средней сложности. Таким образом несмотря на то, что информационные технологии сегодня развиваются с большой скоростью, больше 65% населения недостаточно образована для корректного и безопасного использования новых технологий. Таким образом люди часто становятся жертвами фишинга

или компьютерного заражения вирусом способного получить доступ к персональным данным.

№ 3 Недостаточная защита

Современные подходы к защите персональных данных зачастую недостаточны, порой даже устаревшие. По моему убеждению, в 2018 году авторизация пользователей через систему «Логин-Пароль» недостаточна, чтобы надежно защитить данные от взлома и утечки. На мировом рынке не хватает новых систем регистраций и авторизации пользователей, хранения паролей, и защиты от взлома. Таким образом в век информационных технологий именно информация находится под угрозой.

Какие существуют методы защиты информации?

Данные, хранящиеся на электронных носителях, а также на облачных серверах остаются подвержены риску утраты из-за неисправности или уничтожения оборудования, а также риску хищения. Представленные ниже методы защиты являются рекомендованными и универсальными как для личного, так и для корпоративного применения.

№ 1 Резервное копирование данных

Дублирование и резервирование данных является одним из ключевых методов их защиты. Использование сразу нескольких облачных серверов, а также хранение на съемных носителях позволит вам обезопасить вашу информацию от ее потери.

№ 2 Использование менеджера паролей

Менеджер паролей — это программное обеспечение для хранения и генерации паролей с открытым кодом и рядом готовых плагинов — синхронизацией, шифрованием, генерацией легко запоминающихся паролей. Данный метод поможет решить проблему одного пароля на все аккаунты. С помощью данного ПО вы сможете иметь уникальный пароль высокого уровня под каждый отдельный аккаунт. Таким образом, даже если один из ваших паролей будет похищен, остальные аккаунты будут недоступны для злоумышленника. Сам менеджер паролей взломать практически невозможно, так как база паролей шифруется AES-256. Это увеличивает стойкость к прямым атакам, а сам ключ вы можете хранить лишь у себя в голове.

№ 3. Использование двухэтапной аутентификации

Это метод контроля доступа к данным, в котором пользователю для получения доступа к информации необходимо предъявить более одного «доказательства» для прохождения аутентификации. К категориям таких доказательств

относят: код из sms/звонок, специализированное ПО, код на электронный ящик или более современные методы,

такие как отпечаток пальца через систему «Touch ID» или распознавание лица через систему «Face ID».

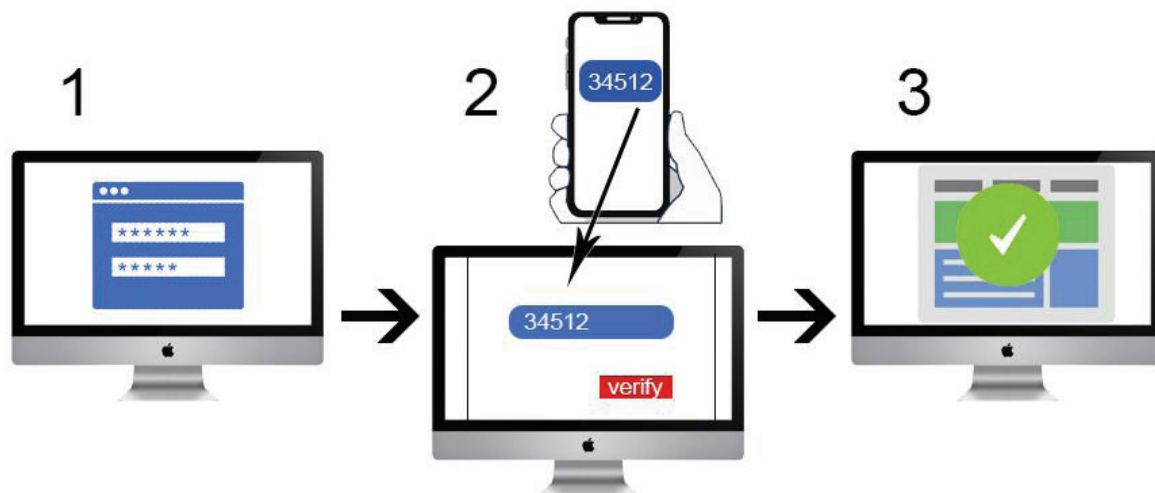


Рис. 1. Схема двухэтапной аутентификации

На рис. 1 вы можете увидеть схему работы метода двухэтапной аутентификации, где 1 — вход с использованием личного логина и пароля; 2 — получение и ввод пароля из сообщения системы; 3 — доступ пользователю к персональным данным

№ 4. Оповещение о несанкционированном входе

Если вход в систему выполняется в необычном месте или с незнакомого устройства, срабатывает дополнительный уровень защиты и вам будет отправлено сообщение по электронной почте и/или SMS-оповещение на телефон. С помощью данного метода вы сможете во

время отреагировать на попытку атаки и хищении ваших данных.

№ 5. Метод VPN туннелирования

Сегодня данный метод используют в основном частные или государственные компании для защиты данных. Технология VPN туннелирования не является новинкой в сфере IT технологий, но в последнее время она стала достаточно популярной среди многих компаний в связи с увеличением атак и утечек информации. Такой метод обеспечивает удаленное подключение к частным сетям, а также предотвращает угрозу по перехвату информации на лету, неза-

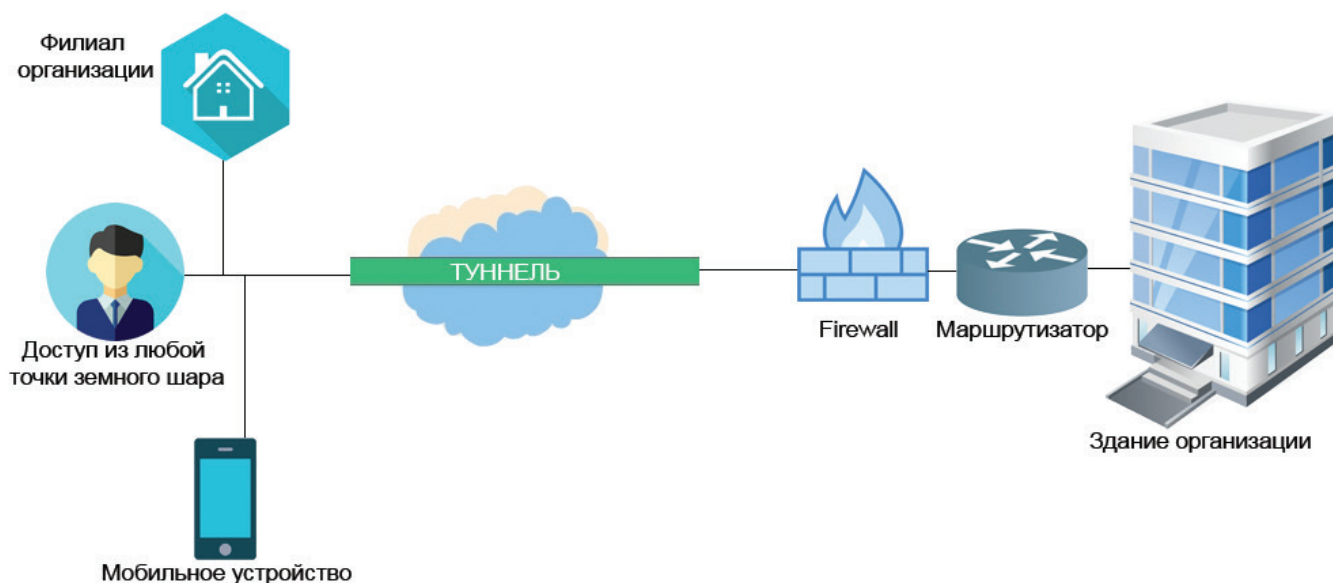


Рис. 2. Схема VPN туннелирования

метным для получателя. Ниже на рис. 2 приведена схема работы данного метода.

Перспективы развития новых методов защиты данных

Несмотря на все проблемы в данной отрасли, серьезные усилия по защите информации во всем мире развивают молодые стартапы, корпорации и ученые, которые создают абсолютно новые методы и технологии для защиты информации. По всем показателям мы видим, что с каждым годом информации становится все больше, а ее ценность становится все выше. Мы видим, как стремительно развиваются технологии, и если еще 2 года назад технология Face ID была лишь темой для разговора, то

сегодня это полноценная система защиты, которой пользуются миллионы людей по всему миру. Но самыми перспективными системами защиты являются разработки в области искусственного интеллекта и машинного обучения. Специальные решения предназначены для автоматизированного анализа и выявления угроз в целях обеспечения непрерывного обновления пользовательских средств в составе адаптивной системы сетевой безопасности. Данный метод значительно повысит эффективность защиты от новых угроз.

И в заключение хотел бы сказать, что мы живем в веке информации, которую необходимо защитить, ведь, как сказал Натан Ротшильд, «Кто владеет информацией, тот владеет миром».

Литература:

1. https://www.oecd-ilibrary.org/education/skills-matter_9789264258051-en
2. <https://www.gartner.com/newsroom/id/3871416>

Интеллектуальные системы анализа изображений

Усмонов Мурод Содикович, преподаватель;

Тохилова Чарос, студент

Джизакский государственный педагогический институт имени А. Кадыри (Узбекистан)

В прикладных интеллектуальных системах анализа изображений основными функциональными задачами являются оценки качества изображения, определения границ объекта, классификация, кластеризация и распознавания образов. Отличительными особенностями решаемых задач указанных типов являются: большая размерность, наличие неопределенностей в исходной информации, динамичность изменения параметров внешней среды, предсказуемость которых, зачастую, является затруднительной или невозможной.

Эти особенности обуславливают использование для решения указанных задач, наряду с традиционными методами и средствами исследования операций и интеллектуального анализа данных (ИАД), интеллектуальных технологий, основанных на неформальных эмпирических знаниях экспертов и логических рассуждениях. Примерами таких интеллектуальных технологий, получивших наибольшее развитие и использование, являются технологии Soft Computing (SC), включающие нечеткие множества, нейронные сети (НС) и генетические алгоритмы (ГА).

Актуальным является правильно определить границы объекта, что может быть затруднено из-за недостаточной резкости изображения, наличия теней и шумов. Поэтому одна из важнейших задач исследований заключается в нахождении границ объекта. Изображение можно рассматривать как нечеткое множество и обрабатывается методами нечеткой логики. Вначале происходит фазификация изображения — преобразование изобра-

жения к нечеткому множеству. Далее степень принадлежности элементов нечеткого множества (иными словами, пикселей изображения) изменяется в соответствии с базой нечетких правил. И, наконец, происходит дефазификация изображения — преобразование значений функций принадлежности в четкие (реальные) значения яркости.

Несмотря на ряд успехов в области оценки качества изображений и распознавания объектов на основе цифровой обработки изображений, к числу нерешенных можно отнести проблему в адекватном отображении предметной области на нечеткую систему, выборе моделей нечеткого логического вывода и их интеграции в единую интеллектуальную систему. При обработке изображений требуется по некоторым признакам выделять некоторые однородные области изображения, причем, как правило, подобие нечеткое и часто нарушается. Этапы предварительной обработки изображения позволяют уменьшить влияние искажений на процесс распознавания. Тем не менее, имеет место распознавание в условиях неполной и нечеткой информации. Наиболее подходят для ее решения технологии нечеткой логики, нечеткая логика при этом. выступает в роли классификатора. Применение нечеткой логики в задачах обработки визуальной информации обосновывается также свойством обучаемости или адаптивности нечеткой логики к новым задачам, при этом сохраняются архитектура сети и алгоритм ее функционирования.

Концепция нечеткой обработки и идентификации изображений предполагает использование следующих подходов:

1) проблемно-ориентированной предварительной обработки, сохраняющей информационные признаки объектов, что позволяет упростить и ускорить процесс обучения;

2) выделения (идентификации) объекта на изображении для нечеткой обработки за счет использования информации об иерархии признаков, что сокращает затраты времени на обработку (осуществляется поиск лишь в идентифицированной области);

3) использования набора классификаторов, в котором по результатам классификации на тестовой выборке производится выбор наилучшей модели классификатора для обработки всех изображений.

Для повышения точности распознавания исследования проводятся в следующих направлениях: модификация правил выделения признаков за счет введения новых дополнительных инвариантов относительно искажений.

В предлагаемом проекте будут рассматриваться определение границ объекта с использованием методов нечеткой логики. Будет описан способ определения границ объекта с помощью методов нечеткой логики с использованием базу нечетких правил, состоящую из 8 элементов. Входные переменные системы нечеткого вывода могут принимать одно из двух нечетких значений: «черное» или «белое». Выходная переменная также может принимать одно из двух нечетких значений: «граница» или «не граница». Предлагаются использовать подобный подход при обработке изображения, с целью повышения его качества. Возможные значения восьми входных и одной выходной переменных сопоставляются нечеткому множеству, состоящему из двух элементов — «черного» и «белого» —

с Z- и S-образными функциями принадлежности соответственно. Далее системой нечеткого вывода анализируется каждый пиксел изображения, после чего ему присваивается новое значение яркости в зависимости от значений яркости восьми соседних пикселов. Качество изображения зависит от многих параметров, основными из которых для черно-белого полутонового изображения являются: — резкость количественно можно оценить как длину перехода в пикселах; — контрастность количественно можно оценить как разность максимального и минимального значений яркости изображения; — шум количественно можно оценить как среднее арифметическое разброса значений яркости на изображении; — виньетирование количественно можно оценить как контраст между центральной и периферийной областями одного цвета на изображении; — кривизна поля изображения количественно можно оценить как разность значений резкости фрагментов из периферийной и центральной областей. Основные параметры изображения используются в качестве входных переменных системы нечеткого вывода для оценки его качества. При этом каждая переменная описывается одним из термов: П — «плохо», У — «удовлетворительно», Х — «хорошо». Выходная переменная «качество изображения» также описывается одним из указанных термов.

Таким образом, методы нечеткой логики являются мощным инструментом для представления и обработки знаний в виде правил вида «если — то», системы нечеткого вывода разрабатываются быстрее и получаются более простыми по сравнению с четкими аналогами, в них легко внедряются экспертные знания. Нечеткая логика может быть успешно применена при решении задач обработки изображений, например, для повышения качества изображения и его количественной оценки.

Литература:

1. Усмонов М. Проблемы создания интерактивных электронных учебных курсов на основе мультимедийных технологий. Педагогические науки журнал. ISSN1728—8894. Россия. № 6. 2011. 138—143
2. Усмонов М. Создание интерактивных электронных учебных курсов на основе информационных технологий и методика их использования. Актуальные проблемы современной науки. Информационно-аналитический журнал. ISSN1680—2721. № 3 (71) 2013. Россия. 2013 102—106
3. Усмонов М. Технология создания интерактивных электронных учебных курсов и его структура. Молодой учёный журнал. ISSN2072—0297. Россия № 5 2014. 560—563
4. Усмонов М. Методика использования средств мультимедиа программированного обучения информатике. Физика, математика ва информатика илмий-услубий журнали. 6-сон 2014 йил. Тошкент. 2014 йил. 59—63

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Применение многоуровневой фрактальной модели для задач тематической обработки данных

Аксаятов Марат Халилуллович, начальник научно-производственного центра
АО Концерн «Гранит-Электрон» (г. Санкт-Петербург)

Егорова Елена Владимировна, кандидат технических наук, ведущий специалист;
Рыбаков Андрей Николаевич, ведущий инженер
Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики имени Н.Л. Духова (г. Москва)

Рассмотрено применение метода покрытий многоуровневой фрактальной модели при анализе текстур изображений для задач тематической обработки данных, при этом выявлено, что оценка фрактальной размерности определяется наклоном, порождаемым первым и последним масштабами, в то время как промежуточные масштабы не дают вклада в расчеты. Определено, что метод имеет морфологическое осуществление и дает возможность использовать расчетные преимущества морфологической обработки данных, при этом предложенный метод определен в рекурсивной форме и позволяет вести расчеты при больших массивах данных.

Ключевые слова: локальная фрактальная размерность, морфологическое расширение, фрактальная размерность, рекурсивная форма метода, фрактальная сигнатура, морфологическое разрушение, сероуровневая поверхность.

При решении задач тематической обработки данных часто приходится анализировать пространственную структуру поля интенсивности изображений. Для детальных изображений характерно наличие целей и стохастического фона. Для текстурных изображений с точки зрения информативности необходимо учитывать параметры всего изображения. Практически в любых изображениях земных покровов можно выделить области, относящиеся к текстурным изображениям [1]. В последние годы для анализа природных объектов все чаще используются методы фрактальной геометрии. Универсальное описание естественных и антропогенных объектов в оптическом диапазоне представлено в [2], где фрактальная размерность рассчитывается как фрактальная сигнатура для различения поверхностных неровностей.

Фрактальные сигнатуры, полученные с помощью морфологического фильтра, использованы для идентификации ландшафтов и объектов военной техники на фоне земных покровов. Оценка фрактальной размерности проводилась модифицированным методом покрытий, разработанным для анализа текстурных изображений [3]. Рассмотрим метод покрытий в анализе текстур. Суть данного метода состоит в том, что квантованные значения интенсивности двумерного сигнала должны располагаться между двумя функциями, называемыми верхней и нижней поверхностями. Верхняя поверхность содержит множество точек, значения которых всегда, по крайней мере, на один квант превышают интенсивность входного сигнала. Нижняя поверхность L имеет значения точек, которые всегда ниже, по крайней мере, на один квант интенсивности входного изображения.

Верхняя и нижняя поверхности при нулевой шкале масштабов определяются как

$$U(i, j, 0) = L(i, j, 0) = g(i, j), \quad (1)$$

где $g(i, j)$ – входное изображение. В общем случае

$$\begin{aligned} U(i, j, \epsilon + 1) &= \max \left\{ U(i, j, \epsilon) + 1, \max_{k, m \in \eta} [U(k, m, \epsilon)] \right\}, \\ L(i, j, \epsilon + 1) &= \max \left\{ L(i, j, \epsilon) - 1, \max_{k, m \in \eta} [L(k, m, \epsilon)] \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

где $\eta = \{(k, m)\}$ расстояние $\{(k, m), (i, j)\} \leq 1$.

Сконструированное покрытие, образованное двумя указанными функциями, имеет толщину 2ϵ . Для двумерного сигнала площадь «поверхности» есть объем, занятый покрытием и деленный на величину 2ϵ . Площадь «поверхности» интенсивности $A(\epsilon)$ в пределах окна наблюдения R рассчитывают вычитанием точки за точкой нижней «поверхности» из верхней с дальнейшим суммированием по всему окну [1].

$$A(\varepsilon) = \frac{\sum_{i,j \in R} U(i,j,\varepsilon) - L(i,j,\varepsilon)}{2\varepsilon} = \frac{V\varepsilon}{2\varepsilon}. \quad (3)$$

Фрактальную размерность определяют по наклону $\log A(\varepsilon)$ как функцию $\log \varepsilon$. В [3] измеряемая «поверхность» $A_1(\varepsilon)$ определяется разностью объемов при последовательных масштабах:

$$A_1(\varepsilon) = (V(\varepsilon) - V(\varepsilon - 1)) / 2. \quad (4)$$

На основе (9.40) получаем

$$V(\varepsilon) = 2\varepsilon A(\varepsilon). \quad (5)$$

Тогда из [3] имеем

$$V(\varepsilon) = 2K\varepsilon^{3-D}, \quad (6)$$

где K – постоянная величина.

Рассчитанное значение $A_1(\varepsilon)$ является аппроксимацией производной $V(\varepsilon)$ по ε и определяется по формуле

$$A_1(\varepsilon) = 0,5 \frac{\partial V(\varepsilon)}{\partial \varepsilon} = (3-D)K\varepsilon^{2-D}. \quad (7)$$

Следует уточнить, что реальные изображения всегда имеют шумовую составляющую, поэтому расчет $A(\varepsilon)$ по (7) может дать оценку шума. В качестве примера на рис. 1,а приведено изображение размером 32x32 пиксел дерева, а на рис. 1,б – соответствующие фрактальные сигнатуры, рассчитанные по формулам (3) и (4). Значения D соответствующие (3), находятся в ожидаемом диапазоне от 2 до 3 при котором $D = 2$ соответствует плоской поверхности. Фрактальная сигнатура, рассчитанная по (4), превышает допустимую верхнюю границу, равную 3. Следовательно, расчет по производной дает сильную шумовую составляющую. Фрактальная размерность $D(i, j)$ при нахождении пиксела (i, j) на всех масштабах оценивается в [4] как взвешенная сумма локальных фрактальных размерностей $F_\varepsilon(i, j)$ в виде

$$D(i, j) = \sum_{\varepsilon} C_{\varepsilon} F_{\varepsilon}(i, j) / \sum_{\varepsilon} C_{\varepsilon} \quad (8)$$

при

$$C_{\varepsilon} = [\log \varepsilon - \log(\varepsilon - 1)] / \log 2, \quad F_{\varepsilon} = [\log A(i, j, \varepsilon) - \log A(i, j, \varepsilon - 1)] / [\log \varepsilon - \log(\varepsilon - 1)]. \quad (9)$$

Вследствие свойства масштабирования фракталов величина $F_{\varepsilon}(i, j)$ является результатом деления $A(i, j, \varepsilon)$ на $A(i, j, \varepsilon - 1)$:

$$\frac{A(i, j, \varepsilon)}{\log A(i, j, \varepsilon - 1)} = \frac{K\varepsilon^{(2-D)}}{K(\varepsilon - 1)^{(2-D)}} = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{(2-D)}. \quad (10)$$

Логарифмируя (10), имеем

$$\frac{\log A(i, j, \varepsilon) - \log A(i, j, \varepsilon - 1)}{\log A(\varepsilon) - \log A(\varepsilon - 1)} = 2 - D = F_{\varepsilon}(i, j). \quad (11)$$

Локальные фрактальные размерности $F_{\varepsilon}(i, j)$ рассчитывают только на промежуточных этапах. Затем последовательные значения $F_{\varepsilon}(i, j)$ накапливаются с определенными весами по всему диапазону шкал для получения оценки фрактальной размерности $D(i, j)$. Соотношение (8) является функцией только первой и последней шкал масштабов. Элемент суммы числителя в (8)

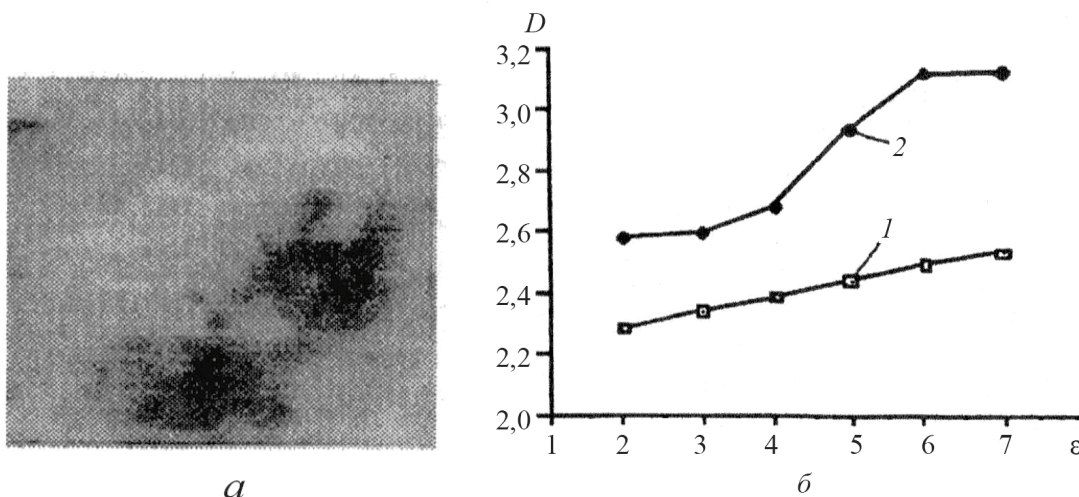


Рис. 1. Изображение дерева (а) и фрактальные сигнатуры (б), определенные по формуле (3) – кривая 1 и (4) – кривая 2

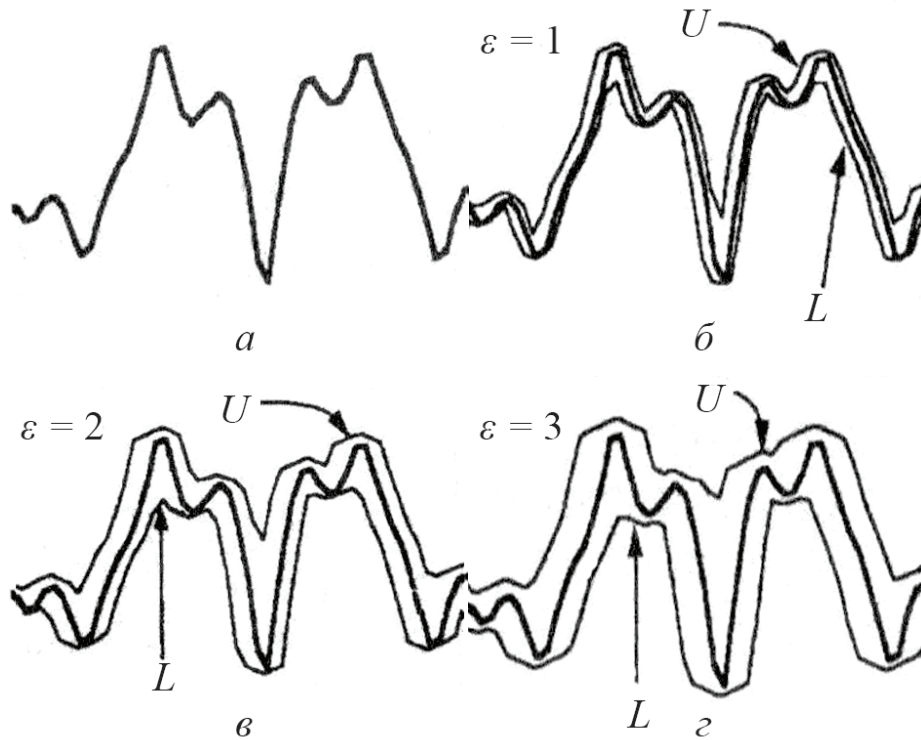


Рис. 2. Конструирование верхней U и нижней L «поверхностей» при различных масштабах: a – истинный одномерный сигнал; $б$ – масштаб = 1; $в$ – = 2; $г$ – = 3

$$C_\epsilon F_\epsilon(i, j) = \{ \log[A(\epsilon)] - \log[A(\epsilon-1)] \} / \log 2.$$

Тогда

$$\sum_\epsilon C_\epsilon F_\epsilon(i, j, \epsilon) = \left\{ \begin{aligned} &\log[A(i, j, \epsilon)] - \log[A(i, j, \epsilon-1)] + \\ &+ \log[A(i, j, \epsilon-1)] - \log[A(i, j, \epsilon-2)] + \\ &+ \log[A(i, j, \epsilon-2)] - \dots - \log[A(i, j, 1)] \end{aligned} \right\} / \log 2 = \{ \log[A(i, j, \epsilon)] - \log[A(i, j, 1)] \} / \log 2, \quad (12)$$

при этом $\sum_\epsilon C_\epsilon = \{ \log \epsilon - \log(\epsilon-1) + \log(\epsilon-1) - \dots - \log(1) \} / \log 2 = [\log(\epsilon) - \log(1)] / \log 2.$

Уравнение (12) показывает, что оценка фрактальной размерности определяется наклоном, порождаемым первым и последним масштабами, в то время как промежуточные масштабы не дают вклада в расчеты.

Рассмотрим морфологическое осуществление метода. Предложенный метод покрытий для нахождения D прост и одновременно эффективен в реализации. Следует уточнить, что метод определен в рекурсивной форме, позволяющей вести расчеты при больших массивах данных. Соответственно метод имеет морфологическое осуществление, что дает возможность использовать расчетные преимущества морфологической обработки. Расчеты верхней и нижней поверхностей по (2) эквивалентны морфологическому расширению и разрушению [5]. Данные операции определяются как:

разрушение: $(g \oplus k)(x, y) = \min \{ g(x+n, y+m) - k(n, m) \}, n, m \in Ros(k),$

расширение: $(g \ominus k)(x, y) = \max \{ g(x+n, y+m) + k(n, m) \}, n, m \in Ros(k).$

здесь (k) – двумерные фигуры, размер, форма и пространственная ориентация которых определяют фильтрующие свойства; $Ros(k)$ – область содержания k . Данные о выходной точке получаются расположением ядра k на определенной доле входного образа и действием min -оператором (при разрушении) или max -оператором (при расширении) на значения, объемлемые ядром. Такая операция повторяется при перемещении ядра по всему образу g .

Разнообразие функциональных морфологических операций достигается использованием этих простейших действий. На рис.2 представлено создание верхней U и нижней L «поверхностей» при различных масштабах. Можно считать, что изображения являются комбинацией различных сероуровневых «поверхностей», которые самоподобны в определенном диапазоне масштабов и поэтому их соответствующие фрактальные размерности стабильны на малом числе шкал. Схема расчета фрактальной сигнатуры по формуле (3) морфологическим фильтром приведена в [2] и в [6].

Каждая точка изображения (k, l) определяется оценкой площади при масштабе ϵ . Для начальной нулевой шкалы верхние и нижние «поверхности» идентичны и равны истинному изображению (см. (1)). Для конечного числа масштабов оценка $A(k, l, \epsilon)$ следует из соотношения

$$A(k, l, \epsilon) = \left(\sum_{i=k-w}^{k+w} \sum_{j=l-w}^{l+w} U(i, j, \epsilon) - L(i, j, \epsilon) \right) / 2\epsilon, \quad (13)$$

где окно размером $(2w+1) \times (2w+1)$ имеет переменные размеры, устанавливаемые нижней и верхней шкалами масштабирования.

Предложенный метод покрытий для нахождения D прост и одновременно эффективен в реализации. Следует уточнить, что метод определен в рекурсивной форме, позволяющей вести расчеты при больших массивах данных. Соответственно метод имеет морфологическое осуществление, что дает возможность использовать расчетные преимущества морфологической обработки [8]. Расчеты верхней и нижней поверхностей эквивалентны морфологическому расширению и разрушению. Отметим, что изображения являются комбинацией различных сероуровневых «поверхностей», которые самоподобны в определенном диапазоне масштабов и поэтому их соответствующие фрактальные размерности стабильны на малом числе шкал. Таким образом, для построения многоуровневой фрактальной модели при задачах тематической обработки данных для соответствующей характеристики объектов предложено использовать метод покрытий.

Литература:

1. Потапов А. А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. Университетская книга. 2005. С. 848.
2. Peli O. Multiscale Fractal Theory and Object Characterization// Opt. Soc. Am. A. 1990. V. 7. P. 1101–1112.
3. Peleg S., Naor J., Hartely R., Avnir D. Multiple Resolution Texture Analysis and Classification//IEEE Trans. 1984. V. PAMI-6. P. 518–523.
4. Carlotto M. Stein M. C. Detecting Man-Made Change in Imagery// Proc. Soc. Photo-Optical Instruments Engineering. 1985. V. 1002. P. 6–11.
5. Serra J. Image Analysis and Mathematical Morphology. — L.: Academic Press. 1982.
6. Потапов А. А. Фракталы в дистанционном зондировании/Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2000. № 6. С. 3–65.
7. Аветисов А. С., Карпов М. А., Юрков М. В., Егорова Е. В., Нефедов В. И., Харитонов А. Ю. Математическое и программное обеспечение фрактального распознавания природных и искусственных объектов. Электромагнитные волны и электронные системы. № 8. Т. 17. 2012. С. 45–48.
8. Аксаятов М. Х., Егорова Е. В., Мартынов Н. В., Рыбаков А. Н. Обнаружение малоконтрастных целей, Успехи современной радиоэлектроники № 1, 2017, стр. 23–26

Оценка эффективности использования сигнально-кодовых конструкций на примере технологии DVB-T2

Пешкин Антон Михайлович, ассистент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Грязнов Дмитрий Александрович, руководитель

ООО «Делл Украина» (г. Киев, Украина)

Ключевые слова: сигнально-кодовые конструкции, информационная эффективность, энергетика, модуляция, QAM

Базовым инструментом удовлетворения требований к передаче информации при ограниченном ресурсе канала связи является применение информационно ёмких сигналов — сигналов многопозиционной модуляции. Вопросами обработки и передачи сигналов занимается теория потенциальной помехоустойчивости, основателем которой является Котельников В. А. В современных телекоммуникационных системах широко используются такие виды модуляции, как QPSK, QAM-16, QAM-64, QAM-256.

В то же время применение многопозиционной модуляции приводит к ухудшению качества связи. Данная проблема решается применением помехоустойчивых кодов, вопросами формирования которых занимается теория помехоустойчивого кодирования. Однако, при помехоустойчивом кодировании ресурсы канала используются как для передачи сообщений источ-

ника, так и для передачи избыточных сообщений, в результате чего уменьшается информационная ёмкость сообщений, передаваемых по каналу связи.

Наиболее распространенными видами помехоустойчивого кодирования, которые используются в современных телекоммуникационных системах, являются непрерывные коды, двоичные блочные коды (БЧХ, LDPC), недвоичные блочные коды Рида-Соломона, каскадные коды. Выбор в канале связи с известными параметрами рационального сочетания в одном сигнале вида модуляции с максимально допустимой кратностью и эффективностью исправляя кода, который обеспечивает необходимую достоверность, приводит к понятию сигнально-кодовой конструкции.

Рассмотрим эффективность использования сигнально-кодовых конструкций на примере стандарта DVB-T2. Для оценки информационной эффективности сигнально-кодовых конструкций, используемых в стандарте DVB-T2, приведем таблицу комбинаций помехоустойчивых кодов и видов модуляции, используемых в стандарте:

Таблица 1

Наборы значений кодовых скоростей от модуляции в технологии DVB-T2

Модуляция	Кодирование, r_c					
	1/2	3/5	2/3	3/4	4/5	5/6
QPSK	1/2	3/5	2/3	3/4	4/5	5/6
QAM-16	1/2	3/5	2/3	3/4	4/5	5/6
QAM-64	1/2	3/5	2/3	3/4	4/5	5/6
QAM-256	1/2	3/5	2/3	3/4	4/5	5/6

Как видно из таблицы 1, для каждого вида модуляции может использоваться кодовая конструкция с любой из перечисленных кодовых скоростей. Очевидно, что выбор конкретной СКК зависит от отношения сигнал / шум в канале связи. Поэтому, для оценки информационной эффективности зададимся рабочим диапазоном отношение сигнал / шум $[h^2_{\min}; h^2_{\max}]$ на входе демодулятора и для каждого набора СКК определим, для которого значения h^2 информационная эффективность будет наибольшая. Пусть необходимо обеспечить достоверность на выходе декодера на уровне $P=10^{-7}$

Приведем алгоритм определения информационной эффективности СКК DVB-T2.

Первый шаг. Для заданного диапазона отношение сигнал / шум $[h^2_{\min}; h^2_{\max}]$ определим канальную вероятность ошибки для каждого вида модуляции используя выражения [1–3]. Для примера приведем выражения для поиска канальной вероятности ошибки для QPSK и QAM-16:

$$P_{S_QPSK}(h^2) = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \frac{-h^2}{e^{\sin^2 \beta (1 - ctg \beta)^2}} d\beta \tag{1}$$

$$P_{6_QPSK}(h^2) = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{5}}^{\frac{5\pi}{4}} \frac{h^2}{e^{(\sin \alpha - \cos \alpha)^2}} d\alpha \tag{2}$$

$$P_{6_QAM16}(h^2) = \frac{P_{ош_6_1}(h^2) + P_{ош_6_2}(h^2)}{2}, \tag{3}$$

где $P_{ош_6_1}$ та $P_{ош_6_2}$ вычисляются на основании выражений:

$$P_{ош_6_1}(h^2) = \frac{\frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} e^{\frac{-h^2}{2(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}} d\alpha + \frac{1}{2\pi} \int_{\arctg(3)}^{\pi + \arctg(3)} e^{\frac{-5h^2}{18(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{3})^2}} d\alpha + \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} e^{\frac{-h^2}{18(\sin \alpha - \cos \alpha)^2}} d\alpha}{4}$$

$$P_{ош_6_2}(h^2) = \frac{\frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} e^{\frac{-h^2}{18(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}} d\alpha - \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} e^{\frac{-h^2}{50(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}} d\alpha + \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} e^{\frac{-h^2}{18(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}} d\alpha}{2}$$

Второй шаг. Для каждой вероятности ошибки определим вероятность ошибки после внутреннего декодера БЧХ p_{in} . Для этого воспользуемся выражением для биномиального распределения [4], где $P = p_{in}$:

$$P = \frac{\sum_{j=t+1}^n C_n^j \cdot p_6^j \cdot (1-p_6)^{n-j}}{n} \tag{4}$$

Третий шаг. Для каждой p_{in} определим вероятность ошибки после внутреннего декодера LDPC, которая и будет результирующей вероятностью ошибки каскадного кода P . Для определения вероятности на выходе декодера аналогично предыдущему шагу воспользуемся выражением (4), в котором $p_0 = p_{in}$.

Четвертый шаг. Построим зависимость информационной эффективности от энергетике для каждого вида модуляции и каждого каскадного кода — рис.1.

Отметим, что рис.1 построен при условии обеспечения необходимой достоверности. Из рисунка видно, что существуют пороговые значения энергетике h^2 , для которых невозможно обеспечить необходимую достоверность, используя выбранный помехоустойчивый код. Например, для модуляции QAM-16 и каскадного кода со скоростью $r_c = 1/2$ можно достичь необходимой достоверности при энергетике $h^2 \geq 9$, для $r_c = 3/5$ — $h^2 \geq 13$ и т. д.

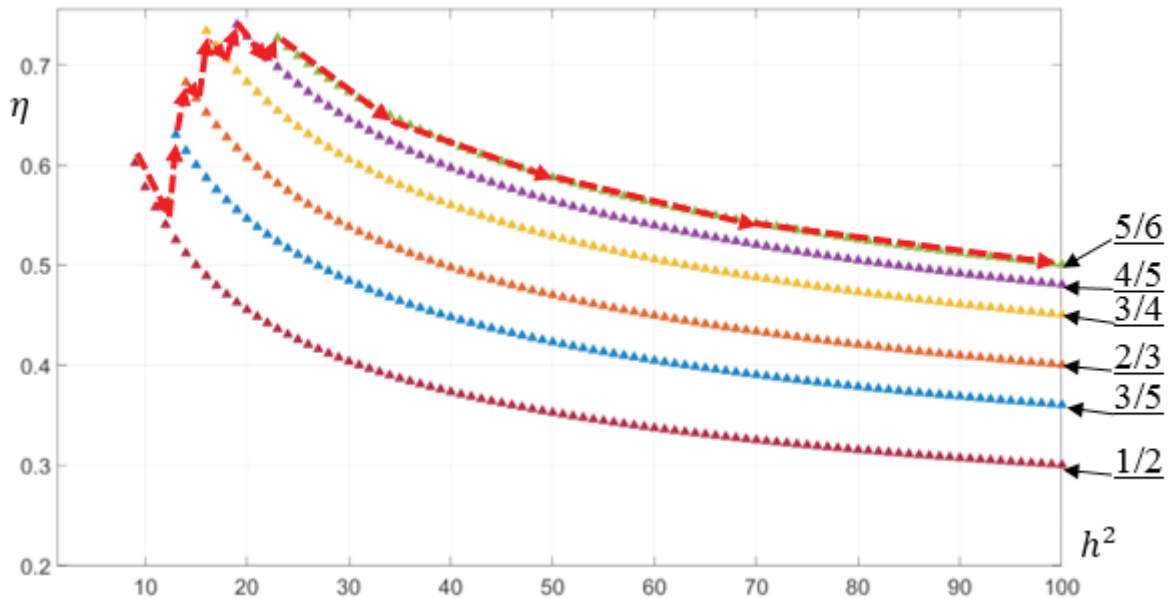


Рис. 1. Зависимость информационной эффективности от энергетике при модуляции QAM-16 и каскадном кодировании для стандарта DVB-T2

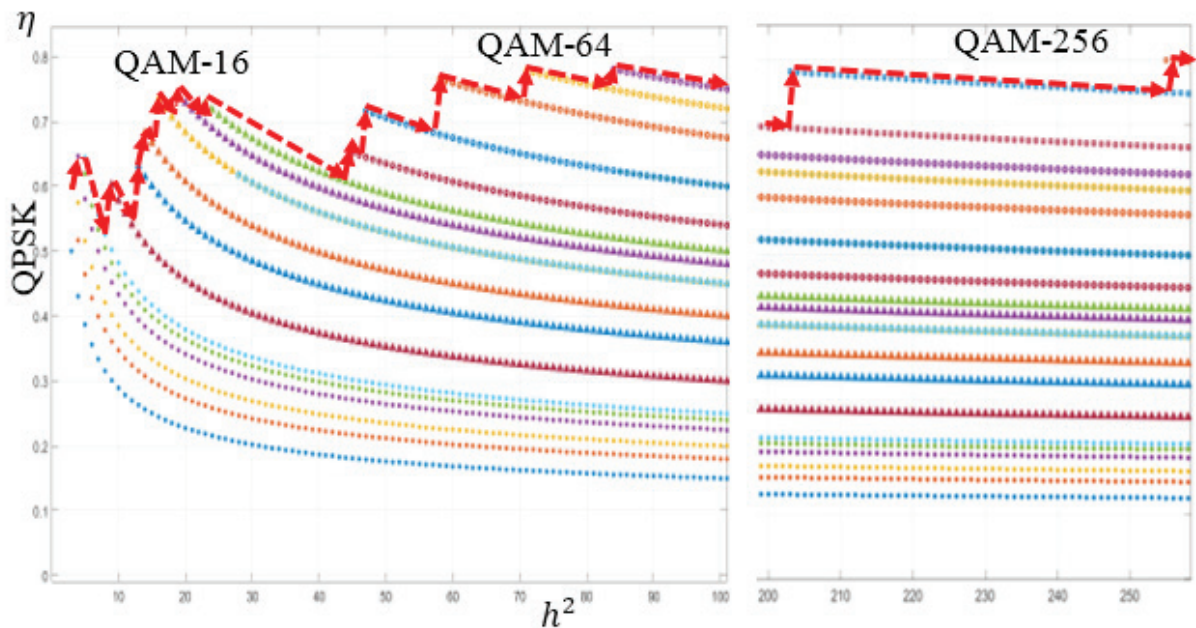


Рис. 2. Зависимость информационной эффективности от энергетике для модуляций QPSK, QAM-16, QAM-64, QAM-256 и каскадном кодировании, которое применяется в стандарте DVB-T2 с кодовыми скоростями: 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6

С другой стороны, использование помехоустойчивого кода с большей кодовой скоростью позволяет повысить информационную эффективность. Таким образом, для каждого h^2 , при $h^2 \geq 9$, существует лучший помехоустойчивый код, который позволяет передавать сообщения с максимальной информационной эффективностью и заданной достоверностью. Последовательность переходов между видами модуляции и кодирования с увеличением энергетики показана на рис. 2 красными стрелками.

На рис. 2. изображена информационная эффективность для различных видов модуляции и помехоустойчивых кодов. Из рисунка видно, что с увеличением энергетики для достижения максимума информационной эффективности целесообразно делать постепенные переходы от менее скоростных помехоустойчивых кодов к более скоростным, и от менее информационно ёмких видов модуляции к более информационно ёмким.

Пятый шаг. Находятся экстремумы полученных линий информационной эффективности и осуществляется их сравнение с реальными значениями энергетики, при которых происходят переходы от одной СКК к другой. Найденные экстремумы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Пороговые значения переходов h^2 , при которых целесообразно переключение вида модуляции или кодирования для стандарта DVB-T2

Модуляция	Кодирование, rs / Энергетика переходов h^2											
	1/2		3/5	3	2/3		3/4	4	4/5		5/6	5
QPSK	1/2		3/5	3	2/3		3/4	4	4/5		5/6	5
QAM-16	1/2	9	3/5	13	2/3	14	3/4	16	4/5	19	5/6	23
QAM-64	1/2	28	3/5	45	2/3	47	3/4	58	4/5	71	5/6	84
QAM-256	1/2	85	3/5	155	2/3	161	3/4	203	4/5	255	5/6	>300

Литература:

1. Прокис Д. Цифровая связь [Текст] / Д. Прокис; пер. с англ. — М.: Радио и связь, 2000. — 800 с.
2. Прокопенко Е. А. Повышение информационных возможностей каналов с многопозиционными сигналами в системах беспроводной связи [Текст]: диссертация кандидата технических наук: 05.12.02 / Е. А. Прокопенко; Киев, НТУУ «КПИ». — К.: 2011. — 175 с..
3. Рубцов А. Е. Влияние неточности оценки канала на вероятность битовых ошибок систем связи с M-QAM модуляцией [Текст] / А. Е. Рубцов, В. С. Шпагина // Труды (седьмой) научной конференции по радиофизике, 7 мая 2003. Ред. А. В. Якимов. — Нижний Новгород: ТАЛЛМ, 2003. — с. 216–217.
4. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. — М.: Техносфера, 2005—320с.

Исследование многомодового режима взаимодействия электронов с СВЧ-полем в однозачорных резонаторах для приборов клистронного типа

Чигуров Илья Олегович, кандидат технических наук, начальник сектора
АО «Научно-производственное предприятие «Алмаз» (г. Саратов)

Царев Владислав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Ливчина Анна Владимировна, магистр
Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

В статье описываются результаты исследования и сравнения различных конструкций резонаторов для приборов клистронного типа, работающих на основном (2450 МГц) и высшем (4900 МГц) видах колебаний с помощью программы трехмерного электромагнитного моделирования. Приведены результаты расчетов собственных частот, электронных и электродинамических параметров.

Ключевые слова: прибор клистронного типа, однозачорный резонатор, многомодовый режим взаимодействия, эффективное характеристическое сопротивление, электронный коэффициент полезного действия.

В наше время многоручевые приборы клистронного типа [1] находят широкое применение в различных областях науки и техники. Усилители и генераторы на их основе используются в устройствах промышленного СВЧ

нагрева [2], радиолокации, системах цифрового телевидения, ускорительной технике, медицине и др. Расширение областей применения этих требует расширения частотного диапазона, увеличения выходной мощности.

Большой интерес представляют приборы клистронного типа, использующие в группирователе резонаторы, работающие одновременно на двух кратных частотах. Такие резонаторы позволяют улучшить выходные параметры изделий с сохранением массогабаритных параметров, в виду отсутствия необходимости использования дополнительных резонаторов второй гармоники для реализации режима несинусоидальной скоростной модуляции.

Однако такие приборы слабо изучены, а их расчет и проектирование затруднены из-за трехмерного характера протекающих процессов и большого количества влияющих факторов. Разработка и исследование таких при-

боров являются одними из актуальных задач современной вакуумной электроники СВЧ.

В настоящей работе представлены результаты расчета электронных и электродинамических параметров различных конструкций однозорных резонаторов для приборов клистронного типа, а также их сравнение по показателю критерия качества.

На рисунках 1–4 изображены 3d-модели исследуемых однозорных ступенчато-неоднородных резонаторов для приборов клистронного типа. Конструкции 1 и 4 имеют круглую форму окна резонатора, конструкции 2 и 3 — квадратную. Так же конструкции 1 и 2 имеют дополнительные вырезы для настройки кратности резонансных частот.

На рисунках 5–8 представлены схематические изображения резонаторов, с обозначением основных размеров. Размеры приведены в таблицах 1–4.



Рис. 1. 3d-модель первой конструкции резонатора

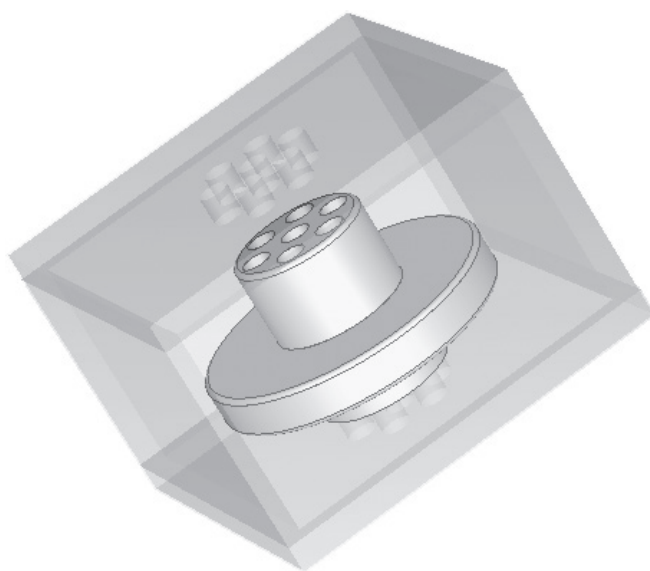


Рис. 2. 3d-модель второй конструкции резонатора

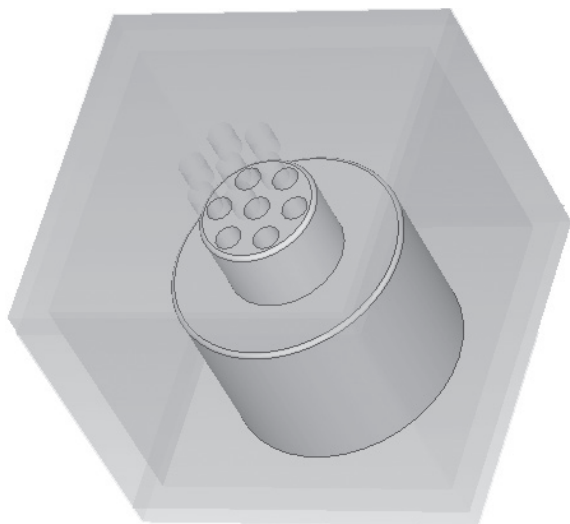


Рис. 3. 3d-модель третьей конструкции резонатора

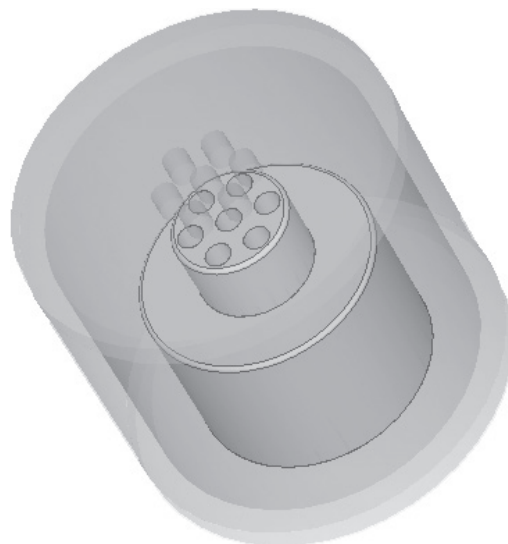


Рис. 4. 3d-модель четвертой конструкции резонатора

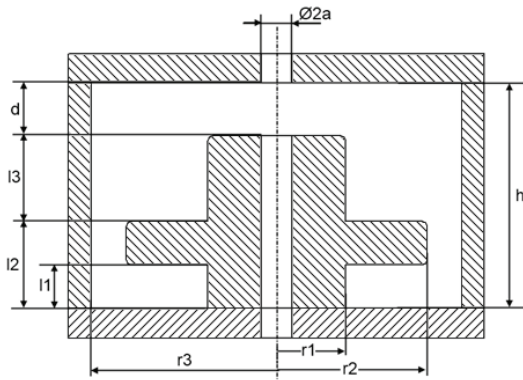


Рис.5. Основные геометрические размеры первой конструкции резонатора

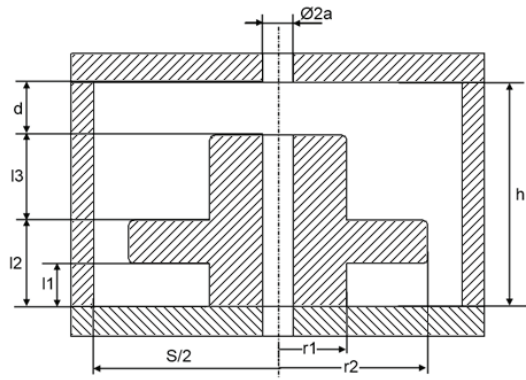


Рис.6. Основные геометрические размеры второй конструкции резонатора

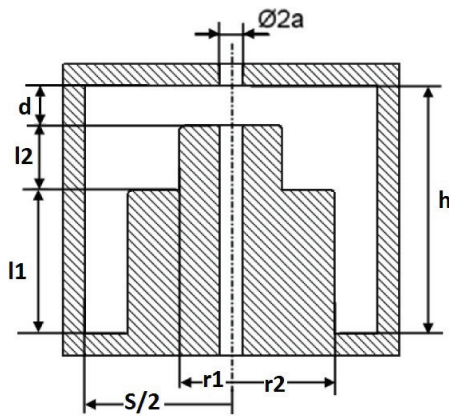


Рис.7. Основные геометрические размеры третьей конструкции резонатора

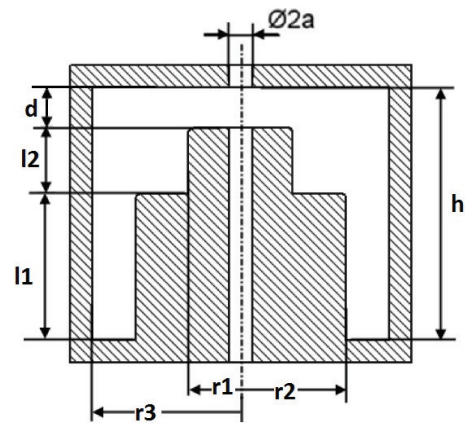


Рис.8. Основные геометрические размеры четвертой конструкции резонатора

Таблица 1

Основные геометрические размеры первой конструкции резонатора

r_1 , мм	r_2 , мм	r_3 , мм	h , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	d , мм	a , мм
6,96	15,070	18,956	23	4,865	9,006	8,7	5,3	1,54

Таблица 2

Основные геометрические размеры второй конструкции резонатора

r_1 , мм	r_2 , мм	$S/2$, мм	h , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	d , мм	a , мм
6,96	15.19	18.72	22.8	4.4	8.8	8.7	5,3	1,54

Таблица 3

Основные геометрические размеры третьей конструкции резонатора

r_1 , мм	r_2 , мм	$S/2$, мм	l_1 , мм	l_2 , мм	d , мм	h , мм	a , мм
6.96	13.81	17.99	19.2	8.7	5.3	33.2	1.54

Таблица 4

Основные геометрические размеры четвертой конструкции резонатора

r_1 , мм	r_2 , мм	r_3 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	d , мм	h , мм	a , мм
6.96	14	19.7	19.4	8.7	5.3	33.4	1.54

Результаты расчетов электронных и электродинамических параметров (ρ — характеристическое сопротивление, M — коэффициент взаимодействия, G_e/G_0 — активная составляющая относительной электронной проводимости)

исследуемых резонаторов, при ускоряющем напряжении $U_0 = 10$ кВ и коэффициенте заполнения пролетного канала $b/a = 0,7$, представлены в таблице 5.

Таблица 5

Основные электронные и электродинамические параметры резонаторов

Конструкция	Параметры	F , МГц	ρ , Ом	M	G_e/G_0	Q
Первая	Вид 1	2450	46,28	0,89276	0,09101	3037
	Вид 2	4900	23,13	0,6268	0,19193	6000
Вторая	Вид 1	2481	52,167	0,89016	0,09283	3126
	Вид 2	4900	33,43	0,6268	0,19193	5573
Третья	Вид 1	2452	51,2	0,8926	0,09113	3811
	Вид 2	4904	31,9	0,6263	0,19196	6220
Четвертая	Вид 1	2442	52,7284	0,89324	0,09054	3883
	Вид 2	4906	33,3857	0,62605	0,19199	6330

Из таблицы 5 видно, что наибольшую величину характеристического сопротивления в центральном пролетном канале на двух видах колебаний имеет вторая конструкция резонатора. Все типы конструкции резонаторов имеют высокие значения коэффициента взаимодействия M на двух рабочих видах колебаний. Значения активной составляющей электронной проводимости G_e/G_0 всех типов конструкций находятся в положительной области, что обеспечит отсутствие самовозбуждения резонаторов.

Для сравнения резонаторов воспользуемся коэффициентом качества [3], который рассчитывается по формуле

$$\frac{\rho M^2}{500H/\lambda}, \text{ где } \rho M^2 \text{ — эффективное характеристическое со-}$$

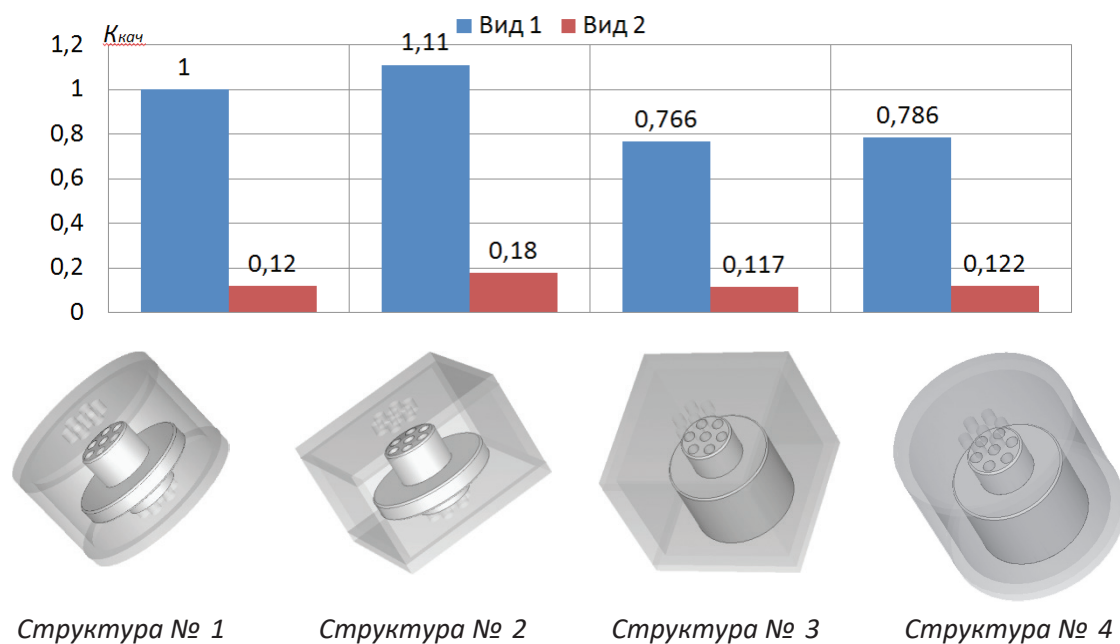
противление, H — высота резонатора, λ — длина волны. Результаты расчета коэффициента качества резонаторов представлены в таблице 6.

На рисунке 9 представлена гистограмма нормированного коэффициента качества. За 1 принято значение коэффициента качества первого резонатора на первом виде колебаний. Как видно из графика, наибольший коэффициент качества имеет второй вариант конструкции. Наименьший коэффициент качества имеет третий вариант конструкции. Отсюда следует, что наиболее перспективной для применения в группирователях приборов клистронного типа является второй тип конструкции, соответствующий максимуму отношения эффективного характеристического сопротивления на единицу длины резонатора.

Таблица 6

Результаты расчета коэффициента качества резонаторов

Тип конструкции	F , МГц	$\frac{\rho M^2}{500H/\lambda}$, Ом
Первая	2450	0,393
	4900	0,048
Вторая	2481	0,438
	4900	0,071
Третья	2452	0,301
	4904	0,046
Четвертая	2442	0,309
	4906	0,048

Рис. 9. Коэффициенты качества $K_{кач}$ исследованных резонаторов*Литература:*

1. Королев А. Н., Лямзин В. М., Мамонтов А. В., Симонов К. Г. СВЧ-прибор клистронного типа (варианты). Патент на полезную модель № 2390870, г. Фрязино, 2010.
2. Морозов О., Каргин А., Савенко Г., Требух В., Воробьев И. Промышленное применение СВЧ-нагрева // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2010. № 3
3. Царев В.А., Мирошниченко А. Ю., Смирнов С. В. Нелинейный критерий подобия тороидальных резонаторов // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы XIX междунар. Крымской конф., 14–18 сент. 2009 г., Севастополь, Крым, Украина. — Севастополь, 2009. — С. 139–140.

АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Разработка автоматизированной системы управления подогревателем нефти ПТБ-10Э

Силаев Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Семенов Андрей Валерьевич, студент

Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Нефтяная промышленность — ведущая отрасль российской промышленности, включающая в себя добычу, переработку, транспортировку и сбыт нефти, а также производство и сбыт нефтепродуктов. Дальнейшее развитие и совершенствование технологических процессов переработки нефти связано с созданием установок большей мощности, оснащённых современным оборудованием. В связи с чем возрастают стоимость обслуживания аппаратуры, а также требования к обслуживающему персоналу [1].

Автоматизация технологических процессов позволит сократить затраты на обслуживание, а также снизить нагрузку на персонал. Результатами автоматизации технологических процессов являются:

- Увеличение объёма выпускаемой продукции;
- Снижение себестоимости выпускаемой продукции;
- Улучшение качества выпускаемой продукции;
- Повышение надёжности технологического оборудования и увеличение их срока службы;
- Уменьшение численности обслуживающего персонала;
- Экономия материалов;

- Улучшение условий труда и техники безопасности.

Процесс нагрева нефтепродуктов является неотъемлемой частью производства в нефтяной промышленности и позволяет решить такие задачи как:

- Транспортировка нефтепродуктов;
- Операции слива-налива высоковязких нефтепродуктов.

Подогрев нефти на производстве производится для улучшения текучести и снижения вязкости нефтепродуктов. На нефтяном промысле подогрев нефти проводят при её деэмульсации в трубчатых печах до температуры 40–90°C. Подогрев нефти позволяет ускорить процесс разрушения и разделения нефтяных эмульсий, т.е. добиться более глубокого обессоливания нефти и обезвоживания нефти [2].

Наиболее распространённым способом подогрева нефти является её подогрев в трубчатых блочных печах, например, в трубчатой блочной печи ПТБ-10Э, которая предназначена для нагрева нефтяных эмульсий и нефти при их промышленной подготовке к транспортировке.

Характеристики трубчатой блочной печи ПТБ-10Э представлены в таблице 1.

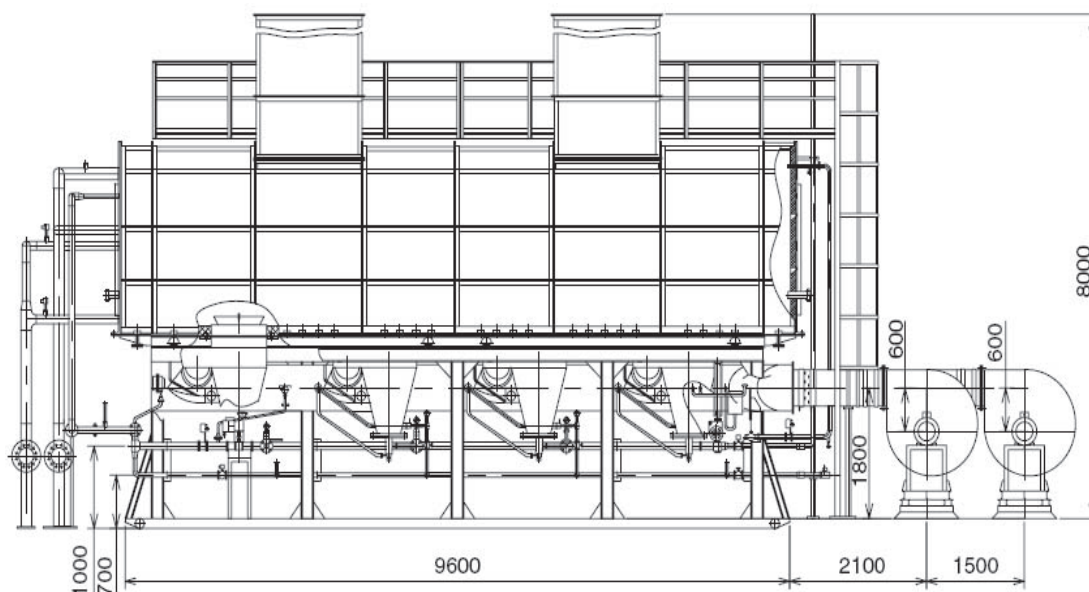


Рис. 1. Печь трубчатая блочная ПТБ-10Э.

Таблица 1

Технические характеристики печи трубчатой блочной ПТБ-10Э.

Номинальная тепловая мощность	13,9 МВт
Нагреваемая среда	Нефть, нефтяная эмульсия с содержанием сероводорода в попутном газе не более 0,1 % мас.
Номинальная производительность по продукту	500 т/ч
Температура продукта на входе/выходе	Не менее + 5°C / не более + 90°C
Рабочее давление	6,3 МПа
Топливо	Природный или попутный нефтяной газ, осушённый и очищенный, с содержанием сероводорода не более 0,002 % мас.
Расход топлива	1600 нм ³ /ч
КПД	85 %
Габаритные размеры (д / ш / в)	15,8 м / 3,52 м / 8,135 м
Масса	46,7 т

Характерной особенностью печей данного типа является более благоприятный, в сравнении с другими печами, тепловой режим поверхностного нагрева, обеспечивающий «мягкий» нагрев продукта в трубах змеевиков и, тем самым, предотвращающий коксообразование. Этот режим, при котором поверхности труб змеевиков полу-

чают равномерный нагрев, достигается путем создания достаточного равномерного поля по всему внутреннему объему теплообменной камеры за счет интенсивной рециркуляции продуктов сгорания топлива.

Как объект управления трубчатую блочную печь можно представить в виде, показанном на рисунке 2.

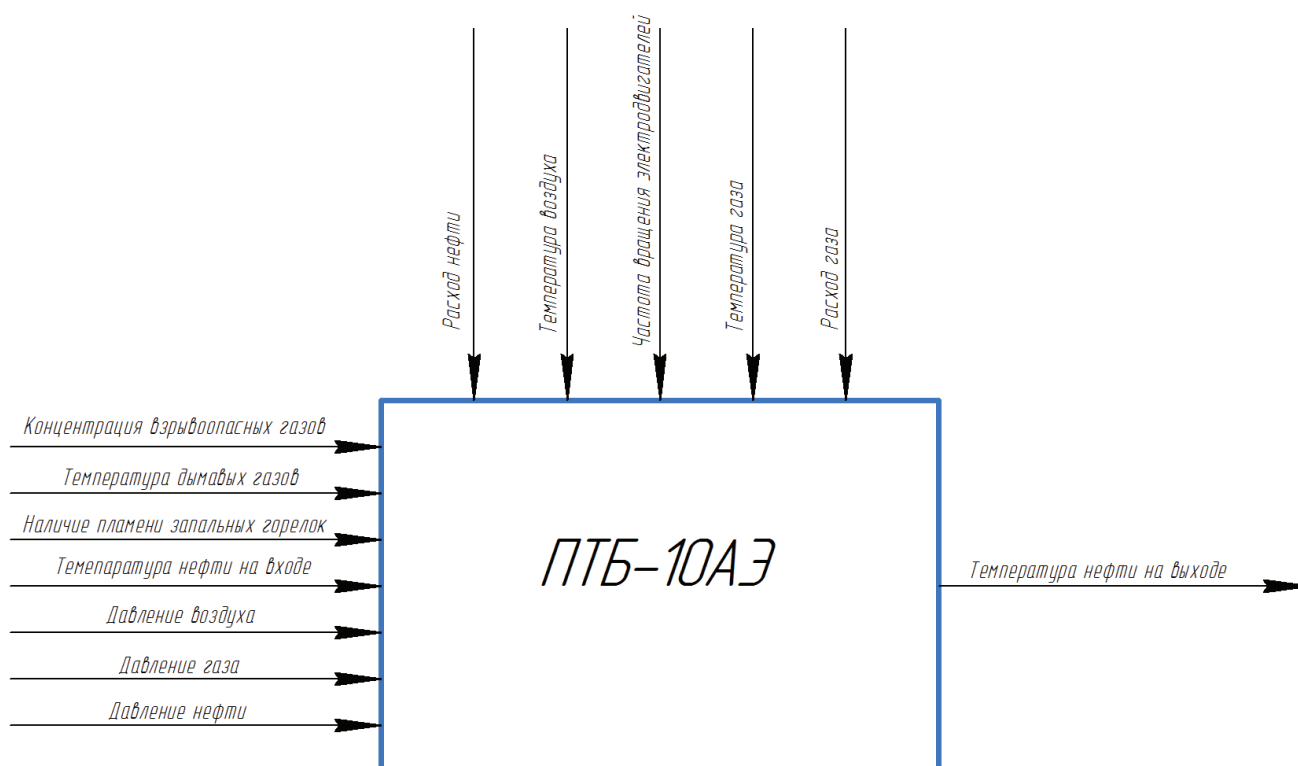


Рис. 2. Печь ПТБ-10Э как объект управления.

В данном процессе, основными показателями эффективности, по которым судят о качественном течении процесса, является температура нефтепродукта на выходе из печи, которая должна составлять $90 \pm 2^\circ\text{C}$.

Вторым показателем эффективности является производительность печи 500 т/час.

Третий показатель — это энергетические затраты на процесс нагрева:

- Расход газа — 1600 нм³/ч;
- Расход воздуха — 24000 нм³/ч.

Тогда целью управления процессом является поддержание температуры нефтепродукта на выходе из печи на

значении $90 \pm 2^\circ\text{C}$. При заданной производительности, при минимальных энергетических затратах, при условии, что процесс будет безопасным, безаварийным и непрерывным.

В первую очередь рассматривается возможность регулирования основного показателя эффективности, т.е. температуры нефтепродукта.

Сначала рассматривается широта номенклатурной базы для измерения данного показателя. Технических средств измерений температуры существует великое множество для любых типов производств и для различных условий эксплуатации. При этом существуют каналы для внесения регулирующих воздействий, численные изменения которых непосредственно влияют на температуру нефтепродукта. Это линия подачи нефтепродукта и линия подачи газа. Изменяя скорость, с которой нефтепродукт движется по змеевику при постоянном расходе газа, можно добиться необходимого уменьшения или увеличения температуры, но установка клапана на линии подачи нефтепродукта сделает переменной производительность процесса, что недопустимо. Так же стоит учесть, что если печь является одним из звеньев производственной

цепи, то этот клапан будет вносить возмущения в работу других устройств. Поэтому для регулирования температуры выбирается вариант с клапаном на линии подачи газа. Помимо газа так же необходимо регулировать подачу воздуха и контролировать температуру дымовых газов внутри печи. В противном случае, при избыточном расходе воздуха, в дымовых газах присутствует большее количество кислорода, что при нарушении техники безопасности может привести к взрыву.

Система управления ПТБ-10Э представляет собой комплекс программных и технических средств, выполняющих задачу автоматизированного контроля и управления технологическими процессами подогрева нефти.

Система управления состоит из трех уровней:

- полевой уровень — датчики и исполнительные механизмы, устанавливаемые непосредственно на печи.
- средний уровень — шкафы управления с программируемым логическим контроллером и панелью оператора, а также частотный привод для управления вентиляторами;
- верхний уровень — технологический компьютер с установленным АРМ оператора для дистанционного контроля и управления объектом.

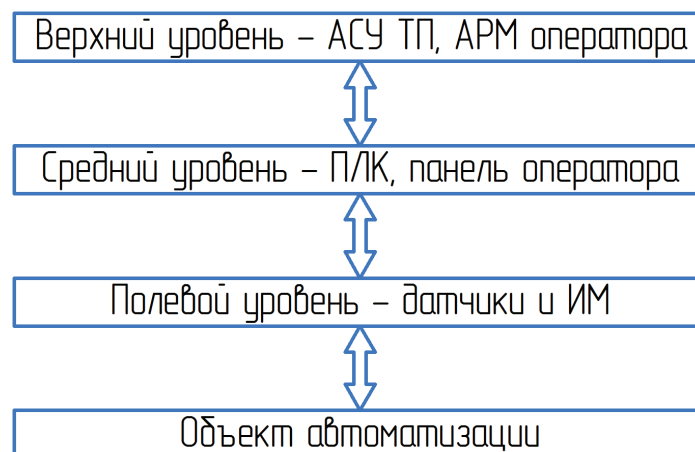


Рис. 3. Структура АСУ ТП печи ПТБ-10Э.

Разработанная автоматизированная система управления технологическим процессом подогрева нефти в печи ПТБ-10Э приведет к оптимизации режимов работы оборудования, повышению уровня безопасности эксплуатации,

повышению экономичности работы оборудования, повышению надёжности и долговечности работы основного оборудования, уменьшению психофизической нагрузки и вероятности ошибочных действий оперативного персонала.

Литература:

1. Нефтяная промышленность России // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Нефтяная_промышленность_России (дата обращения: 21.05.2018)
2. Подогрев нефти // Горная энциклопедия. URL: <http://www.mining-enc.ru/p/podogrev-nefti/> (дата обращения: 21.05.2018)

ЭНЕРГЕТИКА

Повышение производительности камеры акклиматизации ЦСП без увеличения мощности установки

Антонова Елена Олеговна, преподаватель;
Колчин Виктор Сергеевич, студент;
Колчин Юрий Сергеевич, студент
Тюменский индустриальный университет

Данная статья является анализом и исследованием работы сушильной камеры до и после проведения исследования. На основании данных приведённых ниже можно увидеть, на сколько можно увеличить производительность камеры, не прибегая к повышению затрат энергоносителей.

Ключевые слова: энергоэффективность, акклиматизация ЦСП.

Increase the performance of the DLC acclimatization chamber without increasing the installation power

This article is an analysis and study of the operation of the drying chamber before and after the study. Based on the data given below, you can see how much you can increase the performance of the camera, without resorting to increased energy costs.

Keywords: energy efficiency, acclimatization of DSP.

В настоящее время процесс сушки является очень энергоёмким и важным технологическим процессом производства ЦСП. В этот момент происходит процессом акклиматизации плиты до своих физико-механических свойств. В связи с этим производители необходимы искать пути повышения производительности без повышения затрат на производство.

В данном исследовании мы рассмотрим, как можно увеличить производительность камеры сушки (акклиматизации) цементной стружечной плиты без увеличения мощности установки.

Основные факторы, влияющие на время полной акклиматизации плиты:

- Температура сушки.
- Скорость сушильного воздуха.
- Расстояние между плитами.

Режим сушки:

Температура 40–50°C, влажность 55%.

При исследовании были увеличены расстояния между листов ЦСП в транспортируемых кассетах на с 7 до 14 см. Объем загружаемого полуфабриката 130 м³. Скорость циркуляции сушильного агента по камере 5м/с. Габаритные размеры 3280*1250*20мм. Количество кассет в камере 78шт. по 20 листов в кассете. Замеры влажности производились до и после камеры сушки.

Приборы, используемые при исследовании:

Анемометр Testo с крыльчаткой 417 позволяет измерять скорость и температуру потока воздуха. Встроенный зонд без труда встраивается в воздуховод, что обеспечивает точный результат расхода воздуха. Все измерения отображаются на жидкокристаллическом дисплее с подсветкой.

Таблица 1

Технические характеристики

№	Технические характеристики	
1	Измерение	Скорость потока и температуры воздуха
2	Точность	+/- (0,1 м/с+1,5% от изд. изм.)
3	Единицы измерения	м/с, °С, °А, м ³ /ч.

№	Технические характеристики	
4	Рабочая температура, °С	От 0 до +50.
5	Тип зонда	крыльчатый
6	Диапазон измерения скорости воздуха, м/с	От 0,3 до +20.
7	Диапазон измерения температуры, °С	От 0 до +50.
8	Вес, кг	0,230

Влагомер

Влагомер строительных материалов Condrol Hydro-Tec 3–14–020 — профессиональный качественный прибор, который

измеряет влажность древесины и строительных материалов. Он широко используется строителями, деревообрабатывающими, мебельщиками, столярами и другими. В приборе есть меню с 9 группами, включающее в себя 23 вида древесины.

Таблица 2

Технические характеристики

№	Технические характеристики	
1	Диапазон измерения влажности, %	От 1–65
2	Min абсолютная погрешность, %	1
3	Измерения	Влажность древесины, Бетона, стружки, кирпича.
4	Диапазон измерения, %	1–45
5	Вес, кг	0,7

В первой загрузке полуфабриката расстояния между листами в кассетах было неизменно время поной акклиматизации плиты составило 48,1 часов.

Вторая загрузка происходила с тем же объёмом полуфабриката в количестве $130 \text{ м}^3 \text{ м}^3$, температурным режимом, расходом воздуха, только уже с увеличенным расстоянием между плитами на 7 см. Время полной акклиматизации плиты до транспортной плотности, влажности готовой продукции составила 42,3 часа, что меньше на

6,8 часа чем в первой загрузке. Без повышения затрат на тепло и электроэнергию.

Результаты физико-механических свойств ЦСП, во время исследования приведены в таблице 3.

Вывод: При увеличении расстояния в кассетах между плитами произошло уменьшение сопротивления и увеличился расход сушильного агента, продуваемого через кассеты. В связи с этим процесс полной акклиматизации плиты сократился на 6,8 часа. Без увеличения дополнительной мощности сушильной камеры.

Таблица 3

Физико-химические свойства ЦСП

Дата форм.	№ парт.	№ карк.	t	Кол-во карк	Объём форм	Время формования	Давление	Древесина			вода	Цемент	смесь влажность	Высота
								вид	ко-во	влажность				
ГОСТ														
01.09.2017	76	1093	20	15	51,51	30	300	хвоя нео	380	43	120	750	41	61/61/61
03.09.2017	77	1101	16	10	32,96	35	300	хвоя нео	390	сч.64	110	750	43	49/48/49
04.09.2017	77	1110	16	10	32,96	45	300	хвоя нео	390	44	70	750	41	49/48/49
05.09.2017	78	1111	12	18	55,62	35	300	хвоя нео	390	56	70	750	39	37/36/37
06.09.2017	78	1125	12	18	55,62	35	290	хвоя нео	390	61	50	750	41	37/36/37
07.09.2017	79	1129	12	15	46,35	30	300	хвоя нео	390	сч.50	100	750	40	37/36/37
08.09.2017	79	1132	12	15	46,35	30	300	хвоя нео	390	38	100	770	42	37/36/37
09.09.2017	79	1143	12	15	46,35	40	300	хвоя нео	390	сч.69	90	750	44	37/36/37
10.09.2017	80	1144	10	14	40,866	35	290	хвоя нео	390	сч.64	100	750	41	31/30/31
11.09.2017	80	1154	10	14	40,866	35	300	хвоя неокорённая				770		
12.09.2017	81	1159	10	16	46,704	40	300	хвоя нео	420	сч.71	20	770	39	31/30/31
13.09.2017	81	1165	10	16	46,704	35	300	хвоя нео	460	сч.90	0	770	42	31/30/31
14.09.2017	82	1174	10	15	43,785	35	310	хвоя нео	490	96	0	770	42	31/30/31

15.09.2017	82	1185	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	490	94	0	770	42	31/31/31
16.09.2017	83	1189	10	15	43,785	45	290	хвоя нео	490	96	0	770	42	31/31/31
17.09.2017	83	1199	10	15	43,785	40	310	хвоя нео	450	75	20	770	42	31/31/31
18.09.2017	84	1207	10	10	29,19	40	300	хв. Неок.	400	58	80	770	41	31/31/31
19.09.2017	84	1212	10	10	29,19	45	300	хв. Неок.	420	80	60	770	41	31/31/31
20.09.2017	85	1214	10	15	43,785	40	310	хвоя нео	420	64	60	770	42	31/31/31
21.09.2017	85	1226	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	400	83	50	770	41	31/31/31
22.09.2017	86	1230	10	13	37,947	40	290	хв. Неок.	370	35	140	770	38	31/31/31
23.09.2017	86	1236	10	13	37,947	35	300	хв. Неок.	350	31	190	770	41	31/31/31
24.09.2017	87	1243	10	17	49,623	35	300	хв. Неок.	350	29	190	770	38	31/31/31
25.09.2017	87	1247	10	17	49,623	40	300	хвоя нео	400	71	100	770	42	30/30/30
26.09.2017	88	1260	10	15	43,785	45	300	хвоя нео	450	90	0	770	40	30/30/30
27.09.2017	88	1268	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	450	80	30	770	41	30/30/30
28.09.2017	89	1275	10	14	40,866	40	290	хвоя нео	450	90	20	770	43	30/30/30
29.09.2017	89	1286	10	14	40,866	35	300	хвоя нео	450	сч.74	20	770	41	31/31/31
30.09.2017	90	1288	10	17	49,623	40	300	хвоя нео	450	70	20	770	42	31/31/31
01.10.2017	90	1297	10	17	49,623	35	300	хвоя нео	450	75	0	770	41	31/31/31
02.10.2017	91	1312	10	8	23,352	45	300	хвоя нео	450	70	0	770	41	31/31/31
03.10.2017	92	1313	10	15	43,785	40	300	хвоя нео	450	63	0	770	37	31/31/31
04.10.2017	92	1319	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	470	сч.88	0	770	41	31/31/31
05.10.2017	93	1329	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	470	98	0	770	42	31/31/31
06.10.2017	93	1336	10	15	43,785	40	290	хвоя нео	500	101	0	770	42	31/31/31
07.10.2017	93	1341	10	15	43,785	40	300	хвоя нео	480		0	770	43	
08.10.2017	94	1343	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	480	92	0	770	41	30/30/30
09.10.2017	94	1350	10	15	43,785	40	300	хвоя нео	440	68	30	770	42	
10.10.2017	95	1358	10	14	40,866	40	300	хвоя нео	440	сч.74	30	770	41	30/30/30
11.10.2017	95	1365	10	14	40,866	75	300	хвоя нео	420		60	770	41	30/30/30
12.10.2017	96	1372	10	4	11,676	40	300	хвоя нео	450	сч.74	10	770	40	30/30/30
13.10.2017	97	1377	10	10	29,19	35	300	хвоя нео	450	сч.78	20	770	40	30/30/30
14.10.2017	98	1386	10	15	43,785	35	310	хвоя нео	450	сч.85	10	770	40	31/31/31
15.10.2017	98	1395	10	15	43,785	35	300	хвоя нео	450	64	20	770	41	31/31/31
16.10.2017	99	1401	10	16	46,704	40	300	хвоя нео	450		20	770	39	31/31/31
17.10.2017	99	1414	10	16	46,704	40	300	хвоя нео	450	сч.85	10	770	41	31/31/31
18.10.2017	100	1417	12	12	37,08	160	300	хвоя нео	450	56	20	750	38	35/35/35
19.10.2017	100	1419	12	12	37,08	135	280	хвоя нео	450	54	20	750	41	36/36/36
20.10.2017	100	1426	12	12	37,08	35	300	хвоя нео	450	56	20	750	41	36/36/36
21.10.2017	101	1433	16	12	39,552	35	300	хвоя нео	390	сч.73	100	740	41	48/48/48
22.10.2017	101	1438	16	12	39,552	40	300	хвоя нео	430	50	70	740	41	48/48/48
23.10.2017	102	1448	20	19	65,246	30	290	хвоя нео	390	53	100	740	41	60/287-2
24.10.2017	102	1457	20	19	65,246	30	290	хвоя нео	450	72	0	740	43	60/288-2
25.10.2017	103	1461	24	7	24,514	35	310	хвоя нео	400	76	60	740	43	71/70/71
26.10.2017	103	1463	24	7	24,514	30	310	хвоя нео	430	76	20	730	41	69/69/69
27.10.2017	103	1465	24	7	24,514	55	290	хвоя нео	440	95	0	730	41	70/70/70
28.10.2017	104	1472	20	11	37,774	35	300	хвоя нео	440	75	20	730	41	59/59/59
29.10.2017	105	1478	16	17	56,032	35	300	хвоя нео	430	56	50	740	43	48/262
30.10.2017	105	1488	16	17	56,032	35	300	хвоя нео	450	сч.90	0	740	41	48/262-2

Таблица 4

Физико-химические свойства ЦСП

Дата форм.	ПФ				ГП						Примечание h
	Плотность	Влажность	Прочность	Толщина	Дата	Плотность	Разбухание	Водопогл.	Влажность	Прочность	
ГОСТ	1200-1500	До 30%	5-9МПа			1200-1400	До 2%	До 16%	6-12%	$t(10)=12$ $t(1,16)=10$ МПа	
01.09.2017	15	26	12	19	16.а	14	0,1	5,1	17,1	12	19
02.09.2017	1493	25,8	11,2	19,9	16.апр	1240	0,39	17,81	15,5	11,5	19,5
03.09.2017	1435	25	10,2	17,5	15.апр	1403	0,58	5,96	16,2	11,7	17,2
04.09.2017	1484	25,6	9,1	16,2	11.апр	1412	1,19	8,72	11,92	13,5	16,6
05.09.2017	1439	25,4	8,2	12,7	23.апр	1289	0,83	11,81	11,9	10,8	12,1
06.09.2017	1474	23,9	11,3	12	20.апр	1397	0,33	9,45	13,88	11,6	11,5
07.09.2017	1473	31	8,3	12,2	19.апр	1292	0,22	10,46	15,55	11	12,1

08.09.2017	1531	29	9,7	11,6	19.апр	1347	0,72	9,6	14,82	11,4	11,7
09.09.2017	1515	27,4	10,8	12	18.апр	1399	0,53	8,67	13,96	13,6	9,6
10.09.2017	1394	27,9	9,1	10,2	25.апр	1326	1,26	13,89	12,61	12,3	9,4
11.09.2017	1492	29,9	10	10,3	24.апр	1371	0,77	12,22	10,56	12,7	9,7
12.09.2017	1444	27,9	8,9	11	24.апр	1338	1,36	13,5	10,2	12	10,2
13.09.2017	1509	27,8	8,6	10,2	23.апр	1344	0,97	14,82	10,31	10,6	10,2
14.09.2017	1364	28,85	6,7	11,1	26.апр	1282	0,27	10,37	15,25	10,4	10,6
15.09.2017	1469	28,6	9,8	9,7	25.апр	1371	0,72	11,11	13,59	12,2	9,4
16.09.2017	1373	24	8	9,7	25.апр	1338	0,69	10,79	13,96	13	9,1
17.09.2017	1530	29,3	7,8	10,2	28.апр	1405	0,62	9,72	13,44	12,7	10
18.09.2017	1394	23,6	7,2	9,2	28.апр	1375	1,37	10,82	12,31	12,8	9
19.09.2017	1453	22,7	9,4	9,3	27.апр	1358	0,64	10,61	12,61	12,3	9,7
20.09.2017	1510	27,3	6,6	10,2	27.апр	1389	1,03	10,52	12,9	12,3	9,9
21.09.2017	1447	22,9	7,5	10,2	29.апр	1393	0,91	13,33	11,97	12	9,8
22.09.2017	1443	23,3	7,8	9,6	29.апр	1263	0,83	14,72	12,37	13,7	10
23.09.2017	1532	29,1	7,9	9,8	04.май	1317	0,92	14,53	9,32	12	9,6
24.09.2017	1405	21,6	9,5	10	03.май	1249	1,08	15,94	7,97	11,8	10,5
25.09.2017	1475	18,2	11,4	8,5	03.май	1309	0,29	15,42	10,66	13,3	8,9
26.09.2017	1365	18	8	9,4	07.май	1184	0,52	14,8	7,17	11,6	9,8
27.09.2017	1375	21,6	7,6	9,8	07.май	1268	0,38	16,56	7,1	12,4	10
28.09.2017	1428	26,7	7,8	9,6	04.май	1275	0,81	13,42	8,4	12,7	9,7
29.09.2017	1397	18,2	9,1	10	10.май	1305	0,69	15,04	8,83	12,6	11,1
30.09.2017	1360	17,3	6,6	10,5		1280	1,27	14,42	8,11	11,4	10
01.10.2017	1524	20,5	8,7	9,6	08.май	1361	0,36	11,45	12,87	12,7	9,5
02.10.2017	1492	21,4	9,6	10,2	11.май	1335	0,55	9,56	9,63	12,3	10,19
03.10.2017	1486	20,3	9,9	9,8	11.май	1332	0,23	9,45	10,68	12	10,56
04.10.2017	1438	20,6	9	9,8	12.май	1362	1,04	11,92	12,24	12,5	9,8
05.10.2017	1471	28,7	8,5	9,8	12.май	1334	0,52	10,9	14,37	12,9	10,1
06.10.2017	1330	22,6	7,4	10,6	11.май	1321	0,25	10,91	13,8	11,9	10,3
07.10.2017	1430	25,2	8	10,6	13.май	1394	0,75	9,2	15,67	12,7	10,1
08.10.2017	1496	25,7	8,2	10,4	13.май	1269	0,63	12,71	12,47	11,7	10,1
09.10.2017	1548	28,5	9,4	9,1	13.май	1360	0,9	10,84	12,19	12,8	9,6
10.10.2017	1472	19,8	10,1	10	15.май	1331	0,7	12,49	11,77	12,1	10,6
11.10.2017	1513	20,3	8,4	9,6	03.июн	1276	0,78	20,58	9,29	12,1	9,8
12.10.2017	1417	22,1	9,5	10,2	14.май	1353	0,63	12,44	10,77	12,2	10,3
13.10.2017	1398	19,3	9,9	9	14.май	1399	0,53	8,59	16,9	12	9,7
14.10.2017	1513	25,9	9,6	10,1	15.май	1358	0,6	10,89	12,52	14,1	10,1
15.10.2017	1519	27,8	8,7	9,7	15.май	1318	1,03	12,37		12,6	9,8
16.10.2017	1477	26,7	8,1	10,1	24.май	1358	0,52	11,98	11,49	12,2	10
17.10.2017	1414	25	8,6	9,9	17.май	1329	0,62	14,6	11,4	14	9,9
18.10.2017	1447	24,3	8,9	12,8	22.май	1398	0,3	8,33	14,68	10	12,41
19.10.2017	1371	24,7	6,5	12,2	22.май	1224	0,59	13,87	11,95	8,3	13,11

Исследование коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в распределительных сетях низкого напряжения

Руди Дмитрий Юрьевич, аспирант;

Коровин Дмитрий Александрович, студент

Омский институт водного транспорта (филиал) Сибирского государственного университета водного транспорта

В статье описаны процессы, связанные с появлением несимметрии трехфазной системы напряжений в электрических сетях, пояснены причины, почему это явление является нежелательным. Рассмотрены причины возникновения несимметрии напряжений и их влияние на работу электрического оборудования и энергосистему в целом. Несимметрия напряжения в низковольтных электрических сетях приводит к снижению качества и потерям электрической энергии, повышению риска отказа электросетевого оборудования, снижению его коэффициента полезного действия (КПД). Рассмотрены вопросы снижения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности и даны основные рекомендации, позволяющие улуч-

шить качество электроэнергии для соответствия его требованиям ГОСТа 32144–2013, отвечающий за нормы показателей качества электрической энергии в системах электрического снабжения общего назначения. Симметрирование режимов электрической сети трехфазной системы минимизацией напряжений обратной последовательности позволяет снизить потерю напряжения, электрической мощности и энергии в электрической сети конечных потребителей, улучшить качество электроснабжения на участке сети от питающего центра до устанавливаемого электрооборудования. В заключении отмечено, что на данный момент проблема несимметрии напряжений требует незамедлительного решения, так как электрические сети 0,4 кВ характеризуются значительной несимметрией напряжений.

Ключевые слова: качество электрической энергии, коэффициент несимметрии напряжения, несимметрия, потери электроэнергии, симметрирующее устройство, электрическая сеть низкого напряжения.

Растет озабоченность по поводу поставок электроэнергии промышленным предприятиям, главным образом, когда их процессы основаны на восприимчивых нагрузках. В таком случае качество электроэнергии становится чрезвычайно актуальным. Показатели надежности и уровни напряжения, например, являются параметрами, гораздо более регулируемые сейчас. К другим явлениям качества электроэнергии также относятся гораздо более подробно, такие как провал напряжения, гармонические искажения, несимметрии напряжений и тока и т.д.

В данной статье представлена методология измерения, мониторинга и контроля несимметрии напряжений в распределительных сетях низкого напряжения. Распределение однофазных и двухфазных нагрузок по сети и их случайные значения мгновенной потребности можно рассматривать как основные причины несимметрии напряжений в трехфазной системе электроснабжения.

Вопреки некоторым другим нарушениям в электроэнергетических системах, для которых производительность очевидна для обычного потребителя, несимметрия напряжений относится к тем возмущениям, в которых их ощутимые эффекты возникают в долгосрочной перспективе.

Несимметрия напряжений приводит к резкому снижению эффективности трехфазных асинхронных двигателей. Поскольку асинхронные двигатели представляют наибольшую часть промышленных нагрузок, видно, что несимметрия напряжений следует тщательно изучать и контролировать [1].

Поскольку несимметрия напряжений влияет на оборудование, это нарушение должно решаться статистическим анализом. Что касается регулирования напряжения и несимметрии напряжений, то мировая тенденция состоит в том, чтобы рассмотреть их мониторинг и измерение на 10-минутных интервалах в течение 1 недели [2].

Несимметрия напряжений в трехфазных системах электроснабжения учитывает изменение фазовых углов и / или величины фазовых напряжений. В работе [3] приведены основные последствия несимметрии напряжений.

Распределительные сети низкого напряжения — основное внимание в этой статье — вводят небольшую несимметрию напряжений из-за их сопротивлений. Основная причина может рассматриваться как несимметрию тока из-за распределения однофазных и двухфазных на-

грузок по сети, таких как общественное освещение и жилые помещения.

Коэффициент несимметрии напряжений обычно связан с системой отрицательных симметричных компонентов. Это связано с большим количеством единиц оборудования, которые имеют свою эффективность и влияние на жизнь, в основном такие, как генераторы и двигатели, где большая часть электроэнергии преобразуется.

Коэффициент несимметрии по обратной последовательности K_{2U} и нулевой последовательности K_{0U} определяются по следующим формулам [4–6]:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100; \quad (1)$$

$$K_{0U} = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100. \quad (2)$$

где U_0 — напряжение нулевой последовательности;
 U_1 — напряжение прямой последовательности в трехфазной системе электроснабжения;

U_2 — напряжение обратной последовательности в трехфазной системе электроснабжения.

Уровень значений коэффициента несимметрии по обратной последовательности, равный 2% будем считать нормально допустимым, равный 4% — предельно допустимым [2].

Уравнение (1) позволяет вычислять несимметрию напряжения в системе только с использованием межфазных напряжений. Такое вычисление выполняется с использованием величины напряжения только тогда, когда методы, основанные на напряжениях фазы к земле, требуют величины и фазовых углов. Коэффициент несимметрии по обратной последовательности K_{2U} может быть рассчитан по формуле:

$$K_{2U} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6 \cdot \beta}}{1 + \sqrt{3 - 6 \cdot \beta}}}, \quad (3)$$

$$\text{где } \beta = \frac{U_{12\text{fund}}^4 + U_{23\text{fund}}^4 + U_{31}^4}{(U_{12\text{fund}}^2 + U_{23\text{fund}}^2 + U_{31\text{fund}}^2)^2}, \text{ в свою оче-}$$

редь $U_{ij\text{fund}}$ — основная составляющая напряжения между фазами i и j .

Для исследования качества функционирования сети по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной по-

следовательности проведено исследование на литейном участке промышленного предприятия, нагрузками которого являются дуговые сталеплавильные печи.

Источником кондуктивной низкочастотной ЭМП является литейный участок, в состав которого входят 4 нагрузки каждая мощностью 170 кВ·А, то можно сделать вывод, что при уменьшении этой мощности значения ко-

эффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности должны также уменьшаться.

Чтобы убедиться в верности данного суждения, в разработанной модели мы уменьшали мощности нагрузок с 190 кВ·А до 30 кВ·А с шагом 20 кВ·А. При этом на каждом шаге уменьшения значения мощности всех 4-х нагрузок были одинаковы.

Таблица 1

Изменения значения коэффициентов несимметрии напряжения при уменьшении значений мощности нагрузки

Мощность нагрузки, кВ·А	0,4 кВ			
	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}	K_{2U}
190	360,1	388,9	354	4,7
170	364	391	359,6	4,2
150	368,4	393,2	364,7	3,8
130	372,6	395	369,9	3,3
110	376,9	396,5	375	2,8
90	381,1	397,7	379,9	2,4
70	385,3	398,7	384,6	1,9
50	389,5	399,4	389,1	1,4
30	393,7	399,7	393,3	0,82

Все полученные с помощью модели, приведённой в работе [7] значения мощностей нагрузок и линейных напряжений, а также вычисленные с помощью формулы (3)

значения коэффициентов несимметрии напряжения сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Значения мощностей нагрузок, линейных напряжений и коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности в сетях 0,4 кВ при перегрузки фаз А и В

Мощности нагрузок				Линейное Напряжение сети 0,4 кВ			Значение K_{2U} в сети 0,4 кВ, %
P_1 , кВ·А	P_2 , кВ·А	P_3 , кВ·А	P_4 , кВ·А	U_{AB} , В	U_{BC} , В	U_{AC} , В	
170	181	146	202	354,3	363,8	383,7	3,7
172	182	170	174	359	358,7	383,9	3,6
204	192	176	185	353,7	355,4	383,9	4,3
163	138	137	168	363,3	368	386,4	3,0
205	156	167	195	356,1	360,8	382,2	3,5
165	198	166	170	357,7	358,2	385,7	4,0
156	189	172	211	355,2	361,9	379,4	3,1
141	155	185	155	367,7	361,8	382,4	2,6
150	154	149	149	365,7	364,7	387,5	3,2
188	169	165	154	360,7	358,2	387,6	4,1
181	146	170	138	366,5	359,8	387,1	3,5
182	170	202	151	363,8	354,4	383,1	3,6
192	176	174	162	359,3	356,8	385,8	4,0
138	137	185	172	368,2	365,4	379,1	1,8
156	167	168	151	364,4	360,7	386,1	3,4
198	166	195	162	360,9	354,9	383,4	3,8
189	172	170	181	357,4	359,1	383,9	3,7
155	185	211	200	359,2	357,3	376	2,6
154	149	155	176	363,1	366,2	383,5	2,7

Мощности нагрузок				Линейное Напряжение сети 0,4 кВ			Значение K_{2U} в сети 0,4 кВ, %
$P_1, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$P_2, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$P_3, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$P_4, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$U_{AB}, \text{В}$	$U_{BC}, \text{В}$	$U_{AC}, \text{В}$	
169	165	149	170	360,1	363,2	386,6	3,6
146	170	154	172	361,8	364,4	384,9	3,1
170	202	138	204	351,1	362,5	385,3	4,3
176	174	151	163	359,5	361	387,7	3,9
137	185	162	205	357,5	364,7	380,3	2,9
167	168	172	165	361,9	360,2	384,5	3,4
166	195	151	156	358,7	359	389,1	4,4
172	170	162	141	363,6	359	388,6	3,9
185	211	181	150	357,5	352	387,6	4,8
149	155	200	188	364,1	361,7	376,9	2,0
165	149	176	181	362,3	363,2	380,9	2,6
170	154	170	182	361,3	362,9	382	2,9
202	138	172	192	358,9	362,2	381,3	3,0
174	151	204	138	368,4	356,1	383,1	3,3
185	162	163	156	361,6	359,7	386,8	3,8
168	172	205	198	359,5	358,1	376,8	2,6
195	151	165	189	358,2	362	382,6	3,3
170	162	156	155	362,7	361,7	387,2	3,6
211	181	141	154	355,9	357,6	391,5	5,0
155	200	150	169	357,5	360,5	387,5	4,1
149	176	188	146	365,9	357,9	384,3	3,3
154	170	181	170	362,9	360,5	382,2	2,9
138	172	182	176	363,5	362	380,8	2,6
151	204	192	137	363,7	353,5	386,3	4,2
162	163	138	167	360,7	365,1	387,7	3,6
172	205	156	166	356,1	357,6	388	4,5
151	165	198	172	364,3	359,4	379,9	2,7
162	156	189	185	362,5	361,5	379,2	2,5
181	141	155	149	364,8	362,8	387,4	3,4
200	150	154	165	360	361,3	386,8	5,8
176	188	169	170	358,1	358	385,4	4,0

Обработка полученных значений K_{2U} с помощью моделирования проводилась с помощью программы для ЭВМ, в которой рассчитаны параметры закона распределения исследуемой случайной величины, а также определены вероятности появления кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности при данных массивах значений K_{2U} . Интерфейс результатов обработки значений K_{2U} в сетях низкого напряжения представлен на рисунке 1.

Для решения проблемы несимметрии напряжений существует несколько мероприятий.

1. *Использование межфазных переменных сопротивлений.*

Одним из способов снижения несимметрии напряжений является выравнивание нагрузок по фазам [7]. Техническим решением данного способа является введение дополнительного межфазного переменного сопротивления. В работе [8] выявленные зависимости позволяют определиться с направлением и порядком изменения зна-

чений сопротивлений. При этом становится известным, как изменятся значения линейных напряжений, что позволит найти верное направление для уменьшения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности. Варьируя данными зависимостями, можно подобрать конечные значения межфазных сопротивлений, при которых значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности станет в пределах, нормируемых ГОСТ 32144–3013.

2. *Увеличение мощности трансформатора в системе.*

В работах [4,9] исследуются зависимости коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности для высокого и низкого напряжения от мощности силового трансформатора. В ходе эксперимента при уменьшении мощности трансформатора на низком напряжении коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности увеличивается, а на высоком — уменьшается. Причем данные зависимости на-

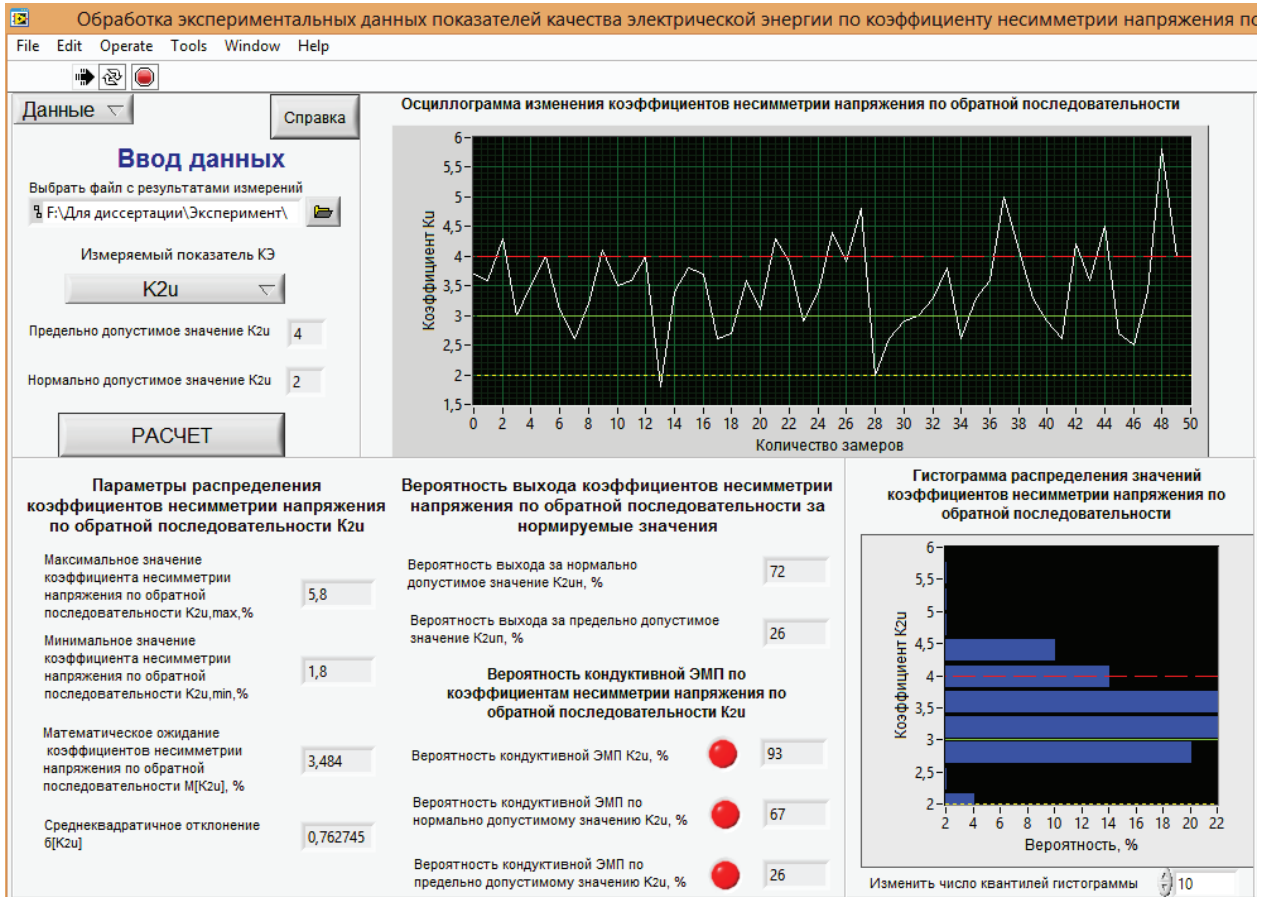


Рис. 1. Результаты обработки значений K_{2u} в сети 0,4 кВ при перегрузке фаз А и В

блюдаются при разных мощностях источника напряжения, разница лишь в том, что при более высокой мощности источника зависимости, как для высокого, так и для низкого напряжения начинаются с меньших значений коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности.

Увеличение коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности в сети низкого напряжения при снижении мощности трансформатора можно объяснить тем, что мощность нагрузки растет относительно мощности трансформатора и запас по мощности трансформатора уменьшается.

При этом с увеличением мощности источника питания возрастает степень увеличения значений коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности при снижении мощности силового трансформатора.

Уменьшение коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности в сети напряжения 10 кВ при снижении мощности трансформатора можно объяснить тем, что мощность источника напряжения относительно мощности трансформатора увеличивается и, соответственно, увеличивается запас по мощности источника питания.

При этом с увеличением мощности источника питания уменьшается степень уменьшения значений коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности

при снижении мощности силового трансформатора.

3. Применение симметрирующего устройства.

Еще одним техническим решением выравнивания нагрузок по фазам является введение симметрирующего устройства трансформаторного типа. Реализуется оно с помощью изменения величины емкости конденсатора или индуктивности катушки. Проведенные исследования, описанные в статье [3], показали, что такое симметрирующее устройство позволяет снизить несимметрию напряжений до тех значений, которые нормируются ГОСТом 32144–2013.

Исходя из выше изложенного, необходимо отметить, что несимметрия напряжений отрицательно влияет на работу двигателей, трансформаторов, конденсаторных батарей, выпрямителей и линий электропередач [10–13], вызывая дополнительные потери энергии и создавая проблемы безопасности для энергосистемы.

Вопрос решения научно-технической задачи определения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности не решен в связи с отсутствием соответствующего стандарта. Поэтому возникает необходимость в разработки алгоритма по её определению [14], что позволит своевременно обнаруживать данную помеху и вероятность её появления в электрических сетях любого уровня напряжения и тем самым оце-

нивать уровень опасности от данной помехи. Данный алгоритм позволит сделать шаг вперед на пути к подавлению несимметрии напряжений по обратной последовательности, что является актуальным на сегодняшний день.

Литература:

1. Руди, Д. Ю. Негативное влияние несимметрии и методы их устранения в системе электроснабжения / Д. Ю. Руди, Н. А. Ткачук // В сборнике: Теория и практика современной науки сборник научных трудов по материалам XX Международной научно-практической конференции. 2017. С. 87–91.
2. ГОСТ 32144–2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электро-снабжения общего назначения. — Взамен ГОСТ 13109–97; введ. 2014–07–01. — М.: Стандартинформ, 2014. — 20 с.
3. Руди, Д. Ю. Исследование снижения коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности с помощью симметрирующего устройства трансформаторного типа / Д. Ю. Руди, А. И. Антонов, А. А. Руппель, Е. Ю. Руппель // Омский научный вестник. 2017. № 5 (155). С. 103–106.
4. Антонов, А. И. Исследование зависимости коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности от мощности источника электрической энергии / А. И. Антонов, А. А. Руппель, В. Г. Сальников // В сборнике: Наука молодых — будущее России сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. Юго-Западный государственный университет. 2016. С. 312–316.
5. Антонов, А. И. Снижение коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности в системе электроснабжения литейного участка / А. И. Антонов [и др.] // В сборнике: Юность и Знания — Гарантия Успеха — 2015 Сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции: В 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А. А.. 2015. С. 309–312.
6. Антонов, А. И. Определение кондуктивной низкочастотной помехи по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности / А. И. Антонов [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 4. С. 199–203.
7. Антонов, А. И. Регулирование значений коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности с помощью межфазных переменных сопротивлений / А. И. Антонов, Е. Ю. Зозуля, Д. Ю. Руди // В сборнике: Инновационные технологии в науке и образовании сборник статей победителей IV Международной научно-практической конференции: в 3 ч.. 2017. С. 94–101.
8. Антонов, А. И. К вопросу изменения значений коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности при различных значениях межфазных сопротивлений / А. И. Антонов [и др.] // Омский научный вестник. 2017. № 5 (155). С. 77–81.
9. Антонов А. И. Исследование зависимости коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности от мощности силового трансформатора / А. И. Антонов, Е. Ю. Зозуля, Д. Ю. Руди // В сборнике: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS сборник статей победителей VI Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С. 80–85.
10. Романова В. В., Хромов С. В. Определение вероятности возникновения несимметрии напряжений снижающих надёжность асинхронных двигателей / ред. Ю. Ф. Эльзесер; отв. за выпуск Л. А. Павлов // Материалы конф. ГНИИ «Нацразвитие»: сб. избр. ст. Санкт-Петербург: Изд-во ГНИИ, 2017. С. 80–86.
11. Романова В. В., Дейс Д. А., Хромов С. В. Влияние искажения симметрии питающей сети на режимы работы асинхронного двигателя // Новый взгляд. Международный научный вестник. 2016. № 11. С. 134–142.
12. Шелехина Л. Ю., Ахтырская А. Ю. Влияние несимметрии токов и напряжений на работу электрооборудования // Россия в XXI веке: факторы и механизмы устойчивого развития: сб. ст. Междунар. науч. — практ. конф. Пенза: Наука и Просвещение, 2016. С. 25–28.
13. Альмиева Д. С., Галеева Р. У. Влияние несимметрии напряжения по обратной последовательности на характеристики высоковольтных асинхронных двигателей // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы III Рос. молодеж. науч. шк. — конф. Томск: СКАН, 2015. С. 184–188.
14. А. с. Рос. Федерация, ФГБНУ ИУО РАО, ОФЭРНиО, Алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности [Текст] / А. И. Антонов, Ю. М. Денчик, Д. А. Зубанов [и др.]. — № 23380; заявл. 27.12.2017 г.; опубл. хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» № 12 (103) декабрь 2017–66 С.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Прямое лазерное выращивание из титановых сплавов: сравнение методов получения изделий из порошка и проволоки

Сомонов Владислав Валерьевич ведущий инженер
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Статья посвящена сравнению процессов прямого лазерного выращивания титановых изделий из порошков и присадочной проволоки. Проанализировано влияние технологических параметров на формирование слоя и его микроструктуру для двух процессов.

Ключевые слова: титановые сплавы, прямое лазерное выращивание, выращенный слой, ванна расплава

Введение

Титановые сплавы обладают высокой прочностью, трещиностойкостью, низким удельным весом, высокой коррозионной стойкостью и поэтому широко используются в различных отраслях промышленности [1]. Разработка методов получения высококачественных компонентов из титановых сплавов экономически эффективным способом является одной из важнейших задач для промышленности в настоящее время. Аддитивное производство обладает высоким потенциалом для снижения себестоимости мелкосерийного производства сложных крупногабаритных деталей [2,3]. Преимуществами аддитивного производства являются снижение материальных потерь и времени производства изделия [4]. Изготовление тонкостенных конструкций является одним из основных применений аддитивных технологий [5]. Тонкостенные конструкции из титановых сплавов широко распространены в изделиях аэрокосмической промышленности [6–8]. Аддитивные методы построения изделий из титановых сплавов классифицируются по типу используемого источника и по виду присадочного материала. Присадочный материал может находиться в виде проволоки или порошка, причем методы с порошком дополнительно подразделяют по способу его доставки в зону взаимодействия с источником нагрева. Это может быть как «послойное» выращивание, так и метод «прямого» выращивания [9]. В то время как проволока из титанового сплава при аддитивном производстве изделий подается непосредственно (прямо) в зону выращивания. Для аддитивных технологий производства изделий из титановых сплавов используется тепловой источник: лазерный луч, электронный луч, электрическая или плазменная дуга [9,10]. В последние годы активно развиваются лазерные технологии, в том числе и в аддитивном производстве. Наибольшую популярность при производстве ти-

тановых изделий с использованием лазера имеет метод прямого лазерного выращивания из порошка или проволоки. Сторонние исследователи мало занимались вопросом выявления преимуществ и недостатков обоих методов. В данной статье сравниваются особенности процессов, выделяются различия в них и их влияние на характеристики получаемого изделия.

Сущность процессов и эффективность использования материала

Процесс прямого лазерного выращивания из проволоки имеет более высокий коэффициент эффективного использования материала (вплоть до 100%) по сравнению с выращиванием из порошка (до 80%), который в случае титановых сплавов после первого использования может окисляться, что не позволяет его повторно использовать [11–13]. Таким образом, процесс выращивания из проволоки является более экологически безопасным процессом и обладает более высокими скоростями выращивания [9,12,13]. Стоимость проволоки ниже, чем соответствующего металлического порошка, она более доступна для производства [12]. Это делает технологию производства титановых толстостенных изделий из проволоки в случае с невысокими требованиями по точности изготовления более конкурентоспособной по сравнению с изготовлением из порошков.

Проводились исследования направленные и на совместное применение порошка и проволоки. В работе [14] показаны результаты исследования гибридного (порошок плюс проволока) метода выращивания изделия из титанового сплава. Авторами было получено равномерное распределение частиц TiC в новых смесях Ti-6Al-4V/TiC при соотношении TiC и Ti-6Al-4V 50 на 50%. Также дана экспериментальная оценка прочности полученных образцов

с использованием испытаний на растяжение и изгиб. Установлено, что режим перехода от одного материала к другому оказывает существенное влияние на прочность конструкций на растяжение.

Комплексы для прямого лазерного выращивания из проволоки состоят из лазера, автоматической системы подачи проволоки, рабочего стола с числовым программным управлением или роботизированной системы, рабочей кабины и нескольких дополнительных механизмов (например, системы подачи защитного газа, системы подогрева или охлаждения) [15,16]. В то время как в комплексах для выращивания изделий из порошка используются порошковый питатель и специальное сопло для доставки порошка в зону взаимодействия с лазерным излучением. Изделие в обоих случаях создается при наложении слоя на слой во время перемещения технологического инструмента относительно подложки или наоборот. В ходе процесса контролируются качество поверхности, форма и размеры в поперечном сечении выращенного слоя, его микроструктурные характеристики (размер зерна, текстура и т.д.) и возникающее механические свойства (прочность, твердость, остаточное напряжение) [17]. Результат зависит от химического состава и диаметра проволоки или порошка, параметров режима обработки (направление и угол подачи проволоки/порошка, скорость подачи проволоки/расход порошка, мощность лазерного излучения, скорость выращивания). Диаметр используемой присадочной проволоки обычно варьируется в диапазоне от 0,3 до 1,2 мм [12,13,18], в то время как дисперсность используемого сферического порошка находится в диапазоне 50–120 мкм [19–21]. К нему предъявляются жесткие требования по форме и качеству поверхности частиц. Прямое выращивание титановых изделий из порошков, как и из проволоки происходит в защитной среде (аргоне). Элементы создаваемого изделия опираются на подложку, при этом не используются поддержки в отличие от послойного выращивания изделий из порошков [22]. Метод выращивания из порошка отличается методом доставки порошка в зону обработки. Она реализуется благодаря соплу подачи с помощью транспортного инертного газа (аргон или гелий) перемещающего определенную порцию порошка, захваченную из порошкового питателя, согласно выставленному расходу. В случае использования проволоки за ее доставку в зону обработки отвечает сварочный механизм подачи, который благодаря вращению роликов с заданной скоростью подачи перемещает ее с катушки по кабель-каналу в более простое по конструкции сопло подачи. Подача присадочного материала при прямом выращивании осуществляется коаксиально или сбоку относительно лазерного луча. В результате их взаимодействия возникает выращенный слой.

Влияние мощности лазерного излучения, направления и угла подачи присадочного материала

В [15] отмечается влияние мощности лазерного излучения на размеры выращенного из проволоки слоя.

С увеличением мощности лазерного излучения, уменьшается высота слоя и увеличивается его ширина. Авторами работы [23] обнаружено, что при росте мощности лазерного излучения коэффициент эффективного использования порошкового материала увеличивается, вызывая увеличение ширины выращенного слоя и степени перемешивания с подложкой. Это становится возможным благодаря увеличению количества вводимого в подложку тепла. Ученые отмечают, что по мере роста мощности лазерного излучения при прямом лазерном выращивании из порошка, высота слоя растет до тех пор, пока мощность лазерного излучения не достигнет 1,6 кВт. После этого уровень высоты выращиваемого слоя начинает падать. Оптимальная полученная исследователями мощность лазерного излучения в 1,5 кВт позволяет добиться максимальной высоты выращиваемого слоя 0,35 мм при минимальной степени перемешивания с подложкой и максимальном коэффициенте эффективного использования порошка 80%, при скорости сканирования лазерного луча 0,005 м/с, расходе порошка 1,44 г/мин и расходе транспортного газа 4 л/мин. Мощность лазерного излучения при выращивании из проволоки по данным различных авторов варьируется от 1,2 до 3,5 кВт [24–26]. Малый размер частиц используемого порошка по сравнению с диаметром проволоки приводит к снижению уровня мощности лазерного излучения по сравнению с вариантом использования проволоки.

Мощность лазерного излучения, скорость перемещения лазерного луча, расход порошка и стратегия нанесения слоя — это основные параметры процесса, влияющие на термический цикл, микроструктуру и уровень остаточных напряжений внутри выращенного изделия [1]. Прямое лазерное выращивание из порошков отличается более высокой стабильностью толщины стенки выращиваемого изделия [22].

Влияние ориентации проволоки на капельный перенос и на качество выращенного слоя рассмотрено в [16, 27, 28, 29]. Есть три основных типа переноса металла при выращивании из проволоки: режим погруженной проволоки (проволока плавится в сварочной ванне), за счет поверхностного натяжения (постоянное расплавление металлической проволоки и постоянный струйный перенос за счет сил поверхностного натяжения) и крупнокапельный перенос. В первом случае, когда проволока погружена в ванну расплава, она расплавляется за счет тепла от сварочной ванны, а не от воздействия лазерного излучения, что позволяет стабилизировать процесс выращивания. В случае струйного переноса капель за счет сил поверхностного натяжения процесс имеет узкий диапазон по изменению параметров режима и в результате чаще образуется гладкий наплавочный валик. Режим крупнокапельного переноса металла возникает, когда лазерный луч расположен слишком далеко от проволоки. Для обеспечения благоприятного режима выращивания лазерный луч должен покрывать проволоку по всей ширине. Это условие может быть выполнено путем расфокусировки луча

или быстрого его колебания на необходимую ширину [30]. Расплавление проволоки спереди иногда может приводить к отражению части лазерного излучения, что в свою очередь влияет на качество процесса выращивания. Доля отраженного излучения зависит от таких факторов, как скорость подачи проволоки и мощность лазерного излучения. Оптимальная скорость подачи проволоки для случаев подачи сзади и подачи сбоку меньше, чем для подачи спереди. Качество поверхности выращенного слоя при подаче проволоки спереди выше, чем для двух других вариантов. Именно поэтому чаще всего используется этот вариант подачи проволоки при выращивании изделий. Угол подачи присадочной проволоки при данном методе выращивания может варьироваться от 30 до 60° [12, 15]. Наивысший коэффициент захвата порошка для случая боковой подачи наблюдается во время подачи его сзади в ванну расплава по сравнению с схемами этой подачи, аналогично выращиванию из проволоки. Слои, выращенные из порошка, обычно имеют лучшую форму и стабильность размеров по длине, чем из проволоки [11].

По сравнению с выращиванием из проволоки, где чаще всего используется боковая подача присадочной проволоки, в данном методе способ подачи выбирается в зависимости от требований к процессу. Боковая подача нужна для облегчения регулирования процесса и повышения его стабильности, но при этом невозможно резко изменять направление движения технологического инструмента. Коаксиальная подача необходима для повышения производительности, многоструйная осесимметричная подача необходима для расширения интервала возможного угла наклона в пространстве выращиваемой стенки. При многоструйной осесимметричной подаче перетяжка порошковой струи остается на оси излучения даже при значительном наклоне технологической головы, а при коаксиальной подаче газопорошковый поток отклоняется от оси, что нарушает стабильность процесса формирования слоев. Это происходит из-за недостаточной скорости вылетающих из сопла частиц порошка [22].

Влияние параметров процесса и последующей обработки, микроструктура и свойства выращенных изделий

Оптимальная скорость подачи проволоки зависит от уровня мощности лазерного излучения. При слишком большой скорости подачи проволока не может быть полностью расплавлена и в твердом состоянии погружается в ванну расплава и плавится в ней за счет высокой температуры расплавленного металла подложки [24–26]. Высокая мощность лазерного излучения необходима для увеличения размера пятна лазерного луча при сохранении достаточной для расплавления проволоки, подающейся со скоростью от 1 до 2 м/мин плотности мощности при скоростях выращивания от 0,05 до 0,6 м/мин [24,25], в то время как расход подаваемого по-

рошка обычно варьируется от 1,3 до 9,4 г/мин [20,31]. Площадь наплавленного слоя определяется скоростью подачи проволоки, например, соотношением скорости подачи проволоки к скорости наплавки. С увеличением соотношения скорости подачи проволоки к скорости наплавки, увеличивается площадь наплавленного слоя и его высота, но на его ширину это не оказывает существенного влияния [9].

При помощи предварительного нагрева проволоки за счет пропускания через нее электрического тока может быть повышена эффективность процесса лазерного выращивания [32]. Это снижает необходимую для расплавления проволоки мощность лазерного излучения, снижает глубину проплавления подложки. При увеличении напряжения и тока увеличивается скорость расплавления проволоки. При слишком высоком напряжении происходит колебаний тока и разбрызгивание, возникает неконтролируемое образование дугового разряда, который увеличивает линейную энергию, вызывающую чрезмерное расплавление проволоки. Подогрев проволоки способствует более однородному сварочному процессу, но также добавляет сложности, касающиеся контроля дополнительных параметров процесса. Подогрев проволоки также может быть обеспечен, например, за счет контактного нагрева. Преимущество этого метода подогрева состоит в использовании стандартного сварочного оборудования, где в подающем устройстве функция подогрева проволоки уже реализована вместе с ее подачей.

Получаемые механические свойства выращенных из проволоки изделий находятся в интервале между свойствами литого и катанного металла. Последующая термообработка выращенных изделий при температуре 600°C в течение 4 часов [4, 33] не приводит к изменению морфологии и микроструктуры, что сильно увеличивает твердость изделий из Ti-6Al-4V с 327 до 342HV [33]. Для контроля процесса выращивания используются пирометры, измеряющие температуру в хвосте ванны расплава и на предыдущем выращенном слое. По результатам измерений при необходимости в реальном времени изменяется мощность лазерного излучения [9,16]. В последние годы увеличивается количество литературных данных о результатах исследований взаимосвязи размера зерен и морфологии структуры выращенных слоев из порошков титанового сплава и последующей термической обработкой выращенного изделия, ее влияния на механические свойства изделий [34–38]. В основном используются методы горячего изостатического прессования при температуре 900°C и термической обработки при температурах до 730°C в течение 2 часов [34], что меньше по времени, чем для случая выращивания из проволоки. Микроструктура выращенных изделий состоит из направленных плоскости подложки оси столбчатых до β зерен и прослойки α фазы между выращенными слоями, претерпевающей мартенситное превращение с образованием игольчатой фазы [1,21]. Причем для случая выращивания из порошков возможно наличие в структуре не расплавленных

частиц между слоями [4]. Горячее изостатическое прессование позволяет сохранить пластинчатую структуру, состоящую из $\alpha + \beta$ и γ фаз. Это говорит о более медленном по скорости охлаждении изделия при данной обработке. Сравнение микроструктуры образцов, полученных двумя методами, выявило ее схожесть, при небольшой пористости в образцах из порошков [15,39]. Исследователи отмечают, что правильный выбор стратегии выращивания из порошков и температуры подложки в процессе, позволяют получить изделие со свойствами, не хуже, чем при традиционных методах обработки [1,25,33,39], а при некоторых стратегиях даже выше [40,41]. Прочность образцов, выращенных поперек направления приложения нагрузки, ниже, чем образцов, выращенных вдоль направления приложенной нагрузки [1,9]. Более того, в работе [23] показано, что расход порошка при высоких значениях лазерной мощности должен быть небольшим, так как при больших расходах порошка образуется столбчатая микроструктура, но при увеличении скорости сканирования лазерным лучом размер пластин из α и β фаз уменьшается, увеличивается уровень пористости.

Заключение

В работе были рассмотрены два существующих вида процесса прямого лазерного выращивания изделий из титановых сплавов из порошков и проволоки. Проведено сравнение процессов, в результате которого выявлено:

- Более стабильное формирование стенки изделия наблюдается при выращивании из порошка;
- Выше эффективность использования присадочного материала и экологичность процесса при выращивании из проволоки;
- Существует зависимость качества получаемого изделия от угла и направления подачи присадочного материала в обоих вариантах;
- Схожесть и независимость микроструктуры получаемых изделий от вида присадочного материала, но возможно присутствие в ней нерасплавленных твердых частиц в случае порошкового выращивания;
- Последующая термическая обработка и газостатическое прессование влияет на увеличение механических свойств в обоих случаях.

Литература:

1. Saboori A, Gallo D, Biamino S, Fino P and Lombardi M. An overview of additive manufacturing of titanium components by directed energy deposition: microstructure and mechanical properties. 2017 Appl. Sci., 7, 883; 23p, doi:10.3390/app7090883;
2. Baufeld B, Biest O, Gault R, and Ridgway K. Manufacturing Ti-6Al-4V components by Shaped Metal Deposition: Microstructure and mechanical properties. 2011, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 26, 9p, 012001 doi:10.1088/1757-899X/26/1/012001;
3. Gockel J, Beuth J. Understanding Ti-6Al-4V Microstructure Control in Additive Manufacturing via Process Maps. 2013, Solid Freeform Fabrication Proceedings, Austin, TX, 9p;
4. Razavi S M J, Bordonaro G, Ferro P, Torgersen J and Berto F. Fatigue Behavior of Porous Ti-6Al-4V Made by Laser-Engineered Net Shaping. 2018, Materials, 11, 284; 8p, doi:10.3390/ma11020284;
5. Luzin V, Hoye N. Stress in Thin Wall Structures Made by Layer Additive Manufacturing. 2016, Materials Research Proceedings 2, pp. 497–502;
6. Neikter M, Akerfeldt P, Pederson R and Antti M–L. Microstructure characterisation of Ti-6Al-4V from different additive manufacturing processes. 2017, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 258, 012007, 8p.. doi:10.1088/1757-899X/258;
7. Hinderdael M, Strantza M, De Baere D, Devesse W, De Graeve I, Terryn H and Guillaume P. Fatigue Performance of Ti-6Al-4V Additively Manufactured Specimens with Integrated Capillaries of an Embedded Structural Health Monitoring System. 2017, Materials, 10, 993, 19p; doi:10.3390/ma10090993;
8. Williams S W, Martina F, Addison A C, Ding J, Pardal G, Colegrove P. Wire + Arc Additive Manufacturing, 2016, Materials Science and Technology, 32:7, pp. 641–647;
9. Ding D, Pan Z, Cuiuri D, Li H. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests. 2015, Int J Adv Manuf Technol 81: pp. 465–481; DOI 10.1007/s00170-015-7077-3;
10. Hoye N. Characterisation of Ti-6Al-4V deposits produced by arc-wire based additive manufacture 2015. A thesis for the award of the degree doctor of philosophy, University of Wollongong 279pp;
11. Syed W U H, Pinkerton A J, Li L. A comparative study of wire feeding and powder feeding in direct diode laser deposition for rapid prototyping. Applied Surface Science, 2005, 247(1–4): pp. 268–276;
12. Demir A G. Micro laser metal wire deposition for additive manufacturing of thin-walled structures. 2018, Optics and Lasers in Engineering 100, pp. 9–17;
13. Miranda R M, Lopes G, Quintino L, Rodrigues J P, Williams S. Rapid prototyping with high power fiber lasers. 2008, Materials and Design 29, pp. 2072–2075;

14. Wang F et al. Laser fabrication of Ti6Al4V/TiC composites using simultaneous powder and wire feed. 2007, *Mater Sci Eng A* 445: pp.461–466;
15. Caiazza F. Additive manufacturing by means of laser-aided directed metal deposition of titanium wire, 2018, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*;
16. Heralic A. Monitoring and control of robotized laser metal wire deposition, 2012, doctoral thesis, Chalmers University of Technology;
17. Brandl E, Leyens C, Palma F. Mechanical Properties of Additive Manufactured Ti-6Al-4V Using Wire and Powder Based Processes. 2011, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 26, 11p. 012004 doi:10.1088/1757–899X/26/1/012004;
18. Brandl E, Baufeld B, Leyens C, Gault R. Additive manufactured Ti-6Al-4V using welding wire: comparison of laser and arc beam deposition and evaluation with respect to aerospace material specifications. 2010, *Physics Procedia* 5, pp. 595–606;
19. Shishkovsky I, Missemer F, Smurov I. Direct metal deposition of functional graded structures in Ti-Al system. 2012, *Physics Procedia* 39, pp. 382–391;
20. Graf B, Gumenyuk A, Rethmeier M. Laser metal deposition as repair technology for stainless steel and titanium alloys. *Physics Procedia* 39, 2012, pp. 376–381;
21. Dinda G, Song L, Mazumder J. Fabrication of Ti-6Al-4V Scaffolds by Direct Metal Deposition. 2008, *Metallurgical and Materials Transactions A*, Volume 39, Issue 12, pp. 2914–2922;
22. Ставертий А. Разработка и исследование технологии выращивания объектов методом коаксиального лазерного плавления порошковых материалов. 2017, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. МГТУ им. Баумана. Москва, 153 с;
23. Mahamood R M, Akinlabi E T, Shukla M, Pityana S. Material Efficiency of Laser Metal Deposited Ti6Al4V: Effect of Laser Power. 2009, *Engineering Letters*, 21:1, EL_21_1_03 (Advance online publication), 5pp;
24. Baufeld B, Brandl E, Biest O. Wire based additive layer manufacturing: Comparison of microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V components fabricated by laser-beam deposition and shaped metal deposition. 2011, *Journal of Materials Processing Technology* (211), pp. 1146–1158;
25. Mok S H, Bi G, Folkes J, Pashby I, Segal J. Deposition of Ti-6Al-4V using a high power diode laser and wire, Part II: Investigation on the mechanical properties. 2008, *Surface & Coatings Technology* (202), pp. 4613–4619;
26. Lopes G, Williams S, Miranda R M, Quintino L, Rodrigues J P. Additive manufacturing of Ti-6Al-4V based components with high power fiber lasers. 2008, *Virtual and Rapid Manufacturing: Advanced Research in Virtual and Rapid manufacturing Bartolo et al.(eds)*, pp. 369–374;
27. Kim JD et al. Plunging method for Nd: YAG laser cladding with wire feeding. 2000, *Opt Lasers Eng* 33: pp. 299–309;
28. Syed WUH et al. Effects of wire feeding direction and location in multiple layer diode laser direct metal deposition. 2005, *Appl Surf Sci* 248: pp. 518–524;
29. Mok SH et al. Deposition of Ti-6Al-4V using a high power diode laser and wire, Part I: investigation on the process characteristics. 2008, *Surf Coat Technol* 202: pp. 3933–3939;
30. Torkamany M J, Kaplan A F H, Ghaini F M, Vänskä M, Salminen A, Fahlström K, Hedegård J. Wire deposition by a laser induced boiling front. 2015, *Opt. Laser Technol.*, Volume 69, pp. 104–112;
31. Brice A, Schwendner K I, Mahaffey W, Moore H, Fraser L. Process variable effects on laser deposited Ti-6Al-4V. *Proceedings of the Tenth Solid Freeform Fabrication (SFF) Symposium*, The University of Texas, pp 369–374;
32. Wei, H., Zhang, Y., Tan, L., Zhong, Z. Energy efficiency evaluation of hot-wire laser welding based on process characteristic and power consumption. 2015, *J. Clean. Prod.*, Volume 87, pp. 255–262;
33. Brandl E et al. Morphology, microstructure, and hardness of titanium (Ti-6Al-4V) blocks deposited by wire-feed additive layer manufacturing (ALM). 2012, *Mater Sci Eng A* 532: pp. 295–307;
34. Kobryn, P A, Semiatin S L. Mechanical properties of laser-deposited Ti-6Al-4V. 2001, *Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium*, Austin, TX, USA;
35. Tian X J, Zhang S Q, Li A, Wang H M. Effect of annealing temperature on the notch impact toughness of a laser melting deposited titanium alloy Ti-4Al-1.5Mn. 2010, *Mater. Sci. Eng. A*, 527, pp. 1821–1827;
36. Qu H P, Wang H M. Microstructure and mechanical properties of laser melting deposited TiAl intermetallic alloys. 2007, *Mater. Sci. Eng. A*, 466, pp.187–194;
37. Liu D, Zhang S Q, Li A, Wang H M. Microstructure and tensile properties of laser melting deposited TiC/TA15 titanium matrix composites. 2009, *J. Alloys Compd.* 485, pp. 156–162;
38. Bontha S, Klingbeil N W, Kobryn, P A, Fraser H L. Effects of process variables and size-scale on solidification microstructure in beam-based fabrication of bulky 3D structures. 2009, *Mater. Sci. Eng. A*, 513, pp. 311–318;
39. Brandl E et al. Deposition of Ti-6Al-4V using laser and wire, part II: hardness and dimensions of single beads. 2011, *Surf Coat Technol* 206: pp. 1130–1141;

40. Zhai Y, Galarraga H, Lados D A. Microstructure Evolution, Tensile Properties, and Fatigue Damage Mechanisms in Ti-6Al-4V Alloys Fabricated by Two Additive Manufacturing Techniques. 2015, Procedia Engineering 114, pp. 658–666;
41. Sterling A, Shamsaei N, Torries B, Thompson S M. Fatigue Behaviour of Additively Manufactured Ti-6Al-4V. 2015, Procedia Engineering 133, pp. 576–589.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Исследование акустических характеристик генератора Гартмана

Ефремов Алексей Владимирович, студент магистратуры

Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова (г. Санкт-Петербург)

По результатам исследования получена классификация устройств данного типа, произведен исторический обзор вопроса. Расчеты по известным основным формулам и с использованием современного пакета вычислительных программ позволили получить основные акустические характеристики классического генератора Гартмана.

Ключевые слова: свисток Гартмана, генератор Гартмана, излучатели, модификации, акустика, течение газов, исследование.

Юлий Гартман обнаружил явление резонанса в свистке во время экспериментальных исследований осевого распределения давления Пито в сверхзвуковой струе (1916–1918 гг.). Он наблюдал сильные колебания в трубке Пито, когда размещал ее в определенных областях, содержащих ударную зону свободной струи. Исходя из этого, исследователи назвали некоторые области ниже

по течению от струи, где произошел резонанс как «области неустойчивости». Гартман также провел эксперименты с большим резонатором Гельмгольца вместо трубки Пито. Эта конфигурация, известная как «пульсатор Гартмана», резонирует на очень низких частотах (порядка 1–100 Гц), что позволяет осматривать колебания с использованием рентгеновских систем.



Рис. 1. Датский ученый Ю. Гартман

Основная часть генератора — сопло 1 (рисунок 2), откуда вытекает сверхзвуковая газовая струя, в которой возникают волны уплотнения и разрежения. Если сопло поместить на некотором расстоянии резонатор 2, то при торможении струи перед резонатором возникает отсоединенный скачок уплотнения 3. В результате взаимодействия основной струи и струи, вытекающей из резонатора, при определенном расстоянии между соплом и резонатором участок струи за скачком становится источником звуковых и ультразвуковых волн.

Частота излучаемого звука зависит от расстояния между соплом и резонатором, а также от размера резона-

тора. Наиболее благоприятные условия излучения имеют место, когда диаметр D выходного отверстия сопла и длина l резонатора равны между собой, а диаметр d полости резонатора в 1,3–1,5 раза превышает диаметр сопла.

Мощность акустического излучения генератора Гартмана достигает нескольких десятков Вт, а КПД — 3–5%. При использовании сжатого воздуха получают частоты от 1–2 до 60 кГц. Применяя вместо воздуха водород, можно получить частоты до 180 кГц.

После эпохи Ю. Гартмана наступило время изучения различных модификаций и форм данного устройства. Из-за большого количества вариаций следует оста-

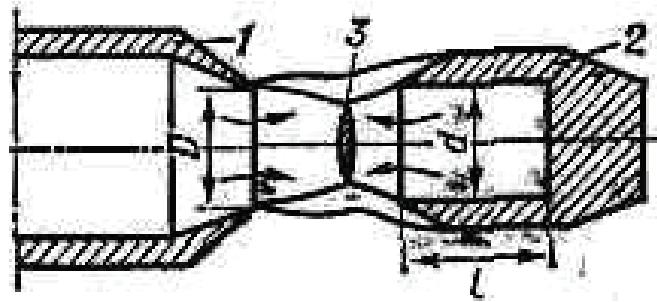


Рис. 2. Схема генератора Гартмана

новиться на рассмотрении нескольких из них. Например, преимущества стержневых газоструйных генераторов не поддаются сомнениям. Именно поэтому иностранные фирмы, занимающиеся интенсификацией акустики производственных процессов, разработали ряд генераторов такого типа. К примеру, создано несколько типов стержневых излучателей, предназначенных для распыления жидкого топлива. Однако, как зачастую и бывает, компании хранят полные данные о размерах и оптимальных параметрах настройки в секрете. Но факт использования генераторов такого типа уже говорит о многом.

Особое внимание хотелось бы уделить излучателю типа Sonijet фирмы General Precision Inc. По своей кон-

струкции он похож на излучатели с вторичным резонатором. Разница заключается в том, что этот вторичный резонатор выполнен в виде конической канавки, образованной зазором между втулкой рефлектора и наружной поверхностью сопла. Некоторые параметры этого типа генератора приведены в таблице 1.

Без рефлектора излучатель имеет практически сферическую характеристику направленности. Для описываемой модификации увеличение коэффициента полезного действия определяется не присутствием рефлектора, а, скорее всего, связано с образованием вторичного резонатора при установке рефлектора.

Таблица 1

Характеристики излучателя типа Sonijet [1]

	P_0 , ати	f , кГц	W_a , Вт	η , %
без рефлектора	1,54	9,5	69	8,8
	2,1	10,3	69	5,9
	2,8	11,1	113	6,4
с рефлектором	1,54	9,7	121	15,4
	2,1	11,5	193	16,4
	2,8	11,8	183	10,4

Другой модификацией являются многосвистковые излучатели. П. Н. Кубанский первым предложил использовать данную конструкцию. Однако из-за трудности синхронизации отдельных свистков эта концепция долгое время не была реализована. Газоструйные излучатели обладают небольшим внутренним сопротивлением из-за чего на их излучение влияют не только волны, отраженные от близко расположенных поверхностей, но и излучение соседних свистков. Поэтому при невыгодном взаимном расположении одиночных генераторов их полная мощность зачастую меньше суммы мощностей каждого свистка.

Для достижения высокого коэффициента полезного действия следует синхронизировать частоту и фазу совместно работающих излучателей. Лучшая синхронизация двух свистков достигается при сильной акустической связи, осуществляемой созданием общей резонансной камеры [2]. При этом два сопла, расположенные напротив друг друга

на одной оси, работают на полую цилиндрическую камеру, высота которой равна удвоенной глубине обычного резонатора. Иначе говоря, два резонатора как бы составляются своими тыльными частями, а внутренняя перегородка убирается. Исследования Гартмана показали высокую устойчивость данной системы, однако таким способом невозможно добиться синхронизации нескольких генераторов.

Возможен и принципиально другой способ синхронизации излучателей — через окружающий воздух. В данном методе обратная связь становится более слабой и менее надежной. Опыты показали, что при расположении двух одинаковых излучателей вдоль одной оси синхронизация будет обеспечиваться, если расстояние между данными генераторами будет кратно $\lambda/2$.

Брен и Буше [3], учитывая сложность синхронизации свистков, пришли к выводу, что в статической сирене необходимо создать дополнительную резонансную камеру, ко-

торая сможет обеспечивать синфазную работу отдельных генераторов. Такой камерой является тороидальная полость между излучателями, если расположить их в горле

кольцеобразного рупора (рисунок 3). В отдельных случаях такая камера дополняется подвижной задней стенкой, которая позволяет регулировать ее настройку.

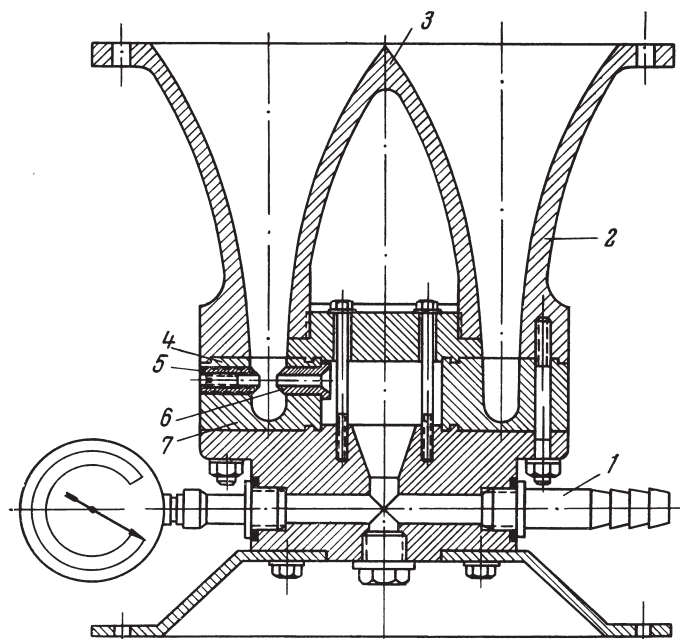


Рис. 3. Многосвистковая кольцевая статическая сирена, где 1 – входной штуцер; 2 – рупор; 3 – внутренний конус; 4 – блок излучателей; 5 – резонатор; 6 – сопло; 7 – вторичная резонансная камера

Так как синхронизация свистков возможна лишь при работе статической сирены на фиксированных частотах, то процесс настройки вызывает трудности. Помимо этого, при высоких уровнях звука в горле рупора начинает сказываться аномальное поглощение, поэтому более перспективным следует считать использование не компактных

многосвистковых сирен, а распределенных систем излучателей. Преимущества их наиболее полно проявляются в тех случаях, когда необходимо озвучивать большие объемы газа.

В таблице 2 приведены характеристики некоторых многосвистковых газоструйных излучателей.

Таблица 2

Сравнительные данные многосвистковых излучателей

Число свистков	W_a , Вт	f , кГц	P_o , ати	Q , м ³ /час
8	164	9,6	4,5	300
8	276	12,3	4,5	-
12	400–600	10–11	3,6	85
12	400–500	32–34	2,8	40
5	1550	5	3,4	292

При изучении излучателей гартмановского типа немаловажным аспектом также является и анализ ключевых параметров. Одним из них является выбор глубины резонатора. Глубина резонатора h — один из ключевых параметров настройки газоструйного излучателя. От этого значения зависят мощность и частота излучения. Независимо от выбора гипотезы механизма генерации, изменение глубины резонатора в большую сторону приводит к увеличению времени, которое необходимо для повторения цикла

колебаний. Исходя из этого легко заметить, что увеличение h приводит к снижению частоты излучения. Таким способом можно существенно понизить частоту колебаний.

Изначально Гартман исследовал свистки, для которых выполнялось условие $d_p = h$, но в дальнейшем он изучал системы с $h \neq d_p$. Хотя оптимальным вариантом для Гартмана являлось соотношение $h = d_p$, но диапазон изменений

глубины резонатора $0,6 \leq \frac{h}{d_p} \leq 1$ считал допустимым.

Примерно к таким же выводам пришел и Севори, который считал приемлемым выбор h в пределах $0,5 \leq \frac{h}{d_p} \leq 2$.

Необходимо отметить, что в обоих случаях использовались свистки с $K = \frac{d_p}{d_c} = 1$.

Вторым ключевым параметром является коэффициент K . Буше считает целесообразным использовать резонаторы с $K \geq 1,3$ учитывая, что при перепадах давления максимальная ширина струи не превосходит $1,3 d_c$. Опыты, поставленные на идентичных генераторах с $K = 1$ и $K = 1,33$, показали бесспорные преимущества последнего (рис. 4). Мощность излучателя с $K = 1,33$ оказалась в два раза выше, чем у его гартмановского прототипа. Буше увеличивал K до 2,5 и не наблюдал при этом срыва генерации.

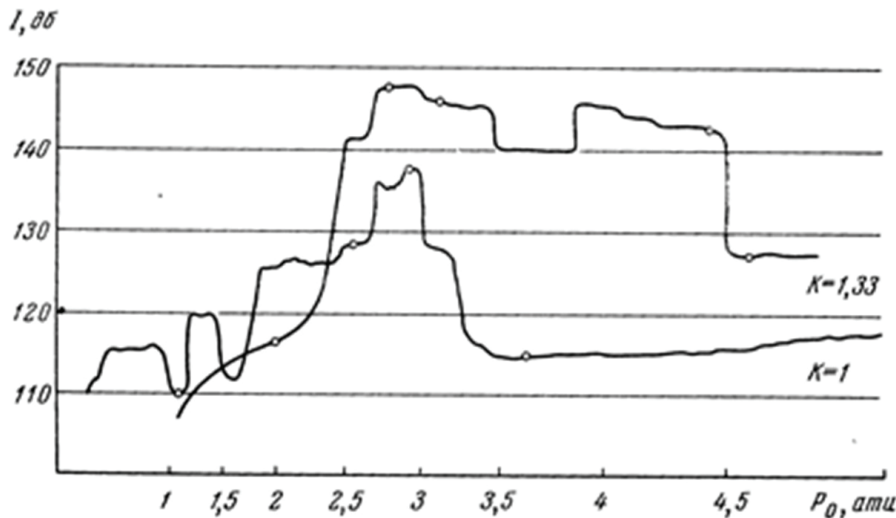


Рис. 4. Влияние параметра K на режим излучения

Немаловажным фактором также является применение отражающих поверхностей. Использование различных видов отражателей обусловлено тем, что зачастую при использовании газоструйных резонаторов требуется получить направленное излучение. Именно для получения однонаправленного пучка звуковой энергии применяются отражающие поверхности.

Плоские звуковые пучки получаются при использовании параболических отражателей с условием, что размер выходного зрачка превышает излучаемую акустическую волну в разы. Следует также заметить, что длины волн газоструйных излучателей намного больше длин волн в оптике, именно поэтому снижаются требования к обработке поверхности отражателей. Таким образом, существуют такие диапазоны частот, на которых отпадает необходимость в шлифовке поверхности отражателя.

Применение параболических рефлекторов позволяет получить плоский фронт волны, то есть фаза колебаний в поперечном сечении звукового луча будет одинаковой. Однако амплитуда колебаний будет распределена неравномерно, с максимумом излучения по оси параболоида. Для создания более равномерного распределения амплитуды колебаний в сечении пучка можно немного деформировать характеристику направленности, сместив область генерации свистка относительно фокуса параболоида.

Для точной работы рефлектора нужно, чтобы он был в акустическом смысле жестким. Это означает, что падающая на рефлектор энергия полностью отражается. При недостаточной жесткости падающие волны вызывают изгибные моды колебаний, что приводит к установлению на поверхности рефлектора систем стоячих волн. Это означает, что каждая точка рефлектора будет иметь свою фазу колебаний и амплитуду. Появление этого дополнительного источника колебаний в несколько раз уменьшает основное излучение.

При проектировании рефлекторов необходимо учитывать и факт возбуждения отражателя, поэтому не следует делать его слишком тонким. К примеру, для стандартного диапазона частот толщина алюминиевого рефлектора не должна быть менее 4–5 мм.

В случаях, когда генератор имеет узкую характеристику направленности, следует использовать конструкцию излучателя, у которого сопло — резонатор расположена перпендикулярно оси излучения. В такой конструкции генератор работает на вторичную резонансную камеру или на согласующий экспоненциальный рупор.

Далее, учитывая вышесказанное, был произведен расчет основных характеристик генератора Гартмана с использованием известных формул. Методика расчета приведена в [4]. Результаты расчетов при рабочем давлении $P_0 = 4$ ати систематизированы в таблице 3.

Таблица 3

Основные параметры резонатора Гартмана при $P_0 = 4$ ати

d_c , мм	f , кГц	l , см	W_a , Вт	W_n , Вт	η , %	Q , м ³ /мин
5	11,7	0,87	129,9	3944,6	3,29	1,07
7	8,37	1,22	254,5	7731,4	3,29	2,1
9	6,51	1,56	420,7	12780,6	3,29	3,47
12	4,88	2,09	747,9	22721	3,29	6,17
15	3,9	2,4	1168,6	35501,6	3,29	9,64

По завершению эмпирического расчета было произведено моделирование в пакете вычислительных программ ANSYS ACADEMIC. Расчетная модель для исследования была сформирована на основе анализа литературы. Для

изучения был выбран классический генератор Гартмана с характерным коэффициентом $K \approx 1,3$ (рисунок 5). Также исходными данными были приняты: $d_c = 6$ мм, $d_p = h = 8$ мм, $P_0 = 0,4$ МПа.

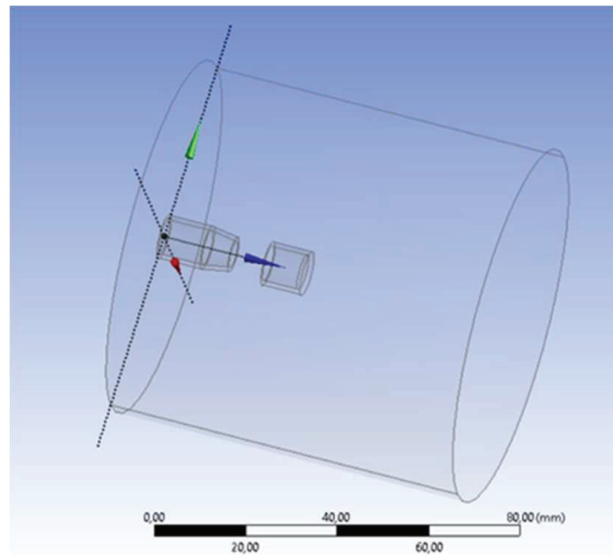


Рис. 5. Расчетная модель генератора Гартмана

Дальнейшее моделирование и расчеты произведены в соответствии с рекомендациями и особенностями работы в вычислительном пакете программ ANSYS ACADEMIC. В связи с многогранностью возможных вопросов, связанных с работой генератора и исходя из задач магистерской диссертации, целью расчета было получение акустических характеристик. Однако, стоит отметить, что с помощью вычислительных программ также возможно рассмотрение газодинамических и тепловых процессов, протекающих при генерации звука. На рисунке 6 показана одна из основных звуковых характеристик — уровень акустической мощности.

Физичность полученных результатов можно проверить с помощью данных эмпирического расчета, приведенных в таблице 3 и формулы определения уровня акустической мощности (формула 1).

$$L_w = 10 * \lg \frac{W_a}{W_0}, \text{ дБ} \quad (1)$$

где W_a — акустическая мощность, Вт; W_0 — пороговая величина звуковой мощности, за которую принимается мощность звука $W_0 = 10^{-12}$ Вт

С учетом данных из таблицы 3 и поправкой на коэффициент $K = 1,3$ можно принять $W_a = 250$ Вт. Подставив данные в формулу (1) получается следующее выражение:

$$L_w = 10 * \lg \frac{250}{10^{-12}} = 143,9 \text{ (дБ)}$$

Полученное значение можно сравнить с результатами моделирования. На шкале рисунка 6 отражено, что максимальное значение уровня акустической мощности соответствует 145 дБ. Вывод очевиден: результаты эмпирического расчета и моделирования в пакете программ не противоречат друг другу.

Подытоживая вышеизложенное, можно сказать, что феномен генератора Гартмана и вопросы, связанные с ним, являются довольно актуальной областью современной физики. Исследования газодинамических, акустических и тепловых

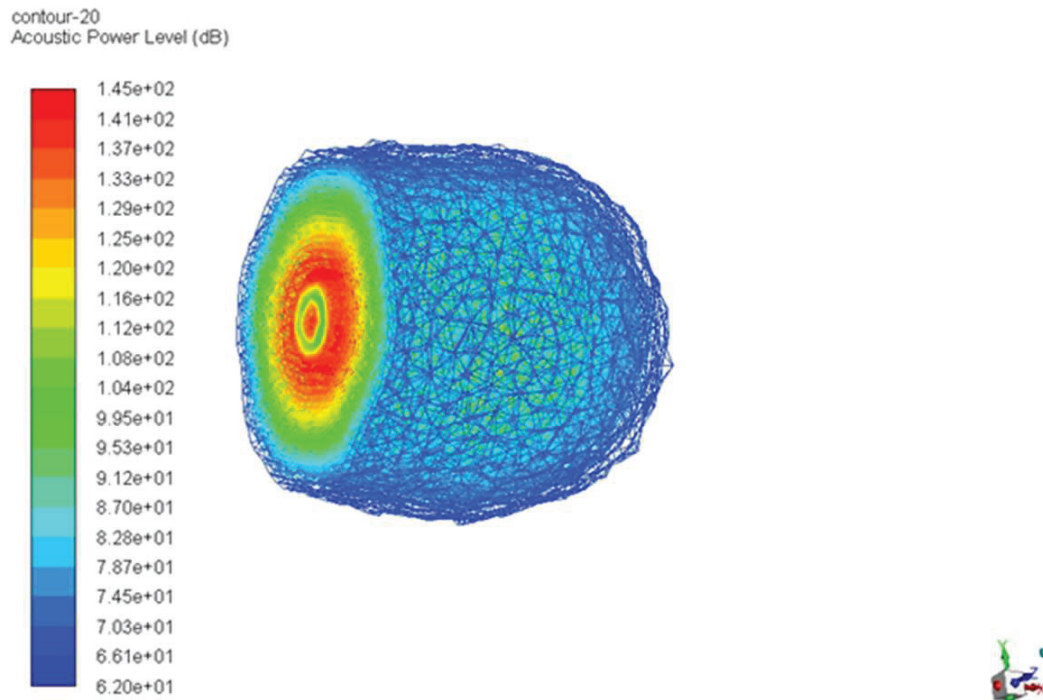


Рис. 6. Распределение уровня акустической мощности в трехмерном (расчетном) пространстве

характеристик продолжают с момента открытия Ю. Гартманом данного явления. Полученные результаты расчета классического гартмановского генератора позволяют сделать

выводы о низком коэффициенте полезного действия данного устройства. Впрочем, модифицируя конструкцию генератора, можно достичь довольно положительных значений.

Литература:

1. J. Litsios. Industrial Application of Gas-jet Sonic Generators // IEEE Trans. Ultrasonics Engng — 1963 — № 10 — с. 91
2. J. Hartmann, E. Trundsø. Synchronisation of Air-jet Generators with an Appendix on the Stem Generator // Dann Mat. — Fys. Medd — 1951 — № 26 — с. 10
3. R. M. G. Boucher, E. Brun. Research on the «Multiwhistle». Acoustic Air-jet Generator // Engineer's Digest — 1956 — № 12 — с. 511
4. J. Hartmann, The Acoustic Air-jet Generator. Ingeniørvidenskabelige skrifter — 1939 — № 4
5. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. — М.: Наука, 1991
6. Антонов А. Н. Пульсация давления при струйных и отрывных течениях. — М.: Машиностроение, 1990

ТРАНСПОРТ

Конкурентоспособность станций технического обслуживания на рынке услуг

Кокотчиков Михаил Александрович, студент;
Семенов Дмитрий Юрьевич, студент
Омский государственный технический университет

В данной статье рассматривается понятие конкурентоспособности, изложены способы повышения конкурентоспособности станции технического обслуживания (СТО) и ее значение для предприятия.

Также представлены факторы, влияющие на преимущества автосервиса, освещаются различные преимущества.

Ключевые слова: автосервис, станция технического обслуживания, конкурентоспособность, стратегия конкуренции, себестоимость, качество услуг.

Kokotchikov Mikhail Alexandrovich, student,
Semenov Dmitry Yurievich, student
Omsk State Technical University

In this article, the concept of competitiveness is considered, the ways of increasing the competitiveness of the service station (SRT) and its importance for the enterprise are described.

Also the factors influencing the advantages of the car-care center are presented, various advantages are highlighted.

Keywords: car-care center, service station, competitiveness, competition strategy, prime cost, quality of services.

Конкурентоспособность предприятия — это свойство, характеризующееся степенью удовлетворения им конкретной потребности по сравнению с аналогичными объектами, представленными на данном рынке [1]. При этом объекты сравнения должны находиться на одинаковых фазах жизненного цикла. Тогда, если данные условия соблюдены, то сравнение можно считать корректным.

Суть технического обслуживания заключается в том, что дилерский центр несет ответственность за поддержание транспортного средства в технически исправном состоянии на весь период его эксплуатации. Автосервис для автопроизводителей является важным критерием привлечения потенциальных покупателей.

Автосервис развивается там, где есть спрос на него. Поэтому владельцы СТО стараются размещаться в экономически развитых регионах.

Уровень конкуренции в автосервисе падает. Среднегодовой прирост парка в России составляет около 800 тысяч автомобилей, для этого требуется около 800 предприятий для обслуживания и около 8000 автомехаников. Увеличивается также рабочая нагрузка станций, в результате чего качество услуг снижается. От 20% до 70% владельцев автомобилей предпочитают самообслуживание, потому что они не доверяют качеству услуг, которые предоставляет дилерский центр.

Главным в конкурентной борьбе предприятий автосервиса является качество обслуживания потребителя. Качество обслуживания — это совокупность потребительских свойств услуг, отражающих удовлетворение индивидуальных потребностей как в процессе производства услуги, так и в процессе обслуживания. Качество услуг может быть достигнуто за счет применения прогрессивного оборудования, рациональной организации и стимулирования труда, контроля качества, использования при ремонте запасных частей, отличающихся высоким качеством и надежностью в эксплуатации, и т.д. [5].

Большое значение в этой связи имеет вовлечение клиентов в ремонтный процесс на каждом этапе выполнения работ, начиная с приёмки автомобиля в ремонт или на ТО и заканчивая передачей отремонтированного автомобиля заказчику (2). Выбор направления в развитии СТО должен осуществляться после их экономического обоснования.

Для оценки своего преимущества на рынке услуг, компании необходимо проводить сравнение показателей работы с показателями основных конкурентов за определённый срок. Это даст возможность принимать и вовремя реализовывать решения, направленные на повышение уровня конкурентоспособности предприятия. Большое значение в формировании конкурентных преимуществ на рынке автосервисных услуг имеет выбор стратегии.

Таковыми стратегиями могут быть: стратегия снижения стоимости услуг; сегментация рынка; стратегия быстрого реагирования на потребности рынка; стратегия инноваций.

Для повышения конкурентоспособности СТО можно выполнять следующие виды услуг:

- техническая консультация владельца по поводу технического состояния автомобиля, его неисправностях и способах их устранения;
- определение технического состояния автомобиля без исправления неисправностей;
- предоставлять техническое обслуживание автомобиля без участия владельца, начиная от оформления заказа и заканчивая выдачей автомобиля после ремонта;
- услуги на дому, когда работники СТО прибывают на место нахождения автомобиля и устраняют неисправность [4].

Выбор способов обеспечения высокой конкурентоспособности определяется размером и специализацией СТО. Например, на больших станциях высокая конкурентоспособность достигается за счет высокого качества обслуживания.

Литература:

1. Виноградова М. В. Пациона З. И. Организация и планирование деятельности предприятий сферы сервиса. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2007.
2. Волгин В. В. Автосервис: маркетинг и анализ — М.: Дашков и ко, 2005—620 с.
3. Марков О. Д. Организация автосервиса. — Львов: «Орияна Нова», 1998—330 с.
4. В. П. Бычков, Н. В. Пеньшин Эффективность производства и предпринимательство в автосервисе: учебное пособие. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007.
5. Моисеева Н. К., Анисюш Ю. П. Современное предприятие: конкурентоспособность, маркетинг, обновление. М., 1993. С. 95.

Небольшие СТО стремятся к максимальному снижению цен, доверию клиентов, гибкому использованию оборудования и требованиям клиентов. Выбор стратегии должен быть осуществлен после проведения рыночных исследований рынка. В то же время необходимо руководствоваться целями, которые должны быть направлены на будущее развитие автосервиса.

Важнейшим условием для повышения конкурентоспособности СТО также является обеспеченность их высококвалифицированными кадрами. Особенно это актуально на тех станциях, которые специализируются на ремонте автомобилей иностранного производства, которые отличаются более сложной конструкцией. Мировые тенденции развития рынка автосервисных услуг свидетельствуют о абсолютном преобладании на предприятиях автосервиса персонала с высшим техническим образованием [4].

В совокупности поведение любого предприятия может быть описано с помощью таких параметров, как набор производимых услуг, объем выпуска их, стратегия ценообразования, затраты на рекламу и продвижение продукции и др [5].

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Решение проблемы высокого дефицита продукции йода путем извлечения ее из поликомпонентных вод

Онаев Марат Кайрлыулы, кандидат технических наук;

Конашева Еркесулу Абатовна, студент магистратуры;

Наурзбекова Актоты Жантлесовна, студент магистратуры

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Подземные промышленные воды (попутные, пластовые) нефтегазовых и нефтегазоконденсатных месторождений северной и восточной частей Прикаспийской впадины содержат ряд ценных химических компонентов и представляют собой важное гидроминеральное сырье. Содержание специфических компонентов — брома, йода, бора, лития, стронция и др. в них значительно превышает кондиционные промышленные концентрации. Исходя из существующего дефицита потребления и конъюнктуры мирового и внутреннего рынков, первоочередного внимания заслуживают йод и бром.

Йод наряду с широким потреблением в промышленности, аналитической химии, органическом синтезе и т.п. является важнейшим лекарственным средством. По признанию ВОЗ, в настоящее время 90% заболеваний связано с йододефицитом населения и 129 стран мира испытывает йододефицит.

Мировое производство йода за длительный период оценивается в 15 тыс. т/год. Основными странами-производителями являются Япония, Чили и США (в сумме около 13 тыс. т/год). При суммарной потребности только девяти ведущих стран мира в объеме 19290 т (2000 г.) дефицит по йоду в них составил 9541 т. Наиболее высокий дефицит по йоду сложился в Китае (4000 т), США (2590 т), России (1280 т) и странах СНГ (без РФ) — 950 т/год.

Сегодня всеми официальными институтами признано, что Казахстан — это зона острейшего йододефицита, где более 2/3 населения испытывает эндемический недостаток йода. В Республике принят закон «О профилактике йододефицитных заболеваний» и меры по йодонасыщению. Но проблемы не только не уменьшаются, но и увеличиваются с угрожающей скоростью.

Таким образом, специфический галогенный элемент — йод относится к категории стратегической продукции, независимой в широком применении в различных областях производства и в здравоохранении.

Традиционным источником получения йода и брома является морская вода, а также озерные и подземные рассолы, обычно связанные с соляными и нефтяными месторождениями. Содержание этих элементов в морской воде составляет соответственно 0,05 и 0,065%, тогда как в под-

земных водах нефтяных месторождений может достигать 0,1% и выше. Единственной страной, где йод добывается из седиментных отложений (с содержанием до 1%) является Чили — мировой экспортер йода (как и Япония).

Сложившаяся проблема высокого дефицита по йоду заставляет многие государства искать пути его устранения. На постсоветском пространстве йод производится в России (г. Пермь, п. Троицк Краснодарского края, Республика Коми), Азербайджане и Туркмении. В 2005 г. завершена разработка проекта обоснования инвестиций в строительстве Астраханского йодного опытно-промышленного завода с производительностью 200 т/год. Сырьем для получения йода квалификации «г» является подземная вода Астраханского ГКМ с концентрацией иодида 25,4 мг/л. Начато проектирование крупного йодо-бромного завода на юге Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Тюменская область).

В пределах Прикаспийской провинции промышленных и поликомпонентных вод установлены три крупные области: Северо-Прикаспийская, Жанажол-Кенкиякская и Южно-Эмбинская.

Первая область охватывает Карачаганак-Кобландинскую нефтегазоносную зону. В этой области выявлены и изучены Западно-Тепловская, Тепловская, Цыгановская, Ульяновская, Гремячинская, Чинаревская, Карачаганакская и другие площади. Здесь в процесс бурения многочисленных нефтеразведочных скважин были вскрыты и опрованы горизонты и линзы высокообогащенных поликомпонентных рассолов, приуроченных к нижнепермским и каменноугольным карбонатным коллекторам (табл. 1).

Водоносные комплексы Северо-Прикаспийской области высоконапорны, а иногда самоизливаются. Глубины вскрытия водонапорной системы 2160–5200 м, статические уровни вод в скважинах устанавливаются на глубинах 54–150 м. Несмотря на высокие пластовые давления (24,0–60,5 МПа) и температуры (58–86°C), дебиты скважин составляют 0,8–49 м³/сут. Это свидетельствует о низких фильтрационных свойствах водоносных комплексов, на что необходимо обратить внимание при геолого-экономической оценке месторождения. Пластовые воды нижнепермских и каменноугольных отложений по-

Таблица 1

Содержание элементов с промышленной кондицией в пластовых водах подсолевых отложений нефтегазоносных структур северной и восточной частей Прикаспийской впадины

Структура	Геологический индекс водо-вмещающих пород	Содержание йода, мг/л
Северо-Прикаспийская область		
Западно-Тепловская	P_{1a}	до 42
Гремячинская	P_{1a}	до 21
Чинаревская	C_{1+2}	12–26
Карачаганакская	C_{1+2}	18–46
Ульяновская	P_{1a}	10–18
Жаназол-Кенкиякская область		
Кенкияк	P_{1a}	12–70
	C_{1+2}	24–32
Жаназол	C_{2+3}	12–34
	C_{1+2}	10–36
Синельниковская	C_{2+3}	13–90
	C_{1+2}	24–136
Южный Мортук	C_2	до 266
	C_{1+2}	60–167
Аккудук	C_{1+2}	42–140
Аккум	C_{1+2}	65
Бактыгарын	C_{1+2}	65
Южно-Эмбинская область		
Нсановская	J_1	20–135
Тасым	J_{1+2}	10–100

всеместно хлоркальциевого типа с минерализацией 198–408 г/л.

В Жаназол-Кенкиякской области промышленных поликомпонентных вод, в подсолевых водонапорных комплексах — нижнепермском, верхне-, и ниже-среднекаменноугольном на ряде площадей (Жаназол, Кенкияк, Урихтау, Бозоба, Аккудук и др) вскрыты и опрованы хлоркальциевые воды с промышленными концентрациями элементов группы галогенов и редких щелочных металлов (табл. 1)

Пластовые воды нижнепермских терригенных отложений вскрыты и опрованы на структурах Кенкияк, Курсай, Каратюбе, Северный Киндиксай и др. Суммарная эффективная мощность комплекса — 17–130 м при пористости водонасыщенных пород 2,6–19%, проницаемости 120–375 мД. Воды комплекса высоконапорные с дебитами на самоизливе 0,28–108 м³/сут, с минерализацией 83–331 г/л.

Средне-верхнекаменноугольный карбонатный комплекс изучен на структурах Жаназол, Синельниковская, Алимбетмола, Урихтау, Тохутколь, Жантай и др. Дебиты скважин составляют 2,18–29 м³/сут при понижениях среднединамического уровня 512–709 м. Статические уровни устанавливаются на глубине 9–138 м. Воды комплекса исключительно хлоркальциевого типа с минерализацией 50–160 г/л. Ниже-среднекаменноугольный карбонатный комплекс залегает на глубинах 1857–5001 м. Дебиты скважин в пределах Жаназол-Синельниковской

нефтегазоносной зоны составляют 1,2–6 м³/сут при понижениях на 763–1400 м. Статические уровни устанавливаются на глубинах 30–120 м. На Кенкияке, Бактыгарине, Аккуме, Аккудуке и других структурах воды комплекса высоконапорные и дают самоизливы с дебитом 0,3–6,0 м³/сут. Воды повсеместно хлоркальциевого типа с минерализацией 50–150 г/л.

На юге-востоке Прикаспийской впадины на ряде структур — Шолкара, Уртатау — Сарыбулак, Елемес и других установлена область поликомпонентных промышленных вод, охватывающая водоносные комплексы от верхнеюрского до каменноугольного. Особый интерес представляет Елемес-Тасымовский район. Здесь впервые в надсолевом комплексе установлены аномальные концентрации йода, брома, лития и других компонентов.

Таким образом, в Прикаспийской провинции установлены ряд областей промышленных поликомпонентных рассолов, сопутствующих различным нефтегазоносным структурам и охватывающих широкий диапазон водоносных комплексов, от юрских до каменноугольных включительно.

Для Западно-Казахстанской области наиболее интересным является Карачаганакское газоконденсатное месторождение. Вода в эксплуатационных скважинах месторождения добывается вместе с нефтью в ограниченном количестве скважин. Источником воды в эксплуатац

онных скважинах в большинстве случаев является водоносный горизонт, расположенный над тульскими отложениями. Наличие этого горизонта зависит от локальных пластовых фаций и структурной глубины тульских глинистых отложений (С9). Глубина залегания тульского горизонта ниже нефтеносного интервала является важным фактором в появлении воды. Скважины, под которыми тульский горизонт находится выше ВНК, имеют низкий шанс появления воды, так как водоносный горизонт изолирован от нефтеносного непроницаемой толщей глин. Вертикальные и почти-вертикальные структуры (трещины, разломы и т.д.), скорее всего, являются механизмом появления воды в эксплуатационных скважинах. Основная масса обводненных эксплуатационных скважин расположены в северной периферийной части месторождения и западной части, где тульский глинистый горизонт уходит под ВНК, который условно принят для всего месторождения Карачаганак на глубине с абсолютной отметкой -5165 м, что подтверждено скважиной 9844 пробуренной в западной части.

Также есть примеры обводненных эксплуатационных скважин с источником воды из локальных водоносных линз, находящихся выше ВНК. Плотные карбонатные фации могут образовывать уплотнения, в которых задерживается вода. Этот механизм хорошо укладывается в систему проградаций, где несколько клиноформ могут быть непроницаемыми и удерживать воду в геологических телах, которые они ограничивают. Примерами такого механизма обводненности являются скважины 9840 и 913. Локальные водоносные линзы в этих скважинах представлены аномально низким сопротивлением формации (при 15% пористости ~ 15 Ом в скважине 913), что является следствием повышенной минерализации воды по сравнению с пластовой водой третьего объекта.

Воды нижнекаменноугольного и верхнедевонского комплексов подсолевого гидрогеологического этажа близки между собой как по плотности, общей минерализации, так и по солевому составу. В связи с этим в данной работе они рассматриваются как единый водоносный комплекс.

Данные воды представлены хлоркальциевыми растворами, плотность которых изменяет от $1,07$ г/см³ до $1,12$ г/см³ с содержанием солей от $97,27$ до $212,9$ г/л. Преобладающими ионами являются хлор и натрий. Концентрация хлора варьирует в пределах $62,5$ до $126,6$ г/л, натрия от $24,8$ до $69,5$ г/л. Содержание сульфатов значительно меньше и составляет $0,1$ до $2,9$ г/л. Гидрокарбонат-ион не превышает в пробах $1,87$ г/л. Содержание кальция и магния не превышает $14,0$ и $2,2$ г/л соответственно. Общая минерализация в среднем составляет $140,1$ г/дм³, плотность варьирует от $1,07$ до $1,12$ г/см³, жесткость воды в среднем равна $494,7$ мг-экв/дм³.

Коэффициент метаморфизации по отношению $r_{Na/Cl}$ изменяется от $1,02$ до $0,64$. Общая жесткость варьирует от 337 до 845 мг-экв/л. Воды слабокислые — рН $5,70-6,83$.

Микрокомпоненты представлены в полном составе, но в малых концентрациях (Табл. 1). Так содержание брома

в большинстве случаев не превышает $0,05$ мг/л и лишь в скважине 933 достигает 244 мг/л. Содержание фтора имеет похожую картину и в большей части представленных анализов составляет менее $0,10$ мг/л. Максимальная концентрация железа достигает $3,64$ мг/л, йода. Основные компоненты (медь, никель, марганец, цинк, кобальт и свинец) присутствуют в незначительных количествах.

Таким образом, можно сделать вывод, что ионно-солевой состав, минерализация, плотность, жесткость и другие характеристики подземных вод, отобранных с сепаратора близки по своим качествам к пластовым водам нижнего карбона и верхнего девона, отобранных в глубинных условиях в период разведки месторождения.

Скважины 27, 9811, 9824, 9827, 9837 расположены за северным разломом и вскрывают нижний карбон. Минерализация данных вод варьирует от $130,4$ до $149,3$ г/дм³, жесткость воды составляет $410-487$ мг-экв/дм³, рН среды $5,9-6,3$, плотность в среднем равна $1,1$ г/см³, воды хлоркальциевого типа, преобладающими ионами являются хлор и кальций. Таким образом, можно сделать вывод, что пластовые воды каменноугольных отложений в скважинах, расположенных за северным разломом идентичны тем, что вскрыты в скважинах до разлома в одновозрастных отложениях.

В ходе проведения исследований по определению состава попутно-добываемой воды по эксплуатационным скважинам 9829, 9832, 9833 и 6394 были отмечены повышенные значения обводненности добываемой продукции $11,12\%$, $17,04\%$, $16,4\%$ и 12% , соответственно. Химический анализ характеризует данную воду, как близкую по своему составу к пластовой. Обводненность продукции обнаружена в скважинах третьего объекта и связана с подстилающими водоносными горизонтами, где ствол добывающей скважины находится в непосредственной близости к ВНК. Поступление воды происходит не сплошным фронтом, как при подъеме ВНК, а избирательно. Вероятно, вода поступает в скважину на отдельных участках горизонтального ствола, что обусловлено неоднородностью коллектора и возможным наличием в продуктивных отложениях зон трещиноватости, каверн и других путей прорыва воды при снижении давления в зоне отбора.

Следует отметить, что обводненные скважины расположены в западной и северной частях месторождения, т.е. в тех местах, где тульский экранирующий пласт находится ниже ВНК. Таким образом, можно сделать вывод, что отсутствие изолированности от водоносного пласта посредством тульского горизонта и наличие трещин и повышенной проницаемости пород-коллекторов являются главными причинами обводненности скважин.

Возможность использования подземных вод месторождения Карачаганак в качестве гидроминерального сырья имеет весьма ограниченное применение.

Незначительная водообильность исследованных подсолевых водоносных горизонтов делает их непригодными для использования как в промышленных, так и в других хозяйственных целях.

Воды надсолевого этажа имеют практическое значение. Так на базе маастрихтского водоносного горизонта, содержащего, как правило, пресные воды с минерализацией 0,3–0,9 г/л, осуществляется водоснабжения г. Аксай. С пресными подземными водами средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений связано Жарсуатское месторождение, используемое местным населением в хозяйственно-питьевых целях.

Пласты-коллекторы триасовых и татарских отложений верхней перми являются эксплуатационными на полигоне закачки промышленных стоков, т.к. надежно изолированы от вышележащих водоносных горизонтов мощными водонепроницаемыми породами (экраны А, Б и В), воды комплекса не выходят в ближайшей окрестности на дневную поверхность и не имеют связи с рекой.

Научное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

VI Международная научная конференция
г. Санкт-Петербург, июль 2018 г.

Сборник статей

Материалы печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *М.В. Голубцов*

Издательский дом «Свое издательство», г. Санкт-Петербург

Подписано в печать 24.07.2018. Формат 60x90 1/8.

Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,68. Уч.-изд. л. 7,91. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый»
420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.