

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средствам массовой коммуникации
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-57975
от 28 апреля 2014 г.

ISSN 2409-1650

Главный редактор
**Артюшенко
Владимир
Михайлович,**
д.т.н., профессор

Над выпуском работали:
Паршина Ю.С.
Пирогова Е.В.

Адрес редакции:
141070, Королев,
Ул. Октябрьская, 10а
Тел. (495)543-34-31

При перепечатке любых материалов ссылка на журнал «Информационно-технологический вестник» обязательна

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, предоставленных авторами для публикации

Материалы авторам не возвращаются

Подписано в печать
30.06.2017

Отпечатано
в типографии
ООО «Научный консультант»
г. Москва,
Хорошевское ш., 35, корп. 2

Тираж 300 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Калачева Д.Н.

**ОПЕРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КАЧЕСТВА
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ.....3**

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Закутин А.А., Чадин А.В.

**ОЦЕНКА МЕТЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ
ВАТТМЕТРОВ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ
ЧАСТОТ.....12**

Привалов В.И., Пашаева Д.Э.

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ И ТЕНДЕНЦИЙ
РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.....19**

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Аббасов А.Э.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ
РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ДВИГАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ.....25**

Аббасов Э.М., Мороз А.П., Васильев Н.А.,
Ставровский М.Е.

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ
ГЕЛИОУСТАНОВОК ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО
КОМПЬЮТЕРНОГО
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ...36**

Аббасова Т.С.

**РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ В ЭКСПЕРТНЫХ
СИСТЕМАХ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ.....47**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. *Разумовский Игорь Михайлович, д.ф.-м.н., профессор*
2. *Райков Александр Николаевич, д.т.н., профессор*
3. *Фоминский Вячеслав Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. *Дубинин Владимир Сергеевич, к.т.н.*
2. *Аббасова Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*
3. *Посеренин Сергей Петрович, д.т.н., профессор*
4. *Васильев Николай Александрович, д.т.н., профессор*
5. *Логачева Алла Игоревна, к.т.н.*
6. *Матвиенко Юрий Григорьевич, д.т.н., профессор*
7. *Вокин Григорий Григорьевич, д.т.н., профессор*
8. *Самаров Ким Леонидович, д.ф.-м.н., профессор*
9. *Стреналюк Юрий Вениаминович, д.т.н., профессор*
10. *Щурин Константин Владимирович, д.т.н., профессор*
11. *Воловач Владимир Иванович, д.т.н., доцент*
12. *Ставровский Михаил Евгеньевич, д.т.н., профессор*
13. *Тимофеев Анатолий Николаевич, д.т.н.*

Кирилина Т.Ю., Кирилина Н.А.
**РОССИЙСКОЕ И МИРОВОЕ ДОМЕННОЕ
ПРОСТРАНСТВО: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ.....64**

УДК 608.4

Операционные модели анализа функционального качества ракетно-космической техники

Д.Н. Калачева, аспирант кафедры управления качеством и стандартизации,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Для ракетно-космических изделий особенно важными являются динамические или функциональные характеристики, совокупность которых составляет функциональное качество. Для обеспечения требуемого функционального качества необходимо для каждой динамической характеристики разработать операционную модель, отражающую причинно-следственные связи. Под операционной моделью понимается совокупность операций (действий, обеспечивающих выполнение или реализацию требуемой функции. Рассмотрены основные особенности и разработан методический подход иерархического построения операционных моделей. Предложен алгоритм контроля и анализа функционального качества на основе гарантированного представления результатов измерений.

Операционные, модели, функциональное качество.

Operational models for analysis of functional quality the rocket and space technology

D.N.Kalacheva, graduate the Department of Quality
Management and Standardization,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

For complex products, dynamic or functional characteristics are particularly important. The total of them is a functional quality. To ensure the required functional quality, it is necessary to develop an operational model, reflecting the cause-effect relationships for each dynamic characteristic. The operating model is understood as a comprehensive set of operations (actions) that ensure the execution or implementation of the required function. The main features are considered and the methodical approach of hierarchical construction of operational models is developed. The algorithm of control and analysis of functional quality based on guaranteed representation of measurement results is proposed.

Operational, models, functional quality.

Существующие методы обоснования и обеспечения требуемого качества разработаны на вероятностно-статистической основе и широко используются в любом современном производстве. В настоящее время и международные, и отечественные стандарты базируются на применении статистических методов анализа качества. Так например, этим методом посвящены отечественные ГОСТы Р 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения», ГОСТ Р 50779.11-2000. «Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения», ГОСТ Р 50779.26-2007. «Статистические методы. Точечные оценки, доверительные, предикционные и толерантные интервалы для экспоненциального распределения», ГОСТ Р 50779.30-95. «Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования», ГОСТ Р 50779.40-96. «Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение» и целый ряд других.

Однако статистические методы анализа качества базируются на вероятностной методологии, требуют получения обширных совокупностей данных и не применимы к единичным реализациям и объектам. Эти ограничения оказываются очень существенными для сложных дорогостоящих объектов ракетно-космической техники, обладающих не только статическими или конструктивными параметрами, но и функциональными или динамическими характеристиками.

Совокупность статических (неизменных) характеристик отражает конструктивное качество изделия. Сложные изделия должны обладать не только конструктивным, но и функциональным качеством. Функциональное качество – это способность изделия обеспечивать выполнение заданных функций. Чтобы обеспечить требуемое функциональное качество, необходимо понимать, как реализуется каждая функциональная характеристика. При создании динамических объектов их функциональность является определяющей.

Функциональным качеством обладает каждый полезный (утилитарный) динамический объект, т.е. объект, используемый для удовлетворения определенных функциональных потребностей. В утилитарных объектах необходимо рассматривать, прежде всего, те составляющие, которые участвуют в обеспечении определенных функций. Например, двигатель ракет, который нужен для создания тяги и обеспечения необходимой скорости полета, топливная система, которая нужна для хранения требуемого запаса топлива и создания для двигателя горючей смеси и т.д. Каждая система объекта должна обладать необходимым функциональным качеством, которое должно сохраняться на требуемом уровне в течение всего жизненного цикла.

Чтобы гарантированно обеспечивать требуемое качество, нужно не только конструировать объект как сложную систему с определенной иерархической структурой, но и понимать, чем обусловлены значения динамических показателей качества, от каких факторов они зависят и как работает причинно-следственный механизм происходящих изменений. Для этого нужно исследовать процессы и явления, анализировать функциональное качество. Но делать это нужно с учетом реально существующей неопределенности, исполь-

зую не детерминированные, а гарантированные методы, применимые к анализу единичных объектов [3].

Не понимая внутренних процессов и не разрабатывая необходимых описаний и моделей, мы остаемся на эмпирическом, поверхностном (созерцательном) уровне восприятия внешних проявлений (следствий, симптомов). Действия на этом уровне – это работа наугад, методом практического экспериментирования (на уровне фельдшера, реагирующего на проявления болезни). Чтобы действовать осмысленно, обоснованно, нужно подниматься на объяснительный, теоретический уровень исследований – понимать причины и механизм происходящих процессов и явлений (нужно быть уже не фельдшером, а врачом).

При исследовании функциональных характеристик только статистическими методами не обойтись, так как нас интересует выполнение каждой функции изделия. Для этой цели вероятностно – статистические методы, работающие только с совокупностями реализаций, не пригодны. Но и детерминированные методы, не учитывающие реально существующую неопределенность результатов измерений, для этого также не применимы. Именно поэтому предлагается использовать гарантированные методы, обеспечивающие работу с каждой реализацией и позволяющие учитывать неопределенность [3]. Но применение этих методов предполагает переход к гарантированным величинам.

В рамках вероятностно-статистического подхода не ставится задача анализа внутренних процессов, которые и формируют динамические характеристики качества. Только при такой, статической, постановке задачи можно обойтись существующими статистическими методами анализа, которые основаны на измерениях внешних характеристик и не требуют вскрытия внутренних процессов. Но такого подхода совершенно недостаточно при обеспечении требуемых значений динамических характеристик, то есть функционального качества. Для этого необходимо разрабатывать и использовать операционные модели и процессные методы анализа. Остановимся вначале на необходимых для этого понятиях и определениях.

Операционная модель качества – это модель, отражающая процесс реализации определенной функции или функциональной характеристики. Операционные модели – это особый вид моделей, отражающих уже не системно-элементные составляющие объекта, а выполняемые ими операции или действия и последовательность их осуществления. Операционная модель включает в себя три основные составляющие – во-первых, реализуемую операцию F , во-вторых, входные воздействия и условия W , необходимые для её выполнения, и в-третьих, получаемую выходную характеристику (результат) R . В качестве типового изображения операции будем использовать не прямоугольник, который уже стал общепринятым для представления элементов и систем, а ромб (рис. 1).



Рисунок 1 – Операционная модель

Операционная модель – это модель процесса, который мы понимаем исчерпывающим для нас образом и которым мы можем управлять. Это значит, что мы хорошо знаем, от каких факторов зависит выходная характеристика качества и имеем возможность влиять на эти факторы, изменяя значение характеристики. Только при таком условии мы можем обеспечить требуемое функциональное качество.

Выполняемые операции можно классифицировать по разным признакам. Например, по своей природе операции могут быть вещественными (или материальными), энергетическими и информационными; по типу используемых энергетических носителей – механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими, электромагнитными, радиационными...; по виду выполняемых действий можно рассматривать операции преобразования, взаимодействия и передачи или перемещения.

Операционные модели качества могут быть простейшими и структурными. Под простейшей операционной моделью понимается модель операции F , представляемая в виде элемента, на вход которого подается воздействие W , а на выходе обеспечивается необходимый результат (эффект) R (рис. 1). В виде простейшей операционной модели могут представляться самые разные операции, начиная от элементарных действий (например, включение или выключение прибора) и заканчивая созданием самых сложных сооружений и систем. Например, в виде простейшей операционной модели можно представить процесс обеспечения требуемой мощности гидроэлектростанции. В этом случае функциональным результатом является требуемая электрическая мощность, входным воздействием – поток падающей воды, а операцию преобразования входной энергии в электрическую выходную осуществляют турбины с известными характеристиками.

Структурная операционная модель отражает сложную (обобщенную) операцию и представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных простейших операционных моделей (операций), обеспечивающих получение необходимой функциональной характеристики (рис. 2).

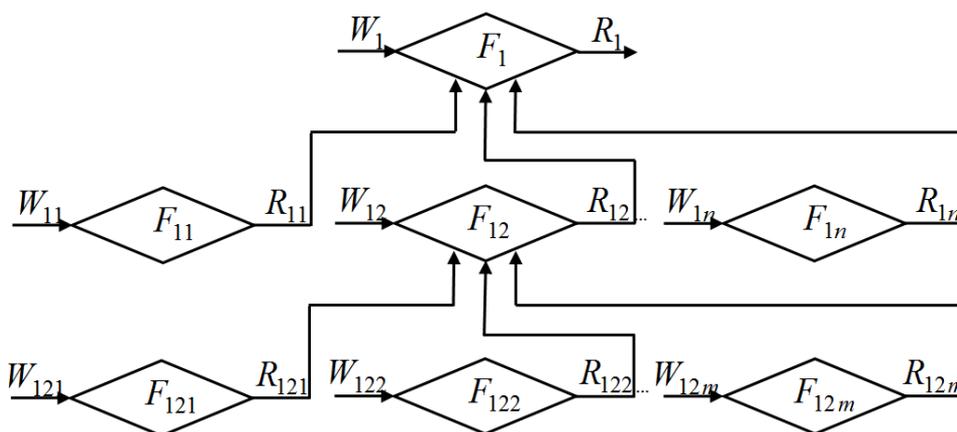


Рисунок 2 – Структурная операционная модель

Простейшая операционная модель может быть элементом структурной операционной модели более высокого иерархического уровня. Например, строительство электростанции может быть частью процесса развития энергосистемы страны. Но, с другой стороны, простейшая модель может служить исходной (элементарной) моделью для построения сложных структурных вложенных моделей более низких иерархических уровней, детализирующих рассматриваемую операцию. Например, процесс строительства электростанции на втором иерархическом уровне может включать взаимосвязанные этапы возведения плотины, разработки, производства, монтажа и запуска энергоблоков, создания линий электропередач и трансформаторных подстанций. Каждый из этих этапов может детализироваться до элементарных процедур на последующих более низких иерархических уровнях и вложенных циклах.

Несомненно, операционная структура реализуется на конструктивных системах и элементах исследуемого объекта, но отражает их внутреннее процессное объединение, необходимое для реализации требуемой функции. Например, если в качестве объекта рассматривать человеческий организм, то его системами будут традиционно выделяемые скелетно-мышечная, дыхательная, кровеносная, пищеварительная и другие системы, подсистемами – составляющие выделенных систем или органы – сердце, печень, желудок..., а элементами (на настоящем этапе развития медицинской науки) – различные виды клеток. Но чтобы понимать, как обеспечивается жизнедеятельность организма и поддержание необходимого гомеостаза (требуемых значений функциональных характеристик и стабильности состояния), такого «конструктивного» представления недостаточно: нужно иметь операционные модели обеспечения каждой функции, увязанные в рамках единого процесса функционирования.

Системная структура у объекта одна, но операционных структур у него может быть несколько – по числу выполняемых функций. Каждая функция реализуется с использованием систем и элементов из единого, общего конструктивного набора, но любая операционная структура, в общем случае, не

только не совпадает с системной, но и заведомо выходит за её границы, так как процессы, обеспечивающие необходимую характеристику качества, могут проходить через разные системы и элементы. Поэтому операционные модели, процессно объединяющие системы и элементы в единый объект, требуют отдельного, самостоятельного анализа.

Каждая функциональная характеристика формируется под действием нескольких процессов, а каждый процесс, в свою очередь, может состоять из большого числа самых разных операций. Так, процесс функционирования автомобиля представляет собой совокупность сотен и тысяч операций различной физической природы (механических, гидравлических, пневматических, электрических, электромагнитных...), а процесс его производства состоит из миллионов только основных технологических операций, к которым необходимо добавить еще обеспечивающие, вспомогательные, контрольные и управленческие процедуры. Поэтому первой проблемой, с которой мы сталкиваемся при разработке и анализе операционных моделей является проблема операционной сложности. Для преодоления этой проблемы целесообразно операционные модели строить иерархически, «привязав» их к иерархической системной структуре объекта. В этом случае иерархическая операционная структура будет базироваться на системной иерархии объекта и на каждом иерархическом уровне придется работать только с выделенными системами или элементами этого уровня. А каждая операция, реализуемая в отдельной системе, может быть представлена совокупностью взаимосвязанных вложенных операций очередного более низкого иерархического уровня (рис. 3).

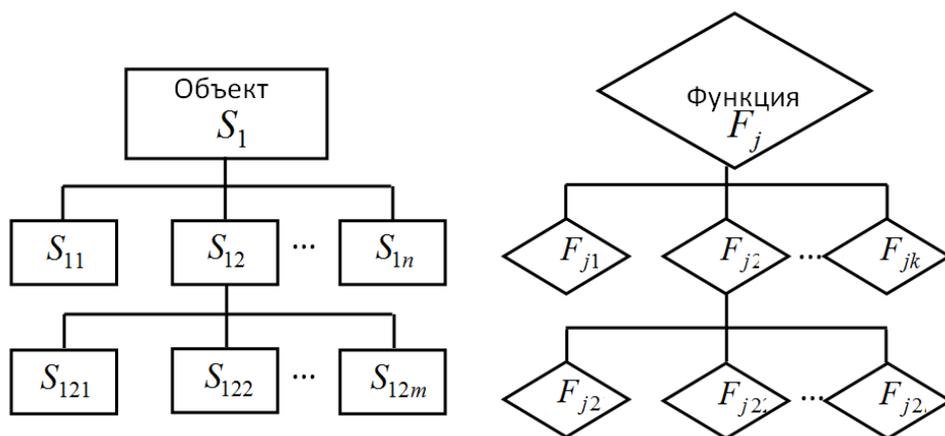


Рисунок 3 – Системная и операционная структурные модели

Без иерархического представления разрабатывать и анализировать операционные модели сложных объектов и видов деятельности нереально, да и нецелесообразно. Нужно иметь в виду, что процессно-операционный анализ вводится не взамен, а в дополнение к существующему системно-элементному анализу. Все сложные объекты конструктивно создаются из простейших эле-

ментов путем их последовательного объединения в деталесборочные единицы (подсистемы) и системы в рамках единой иерархической структуры. Но принцип последовательной иерархической композиции до последнего времени имел только системную научную поддержку: методы процессного или функционального анализа в сфере обеспечения необходимого качества не разрабатывались. В то же время процессы не менее важны, чем элементы и системы. Из элементов и систем объекты собираются конструктивно, обеспечивая единую целостность объекта и его статическое качество, а операции формируют внутренние процессные связи, необходимые динамические характеристики и требуемое функциональное качество.

Иерархическое операционное представление приводит к тому, что каждая функциональная характеристика качества F_j объекта реализуется вначале с помощью операций F_{jk} , выполняемых в системах очередного нижестоящего иерархического уровня. Очевидно, на этом этапе мы имеем дело только с этими системами. Причем, часть из них в обеспечении функциональной характеристики F_j может и не задействоваться, зато к другим в этом процессе возможно придется обращаться неоднократно. Однако, любая операция этого уровня может оказаться обобщенной (сложной) и потребует последующей детализации. Но для этого уже не нужно задействовать другие операции этого иерархического уровня, что существенно упрощает решение общей задачи и позволяет автономно работать с каждой выделенной операцией.

Характерной особенностью такого подхода является то, что каждая обобщенная операция представляется последовательностью операций нижестоящего иерархического уровня. Основная задача при этом сводится к тому, чтобы совокупность составляющих операций была согласована по форматам (перечню и параметрам) взаимодействия, пространству и времени выполнения. При выборе формата взаимодействия важно понимать, какой физической природы и интенсивности (амплитуды) должны быть входные воздействия и выходные реакции каждой операции. Если составляющие операции разнесены в пространстве, то для организации взаимодействия могут потребоваться дополнительные затраты ресурсов и времени. И, конечно же, любые взаимодействия должны быть согласованы (синхронизированы) во времени.

Необходимость синхронизации во времени обусловлена тем, что любая операция циклична, то есть имеет начало и окончание. Чтобы обеспечить требуемую функциональную характеристику, все операции должны быть строго согласованы, скоординированы по времени. Только при согласованных действиях на всем протяжении цикла можно добиться успеха. Самый протяженный временной цикл T_1 имеет обобщенная операция или операция верхнего иерархического уровня, завершающаяся получением функциональной характеристики качества (рис.4.). Временной цикл обобщенной операции разделяется на составляющие вложенные циклы второго иерархического уровня

$T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$, которые в общем случае, могут быть разными по продолжительности и располагаться как последовательно, так и параллельно с возможным сдвигом по времени. Самый короткий временной интервал любой обобщенной операции соответствует нижнему уровню её иерархического представления.

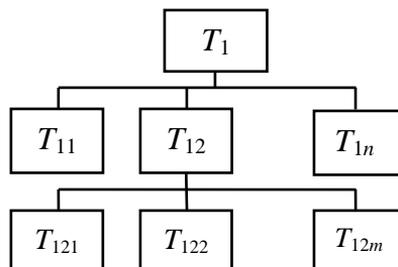


Рисунок 4 – Вложенные временные циклы анализа

Исходной основой для построения операционных моделей служит иерархическое системное проектирование объекта, в процессе которого обосновываются необходимые целевые результаты для всех систем и элементов объекта. Схема применения системно-операционного анализа выглядит следующим образом. Вначале формируются свойства необходимого целевого результата и требования к значениям его показателей качества:

$$\{R_1 \in R_1^{TP}\} = \{r_1 \in r_1^{TP}, r_2 \in r_2^{TP}, \dots, r_n \in r_n^{TP}\},$$

где $R_1 = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – перечень показателей качества необходимого целевого результата;

$R_1^{TP} = \{r_1^{TP}, r_2^{TP}, \dots, r_n^{TP}\}$ – требования к значениям показателей качества.

Чтобы качество целевого результата верхнего иерархического уровня соответствовало установленным требованиям, свойства составляющих подсистем и элементов должны удовлетворять вполне определенным условиям:

$$R_1 \in R_1^{TP} = \text{I уровень}$$

$$= \{R_{11} \in R_{11}^{TP}, R_{12} \in R_{12}^{TP}, \dots, R_{1n} \in R_{1n}^{TP}\} \quad \text{II уровень}$$

УДК 621.317.7.023

**Оценка метрологических характеристик перспективных
калориметрических ваттметров в миллиметровом диапазоне
частот**

А.А. Закутин, начальник лаборатории,
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Главный научный метрологический центр»
Министерства обороны Российской Федерации,
г. Мытищи, Московская область,

А.В. Чадин, аспирант кафедры управления качеством и стандартизации,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Проведена оценка метрологических характеристик перспективных калориметрических измерителей мощности в миллиметровом диапазоне частот. Показаны теоретическая возможность физической реализации измерителей мощности в диапазоне частот до 405 ГГц.

Калориметрический ваттметр, мощность СВЧ, погрешность, коэффициент эффективности.

**Assessment of metrological characteristics perspective calorimetric
active power meters in the millimetric range of frequencies**

A.A. Zakutin, head of laboratory,
Federal state budgetary institution «Main Scientific Metrological Center»
of the Ministry of Defence of the Russian Federation,
Mytishchi, Moscow region,

A.V. Chadin, graduate third year of the Department of Quality Management and
Standardization,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The assessment of metrological characteristics of perspective calorimetric power meters in the millimetric range of frequencies is carried out. Are shown a theoretical possibility of physical implementation of power meters in the range of frequencies to 405 GHz.

Calorimetric power meter, microwave power, measurement error, efficiency coefficient.

За последние десять лет достигнут значительный прогресс в освоении коротковолновой части миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов радиоволн. Применение электромагнитных колебаний с очень короткими

длинами волн позволяет успешно решать задачи расширения полос пропускания каналов связи, повышения точности пеленгации и дальнометрии. В Министерстве обороны РФ и Министерстве промышленности и торговли РФ проводится ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в диапазоне частот от 78,33 до 405 ГГц. Для решения задач метрологического обеспечения новых разработок необходимо наличие приборов группы P2, M3, SK4, однако в настоящее время серийный выпуск таких приборов предприятиями отечественной промышленности не освоен.

Рассмотрим возможность современных систем автоматизированного проектирования (САД систем) для моделирования термодинамических и электромагнитных характеристик на примере ваттметров поглощаемой мощности.

В диапазоне частот свыше 78,33 ГГц хорошо зарекомендовал себя калориметрический метод измерения мощности СВЧ. Устройства преобразователей калориметрических ваттметров весьма разнообразны и определяются главным образом уровнем мощности, диапазоном частот и требуемой точностью. В основе метода лежит компарирование мощности СВЧ с мощностью постоянного тока по тепловому воздействию.

Конструкции волноводных калориметрических преобразователей довольно подробно описаны в [1], однако классическое применение данного подхода для создания ваттметров в диапазоне свыше 78,33 ГГц затруднительно по технологическим причинам, размеры поглотителя на краях становятся меньше 0,35 мм, что вызывает значительные технологические трудности при его изготовлении. Кроме того, потери мощности в подводящем тракте достигают значений 18 дБ/см (табл. 1), что ведет к снижению коэффициента эффективности (K_e) до неприемлемых значений.

Таблица 1 – Результаты теоретических расчетов потерь в прямоугольных волноводах различных сечений

Частота, ГГц	Длина волны в волноводе, мм	Сечение прямоугольного волновода, мм	Потери, дБ/м
50	6	3,6x1,8	0,9
100	3	2,4x1,2	3
150	2	1,6x0,8	5,8
200	1,5	1,1x0,55	10
300	1	0,7x0,35	22
405	0,7	0,7x0,35	18

Для реализации преобразователя калориметрическим методом необходимо найти способ снижения потерь в подводящем тракте и найти альтернативный метод согласования в рабочем диапазоне частот. Одним из способов снижения потерь может служить применение металлических прямоугольных волноводов увеличенных сечений. Увеличение внутренних размеров прямоугольного волновода позволяет уменьшить затухание и повысить допустимую мощность. О том, как сильно снижается затухание в волноводе можно судить по расчетным зависимостям [2], представленным на рисунке 1.

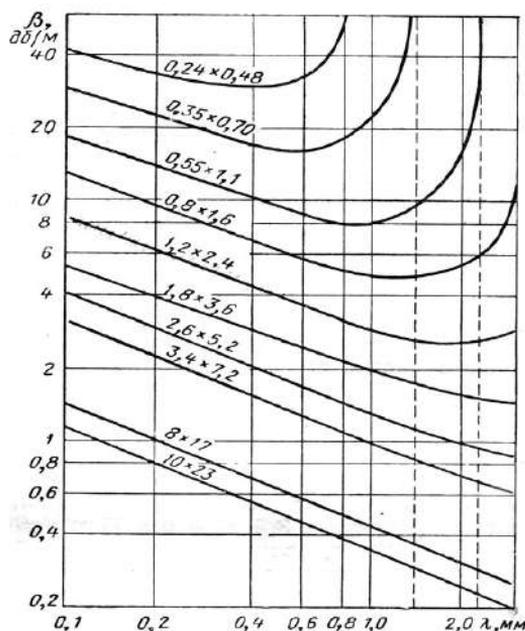


Рисунок 1 – Зависимость затухания волны H_{10} в прямоугольных волноводах различных сечений от длины волны

Так, при использовании сечения волновода $3,6 \times 1,8$ мм потери в диапазоне частот от 50 до 405 ГГц не превысят $0,9$ дБ/м, что в пересчете к длине преобразователя 50 мм позволяет получить КЭ не хуже $0,96$. В то же время переход к волноводам увеличенных сечений позволяет использовать поглотитель увеличенного сечения, что снимает большое количество технологических ограничений [3].

Для реализации данного метода необходимо оценить возможность реализации волноводно-волноводного перехода от стандартных сечений волноводных фланцев по ГОСТ РВ 51914-2002 к сечению $3,6 \times 1,8$ мм.

Проведем моделирование распределения электромагнитного поля для пирамидального перехода методом конечных элементов в программе HFSS. График расчетной зависимости КСВН от частоты представлен на рисунке 2.

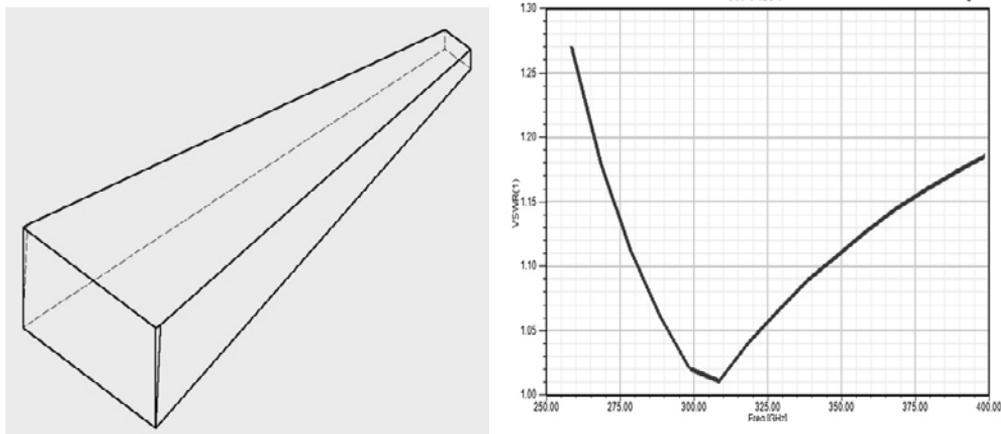


Рисунок 2 – Зависимость значений КСВН пирамидального перехода от частоты

Как видно из рисунка 2, существует принципиальная возможность удовлетворительного согласования на частотах до 405 ГГц, при этом техническая реализация таких микрокалориметров не вызывает существенных трудностей [3].

Для количественной оценки чувствительности термоэлектрического преобразователя рассчитаем температурное поле на границе разделения основание – тепловая развязка – нагрузка для различных материалов и толщины тепловой развязки (табл. 2). Для наглядности расчетов, распределение теплового поля на границе тепловой развязки и время установления теплового равновесия представлено на рисунке 2.

Таблица 2 – Оценка чувствительности преобразователя

Материал тепловой развязки	Длина, мм	Толщина стенок, мм	Масса, мкг	Тепловой градиент, °С/мВт	$K_{пр}$, мВ/мВт	Время измерений, с
Бронза	150	0,1	140	0,237	1,2	50
Медь	150	0,1	145	0,038	0,2	7
Никель	150	0,1	145	0,169	0,85	20
Латунь	150	0,1	140	0,136	0,7	7

Как видно из расчетов таблицы 2, использование бронзы и меди для изготовления узлов микрокалориметра нецелесообразно. Бронза обладает малой теплоемкостью (время измерений более 40 с является неприемлемым [5]) по сравнению с никелем, а медь имеет высокую теплопроводность, которая не позволяет получить высокий температурный градиент при равных параметрах толщины тепловой развязки и, как следствие, приемлемую чувствительность. С точки зрения технологичности изготовления оптимальным является материал никель, несмотря на существенное увеличение времени измерения.

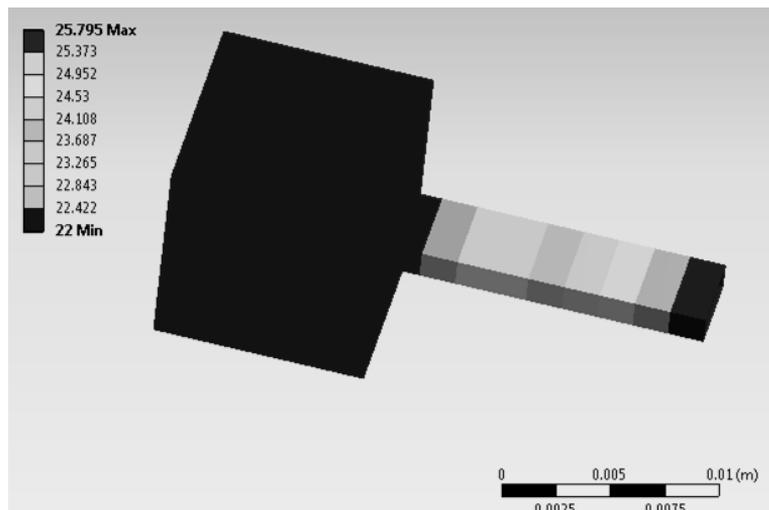


Рисунок 3 – Модель распределения теплового поля в калориметрическом преобразователе из никеля

Предельным временем измерения для термоэлектрических ваттметров в соответствии с ГОСТ 13605 считается время до 40 С, что по результатам расчетов обеспечивается выбранными параметрами тепловой развязки.

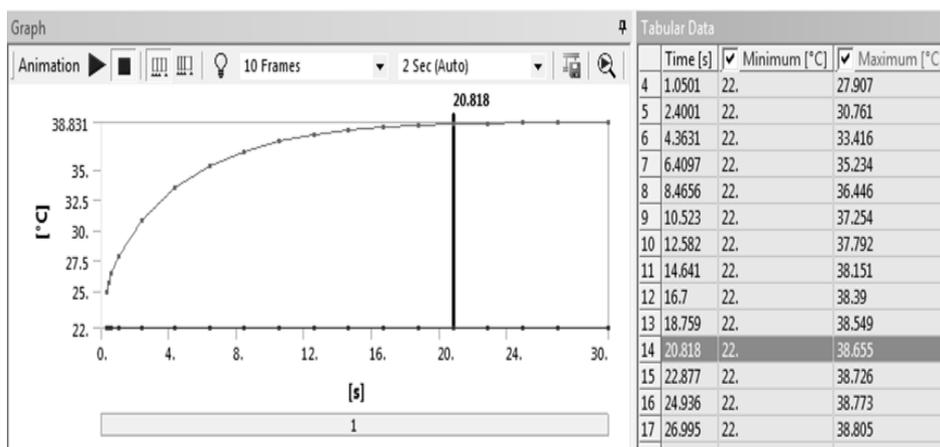


Рисунок 4 – Результаты моделирования переходных процессов и времени установления теплового равновесия в калориметрическом преобразователе из никеля

Для подтверждения работоспособности вышеприведенных моделей были проведены аналогичные расчеты (рис. 3 и 4) температурного поля для коаксиального преобразователя с заранее известной геометрией тепловой развязки и выполнены его натурные измерения температурного поля (рис. 5) с

использованием тепловизионного измерителя.

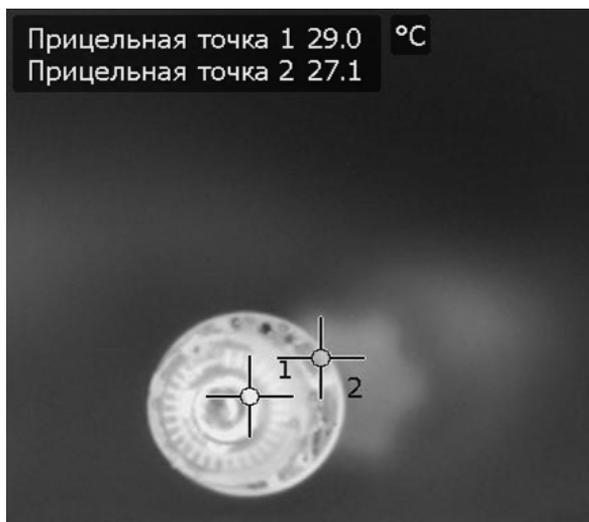


Рисунок 5 – Измерения теплового градиента в преобразователе

При уровне мощности 10 мВт результаты измерений тепловизионным измерителем теплового градиента составляют $2,1^{\circ}\text{C}$, что близко совпадает с расчетными результатами в среде ANSYS. Современные пленочные термопары имеют чувствительность не хуже $1 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ [3]. При пересчете к 10 мВт, чувствительность калориметра составит $0,2 \text{ мВ}/\text{мВт}$. Измерить термо-ЭДС такого порядка не составляет большого труда.

Для эталонирования ваттметров построенных по принципу калориметра хорошо зарекомендовал себя способ поверки на постоянном токе или токе низкой частоты. Данный способ реализован в ваттметрах МЗ-45, МЗ-46, МЗ-47, МЗ-48, МКЗ-69, МКЗ-70. Суть способа заключается в проверке чувствительности термопар и КСВН. К числу общих погрешностей способа относятся погрешности, обусловленные затуханием мощности в подводящем тракте, отражениями из-за неполного согласования рабочей нагрузки с трактом, неэквивалентностью распределения теплоты при нагреве преобразователя мощностью СВЧ и мощностью постоянного (переменного) тока.

Погрешность, обусловленная затуханием мощности в подводящем тракте. Мощность, поглощаемая в стенке волновода, зависит от длины волны, типа и размеров поперечного сечения тракта, вида колебаний, длины участка волновода от входа ваттметра до калориметрической системы, удельной проводимости материала волновода, шероховатости поверхности. Количественная оценка приведена в таблице 1, и, при длине преобразователя не более 5 см, не превышает 2,3%. Погрешность, обусловленная затуханием, является доминирующей, систематической и знак ее известен. Поэтому ее можно учесть, внося поправку в результат измерений мощности.

Погрешность, обусловленная неэквивалентностью распределения теплоты при нагреве нагрузки преобразователя мощностью СВЧ и мощностью

постоянного тока. В чистом виде эту погрешность определить затруднительно. На практике экспериментально определяют поправку, учитывающую как неэквивалентность распределения теплоты так и потери в стенках подводящих трактах. Исходя из данных таблиц 1 и 2 погрешность, обусловленная неэквивалентностью распределения теплоты при нагреве нагрузки преобразователя мощностью СВЧ и мощностью постоянного тока не превысит 0,23%.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о возможности достижения погрешности измерений мощности, без учета погрешности рассогласования, не более 4-6%, что удовлетворяет большинству измерительных задач на сегодняшний день.

Таким образом, показаны теоретическая возможность физической реализации измерителей мощности в диапазоне частот до 405 ГГц, методика и алгоритм быстрого расчета в современных средствах моделирования термодинамических и электродинамических расчетов компании ANSYS, выполнены сравнения и оценка результатов теоретических расчетов и физической модели, схожих по конструкции калориметров.

Литература

1. Билько М.И., Томашевский А.К., Измерение мощности на СВЧ // Радио и связь. 1986 г.
2. Вавилов Р.А. Техника субмиллиметровых волн // Советское радио. 1969 г.
3. Кудрявцев А.М., Мальтер И.Г., Львов А.Е. Радиоизмерительная аппаратура СВЧ и КВЧ // Радиотехника. 2006 г.
4. ГОСТ 13605-91. Ваттметры СВЧ. Основные технические требования и методы испытаний.
5. Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

УДК 64.011.53

Обзор современных моделей и тенденций развития средств автоматизации теплотехнических параметров

В.И. Привалов, декан информационно-технологического факультета, кандидат технических наук, доцент,
Д.Э. Пашаева, инженер-метролог 3 категории,
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Технологический университет», г. Королев, Московская область

Статья включает обзор современных технологий в области измерения теплотехнических параметров. В статье представлены характеристики моделей потенциометров и регуляторов температуры и приведена их сравнительная характеристика, а также тенденции развития.

Пид-регулятор, потенциометр, регулятор температуры.

Review of modern models and development trends of automation means of heat-engineering parameters

V.I. Privalov, Dean of the Information Technology Faculty, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
D.E. Pashayeva, engineer-metrologist of the 3 category,
State Educational Institution of Higher Education Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The article includes an overview of modern technologies in the field of measuring heat-engineering parameters. The article presents the characteristics of models of potentiometers and temperature controllers and provides their comparative characteristics, as well as development trends.

Pid-controller, pot, temperatur controller.

Теплотехнические измерения охватывают множество физических величин: давление, температуру, расход, состав веществ и их использование в промышленности очень широко. Отсюда вытекают высокие требования к качеству проведения таких измерений и точности применяемого оборудования.

Использование современных средств измерений, в соответствии с мировыми тенденциями приборостроения, позволяет значительно повысить качество теплотехнических измерений.

Для измерения теплотехнических параметров существует большое количество средств измерения, основанных на различных физических эффектах. Такие приборы, как потенциометры и термодаты широко используются в современных автоматизированных системах и комплексах для измерения и ре-

гулирования температуры в технологических процессах.

На текущем этапе развития средств автоматизации и приборостроения широкое распространение получили потенциометры следующих типов:

- проволочные, с непрерывной намоткой;
- с резистивным слоем;
- цифровые потенциометры.

Если первые два типа больше используются для измерения угловых и линейных перемещений, то цифровые потенциометры широко применяются в теплотехнике [1, С.1].

За последние 5-10 лет появились усовершенствованные конструкции цифровых потенциометров. Известными производителями микросхем таких приборов являются компании: Analog Devices, Dallas, Microchip. Их особенностями является возможность программирования, за счет встроенного микроконтроллера, наличие связи с ПК с помощью шины передачи данных и возможность исполнения многоканального прибора.

Типичная структурная схема цифрового потенциометра представлена на рисунке 1.

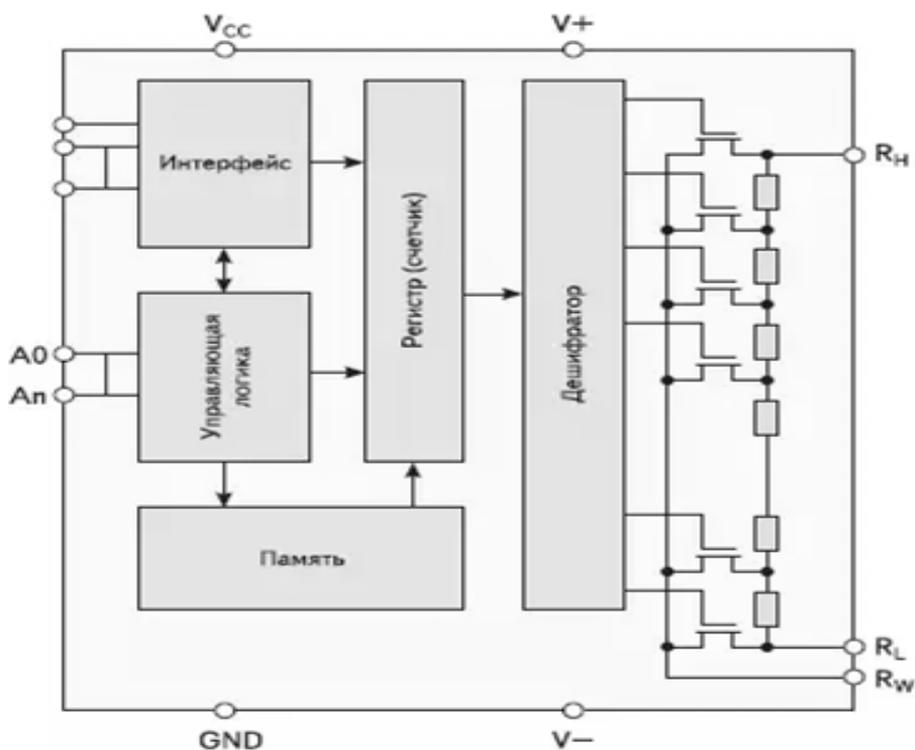


Рисунок 1 – Структурная схема цифрового потенциометра

Где R_n, R_L, R_W – выходы потенциометра, V_{cc}, GND – выходы для подключения питающего напряжения, $V-, V+$ – выходы для подключения к источнику питающей аналоговой части

В современных цифровых потенциометрах также предусмотрена возможность встроенной энергозависимой памяти, что позволяет запоминать измеряемый показатель.

Цифровые потенциометры применяются в составе преобразователей-регуляторов температуры и помогают преобразовывать исходную величину в аналоговый или цифровой сигнал [2, С. 3].

Основные модели цифровых потенциометров и их сравнительная характеристика представлены в таблице 1.

Тенденции к интеллектуализации измерительной техники не проходят и мимо средств измерений теплотехнических параметров. Цифровые потенциометрические датчики уже довольно распространены и их конструкция постоянно совершенствуется производителями. Преимуществами цифровых потенциометров является возможность не только измерения физической величины, но и дальнейшей ее обработки и при необходимости регулирования и передачи на ПК, а также управлением параметрами технологического процесса.

Таблица 1 – Модели цифровых потенциометров

Наименование	Производитель	Характеристика
AD5161BRMZ5	Analog Devices	Одноканальный цифровой потенциометр; 5кОм; шины передачи данных – I2C, SPI; разрешение – 8бит; микросхема – MSOP10
AD8400ARZ10	Analog Devices	Одноканальный цифровой потенциометр, сопротивление 10кОм, 10МГц – обновление скорости загрузки данных
Наименование	Производитель	Характеристика
AD8402ARZ10	Analog Devices	Двухканальный цифровой потенциометр, сопротивление – 10кОм
MCP41010-I/SN	Microchip	Одноканальный цифровой потенциометр с интерфейсом SPI, разрешение – 8 бит, сопротивление – 10кОм
DS1267S-050	Dallas Semiconductor	Двухканальный цифровой потенциометр, напряжение – 50кОм
DS1844S-010	Maxim Semiconductor	Четырехканальный цифровой потенциометр, напряжение – 10кОм

Тенденции заключаются в использовании датчиков со встроенной интерфейсной схемой и управляющими шинами. Усовершенствование программной части, применяемых микросхем и протоколов передачи данных позволяет значительно повысить функциональность цифровых потенциометров.

Цифровые потенциометры нового поколения являются в основном многоканальными, что позволяет получать на выходе измерительного преобразователя различные сигналы (наиболее распространенные 4...20мА, 0...10 В, 0...5 В). Общая тенденция заключается в применении цифрового входного интерфейса, который позволяет значительно упростить схемотехнику устройства и в то же время повысить стабильность заданных параметров регулирования.

ки.

Регуляторы температуры (контроллеры) серии Термодат предназначены для использования в промышленности и производстве. Они предназначены для измерения и автоматического регулирования температуры в системах обогрева и охлаждения, сушильных, копильных печах, химическом и нефтехимическом оборудовании [3, С.4]. Существуют следующие типы многоканальных регуляторов температуры:

позиционный терморегулятор;

ПИ-регулятор;

ПИД (порционально-интегрально дифференциальный) – регулятор;

Такие приборы, как «Термодат» основаны на принципе ПИД – регулирования. Сигнал управления, который вырабатывает регулятор, определяется тем, насколько велико рассогласование (пропорциональный компонент), как долго сохраняется рассогласование (интегральный компонент) и сколь быстро изменяется рассогласование (дифференциальный компонент). Следует отметить что этот тип терморегуляторов наиболее часто используется в промышленности при проведении измерений.

Таблица 2 – Модели программируемых регуляторов серии «Термодат»

Модель	Характеристика модели
25М3/12ТП/12Р/12Р/3Р	Контроллер с OLED индикатором, тремя аварийными реле, удаление до 1000 метров. Измерительный блок на 12 термодатных входов. Два выходных релейных модуля по 12 реле.
25М3/12ТП/12Т/3Р	Контроллер с OLED индикатором, тремя аварийными реле, удаление до 1000 метров. Измерительный блок на 12 термодатных входов. Блок транзисторных выходов для подключения однофазных или трехфазных симисторных блоков.
25М3/12ТП/12А/3Р	Контроллер с OLED индикатором, тремя аварийными реле, удаление до 1000 метров. Входной модуль на 12 термодат. Модуль аналоговых выходов 12 каналов, 0...20 мА.
25М3/12ТП/12ФИУ/3Р	Контроллер с OLED индикатором и тремя аварийными реле. Измерительный блок на 12 термодатных входов. Модуль для управления 12 симисторами с отсечкой по углу (фазиоимпульсное управление).
25М3/12УВ/12Т/12Р/3Р	Контроллер с OLED индикатором и тремя аварийными реле, удаление до 1000 метров. Измерительный модуль на 12 универсальных входов. Выходной транзисторный и релейный модули. Выходные модули могут быть любого типа из приведенных выше и почти в любой комбинации.

Современные Термодаты имеют большое количество функций и возможностей. Среди них:

ПИД-регулирование и автоматическая настройка ПИД-

коэффициентов.

- измерение температуры с заданной скоростью;
- управление доступом к параметрам и настройкам;
- ограничение диапазона изменения температурной уставки;
- интерфейс для передачи данных на ПК;
- аварийная сигнализация;
- фильтрация входных данных.

Программные регуляторы с большим количеством каналов – эта одна из тенденций развития ПИД-регуляторов температуры. Особенностью таких приборов является то, что они имеют входы для подключения практически любого типа термодатчиков (ХА, ХК, ПП, ПР, МК, ЖК, НН, ВР) и термометров сопротивления Pt, Cu или с универсальными входами для термодатчиков, термометров сопротивления, и для измерения напряжения 0...50 мВ и тока 0...20 мА.

Такие термодатчики уже разработаны и выпущены в производство, но развитие их конструкции будет продолжаться. Сравнительная характеристика программных регуляторов нового поколения представлена в таблице 1.

Сравнительная характеристика цифровых потенциометров и регуляторов температуры серии «Термодат» представлена в таблице 2.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика цифровых потенциометров и регуляторов «Термодат»

	Регулятор температуры «Термодат»	Цифровой потенциометр
Принцип работы	ПИД, ПИ - регулирование	Потенциометрический
Регулируемая/преобразуемая величина	Температура	Температура, рН, угловые и линейные перемещения
Количество каналов	До пяти	До четырех
Наличие энергозависимой памяти	Да	Да
Возможность связи с ПК	Есть	Есть

Регуляторы температуры «Термодат», как и цифровые потенциометры являются вторичными измерительными преобразователями и работают в совокупности с датчиками температуры, термодатчиками или термометрами сопротивления. Входная величина, которая регистрируется первичным преобразователем, поступает на регулятор температуры или потенциометр и преобразуется в аналоговый или цифровой сигнал для его последующей обработки. Таким образом, основным различием является тип самого преобразователя, в потенциометрах – это переменный резистор, а в термодатчиках – регулятор, работающий по ПИД-закону [4, С. 3].

Выводы

В статье приведен обзор современных моделей средств измерений и автоматизации теплотехнических параметров, представлены тенденции раз-

вития таких приборов, как регуляторы температуры серии «Термодат» и потенциометры.

При анализе состояния приборостроения в области теплотехнических измерений безусловно прослеживается тенденция к «интеллектуализации» применяемых средств измерений. Использование усовершенствованных моделей цифровых потенциометров и многоканальных программируемых регуляторов температуры во многом позволяет повысить уровень качества измерений теплотехнических показателей и соответственно качество производимой продукции.

Литература

1. Пушкарев М. Цифровые потенциометры // Компоненты и технологии. 2006. № 5.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления / учебник для ВУЗов – 5ое издание перераб. и доп. // М.: Издательский дом МЭИ. 2008. 396 с.
3. Жмудь В.А., Семибаламут В.М. О недостаточности полных многоканальных ПИД-регуляторов для качественного управления многоканальными объектами с запаздыванием // Автоматика и программная инженерия. 2014. № 3 (9).
4. Шишкин С. Обзор рынка многоканальных терморегуляторов // Современная электроника. 2010. № 7.

УДК 62.50

Математическая модель управления рециркуляцией двигательных агрегатов

А.Э. Аббасов, аспирант,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Разработана математическая модель управления рециркуляцией двигательных агрегатов. Показано, что эффективность управления рециркуляцией достигается при снижении содержания ядовитых веществ в выхлопе; ограничении максимальной температуры сгорания топлива и давления в камере сгорания; быстродействии управления. На основе математической модели построен алгоритм вычисления управляющей зависимости для регулирования положения электромеханического клапана рециркуляции в специализированных графических компьютерных средах с трехмерной и двумерной визуализацией результатов анализа и расчета. Проведен расчет количества выбросов вредных веществ без разработанного алгоритма и с применением разработанного алгоритма.

Эффективность управления, минимизация вредных веществ, графическая компьютерная среда.

Mathematical model of management of recirculation of motor aggregates

A.E. Abbasov, graduate student,

State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

A mathematical model of management of recirculation of motor units is developed. It is shown that the efficiency of recirculation control is achieved with a decrease in the content of toxic substances in the exhaust; Limiting the maximum combustion temperature of the fuel and the pressure in the combustion chamber; Speed control. Based on the mathematical model, an algorithm is developed for calculating the control dependence for the regulation of the position of the electro-mechanical recirculation valve in specialized graphic computer environments with three-dimensional and two-dimensional visualization of analysis and calculation results. Calculation of the amount of emissions of harmful substances without the developed algorithm and using the developed algorithm is carried out.

Efficiency of management, minimization of harmful substances, graphic computer environment.

1. Введение

В настоящее время для снижения токсичности вредных веществ и расхода топлива используются следующие технические решения:

- применение электропривода (электромобили) [1 – 3];
- применение гибридного привода (гибридные АТС) [4,5];
- оптимизация управления системой рециркуляции.

Электромобили и гибридные АТС имеют не только преимущества – экологичность и экономичность, но и существенные недостатки: малый запас хода без участия первичного двигателя, тенденции, связанные с аккумуляторными батареями (АБ), возникающие в процессе эксплуатации и утилизации (большая величина тока саморазряда, зависимость напряжения от температуры, небольшой срок службы, сложная конструкция гибридных автомобилей). Количество узлов и агрегатов в таких АТС больше, чем в консервативных АТС и, как известно, чем сложнее, тем менее надежно, относительно большая масса, высокая стоимость и сложность ремонта.

В работе [3] проведен анализ показателей электромобилей, отражающий характеристики его экономичности. Анализ показывает, что для движения электромобиля используется не более 15% энергии, получаемой от электростанций. Такой низкий процент обусловлен следующими причинами: потеря энергии в линиях электропередачи, трансформаторах, преобразователях, зарядных устройствах для АБ, в самих АБ, электромашинах, а также в тормозах при отсутствии рекуперации энергии.

Для сравнения двигатель внутреннего сгорания (ДВС) в оптимальном режиме преобразует в механическую энергию около 40% химической энергии топлива. При этом не следует забывать, что суммарная мощность двигателей всех автомобилей намного превышает мощность всех электростанций мира.

По результатам исследований автора, АТС, относящиеся к первой и второй группе, в течение ближайших 10-15 лет не подтверждают объемы производства электромобилей и гибридных АТС в мире. Например, в 2015 суммарный объем производства таких автомобилей от общего объема составляет: в Японии 8%; в США 6,5%; в странах ЕЭС 4% [6]. Поэтому актуально исследование методов снижения выбросов вредных веществ в АТС с бензиновыми двигателями с помощью рециркуляции двигательных агрегатов и разработка математической модели управления рециркуляцией для расчета оптимизационных характеристик в современных компьютерных средах.

2. Методы исследования

Теоретические исследования выполнены с использованием аналитических методов оценки эффективности разработанных методик и алгоритмов; математических методов для обработки экспериментальных данных, полученных по результатам обзора литературы для установления количественных зависимостей между техническими характеристиками автотранспортных средств и экологическими показателями.

3. Результаты исследования

Математическая модель и компьютерная модель строятся на основе информационной модели. Информационная модель – набор величин, содер-

жащий необходимую информацию об объекте, процессе, явлении.

Подробная информационная модель проблемной области строится на основе ментальной модели данной сущности в сознании разработчика и дальнейшего формирования компьютерной модели некоторого визуального представления.

Визуальная модель проблемной области для восприятия представлена посредством определённого вида отображения. При использовании компьютерных технологий в процессе визуализации вид отображения определяется как, «абстракция графического вывода, содержащая спецификацию визуальных объектов, их атрибутов, их взаиморасположения, возможной динамики и способов взаимодействия».

Таким образом, визуальное проектирование как процесс включает исследование модельных объектов (их атрибутов, событий, изменений состояний, отношений), адекватную разработку информационной модели и создание видов отображения, их передачу, восприятие, понимание и правильную интерпретацию информационной модели.

Рассмотрим процесс формирования информационной модели, опираясь на «эталонную модель визуализации», которая представлена на рисунке 1, в контексте взаимодействия технологической и экологической среды.

Процесс визуализации согласно указанной модели включает следующие стадии:

1) Характеристика объектов визуализации.

Объект визуализации служит для описания проблемной области, сведения о которой будут представлены в виде некоторой информационной модели и соответствующих средств визуальной наглядности. Объект визуализации содержит важные сведения о проблемной области, которые извлекаются путем поисковых или полевых исследований. При этом важно определить, какие именно состояния и особенности данного объекта визуализации наиболее актуальны для данной проблемной области, т.к. представление особенностей, состояний и смены состояний и есть основная задача визуализации.

Выявление модельной сущности проблемной области включает следующие аспекты:

- определение характеристик моделируемой области (процесс управления рециркуляцией двигательных агрегатов), которые должны быть получены из имеющихся данных;

- качественный анализ исследуемого объекта управления и его свойств;

- технические характеристики исследуемого объекта (геометрические размеры, электромагнитные параметры, взаиморасположение устройств сложного технической системы в сборке).

2) Сбор сведений и преобразование данных.

Данные содержат сведения об объекте, зафиксированные в определённой форме. Форма представления – это характеристика самих данных независимо от того, какую информацию они несут (например, в форме 3D-образа при визуализации геометрических параметров объекта, в форме 2D-образов

пир визуализации расчетных управляющих зависимостей).



Рисунок 1 – Эталонная модель визуализации

Сбор сведений о проблемной области предполагает получение данных из различных источников информации или в результате проведения специально запланированных исследований, в том числе экспериментальных. Данные становятся основой для извлечения из них информации с учетом заинтересованности и подготовленности предполагаемого зрителя. В связи с этим, по окончании сбора сведений об объекте визуализации возникает необходимость их систематизации и обработки, т.е. приведения к виду, пригодному для визуального отображения.

Проанализируем сведения о проблемах управления рециркуляцией двигательных агрегатов. Наиболее токсичными компонентами вредных веществ бензиновых двигателей являются: оксид углерода (CO , не более 1,0 по стандартам Евро 5,6), оксиды азота (NO_x , не более 0,06 по стандартам Евро 5,6) и углеводороды (C_nH_m , не более 0,1 по стандартам Евро 5,6) [7].

Вредные вещества при работе АТС с бензиновым двигателем образуются следующим образом: азот N начинает вступать в реакцию с кислородом O_2 в камере сгорания АТС при температуре выше 1370°C и при высоком давлении. Следовательно, температуру и давление в камере сгорания надо снижать. В таблице 1 приведены методы, использующиеся для снижения температуры и давления в камере сгорания АТС с бензиновым двигателем. На основе представленного анализа можно сделать вывод, что наиболее перспективным для снижения влияния АТС на окружающую среду является оптимизация работы оборудования, влияющего на расход топлива и токсичность отработавших газов ДВС, в частности, устройств системы рециркуляции.

Эффективность управления рециркуляцией достигается при снижении содержания ядовитых веществ в выхлопе; ограничении максимальной температуры сгорания топлива и давления в камере сгорания; быстроедействию управления. Зависимость включения системы рециркуляции от температуры

находится в определенном диапазоне, в котором двигатель считается прогретым, это от 45 – 60°C и выше. Обоснованием включения системы является повышение температуры сгорания в цилиндрах двигателя, что приводит к образованию оксидов азота. Количество возвращаемых вредных веществ определяется блоком управления на основании показаний датчиков.

Оптимизация основного устройства системы рециркуляции двигательных агрегатов – клапана рециркуляции, происходит по критерию минимизации вредных веществ M_i , выбрасываемых в атмосферу; и по критерию минимизации времени на предпроектный анализ, отработку устройств системы рециркуляции и расчет управляющих зависимостей:

$$W = (M_i, PP, KK, I_y, T) \rightarrow \min \quad (1)$$

где M_i – коэффициент усреднённого цикла выбросов; PP – режим работы бензинового двигателя; KK – конструкция клапана рециркуляции; I_y – ток управления электродвигателем клапана рециркуляции, T – время на обработку информации при построении управляющей зависимости.

На основе разработанного автором алгоритма управления рециркуляцией двигательных агрегатов [8-10] разработана математическая модель управления рециркуляцией двигательных агрегатов, которая содержит априорную информацию о динамических свойствах устройств рециркуляции, необходимую для изучения поведения системы рециркуляции в целом. Модель отображает процессы получения и текущей обработки информации о режиме работы бензинового двигателя внутреннего сгорания для принятия решения по открытию-закрытию клапана рециркуляции для минимизации выброса вредных веществ, зависящего от определения величины угла поворота ротора электродвигателя электропривода, приводящего в движение клапан; а также по регулированию количества воздуха, подаваемого в бензиновый двигатель.

Электромагнитный момент ротора электропривода, приводящего в движение клапан рециркуляции, определяется

$$M = P_{ЭМ}/\omega, \quad (2)$$

где $P_{ЭМ}$ – электромагнитная мощность двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, приводящего в движение электропривод клапана рециркуляции, [Вт]; ω – угловая скорость вращения якоря электродвигателя, [рад/с].

Угловая частота вращения двигателя связана с углом поворота ротора электродвигателя следующим соотношением

$$\varphi = \omega \cdot t, \quad (3)$$

где t – время поворота ротора электродвигателя электропривода на величину вычисленного угла.

Ограничение на величину угла φ обусловлено конструкцией двигателя постоянного тока с независимым возбуждением:

$$0 < \varphi < 90^\circ \quad (0 < \varphi < 1,5 \text{ рад}). \quad (4)$$

Таблица 1 – Анализ методов уменьшения выбросов вредных веществ АТС

Метод	Эффективность применения метода
Обогащение топливоздушная смеси (ТВ) смеси	Температура горения ТВ смеси снижается, как следствие, понижается концентрация NO. Но в выхлопных газах растет содержание других токсичных веществ: углеводородов CH и окиси углерода CO. Работа двигателя становится неэкономичной
Уменьшение степени сжатия	Применение неэтилированного бензина приводит к необходимости снижать компрессию для предотвращения детонации. Содержание NO в выхлопных газах при этом уменьшается. Но уменьшение компрессии с целью снижения концентрации NOx в выхлопных газах оказывается малоэффективным, кроме того, начинают расти выбросы компонентов CH и CO
Уменьшение установочного угла опережения зажигания	При этом незначительно уменьшаются температура и давление в камере сгорания. Метод ограниченно применялся до 1972 г., но оказался неэффективным когда нормы на содержание NOx ужесточились
Разбавление ТВ смеси инертным газом, не участвующим в горении	Для этой цели используется выхлопной газ, небольшое количество которого (3...5%) из выпускного коллектора подается во впускной коллектор. Соотношение воздух/топливо для ТВ смеси в этом случае не изменяется, но в камере сгорания оказывается меньше топлива и кислорода. Как следствие, горение происходит при меньших температурах и давлении. Это один из наиболее эффективных методов уменьшения содержания NO в выхлопных газах без существенного изменения характеристик двигателя. Процедура возврата части выхлопных газов обратно в камеру сгорания называется рециркуляцией.

Частота вращения электродвигателя определяется

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{U - I_y R_y}{C_e \Phi}, \quad (5)$$

где U – напряжение, подаваемое на двигатель, [В]; I_y – ток управления двигателем, [А]; R_y – сопротивление обмоток якоря электродвигателя; C_e – постоянный коэффициент, определяемый конструкцией электродвигателя; Φ – магнитный поток [Вб (В·с)].

Отсюда можно выразить зависимость тока управления двигателем электропривода клапана рециркуляции от угла поворота, выраженного в радианах:

$$I_y = \frac{U - 60C_e\Phi\varphi}{R_y \cdot 2\pi t}. \quad (6)$$

Чем выше ток управления, тем выше крутящий момент ротора электродвигателя электропривода.

При использовании математической модели для разработки компьютерной модели и расчета управляющей зависимости должны учитываться следующие ограничения и требования:

1) Ограничение на стоимость информационной поддержки управления и на варианты технологий разработки и анализа 3D-моделей в соответствии с рекомендациями со стороны правительства Российской Федерации об импор-

тозамещении.

2) Ограничение на угол поворота при управляющем воздействии на основное устройство системы рециркуляции.

Введено ограничение на величину угла поворота ротора электродвигателя φ , которое обусловлено конструкцией двигателя постоянного тока с независимым возбуждением:

$$0 < \varphi < 90^\circ \quad (0 < \varphi < 1,5 \text{ рад}). \quad (7)$$

3) Требования к простоте конструкции устройств системы рециркуляции.

Электромеханический клапан рециркуляции имеет несколько положений для регулирования, он наиболее перспективен для управления рециркуляцией по сравнению с вакуумным клапаном рециркуляции (имеет только два положения – открыт и закрыт) и по сравнению с электропневмоклапаном (имеет несколько положений для регулирования, но надежность ниже, чем у электромеханического клапана) [8]. Разрабатываются системы снижения токсичности без клапана рециркуляции, с регулированием фаз газораспределения, но массового применения в России они не получили.

Структурная схема разработанного автором алгоритма вычисления управляющей зависимости для регулирования положения электромеханического клапана рециркуляции, построенного на основе математической модели, приведена на рисунке 2.

Алгоритм, приведенный на рисунке 2, реализуется в специализированных графических компьютерных средах с трехмерной и двумерной визуализацией результатов анализа и расчета. Алгоритм позволяет не только учитывать особенности внесения изменений в конструкцию устройств системы рециркуляции и осуществлять визуализацию результатов расчетов, но и рассчитывать характеристики в соответствии с заданным критерием оптимизации для различных моделей АТС [10].

Для оценки наиболее токсичных вредных веществ использована экспериментальная установка (описана в работе [11]), основанная на аппарате и методологии для анализа выбросов автотранспортных средств. Результаты оценки экологических показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ результатов управления рециркуляцией на уменьшение количества выбросов вредных веществ

Экологический показатель	Без разработанного алгоритма, г/км	С применением разработанного алгоритма, г/км
Оксид углерода (CO)	0,8	0,74
Оксиды азота (NO_x)	0,06	0,05
Углеводороды (C_nH_m)	0,05	0,046
Интегральный показатель	1,91	0,84

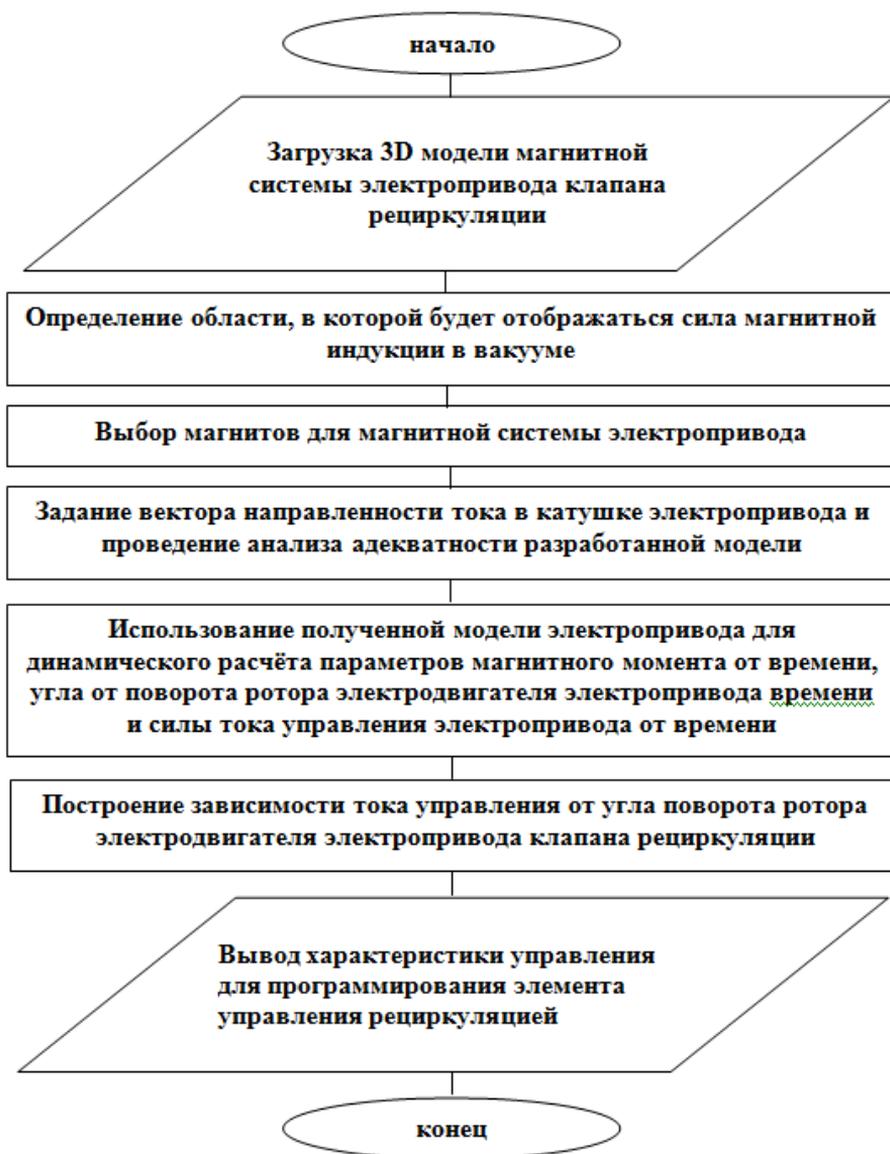


Рисунок 2 – Алгоритм расчета управляющей зависимости для устройств системы рециркуляции

Данные таблицы позволяют сделать вывод, что управление рециркуляцией двигательных агрегатов по разработанному алгоритму позволяет сократить объем вредных выбросов автотранспортных средств на 7%.

4. Дискуссия

Трудности в решении задач по улучшению экологических показателей АТС связаны также и с отличиями стандартов на экологические показатели, которые представлены в нормативно-законодательных актах Российской Фе-

дерации, с отсутствием широкого доступа к результатам оценки этих показателей. Эти результаты определяют соответствие автотранспортных средств классу экологичности с учетом нормативов (положений), представленных в законодательстве РФ.

Учитывает ли сегодня существующий транспортный налог этот экологический ущерб, наносимый в целом каждым АТС? Экологический ущерб, определенный по методике Госкомэкологии [12] от легковых АТС за 300 тыс. км ресурсного пробега в крупных городах, и его снижение по мере введения норм Евро, а также и определенный возможный ежегодный экологический налог приведены в таблице 3 [13].

Таблица 3 – Анализ снижения экологического ущерба при введении норм Евро

Переход по годам нормирования	Ущерб, рубли		Предотвращенный ущерб, руб.	Возможный годовой экологический налог, руб.		
	Европа	Россия		За ежегодный пробег		
					15000 км	30000 км
Евро-0	1991	1997	231965		11600	5800
Евро-0 – Евро-1	1992	2002	45688	186277	2285	1143
Евро-1 – Евро-2	1996	2006	24693	20995	1235	643
Евро-2 – Евро-3	2000	2008	17554	7139	878	439
Евро-3 – Евро-4	2005	2012	8860	8694	443	222
Евро-4 – Евро-5	2009	2014	7670	1190	384	192
Евро -5– Евро-6	2014	2018	7670	0	384	192

Из данных таблицы 3 видно, что снижение экологического ущерба от легковых автомобилей в денежном выражении при достижении норм Евро-6 будет обеспечено в 30 раз.

Подключение к единой многопользовательской информационной системе экологического контроля АТС (двигательных агрегатов) [11,14] повысит ответственность операторов технического осмотра за выдачу диагностической карты или международного сертификата технического осмотра. Однако правила проведения технического осмотра определяют только измерение объемной концентрации окиси углерода CO и углеводородов C_nH_n и только в режиме холостого хода, поэтому установить соответствие автомобиля своему экологическому классу в процессе сертификационных испытаний невозможно. Поэтому необходимо разработка измерительных процедур и схем измерений для определения объемов выбросов вредных веществ двигательными агрегатами АТС.

Благодарности

Автор выражает благодарность докторам технических наук, профессорам «Технологического университета» (Россия) Владимиру Михайловичу Артюшенко и Стрэналуку Юрию Вениаминовичу, за разумную и принципиальную критику в проведении исследований и написании научной статьи.

Выводы

Разработана математическая модель управления рециркуляцией двигательных агрегатов, в качестве показателя эффективности управления выбрано

снижение объема выбросов вредных веществ.

Проанализирована проблема оценки токсичности автотранспортных средств; предложена разработка единых систем анализа, математической обработки экспертной информации и экспериментальных данных, полученных в процессе проведения экспертиз автотранспортных средств, предоставления этой информации в многопользовательской информационной системе.

Литература

1. Трескова Ю. В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый. 2016. № 12. (116). С. 563-565.
2. Антоненков В. О., Цыганков Д. В., Лукашов Н. И. Рост интереса к электромобилям в мире // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2015. № 5-2. С. 119-121.
3. Азаров В. К., Кутенёв В. Ф., Сонкин В. И. Существует ли альтернатива дорожному электромобилю по выбросу вредных веществ и парниковых газов? // Журнал автомобильных инженеров. 2013. № 5. С. 10-14.
4. Бажинов А. В., Трунова И. С. Аккумуляирование энергии в гибридных электромобилях // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2007. № 39. С. 58-61.
5. Макарова И. В., Хабибуллин Р. Г., Габсалихова Л. М., Мухаметдинов Э. М. Перспективы применения гибридных силовых установок на транспорте // Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 11. С. 25-29.
6. Чернов А. Е. Повышение экономичности и экологичности автотранспорта за счет эффективного управления электротехническим комплексом // Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, «Национальный исследовательский университет «МЭИ». 2016. 296 с.
7. За рулем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zr.ru>. 2.03.2016.
8. Аббасов А. Э., Аббасова Т. С. Разработка методики 3D-моделирования оборудования системы управления рециркуляцией выхлопных газов автомобиля // Информационно-технологический вестник. №1(01). 2014. С. 3-12.
9. Аббасов А. Э. Геометрические модели управления рециркуляцией отработавших газов автомобиля // Мир транспорта. 2015. Том 13. № 1 (56). С. 182-191. (ВАК) – редактор изменил название статьи.
10. Аббасов А. Э. Конвертирование трехмерных компьютерных геометрических моделей для оптимизации параметров моделируемых устройств // Компьютерные исследования и моделирование. Том 7. № 1. 2015. С. 81-91.
11. Аббасов А. Э. Информационная поддержка экспертной оценки токсичности автотранспортных средств // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. № 1. 2018.
12. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба // М. (утверждена Госкомэкологии, 09.03.1999).
13. Азаров В. К., Гайсин С. В., Кутенев В. Ф., Васильев А. В. Эколого-экономические проблемы различных проектов «экологически чистого»

Зеленого автомобиля // Известия Московского государственного технического университета «МАМИ». 2015. № 2 (24). Том. 1. С. 16-22.

14. Артюшенко В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса // Журнал «Промышленный сервис». 2009. № 4(33). С. 3-10.

УДК 04.004

**Системный анализ параметров гелиоустановок
для информационного компьютерного и телекоммуникационного
оборудования центров обработки данных**

Э.М. Аббасов, к.т.н. доцент,

А.П. Мороз, д.т.н. профессор,

Н.А. Васильев, д.т.н. профессор,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область,

М.Е. Ставровский, д.т.н. профессор,

Научно-исследовательский институт «Центр Экологической Промышленной
Политики», г. Мытищи, Московская область

Проведен системный анализ технико-экономических показателей, позволяющих сравнивать эффективность различных источников электроснабжения с дополнительной/резервной гелиоустановкой для оборудования центра обработки данных; аналитические зависимости для общей эффективности оборудования, срока и условий эксплуатации; удельной стоимости производства энергии и срока окупаемости энергоустановки, экономической прибыли за счет возможности выполнять резервным источником дополнительные функции, экологических и социальных показателей.

Системный подход, оценка эффективности, условия эксплуатации вычислительного оборудования.

**System analysis of solar plant parameters for information computer and
telecommunication equipment of data processing centers**

E.M. Abbasov, PhD in Technological Sciences associate Professor,

A.P. Moroz, Dr.Sci.Tech. Professor,

N.A. Vasiliev, Dr.Sci.Tech. Professor,

State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,

M.E. Stavrovsky, Dr.Sci.Tech. Professor,
Scientific-Research Institute «Center of Ecological Industrial Policy»,

Mytishi, Moscow region

System analysis of technical and economic indicators allowing to compare the efficiency of various power supply sources with an additional / backup solar power plant for data center equipment was carried out; Analytical dependencies for the overall efficiency of equipment, terms and conditions of operation; The unit cost of energy production and the payback period of the power plant, economic profit due to the ability to perform additional functions, environmental and social indica-

tors, as a reserve source.

System approach, performance evaluation, operating conditions of computing equipment.

Введение

С целью снижения затрат на энергообеспечение и повышение качества электроэнергии предусматривается развитие собственной генерации энергии. Мощность наиболее распространенных в России устройств для преобразования солнечной энергии – гелиоустановок (ГУ) достигает 340...400 кВт. Такие ГУ могут быть предназначены не только для объектов малой энергетики, но и в качестве дополнительных/резервных источников электроснабжения для электрооборудования группы А первой категории, в состав которой входит информационное компьютерное и телекоммуникационное оборудование центров обработки данных (ЦОД) и вычислительных комплексов.

На основании распределения солнечной энергии в летний и зимний период практическое применение дополнительного (резервного) солнечного источника, вырабатывающего в зимний период энергию, в 2 раза меньшую, чем в летний период целесообразно для электроснабжения и кондиционирования информационно-управляющего оборудования ЦОД (400 кВт на модуль вычислительного оборудования в летнее время, а в зимнее время 200 кВт).

Для оценки эффективности использования ГУ в качестве резервного источника необходим системный анализ параметров ГУ для ЦОД.

Методы исследования

Теоретические исследования выполнены с использованием численных методов расчета исследуемых зависимостей

Результаты исследования

В России схема резервирования источника солнечной энергии для ЦОД может включать теплоэлектростанции (ТЭС). Тепловая энергия может использоваться в режиме **тригенерации**, в котором электричество, тепло и холод производятся совместно, для надежного и экономичного охлаждения оборудования ЦОД или оборудования электроподстанций (трансформаторов и электродвигателей, для которых, в соответствии с требованиями ГОСТ, температура воздуха внутри помещений не превышала +40 °С и не отличалась от температуры наружного воздуха более чем на 15 °С [1,2].

Для серийного освоения дополнительных солнечных источников для ЦОД с ГУ необходимо иметь усредненные данные по количеству необходимой энергии, которую он должен вырабатывать. Необходимо исследовать зависимость условий эксплуатации от потребляемой мощности электрооборудованием, для которого солнечный источник предназначен. Для поддержки функционирования электрооборудования для собственных нужд электроподстанций, для заряда батарей мобильных диагностических устройств промышленных и транспортных объектов, для подсветки участков ремонтных работ (то есть так называемых объектов малой энергетики) требуется мощность от 10 кВт до 400 кВт [3].

Для сложных технических систем промышленного и транспортного назначения характерно управление технологическими процессами с помощью консолидированной вычислительной инфраструктуры, электрооборудование которой для повышения надежности и физической защищенности распределяется по модулям в зависимости от предназначения [4]. Более гибкие консолидированные структуры, в первую очередь предназначенные для автономной работы, состоят из небольших ЦОД, размещающихся в стандартных грузовых контейнерах-модулях. Контейнеры-модули представляют собой функционально законченную систему для обслуживания вычислительных операций. Ограничение площади модуля имеет свои преимущества – создается специальный контейнер для размещения оборудования, которое потребляет существенно меньше энергии за счет оптимизации нагрузки каждого элемента путем совмещения различных функций.

При эксплуатации информационного компьютерного и телекоммуникационного электрооборудования предъявляются следующие требования: гарантированное электроснабжение; уменьшение тепловыделения вычислительного оборудования и оборудования инженерной инфраструктуры, кондиционирование оборудования ГУ.

Гарантированное электроснабжение осуществляется с помощью входных фидеров с автоматическим переключением, обеспечивающих функционирование электрических систем. Источник бесперебойного питания (ИБП) для вычислительного электрооборудования в момент наступления аварийного события не должен обеспечивать последовательное закрытие приложений на рабочих станциях и сохранение данных этих приложений, а затем закрытие приложений сервера/серверов, так как это противоречит требованиям непрерывности аварийного восстановления [4], поскольку неизвестно, через какое время будет возобновлена подача электроэнергии. Требования к восстановлению работоспособности всех ключевых сервисов по обработке и хранению данных в случае аварийной ситуации, приводящей к частичной или полной утрате здания и оборудования, определяет параметр RTO (от англ. Recovery Time Objectives – требования к срокам восстановления деятельности). RTO должен быть не более 1 часа. Для продолжения работы вычислительного оборудования в режиме реального времени после выработки ресурса батарей источника бесперебойного питания (ИБП) включается дополнительный источник питания.

Почти вся электроэнергия, поступающая для функционирования электрооборудования ЦОД, преобразуется в тепло. Диаграмма на рисунке 1 отображает количество тепла, выделяемого вычислительным оборудованием и оборудованием инженерной инфраструктуры [3] при типовой 30%-ной нагрузке от предельной мощности. На рисунке 1 приняты следующие условные обозначения: ИБП – источник бесперебойного питания, PDU (от англ. ProtocolDataUnit) – протокольные блоки данных, CRAC (от англ. Computer Room Air Conditioning) – системы кондиционирования воздуха для компьютерных комнат.

Анализ данных диаграммы рисунка 1 позволяет сделать вывод, что

оборудование инженерной инфраструктуры, предназначенное для охлаждения и кондиционирования, само является значительным тепловыделителем. Второе место по тепловыделению занимает вычислительное оборудование – серверы с мощными процессорами и телекоммуникационное оборудование, которые могут потреблять 130 Вт и более, жесткие диски, которые присутствуют как в серверной составляющей, так и в системах хранения данных. Также по объёмам тепловыделения выделяются ИБП, мощности которых зависят от мощности системы и времени для резервирования питания.

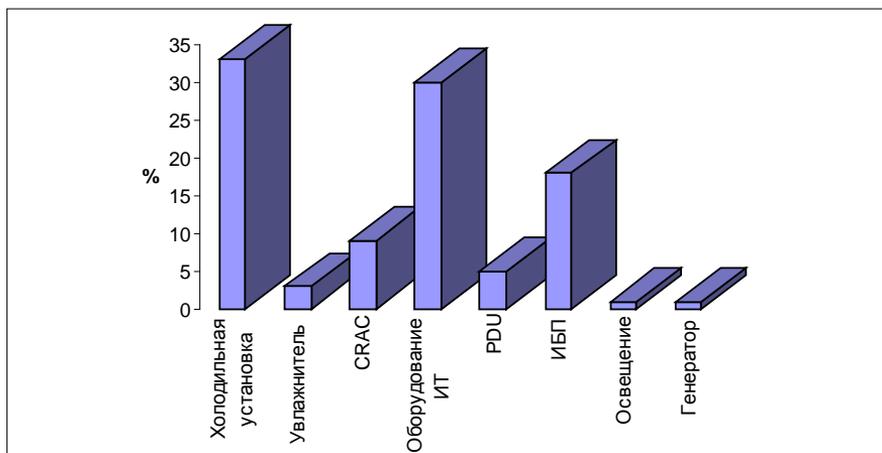


Рисунок 1 – Диаграмма преобразования электроэнергии в тепло

Тепловыделение электрооборудования зимой может быть использовано как дополнительный источник обогрева, частично заменяющий основной источник. Тепловыделение электрооборудования летом может привести к отказу устройств вычислительной техники, поэтому оно нуждается в дополнительном кондиционировании, и в данном случае удобно использовать дополнительную энергию для кондиционирования от солнечных источников, так как характер ее распределения свидетельствует о том, что в наиболее жаркие дни наблюдается максимум освещенности.

Дальнейшее сокращение количества инженерного оборудования и увеличение загрузки вычислительного оборудования выше 30% осуществляется с помощью виртуальных технологий.

Рассмотрим условия эксплуатации ГУ. На работу ГУ большое влияние оказывают местные климатические условия. Климатические особенности средней полосы России: около 80% солнечной энергии поступает лишь в течение полугода (лето, половина весны и половина осени). На рисунке 2 представлен анализ показателей инсоляции на территории России. Наиболее высокие показатели инсоляции – в регионах Сибири и Дальнего Востока, а также в южных регионах страны. На рисунке 3 приведены типичные графики гарантированного солнечного излучения для территории Сибири и Дальнего Вос-

тока. Графики на рисунке 3 построены с учетом того, что интенсивность солнечного излучения в любой промежуток времени изменяется по нормальному закону.

Возможно функционирование ГУ и в средней полосе России, но в этом случае необходимо разработать дополнительные схемы резервирования ГУ в дополнение к способам резервирования источников питания для электрооборудования, рассмотренных в [1].

Требования к эксплуатационным параметрам ГУ и составу оборудования изложены в стандартах: DIN EN ISO 9488 (ГУ, общие данные); ISO/DIS 9488 (терминология); Еврокод 1 (Основные положения по проектированию и расчету воздействия на несущие конструкции, часть 2–3: Расчет воздействия на несущие конструкции, снеговые нагрузки); EN 12976-1 (Термические гелиосистемы и их детали; Сборные системы, часть 1: общие требования); EN 12976-2 (Термические гелиосистемы и их детали; Сборные системы, часть 2: методы испытания); ISO 9459-1 (Solarheating – Domesticwaterheatingsystems – Part 1: Performanceratingprocedureusingindoortestmethods); EN 1991-2-4. Еврокод 1. Основные положения по проектированию и расчету воздействия на несущие конструкции, часть 2–4: Расчет воздействия на несущие конструкции, ветровые нагрузки).

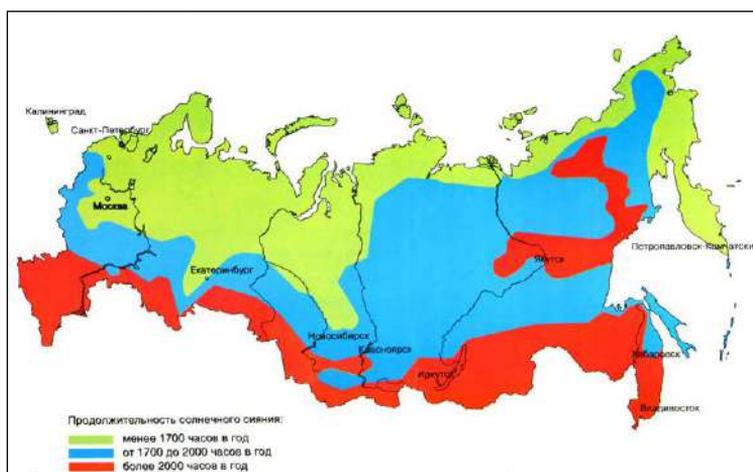


Рисунок 2 –Показатели солнечной инсоляции для территории России

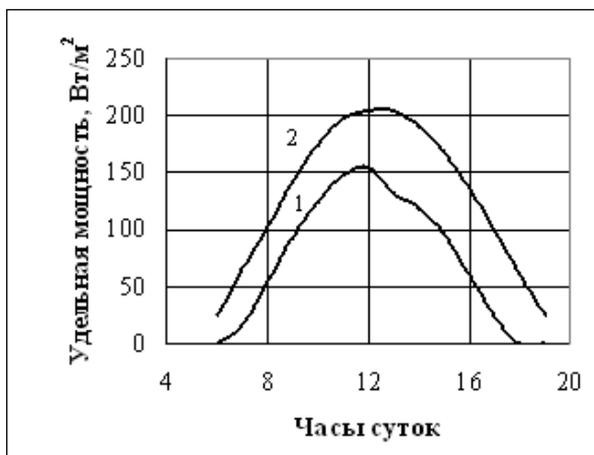


Рисунок 3 –Графики гарантированного солнечного излучения
1 – вероятность 0,9; 2 – вероятность 0,5

Для функционирования объектов распределенной малой энергетики, которыми являются центры обработки данных с автономным питанием, необходимы ГУ средней и большой мощности с напряжением 220 В переменного тока с инвертором для преобразования постоянного тока ГУ в переменный ток. Для солнечных электрических панелей важно знать оптимальный угол наклона к плоскости горизонта для получения максимального количества энергии. Угол наклона солнечных панелей к плоскости горизонта можно менять от 10° до 90° с некоторым шагом.

Положение панели или концентратора ГУ можно менять вручную или с помощью следящего электропривода (СЭП) и поворотных механизмов [5].

В таблице 1 приведены эксплуатационные показатели ГУ, использующей различные конструкции концентраторов.

Таблица 1– Эксплуатационные показатели концентраторов энергии солнечного излучения

Характеристики Тип концентратора	Степень концентрации	Диапазон рабочих температур, °С	КПД, %
Параболоид	Сильная	250...650	60...75
Параболоцилиндр	Средняя	150...400°	50...70
Простейший концентратор в виде плоской пластины	Слабая	60...140	30...50

В энергетических ГУ с высокой степенью концентрации света используется радиатор, не позволяющий полупроводнику перегреться, так как температура полупроводника может повыситься до 650 °С [6]. Таким образом, теряется энергия на рассеивание тепла и используется лишняя энергия на охлаждение полупроводниковых элементов.

Технико-экономическими показателями, позволяющими сравнивать эффективность различных источников электроснабжения с дополнительной/резервной энергоустановкой, являются:

- 1) общая эффективность оборудования, ОЕЕ(от англ. Overall Equipment Effectiveness);
- 2) срок и условия эксплуатации;
- 3) удельная стоимость производства энергии и срок окупаемости энергоустановки;
- 4) экономическая прибыль за счет возможности выполнять дополнительные функции;
- 5) экологические и социальные показатели.

1) Для определения показателей общей эффективности оборудования учитываются: а) доступность (сокращение внеплановых остановок, поломок и отказов оборудования), б) производительность; в) требуемое качество услуг.

а) Доступность (сокращение внеплановых остановок, поломок и отказов оборудования) достигается за счет включения резервного оборудования, время простоя стремится к 0, коэффициент готовности к 1.

б) Производительность энергоустановки, конструктивно выполненной в виде ГУ, зависит от потерь энергии, для определения которых используется системный подход: потери энергии учитываются по всем звеньям энергетического процесса от транспорта первичного энергоресурса (солнечного) до потребителя электрической энергии, преобразованной из солнечной энергии, – электроприемника. Совокупный коэффициент полезного использования (КПИ) первичного энергоресурса $\eta_{\text{и}}$, определяется произведением частных КПД по всем звеньям энергетического процесса.

Частное КПД, характеризующее эффективность звена энергетического процесса, определяется как отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенных в целях получения такого эффекта (в данном случае применительно к обеспечению электроснабжением электрооборудования промышленных и транспортных объектов).

Повысить КПИ системы электроснабжения с ГУ, НЭ и питаемым электрооборудованием можно с помощью повышения КПД ФЭП, КПД зарядного контура, КПД оборудования системы электроснабжения, КПД ГУ.

КПД ФЭП (в соответствии со стандартом DIN EN 60904-3) оценивается

$$\eta_{\text{ФЭП}} = P_e/P_s, \quad (1)$$

где P_e – снимаемая электрическая мощность [Вт], P_s – световая мощность, попадающая на поверхность солнечного элемента [Вт].

КПД зарядного контура показывает [6,7], какое количество энергии может поступать к электроприемнику при уменьшении или отсутствии освещенности, и определяется

$$\eta_{\text{НЭ}} = \frac{W_{\text{НЭ}}}{W_{\text{НЭ}} + W_{\text{п.ЗК}}}, \quad (2)$$

где $W_{НЭ}$ – запасенная в НЭ энергия; $W_{Нп.ЗК}$ – энергия потерь зарядного контура.

Для определения КПД системы электроснабжения необходимо оценить КПД основного элемента системы электроснабжения – ИБП – для электрооборудования промышленного и транспортного назначения первой категории класса А, учесть количество инженерного и вычислительного оборудования, эффект резкого падения КПД на малых нагрузках и тепловыделение электрооборудования. При оценке КПД электропитания необходимо учитывать КПД инженерного оборудования (КПД охлаждения), отводящего тепло, так как оно также потребляет мощность [5].

В анализе КПД ИБП как основного элемента системы электроснабжения нагрузка учитывается в долях от номинальной мощности. При работе ИБП часть энергии теряется на выпрямителе, часть на инверторе. Вклад этих потерь по отношению к нагрузке выше у ИБП с меньшим показателем КПД, а время автономной работы меньше.

При оценке эффективности ГУ необходимо учитывать, что недостатком всех ГУ является зависимость их работы от сезонных и суточных колебаний солнечной радиации (утро, день, вечер, ночь; весна, лето, осень, зима). Для компенсации суточных колебаний в состав ГУ включаются аккумулярующие устройства.

КПД ГУ оценивается как отношение вырабатываемой энергии W_1 к сумме вырабатываемой энергии и невостребованной энергии ($W_1 + \Delta W_1$).

Эти показатели служат для определения времени полезного использования ГУ, т.е. потребления энергии ГУ с выбранной расчетной мощностью P :

$$T_{\text{исп}} = \frac{W_1 - \Delta W_1}{P}, \quad (3)$$

где W_1 и ΔW_1 – соответственно, вырабатываемая энергия и ее невостребованная, «выплеснутая» часть.

Очевидно, что при $\Delta W_1 \rightarrow 0$ $T_{\text{исп}}$ максимально.

2) Срок и условия эксплуатации оборудования ЦОД с ГУ влияют на экологические последствия технологий накопления энергии. Срок эксплуатации ГУ – 26 лет, а срок эксплуатации наиболее распространенных в системах электроснабжения свинцово-кислотных АКБ существенно меньше – 15 лет. Срок эксплуатации НЭ на основе конденсаторов большой емкости более 20 лет.

в) Требуемое качество услуг выражается, в первую очередь, качеством электроэнергии. Качество электроэнергии имеет исключительно большое значение для функционирования электрооборудования вычислительной техники: на 30–40% снижает преждевременный выход из строя процессоров, дисковых накопителей и других элементов вычислительной техники, чувствительных к перепадам напряжения.

ПКЭ оцениваются в соответствии с ГОСТ СНГ 13109-97.

3) Удельная стоимость производства энергии с помощью ГУ может быть снижена не только за счет повышения КПД ГУ и ее составных элементов, снижения стоимости управления ГУ, но и за счет использования ГУ как дополнительного источника питания и выдачи электроэнергии в сеть общего

пользования за плату, гарантированную правительством.

Основные компоненты в структуре стоимости ГУ описываются параметрами, значения которых характеризуют уровень используемых технологий. Стоимость солнечного ватта зависит в первую очередь от стоимости полупроводникового материала в фотоэлектрическом преобразователе (ФЭП), а также от КПД ФЭП, [руб./Вт]

$$S_{\text{ФЭП}} = \frac{S_{\text{пл}} d \rho}{E_{\text{ср}} \eta_{\text{ФЭП}} Y_1 Y_2}, \quad (4)$$

где $S_{\text{пл}}$ – стоимость полупроводника [руб.]; d – толщина используемых пластин, [мкм]; ρ – плотность полупроводника [кг/м³]; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение солнечной освещенности за день с учетом вечерних и утренних часов и климатических условий в различные времена года, [Вт/м²]; $\eta_{\text{ФЭП}}$ – КПД ФЭП; Y_1 и Y_2 – технологические коэффициенты, характеризующие выходы процессов переработки кристаллов полупроводника в пластины и пластин в солнечные элементы.

Стоимость АКБ, являющихся электрохимическими НЭ, составляет наиболее весомую долю в общей стоимости солнечных электроустановок.

Срок окупаемости ГУ в зависимости от ее удельной стоимости, [лет]

$$T_{\text{ок}} = \frac{S_{\text{ГУ}}}{E_{\text{ГУ}} S_{\text{Т}}} \quad (5)$$

где $S_{\text{ГУ}}$ – стоимость ГУ, [руб.]; $E_{\text{ГУ}}$ – годовое количество электричества, выработанное ГУ, [кВт·ч/лет]; $S_{\text{Т}}$ – стоимость энергии от традиционной энергоустановки, [руб./кВт·ч].

4) Экономическую прибыль за счет возможности выполнять дополнительные функции можно извлечь за счет выработки дополнительной энергии от ГУ [6 – 10]. Дополнительную энергию от ГУ целесообразно реализовывать только тогда, когда стоимость замещаемого электричества традиционной энергосистемы равна или больше стоимости электричества, вырабатываемого ГУ [11 – 15]. Если на правительственном уровне будет организована поддержка при внедрении солнечных энергоустановок, то стоимость замещаемого электричества традиционной энергосистемы должна быть равна или больше стоимости электричества, вырабатываемого ГУ, с учетом вычета «квот за выбросы» за счет снижения выбросов углекислого газа. Соответственно, запишем неравенства, [руб.]

$$S_{\text{Т}} \geq S_{\text{ГУ}} / E_{\text{ГУ}} \quad \text{или} \quad S_{\text{Т}} \geq S_{\text{ГУ}} / (E_{\text{ГУ}} - S_{\text{КВ}}), \quad (6)$$

где $S_{\text{КВ}}$ – квота за выбросы.

5) При обосновании совокупности технических, экономических, экологических критериев оценки принимаемых решений в области эксплуатации ГУ необходимо также учитывать социальные критерии. Существенная часть стоимости производства энергии от традиционных источников (ТЭС, ГЭС, АЭС) не отражается в тарифах на энергию, а распределяется на затраты всего общества. Эти затраты можно представить в виде, [%]

$$Z_{\text{с}} = Z_{\text{ос}} + Z_{\text{АЭС}} + Z_{\text{ПС}} + Z_{\text{П}} \quad (7)$$

где Z_{OC} – затраты на охрану окружающей среды, связанные с загрязнением окружающей среды энергетическими установками; $Z_{AЭС}$ – поправка на реальную цену энергии от АЭС, которая определяется с учетом затрат на решение вопросов безопасности АЭС и ядерных технологий по получению топлива, на захоронение отходов и на утилизацию оборудования, зданий и сооружений АЭС, выводимых из эксплуатации через тридцать лет работы; $Z_{ПС}$ – прямые социальные затраты на оплату медицинского обслуживания и потери на производстве, связанные с вредным воздействием электростанций; $Z_{П}$ – затраты, вызванные снижением урожая и восстановлением лесов.

По оценкам специалистов [5], затраты, приведенные в формуле (7), добавляют около 75% мировых цен на топливо и энергию.

Выводы

Проанализированы технические, экономические, экологические и социальные показатели, характеризующие целесообразность применения солнечных источников энергии, конструктивно выполненных в виде ГУ, в качестве дополнительных/резервных, входящих в состав оборудования ЦОД для управления объектами промышленного и транспортного назначения.

Литература

1. Аббасова Т.С., Артюшенко В.М. Особенности резервирования источников бесперебойного питания компьютерного и телекоммуникационного оборудования // Электротехнические и информационные комплексы и системы. № 3. Т. 3. 2007. С. 20-23.
2. Байков Н.М., Р.Н. Гринкевич Прогноз развития отраслей топливно-энергетических ресурсов в мире и по основным регионам до 2030 года // М.: ИМЭМО РАН. 2009.
3. Ковалев В. Аварийное планирование в центрах данных // LAN № 7. Москва. 2006. С. 42-48.
4. Аббасова Т.С., А.Г. Никифоров Аварийное планирование при обработке данных в электротехнических системах (статья) // Электротехнические и информационные комплексы и системы. № 2, т. 3. 2007. С. 23-27.
5. Артюшенко. В.М., Т.С. Аббасова Сервис информационных систем в электротехнических комплексах: монография / под науч. ред. док. технич. наук, проф. В.М. Артюшенко, ФГОУВПО РГУТиС // М. 2010. 102 с. 17.
6. Taggart S. CSPconcentratestheminde // ReneWableenergyfocus. Jan/Feb 2008. ElsevierLtd. . 46-50.
7. Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников. 2004. Т. 38. Вып. 8.
8. Попов Л. Горячая фотоячейка тянет электроны из коктейля света и жара. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/2014>. Дата обращения 3.04.2014.
9. Макушин М. Есть ли место Солнцу в будущем российской энергетике? // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука. Технология. Бизнес. 2007. № 4. с. 112-119.

10. Аббасов Э.М., Аббасова Т.С. Исследование структуры и условий работы следящих электроприводов гелиоустановок // Промышленная энергетика. 2011. № 1. с. 45-49.
11. Аббасова Т.С. Сидорова Н.П., Логачева Н.В. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии для информационно-вычислительных комплексов и управляющих систем // Вопросы региональной экономики. № 4. 2015. С. 167-177.
12. Аббасова Т.С. Оптимизация схемы электропитания вычислительного оборудования // Нелинейный мир. 2011. № 3. Т. 9. С. 137-144.
13. Аббасова Т.С. Повышение эффективности систем преобразования солнечной энергии // Электротехнические комплексы и системы управления. 2011. № 3. С. 38-44.
14. Аббасова Т.С. Оценка влияния КПД гелиоустановки на экологические и экономические показатели // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. № 2. Т. 7. С. 3-9.
15. Энергетическая оптимизация возобновляемых источников энергии // Артюшенко В.М., Стрелалюк Ю.В., Аббасова Т.С., Логачева Н.В., Сидорова Н.П., Теодорович Н.Н., Артюшенко В.М. отчет о НИР (Технологический университет).

УДК 004.5

Разработка правил в экспертных системах для анализа и оценки телекоммуникаций

Т.С. Аббасова, к.т.н. доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Проанализированы типичные неполадки, которые могут возникнуть в телекоммуникационных системах в связи с невыполнением требований к помехоустойчивости, а также характерные признаки, позволяющие идентифицировать эти неполадки. В процессе разработки базы знаний для экспертной системы оценки телекоммуникационной инфраструктуры выполнено усовершенствование существующих инструментов разработки баз знаний.

База знаний, способы представления данных, способы представления правил.

Development of rules in expert systems for the analysis and evaluation of telecommunications

T.S. Abbasova, Ph.D. assistant professor,

State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

Typical malfunctions that may occur in telecommunication systems due to the failure to meet the noise immunity requirements, as well as the characteristic features that can identify these problems, are analyzed. In the process of developing the knowledge base for the expert system for assessing the telecommunications infrastructure, the existing tools for developing knowledge bases have been improved.

Knowledge base, ways of presenting data, how to present rules.

Введение

На современном этапе развития телекоммуникационных систем необходима организация непрерывного процесса наблюдения и регистрации параметров телекоммуникационного оборудования, в сравнении с заданными критериями [1]. Одна из важных проблем при разработке экспертных систем (ЭС) – выбор инструментальных средств для представления различных типов знаний (временных, пространственных), которые не могут быть легко представлены одинаковыми языковыми средствами.

Актуально совершенствование структуры БЗ для обеспечения удобного человеко-компьютерного интерфейса; сокращения времени, необходимого для создания БЗ; снижения уровня трудоемкости при работе с ЭС; уменьшения количества потенциальных ошибок; а также для представления времен-

ных и пространственных знаний. Указанные задачи можно решить с помощью инструментальных средств новейших информационных технологий, позволяющих осуществить пространственное моделирование, реализовать проверки правил на противоречивость, цикличность, неполноту, избыточность, минимизировать множество правил, заданных в БЗ.

В качестве модели представления знаний в ЭС мониторинга наиболее часто применяется продукционная модель, основанная на правилах [2]. В состав ЭС входит программное и информационное обеспечение, выполняющее функции эксперта для решения задач из некоторой области. В БЗ формируются правила, на основе которых работают ЭС. По результатам анализа состояния телекоммуникационных систем ЭС выдает рекомендации по их эксплуатации, осуществляет консультацию в интерактивном режиме по необходимым корректировкам, ставит диагноз в случае обнаружения неполадки.

Получение пространственных знаний связано с информационным моделированием и пространственным анализом [3,4]. С помощью современных инструментальных средств пространственные знания можно представить в виде цифровых моделей, пространственных схем, трехмерных визуализаций. Пространственные знания также могут быть адекватно представлены и в традиционной форме (логические в виде множеств и процедур над множествами), сетевые (классифицирующие сети, функциональные сети и сценарии), продукционные (правила), фреймовые (числа, соотношения, тексты, ссылки на другие слоты). В данной работе для представления знаний в ЭС мониторинга телекоммуникаций используются модели, основанные на правилах, пространственных схемах и трехмерных визуализациях.

Способы представления и анализа данных о состоянии телекоммуникационной системы в форме конкретных фактов

В зависимости от типа собираемой и обрабатываемой телекоммуникационной системой информацией проводится структуризация БЗ, в которой хранятся данные о параметрах системы в форме конкретных фактов. Структуризация осуществляется путем разбиения ее на модули, как показано на рисунке 1. При этом обеспечивается хранение данных в отдельных файлах, доступных для обработки несколькими программными приложениями [5]. **При разработке или использовании уже имеющихся программных приложений необходимо учитывать** разбиение на модули БЗ, этапы ввода и получения информации, разделение потенциальных ошибок на ошибки первого и второго рода.



Рисунок 1 – Структуризация контролируемых объектов при оценке их состояния

Для устранения ошибок и минимизации ущерба от отклонения контролируемых параметров необходима дополнительная информация о тенденциях изменения параметров из 2-ой базы знаний и информация для прогноза развития аварийной ситуации из 3-ей базы знаний. Информация о контролируемых параметрах телекоммуникационных систем используется для выработки соответствующих регулирующих воздействий и прогнозирования состояния телекоммуникационного оборудования [6].

Способы измерения трафика, количества запросов, количества потерянных пакетов, напряжения в отдельных узлах телекоммуникационной системы, времени обработки запросов; а также режимы хранения измеренных результатов также необходимо определить при проектировании БЗ.

Для представления знаний о параметрах телекоммуникаций учитываются результаты мониторинга, полученные с помощью различных средств администрирования, например, утилиты Performance Monitor (информация собирается ежедневно и объединяется в еженедельные отчеты). Система мониторинга Dude, интерфейс которой приведен на рисунке 2, несмотря на высокую стоимость, позволяет анализировать состояние отдельных серверов, сетей и сетевых сервисов любой степени сложности.

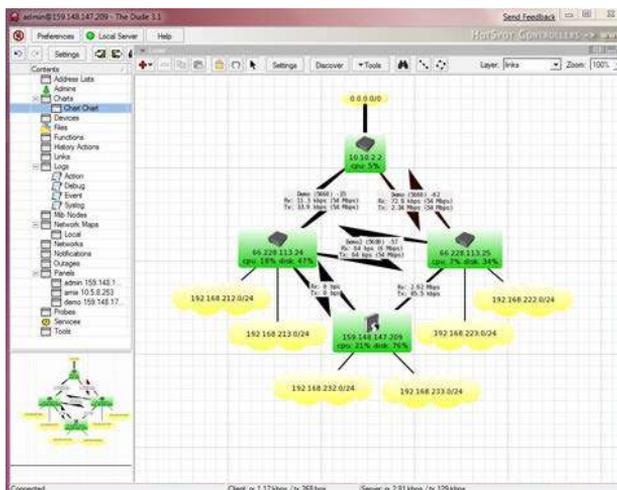


Рисунок 2 – Интерфейс программы мониторинга Dude

На UNIX-подобных или Windows-хостах для получения данных о нагрузке процессора, использования сети, дисковом пространстве и т.д. наиболее часто применяется ZABBIX agent, интерфейс которого приведен на рисунке 3.

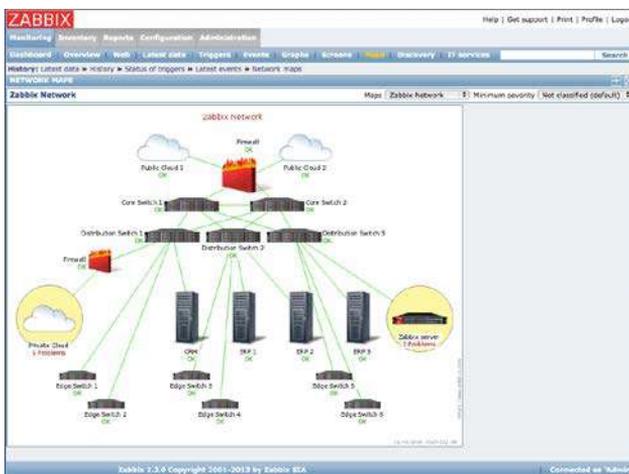


Рисунок 3 – Интерфейс программы мониторинга ZABBIX

Для представления сведений о параметрах магистральных каналов связи применяется удаленный мониторинг. Для небольших систем удаленный мониторинг реализуется через коммуникационные порты, релейные контакты и SNMP-адаптеры (от англ. Simple Network Management Protocol – простой протокол сетевого управления). Для сложных территориально-распределенных телекоммуникационных систем удаленный мониторинг реализуется с помощью первичных датчиков, контроллеров и управляющего программного обеспечения [5,6].

Оперативный многомерный анализ данных для хранения и представления знаний о параметрах телекоммуникационной системы возможен с помощью применения технологии OLAP (от англ. On-Line Analytic Processing – от англ. online analytical processing, интерактивная аналитическая обработка). Телекоммуникационную систему, состоящую из объединенных каналами передачи данных телекоммуникационных узлов, можно представить в виде расширенного куба (гиперкуба) [7].

При описании предметной области телекоммуникационной системы объекты предметной области можно поставить в соответствие суперклассам из тройки «Запросы – Производительность – Телекоммуникационный ресурс» OLAP-куба, структура которого приведена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Типовая структура многомерного куба для хранения и обработки данных о состоянии телекоммуникационной системы

Таблица фактов в пространственной модели многомерного куба хранит измерения производительности и других параметров, полученных в результате событий измерения с помощью инструментальных средств мониторинга.

Для анализа состояния большой территориально-распределенной телекоммуникационной системы возможно комбинированное использование всех вышеперечисленных способов. Для анализа локальной вычислительной сети, проектируемой в пределах горизонтальной подсистемы, достаточно одного программного средства мониторинга Dude или ZABBIX.

Способы представления правил при проектировании экспертной системы на основе базы знаний о состоянии телекоммуникационной системы

На рисунке 5 представлена типовая структурная схема взаимодействия редактора знаний и системы мониторинга. Серой заливкой выделены компоненты системы, связанные с разработкой правил.



Рисунок 5 – Типовая структурная схема взаимодействия редактора знаний с системой мониторинга телекоммуникаций

Обычно в качестве формы представления знаний для использования в системах мониторинга выбираются факты и правила [8,9]. Такая форма представления знаний выгодно отличается от других близостью к естественному языку, что означает легкость формулирования знаний. Но проверка правил в таком виде затруднена при большом количестве правил. В частности, крайне трудно отслеживать взаимосвязи между правилами.

Решением этой проблемы является альтернативное представление правил в виде И/ИЛИ графа [10]. На рисунке 6 представлен граф, вершинами которого являются условия и выводы правил, а дуги задают отношения между ними, объединяя их в правила. Веса дуг соответствуют номерам правил. Так решается проблема недостатка наглядности, так как с помощью графа удобно проследить условия и вывод каждого правила, а также взаимосвязи в иерархии правил. На рисунке 6 показаны два правила, связанные между собой одним утверждением, которое является одновременно выводом правила 1 и условием правила 2.

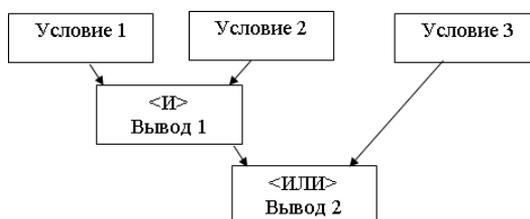


Рисунок 6 – Схема представления правил с помощью И/ИЛИ графа

Для преобразования И/ИЛИ графа в правила в текстовом виде предложен рекурсивный обход графа, начиная с корня дерева. Использование графа для представления набора правил обуславливает ряд особенностей. Во-

первых, все дуги ориентированы, поскольку выражают связь «условие правила» – «вывод» от условий к выводу, т.е. И/ИЛИ граф является оргграфом. Во-вторых, в графе есть как минимум одна вершина, которая является конечной для алгоритма вывода и обозначает вывод из системы правил.

Все дуги, инцидентны ей, являются входными. Также И/ИЛИ граф должен иметь набор вершин, которые обозначают исходные условия. Эти исходные условия являются входными для алгоритма вывода. Все инцидентные этим вершинам дуги являются выходными. Другие вершины, которые имеют как входные, так и выходные дуги, является одновременно и условиями одних правил, и выводами других. Ни одна вершина не может быть одновременно условием и заключением одного правила. Таким образом, при отсутствии циклов И/ИЛИ граф системы правил можно считать деревом (или лесом, в случае наличия нескольких конечных вершин).

В виде И/ИЛИ графа на рисунке 7 представлен граф для правил базы знаний 1, отображающей информацию о допустимых параметрах телекоммуникационного оборудования передачи и обработки данных и величинах их допустимых отклонений.

На рисунке 7 показано, что с помощью правила 1 проверяются проблемы передачи, обработки и защиты телекоммуникационных данных. С помощью правила 2 определяется нестабильность связи при передаче данных. С помощью правила 3 определяется производительность телекоммуникаций. С помощью правила 4 определяется перегрузка системы. С помощью правила 5 выявляется необходимость управления трафиком.

Таким образом, с помощью схемы И/ИЛИ графа для анализа состояния системы надо учитывать достаточно большое количество правил. Однако такие схемы достаточно громоздки. Их можно упростить путем применения алгоритма определения выполнимости булевых формул. Этот алгоритм позволяет уменьшить количество правил и автоматизировать проверку непротиворечивости правил [10].

Существуют различные источники знаний, в том числе с привлечением людей-экспертов, знания которых могут быть неполными, противоречивыми, субъективными, ошибочными. Для проверки источников знаний приходится прodelывать большой объем механической работы, которую необходимо автоматизировать – это, в частности, проверки правил на непротиворечивость, отсутствие циклов, полноту и избыточность [11].

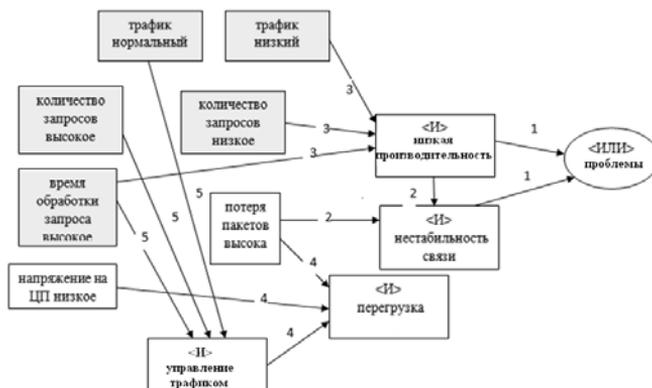


Рисунок 7 – Схема представления знаний о состоянии телекоммуникационной системы с помощью графов И/ИЛИ

Одним из аспектов, поддающихся автоматизации, является проверка противоречивости правил. Противоречие – ситуация, когда истинны несколько несовместимых утверждений об одном объекте. В случае правил, в частности, могут быть противоречия между условиями правила, между условием и выводом, а также между правилами. Такого рода противоречия в [8] было предложено проверять с применением задачи SAT (SAT isifiability problem – задача выполнимости булевых формул), так как правила разбивались на группы так, чтобы в каждой группе были правила, имеющие один и тот же вывод.

Таким образом, можно определить правила, которые никогда не смогут выполняться либо будут выполняться всегда. Оба этих варианта недопустимы и свидетельствуют о противоречиях в системе правил. На рисунке 8 представлены правила, содержащие противоречия (в текстовом виде и графическом) о показателях ЭМС телекоммуникаций. Здесь U – предельное допустимое значение общих потерь, связанных с отклонениями как контролируемых, так и неконтролируемых параметров телекоммуникаций.

Рисунок 8 состоит из двух частей правил – левого и правого. Каждое правило подается на вход задачи SAT. Формула для каждого правила означает, что уровень ЭМП выше допустимого. Таким образом, мы определяем, существует ли такой набор значений переменных, при котором эта формула истинна (т.е. уровень ЭМП выше допустимого). Если такой набор значений переменных не существует (левая часть рисунка 8), т.е. задача SAT выдала Ложь, то на выходе ЭС не будет вывода о том, что уровень ЭМП выше допустимого. Такое правило никогда не работает, и его можно удалить.

Справа на рисунке 8 изображено отрицание совокупности правил, которое подается на вход задачи SAT. Инверсная формула означает, что уровень ЭМП соответствует требованиям стандартов. Таким образом, можно определить, есть ли такой набор значений переменных, при котором эта формула истинна (т.е. ЭМС в норме). Если задача SAT выдала Ложь, то нет таких значений переменных, при которых ЭМС в норме. Это значит, что хоть одно из начальных правил будут срабатывать всегда, и всегда будет происходить вывод, что уровень ЭМП соответствует требованиям стандартов. Такие правила

несовместимы, т.е. противоречивы.

Пример 1	Пример 2
Правило	Правила
<p>Если уровень электромагнитных помех (ЭМП) выше допустимого</p> <p>И</p> <p>Если уровень электромагнитных помех соответствует требованиям стандартов</p> <p>То</p> <p>Организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС неэффективны</p>	<p>Если уровень электромагнитных помех выше допустимого</p> <p>То</p> <p>Организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС неэффективны</p> <p>Если уровень электромагнитных помех соответствует требованиям стандартов</p> <p>То</p> <p>Организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС эффективны</p>
<i>U</i> – если уровень ЭМП выше допустимого	<i>U</i> – уровень ЭМП соответствует требованиям стандартов
булева формула $a \wedge \bar{a} \rightarrow SAT$	«инверсная» булева формула $a \wedge \bar{a} \rightarrow SAT$
всегда=FALSE	всегда=FALSE
Правило никогда не выполняется, убирается из системы	Правило выполняется

Рисунок 8 – Пример противоречивых правил при анализе ЭМС телекоммуникационной системы

Понятно, что такие противоречия представляются очевидными, однако такие правила могут быть не выявлены своевременно, а проверка с помощью ЭС осуществляется автоматически. В [8] таким образом, проверялись базы независимых правил. Такой подход применим и для базы связанных правил, так как база из связанных правил может быть преобразована в базу из одного или нескольких независимых правил, если связанные правила соединить в одно. Например, связанные правила могут быть приведены к одному правилу. Их изначальное разделение в базе правил могло быть вызвано необходимостью в понятности и простоте описания.

Циклические зависимости можно также обнаруживать автоматически путем осуществления серии поисков в глубину в графе: цикл обнаруживается, если происходит попытка перехода к вершине, которая была использована ранее [10].

Под полной базой правил подразумевается достаточность содержащихся в ней правил для решения задач, поставленных перед экспертной системой. В работе [8] в качестве способа проверки полноты предложено автоматическое дополнение набора правил противоположным по смыслу («инверсным») и оценка экспертом правил противоположного набора.

Процедура построения «инверсного» набора правил схематически изображена на рисунке 9.

1	выполняется преобразование И/ИЛИ графа, соответствующего правилам, в булево выражение
2	берется отрицание этого выражения, которое с помощью тождественных преобразований приводится в ДНФ (дизъюнктивная нормальная форма, в которой булева формула имеет вид дизъюнкции конъюнкций литералов)
3	по полученной ДНФ выполняется построение И/ИЛИ графа инверсного набора правил
4	анализ И/ИЛИ графа инверсного набора правил

Рисунок 9 – Схема процедуры построения инверсного набора правил

Рассмотрим проверку на полноту на примере группы правил ЭС мониторинга телекоммуникаций, приведенную на рисунке 10. В левой части рисунка 10 изображен граф исходного набора правил, в правой части – фрагмент графа для инверсного набора.

Из рисунка 10 можно сделать вывод, что если трафик не низкий (т.е. высокий) и нагрузка на процессор не низкая (т.е. высокая), то проблемы нет. Очевидно, что это правило некорректно, так как высокие значения трафика и загрузки процессора означают перегрузку узлов коммуникаций.

Наличие такого правила означает, что исходная система правил, возможно, неполная. В данном случае неполнота заключается в отсутствии правил в исходном наборе для случая, когда нагрузка на процессор высокая.

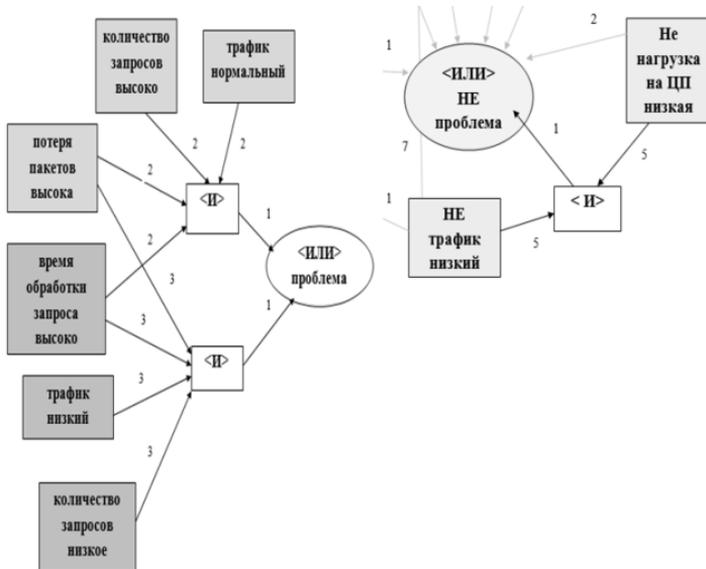


Рисунок 10 – Проверка на полноту правил ЭС мониторинга телекоммуникаций

В [8] был описан предложенный способ проверки правил на полноту. Приведем формальное доказательство правомочности описанных выше преобразований булевых формул. A_i обозначают посылки правил, где i – номер посылки, B – вывод правил.

Длинная горизонтальная черта при формулировке утверждений разделяет то, от чего отталкиваются в утверждении (то, что дано), и то, что нужно доказать.

Утверждение 1.

$A_1 \rightarrow B$ (импликация, A_1 следует B)

$A_2 \rightarrow B$ (импликация, A_2 следует B)

$A_1 \vee A_2 \rightarrow B$ (логическое сложение A_1 и A_2)

Доказательство:

$(A_1 \rightarrow B) \wedge (A_2 \rightarrow B) \leftrightarrow (A_1 \vee A_2 \rightarrow B)$ (логическое умножение $(A_1 \rightarrow B)$ и $(A_2 \rightarrow B)$ эквивалентно логическому сложению A_1 и A_2 , и наоборот), что и требовалось доказать, т.е. если есть несколько правил в БЗ и вывод у них один тот же, то из дизъюнкции посылок тоже следует этот же вывод. Таким образом, мы показали, правомочность выполнения п. 1 построения «инверсного» набора правил, т.е. преобразования всего набора правил в булево выражение

$A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_i \rightarrow B$,

где A_i – логическое выражение, соответствующее посылкам правила i .

Утверждение 2

$A_1 \rightarrow B$

$A_2 \rightarrow B$

$\overline{A_1} \wedge \overline{A_2} \rightarrow B$ (логическое умножение инверсных значений A_1 и A_2)

$(A_1 \vee A_2 \leftrightarrow B) \vee (\overline{A_1} \vee \overline{A_2} \rightarrow \overline{B})$

Доказательство:

$\overline{A_1} \wedge \overline{A_2} = \overline{A_1 \vee A_2}$

по закону де Моргана, так как по условию $\overline{A_1} \wedge \overline{A_2} \rightarrow B$,

то и $\overline{A_1 \vee A_2} \rightarrow B$, отсюда $B \rightarrow A_1 \vee A_2$. Из утверждения 1 следует $A_1 \vee A_2 \rightarrow B$. Значит, $A_1 \vee A_2 \leftrightarrow B$. Также из эквивалентности следует $\overline{A_1} \vee \overline{A_2} \rightarrow \overline{B}$. Что и требовалось доказать.

Пусть в БЗ есть несколько правил, и вывод у них один тот же. Если из того, что все правила неверны, следует, что и общий вывод неверен, то дизъюнкция посылок эквивалентна выводу. Т.е. из дизъюнкции посылок следует этот же вывод, а также из вывода следует дизъюнкция посылок. Это же верно и для отрицаний.

Сформулированное утверждение нужно для того, чтобы дальше можно было ставить отрицание над формулой и получать «инверсные» правила.

Теперь докажем правомочность следующего вывода.

Утверждение 3.

$A_1 \vee A_2 \rightarrow \overline{B}$

Приведем левую часть эквивалентности к ДНФ:

$$\overline{A_1} \vee \overline{A_2} \vee \overline{A_3} \leftrightarrow \overline{B}$$

$$\overline{A_1} \rightarrow \overline{B}$$

$$\overline{A_2} \rightarrow \overline{B}$$

$$\dot{A}_3 \rightarrow \bar{B},$$

где \dot{A}_i – значение A_i в ДНФ. $F(x_1, x_2) = x_1 V x_2 = x_1 + x_2 = x_1 / x_2$.

Доказательство: если \dot{A}_1 – истина, то $\dot{A}_1 \vee \dot{A}_2 \vee \dot{A}_3$ – тоже истина. А так как $\dot{A}_1 \vee \dot{A}_2 \vee \dot{A}_3 \leftrightarrow \bar{B}$, то \bar{B} – истина. То есть, из заключения « \dot{A}_1 – истина» следует « \bar{B} – истина». Аналогично доказывается и для остальных A_i .

Таким образом, из прямых правил БЗ, у которых один и тот же вывод, правомерно получать так называемые «инверсные» правила, у которых вывод противоположный относительно исходных правил.

При контроле избыточности базы правил проверяется наличие в базе большего количества правил, чем требуется для решения задачи ЭС. Следствием наличия в базе лишних правил, может быть снижение производительности при получении вывода либо, если есть правила-дубли, усложнение внесения изменений, а также опасность появления ошибок второго рода.

Проверку избыточности предлагается производить путем построения минимального набора правил в соответствии с алгоритмом, приведенным на рисунке 11.

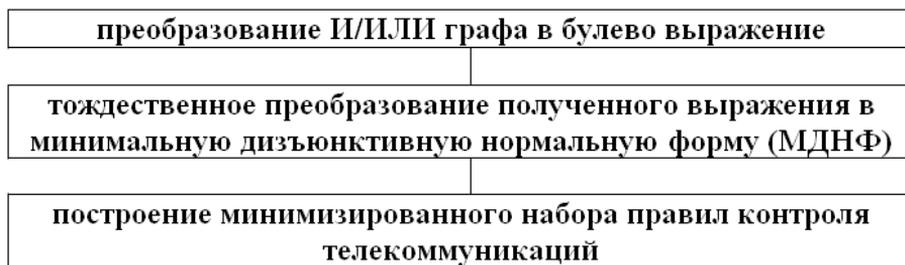


Рисунок 11 – Проверка на полноту правил ЭС мониторинга телекоммуникаций

Для преобразования в МДНФ используется метод Квайна Мак Класки [12], который заключается в минимизации булевых функций табличным методом.

Пример проверки на избыточность в системе правил ЭС мониторинга информационных коммуникаций представлен на рисунке 12. Цифрами обозначены номера правил. В соответствии с правилом 1 оценивается необходимость решения возникшей проблемы. В соответствии с правилом 2 оценивается низкая производительность, доля потерянных пакетов. В соответствии с правилом 3 оценивается время обработки запроса и его зависимость от величины трафика, а также количество запросов. В соответствии с правилом 4 оценивается доля потерянных пакетов. В соответствии с правилом 5 оценивается соответствие количества запросов нагрузке на ЦП. Если получены оценки, которые свидетельствуют о неустойчивой работе телекоммуникационной системы (низкая производительность, нестабильность связи), то следует правило перезагрузки системы.

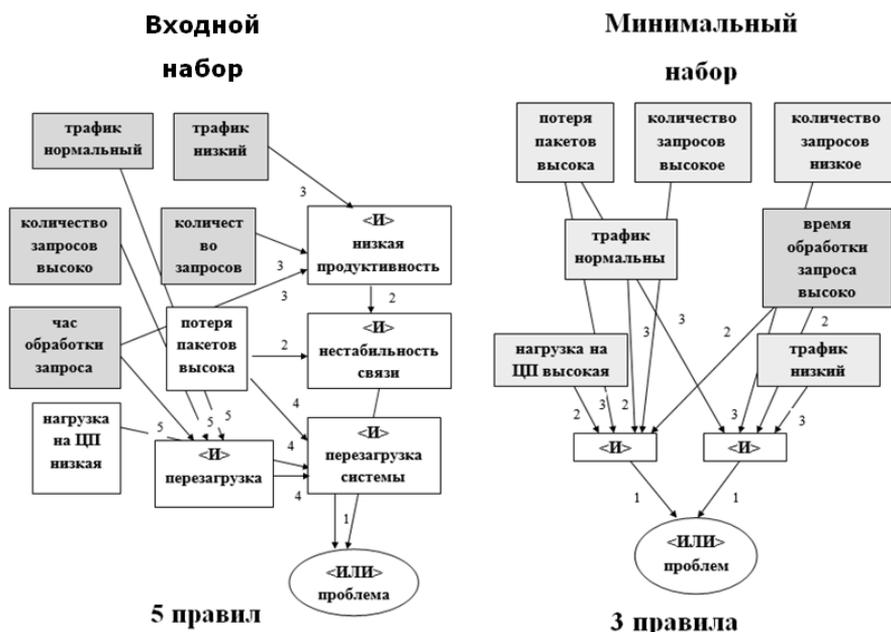


Рисунок 12 – Пример минимизации набора правил

На рисунке 12 (левая часть) изображен И/ИЛИ граф исходного набора, который включает пять правил, на рисунке 12 (правая часть) изображен минимизированный набор, включающий три правила. Таким образом, путем замены набора из пяти правил на набор из трех правил, связанные правила объединяются вместе. Эксперт выбирает первый или второй набор правил в зависимости от того, важна ли детализация проблем.

Правила для БЗ целесообразно разделить на несколько групп, что позволяет облегчить их восприятие, наладку, внесение изменений. Ниже приведены полученные группы.

В группе правил «ЭМС» собраны правила, касающиеся условий помехозащищенности, в которых функционирует оборудование телекоммуникационной системы, а также средств, обеспечивающих ЭМС.

Например, правило из данной группы: если уровень электромагнитных помех (ЭМП) выше допустимого или организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС неэффективны или неправильно спроектированная кабельная система или необходима реконфигурация телекоммуникационной системы, то имеется проблема, которая требует вмешательства системного администратора и проектировщиков сети.

В группе правил «Телекоммуникации» собраны правила, которые касаются собственно электрических, волоконно-оптических и беспроводных коммуникаций, в частности состояния коммуникационного оборудования и нагрузки на него. Например, правило из данной группы: если скорость передачи информации равна нулю или телекоммуникационная система вышла из строя или телекоммуникационная система неэффективна или интерфейсы телекоммуникационной системы неэффективны или необходимо налаживание

коммуникационного оборудования, то имеется проблема, требующая вмешательства системного администратора.

На основе анализа способов иерархии правил, а также методов проверки качества БЗ разработан редактор правил БЗ для мониторинга телекоммуникационной системы. Функции системы правил (редактирование графа, группировка правил, группировка условий, проверка качества знаний, а также сохранение состояния) описаны диаграммой вариантов использования на рисунке 13.



Рисунок 13 – Диаграмма вариантов использования правил ЭС мониторинга телекоммуникаций

В свою очередь в прецеденты, изображенные на рисунке 13, входят подгруппы, действия с которыми перечислены в таблице 1.

Таблица 1 – Группировка прецедентов

Объекты группировки	Действия с объектами группировки
Редактирование графа	Создание или редактирование И/ИЛИ графа, открытие существующего И/ИЛИ графа, добавление/редактирование вершин графа, добавление/удаление дуги графа, изменение расположения вершин графа
Группировка условий	Создание или редактирование группы исходных условий, просмотр группы исходных условий
Группировка правил	Создание или редактирование группы правил, просмотр группы правил
Проверка качества знаний	Проверка системы правил на противоречивость, неполноту, избыточность, цикличность
Чтение состояния	Чтение состояния существующего графа в текстовом виде, в виде изображения
Сохранение состояния	Сохранения графа в текстовом виде, сохранения графа в виде изображения

На рисунке 14 изображена структура диалогового окна редактора правил, ставшего результатом разработки. Для редактирования графа определена область в левой части окна, для изменения свойств вершин, группы условий, правил, вывода сообщения о событиях сконструированы элементы управления, находящиеся в правой части окна. Кнопки, позволяющие запустить про-

верки качества базы правил, находятся внизу окна в том месте, где обычно находится строка состояния программного приложения Microsoft Office. Как и в приложениях Microsoft Office, команды, которые наиболее часто применяются, продублированы пунктами в главном меню, а также клавиатурными сокращениями.

Для разработки применен язык Java с использованием библиотеки для работы с графами JUNG 2.0 и библиотеки графического интерфейса пользователя JavaSwing в среде IntelliJ IDEA с использованием Git для контроля версий. Предложенные выше способы контроля БЗ были опробованы при разработке набора правил для мониторинга информационных коммуникаций. Показано, что с помощью предложенных методов можно находить ошибки первого и второго рода, показанные на рисунках 6, 7 и 8.



Рисунок 14 – Структура диалогового окна редактора правил

Разработанную базу знаний можно применять для управления инвентаризацией телекоммуникационных ресурсов и организации единого хранилища данных, являющегося основой информационно-телекоммуникационной системы технического учета кабельных и беспроводных коммуникаций; а также в системах обработки информации и поддержки принятия решений [13...16].

Выводы.

Усовершенствованы существующие формы представления правил для мониторинга телекоммуникационной системы с использованием традиционных представлений и для визуализации правил ЭС (экспертной системы), что позволило представлять связанные правила, характерные для большинства предметных областей.

Проведено формальное обоснование предложенных методов контроля качества правил для мониторинга телекоммуникационной системы на проти-

воречивость, неполноту, цикличность и избыточность, что доказало их надежность при проверке правил.

Построена БЗ по неполадкам телекоммуникационной системы, которая может быть использована в ЭС мониторинга для анализа состояния телекоммуникаций и выдачи рекомендаций системному администратору, а также для управления инвентаризацией телекоммуникационных ресурсов.

Литература

1. Gillam Lee, and Antonopoulos Nick,(2010), Cloud Computing: Principles, Systems and Applications, (Computer Communications and Networks), ISBN 9781849962407, London, Springer, 379 p.
2. Аджемов С.С., Виноградов А.Н., Чиров Д.С. Формирование базы знаний по результатам радиомониторинга в целях решения задачи классификации радиоканалов // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. № S-DSPA. 2009. С. 9-13.
3. Цветков В.Я. Пространственные знания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 7. 2013. С. 43-46.
4. Бенджамин Купер Моделирование пространственных знаний.
5. Старцева Е. Б. Этапы построения модульной структуры базы знаний экспертной системы на основе системного подхода // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. № 2. Т. 7. 2006. С. 178-181.
6. Аббасова Т.С., Зиновьев В.Н., Стрелюк Ю.В., Самаров К.Л. Политика контроля электромагнитной совместимости телекоммуникаций в контексте системного анализа // Двойные технологии. № 2 (75).2016. С. 46-48.
7. Каравай М.Ф., В.С. Подлазов Расширенный обобщенный гиперкуб как отказоустойчивая системная сеть для многопроцессорных систем // Управление большими системами. № 45. 2013. С. 344-371.
8. Wu C.I., Kung H.Y., Chen C.H., Kuo L.C. An Intelligent Slope Disaster Prediction and Monitoring System Based on WSN and ANP, UK.: Elsevier Limited, (2013), Expert Systems with Applications, ISBN09574174, DOI: 10.1016/j.eswa.2013.12.049.
9. Суботін С О. Поданняй обробка знань у системах штучног оінтелекту та підтримки прийняття рішень: [навчальний посібник] // Запоріжжя: ЗНТУ. 2008. 341 с.
10. Тройніна А.С., Рувінська В.М., Ніколенко М.С. Редактор знань для експертних систем моніторингу // Вестник Херсонского национального технического университета (ХНТУ). 2013. № 1(46). С. 183-185.
11. Селезнева С.Н. Основы дискретной математики: Учебное пособие // М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.А. Ломоносова (лицензия ИД N 05899 от 24.09.2001 г.); МАКС Пресс, 2010. 60 с.
12. Дмитриев Г.А. Программа минимизации функций алгебры логики методом Мак-Класки // Программные продукты и системы. № 2. 1997.

13. Аббасов А.Э., Аббасов Т.Э. Оценка качества программного обеспечения для современных систем обработки информации // Информационно-технологический Вестник. № 3(05). 2015. С. 15 – 27.
14. Акимкина Э.Э. Развитие и адаптация имитационного и компьютерного моделирования в системах поддержки принятия решений // Современные информационные технологии / сборник трудов по материалам II-ой межвузовской научно-технической конференции 14 сентября 2016 года, г.о. Королев, «МГОТУ» / Под общей науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко // М.: Издательство «Научный консультант». 2016. С. 112-121 (182 с.).
15. Акимкина Э.Э., Аббасова Т.С., Аббасов Э.М. Архитектура системы поддержки принятия решений в задачах оперативного анализа данных // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции (3 апреля 2016 г, г. Саранск). В 2 ч. Ч.2 // Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. С. 6-10 (188 с.).
16. Аббасов А.Э. Аббасов Э.М., Акимкина Э.Э. Эффективность принятия решений в сложных технических системах // Новые информационные технологии в науке: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 апреля 2016 г, г. Киров). В 2 ч. Ч.2 // Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС. 2016. С. 22-24. (194 с.).

УДК 004.6

**Российское и мировое доменное пространство:
итоги и перспективы развития**

Т.Ю. Кирилина, д.с.н., зав. кафедрой гуманитарных
и социальных дисциплин,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область,

Н.А. Кирилина, магистрант 1-го года обучения,

Федеральное автономное образовательное учреждение высшего профессио-
нального образования «Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики», г. Москва

В статье приводятся результаты исследования количества национальных доменных имён на душу населения в разных странах. Особое внимание авторы уделили анализу национальных доменов Российской Федерации. Отмечается, что в технологическом отношении, в сферах применения и использования информационных технологий Россия уверенно следует за развитыми странами и приближается к формированию информационного общества.

Доменное имя, национальные домены, мобильный интернет, интернет-пользователи.

Russian and global domain space: results and prospects

T.Yu. Kirilina, doctor of sociological sciences, the head of the Department of Humanities and social Sciences,

State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,

N.A. Kirilina, Higher School of Economics National Research University, Moscow

The article presents the results of a study of the number of national domain names per capita. Special attention is paid to the analysis of the national domain of the Russian Federation. The authors note that in terms of technology, applications and use of information technologies Russia firmly behind the developed countries and is approaching the development of the information society.

Domain name, internationalized domains, mobile Internet, Internet users.

Современный Интернет невозможен без доменных имён. Домены – средство индивидуализации как физических, так и юридических лиц в сети Интернет. Сегодня любая уважающая себя компания или организация имеет или старается владеть своим сайтом в Интернете с личным доменным именем.

Данные о доменах сохраняются в глобальной системе DNS и при создании учитывают информацию из реестров. Важно подчеркнуть, что регистрация домена и размещение его в DNS – это две взаимосвязанные, но не одинаковые процедуры. Регистрация домена не обязательно подразумевает немедленное его делегирование в систему DNS. Данные о регистрации домена могут быть внесены в реестр, но домен в этом случае может и не быть доступен для системы DNS.

В отличие от доменов общего пользования, национальные домены, могут состоять только из двух букв, соответствующих кодам стран: .RU – для России, .DE – для Германии, .ES – для Испании, .BR – для Бразилии. Национальные домены формируются специально для обозначения стран и зависимых территорий, с целью дальнейшего применения жителями этих стран и территорий. Но не все национальные домены применяются строго по назначению.

На конец 2015 года к Интернету были подключены 3,2 млрд человек, что составляло 43,4% населения земного шара. Вместе с ростом количества веб-пользователей увеличивается и число зарегистрированных доменных имён. Компания Nominet, являющаяся регистратором национального домена Соединенного Королевства .uk, создала карту мира, где размер каждой страны зависит от количества сайтов, использующих её национальный домен в своём адресе [4]. Отметим, что самый популярный домен .com с 123 миллионами регистраций отсутствует на карте, поскольку он не принадлежит ни одной стране и не является национальным доменом.

Несмотря на то, что на первый взгляд многие из континентов и островов выглядят знакомыми, возникает много вопросов. Почему в середине Тихого океана образовался остров огромных размеров? Почему Европа выросла, в то время как Северная Америка сократилась? Что случилось с Африкой?

Наибольшее число регистраций зафиксировано у домена .tk. Не далеко от Ниуэ располагается островная автономия Токелау (под управлением Новой Зеландии). Токелау выделен домен первого уровня .tk. Благодаря этому домену небольшое государство с численностью населения всего 1400 человек получает значительную часть своего бюджета. Это единственный национальный домен, предоставляющий бесплатную регистрацию. Следует отметить, что бесплатная регистрация предусматривает согласие регистрирующего домен на размещение рекламы, а работа домена организована таким образом, что впоследствии вместе с сайтом демонстрируется коммерческая реклама. Количество регистраций .tk исчисляется несколькими миллионами, делая этот национальный домен одним из крупнейших.

Количество сайтов, использующих национальные домены Европы, очень велико из-за высоких темпов внедрения сети Интернет. К примеру, Великобритания является только 21-й страной по численности населения и 78-й – по площади. Но с точки зрения использования Интернета, Великобритания находится на вершине рейтинга. В 2015 году в Соединённом Королевстве примерно четыре взрослых из пяти заходили в Интернет ежедневно, и более трех четвертей покупали товары или услуги через Интернет. Домен .uk насчи-

тывает 10,6 миллионов регистраций. Каждые 20 секунд в доменной зоне .uk регистрируется новое доменное имя.

США, с другой стороны, является аномалией. Несмотря на высокий уровень использования Интернета, электронной коммерции и интернет-инноваций, зафиксирован сравнительно мало регистраций под доменным именем .us, официальным доменом страны. Американцы и американские предприятия, как правило, предпочитают регистрировать сайты под доменом .com, который является самым распространённым доменом верхнего уровня, с более 123 млн. регистрациями.

Малое количество зарегистрированных сайтов под национальными доменами стран Африки объясняется низкими уровнем распространения Интернета. Только 15 процентов населения континента имеют регулярный доступ в сеть Интернет.

Лидерами по числу регистраций являются домены .cn – Китая и .de Германии. Количество регистраций в данных доменных зонах составило 16,810,737 и 16,056,043 доменов второго уровня соответственно.

Германия является одним из европейских лидеров по количеству населения, включенного в сеть Интернет. Национальный домен Германии пользуется высокой популярностью благодаря большой численности населения Германии и либеральным правилам регистрации имен в .de. Домены .de имеют право регистрировать и иностранные граждане, если у них есть представители на территории Германии. Кроме символов латиницы в немецких именах доменов, разрешены немецкие умляуты. Немаловажное значение имеет и развитый вторичный рынок доменов, поддерживаемый крупнейшим игроком этого рынка – компанией Sedo. Существует мнение, что большое количество регистраций в домене .de связано и с тем, что политика регистратуры всячески препятствует удалению имен второго уровня.

Таблица 1 – Число доменных имён в крупнейших национальных доменах верхнего уровня

Место в рейтинге	Национальный домен	Страна	Домены, тыс.	Место в рейтинге	Национальный домен	Страна	Домены, тыс.
1	.tk	Токелау	31300,00	15	.co	Колумбия	2043,60
2	.cn	Китай	18507,13	16	.ch	Швейцария	1994,32
3	.de	Германия	16112,32	17	.es	Испания	1808,84
4	.uk	Соединенное Королевство	10711,10	18	.us	Соединенные Штаты	1713,24
5	.nl	Нидерланды	5617,75	19	.be	Бельгия	1544,37

6	.ru	Россия	5166,02	20	.jp	Япония	1421,49
7	.br	Бразилия	3788,15	21	.se	Швеция	1395,19
8	.au	Австралия	3032,34	22	.dk	Дания	1326,41
9	.fr	Франция	2971,81	23	.at	Австрия	1275,90
10	.it	Италия	2926,33	24	.cz	Чешская Республика	1252,31
11	.pl	Польша	2710,50	25	.za	Южная Африка	1075,81
12	.ar	Аргентина	2600,00	26	.kr	Корея, республика	1037,16
13	.ca	Канада	2463,70	27	.me	Черногория	1025,85
14	.in	Индия	2072,21				

На карте от компании Nominet Россия выглядит значительно меньше своих реальных размеров. В зоне .ru зарегистрировано 5,209,252 доменных имён. Отметим, что при составлении карты не учитывались данные об адресах, зарегистрированных в кириллической зоне .рф и .su, число которых составляет 882,340 и 119,063 соответственно.

В рамках исследования Nominet проведём анализ количества национальных доменных имён на душу населения. Как было видно из карты компании Nominet, большой размер страны и значительная численность населения не гарантирует большое число зарегистрированных доменных имён. Важным показателем выступает число доменов на жителя страны.

Для анализа было выбрано 27 стран с максимальным числом зарегистрированных доменных имён (ccTLD). К крупнейшим ccTLD относятся домены с базой выше одного миллиона доменных имен. Список стран и их национальные доменные имена представлены в таблице 1.

Токелау был исключён из анализа из-за бесплатной регистрации доменного имени, которая сильно искажает результаты. На одного жителя Токелау приходится 22183 доменов в зоне .tk.

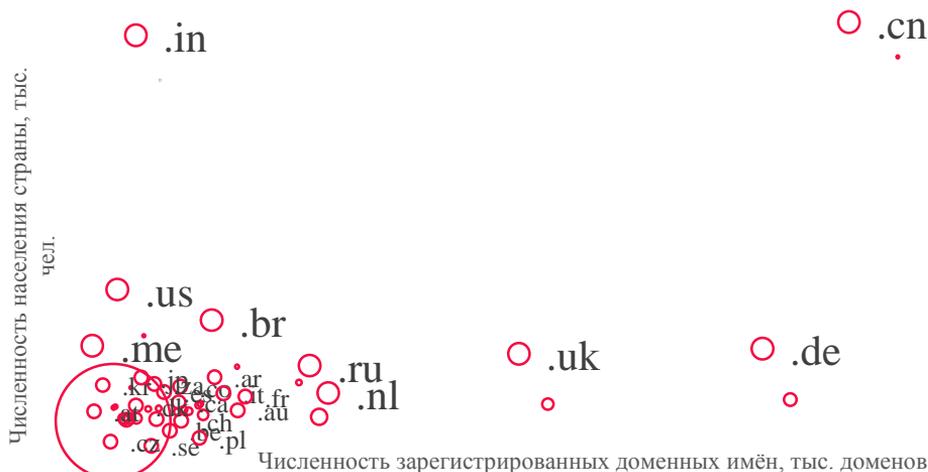


Рисунок 1 – Распределение стран по численности населения, количеству зарегистрированных доменных имён, числу доменных имён на душу населения, 26 стран, 2016 г.

Источник: Домены России

На рисунке 1 диаметр окружности зависит от количества доменов на душу населения. Наименьшее значение количества доменов на 10 тыс. человек населения показала Индия. На 10,000 человек приходится менее 1 домена. Данный результат закономерен, так как согласно данным Всемирного банка в 2015 г. лишь 18% жителей страны пользовались Интернетом.

Несмотря на огромное число зарегистрированных доменов, Китай показал очень низкое количество доменов на 10 тыс. человек населения. На 10 тыс. жителей Китая приходится лишь 100 доменных имён. Это можно объяснить большой численностью населения страны. Такой же результат плотности доменных имён показали США и Япония (100 доменов на 10 тыс. человек населения). Как было сказано выше, в Соединённых Штатах компании предпочитают регистрировать свои сайты в доменной зоне .com, этим объясняется низкое количество доменов на душу населения. Малая плотность доменных имён в Японии определяется правилами регистрации доменного имени. Во-первых, регистрация под доменом .jp гораздо дороже регистраций под другими национальными доменами. Во-вторых, регистрироваться могут только компании, состоящие в японском реестре компаний. Информация на сайте должна быть на японском языке. Таким образом, это становится препятствием и для японских компаний, и, в особенности, для компаний зарубежных.

Германия и Великобритания заметно оторвались от остальных Европейских стран по числу регистраций (рис. 2). На 10,000 жителей Германии и Соединённого Королевства приходится 2 тыс. и 1,6 тыс. доменных имён соответственно. Эти страны занимают 5 и 6 место по числу доменов на 10 тыс. человек населения. Таким образом, здесь зафиксировано большое число регистраций доменов и высокая плотность доменов.

Очень интересный случай представляет пример Черногории, в которой отмечено самое большое число доменных имён на 10 тыс. человек населения. Плотность домена .me составила 165 тыс. доменных имён на 10 тыс. человек населения. Таких высоких результатов Черногория достигла потому, что Me – важное слово в английском языке, означающее, в зависимости от контекста, мне, мой, я. Домен .me позиционируется как первый персональный домен в Интернете. Сайт официальной регистратуры домена (nic.me) встречает пользователя не информацией о Черногории, а слоганом Express yourself (в переводе «найди самовыражение»). Правительство Черногории – формальный администратор домена .me.

Россия продемонстрировала хороший результат по количеству регистраций домена .ru, оказавшись на 6 позиции в рейтинге, опередив Бразилию, Австралию, Францию, Италию. Однако, по плотности доменных имён Россия показала значения ниже среднего, на 10 тыс. человек населения в нашей стране приходится лишь 400 доменных имён. Заметим, что данные о регистрации доменов .рф и .su не были учтены.

Исключим страны со значениями-выбросами, чтобы более подробно рассмотреть распределение остальных стран. Рисунок 2 наглядно иллюстрирует распределение стран по численности населения, количеству регистраций и числу доменов на 10 тыс. человек населения.

В первую очередь бросается в глаза кластер, состоящий из Чешской Республики, Австрии, Дании, Швеции и Бельгии. Данный кластер характеризуется невысоким числом регистраций, малой численностью населения, высокой плотностью доменных имён (от 1200 до 2300 доменных имён на 10 тыс. человек населения).

На фоне остальных стран выделяется .ch – домен Швейцарии с максимальной плотностью доменных имён. Здесь на 10,000 человек приходится 2400 доменов. Швейцария характеризуется высоким уровнем информационных технологий. Подавляющее число населения (87%) пользуется Интернетом. Такая высокая плотность доменов объясняется тем, что зона .ch является общедоступной, и любой желающий, без каких-либо ограничений, может зарегистрировать в ней домен.



Рисунок 2 – Распределение стран по численности населения, количеству зарегистрированных доменных имён, числу доменных имён на душу населения, 16 стран, 2016 г.

Источник: Домены России

Перейдём непосредственно к анализу национальных доменов Российской Федерации, к которым относятся домены .ru, .рф и .su. Домен .ru – национальный домен верхнего уровня России. Домен .рф – уникальный в своём роде домен. Домен .рф – национальный кириллический домен верхнего уровня России. Он стал доступен для навигации в глобальном Интернете 12 мая 2010 года. Отметим, что домен .рф оказался первым национальным кириллическим доменом верхнего уровня в истории Интернета. Домен .su – необычный национальный домен. В 1990 году домен .su был выделен Советскому Союзу. Несмотря на то, что СССР не существует более двух десятков лет, домен .su всё ещё функционирует – настолько мощным оказалось международное правовое наследие СССР.

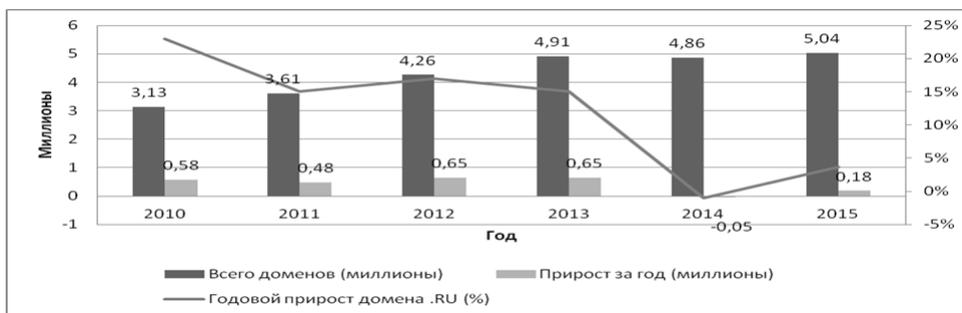


Рисунок 3 – Динамика количества доменов .RU, 2010-2015 гг.

Источник: Домены России

Сайт проекта «Домены России» предоставляет следующие данные о развитии российского Интернета и доменов .RU, .РФ [2]. По итогам 2015 года в .RU насчитывалось 5 041 685 доменных имен, в .РФ – 744 360 имён, в .SU – 103 542 домена. За год число доменных имен в .RU возросло на 180 000 (4%) (рис. 3).

Домен РФ сохранил 16-е место среди ccTLDs Европы, опережая доме-

ны Черногории, Румынии, Венгрии, Украины. При этом домен .РФ является лидером среди национальных доменов верхнего уровня на национальных языках (IDN ccTLDs).

Распределение доменных имен между физическими и юридическими лицами в доменах .RU и .РФ идентично: в .RU 77,5% имен зарегистрировано физическими лицами (в .РФ – 77,0%) и 22,5% – юридическими (в .РФ – 23,0%).

Количество нерезидентов Российской Федерации в домене .РФ за 4 года выросло с 3% в конце 2010 года до 6% в конце 2015 года. Это связано с тем, что до 11 ноября 2011 года в домене .РФ действовало ограничение, в соответствии с которым право на регистрацию домена второго уровня в домене .РФ в первый год открытой регистрации имели только граждане России. В домене .RU количество нерезидентов также подросло – с 12% в 2010 году до 16% в 2015. Это свидетельствует об интересе к доменным именам в российских национальных доменах среди иностранных граждан.

Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) опросил россиян, с каких устройств они выходят в Интернет чаще всего, какова доля интернет-пользователей в России и какие ресурсы они посещают. Исследование показало, что за период 2014-2015 гг. доля интернет-пользователей в нашей стране не претерпела серьезных изменений и осталась на уровне примерно двух третей россиян (65,67% в 2014 г. и 69,34% в 2015 г.) [1]. Наряду с этим, число россиян, выходящих ежедневно в сеть Интернет, каждый год растет. С 2006 по 2015 гг. эта цифра возросла в десять раз (с 4,97% до 52,34%). Каждый пятый россиянин (17,05%) обращается к Интернет-ресурсам несколько раз в неделю или месяц

Ежегодно наиболее активными потребителями контента является молодежь, среди 18-24-летних Интернетом пользуются практически все (96,21%). Также активно выходят в Сеть жители Москвы и Санкт-Петербурга (87,56%), лица с высоким достатком (85,23%), имеющие неоконченное и законченное высшее образование (80,97%).

По оценке ВЦИОМ в отличие от стационарных устройств, переносные гаджеты с каждым годом используются всё активнее. С 2012 по 2015 год доля тех, кто пользуется планшетами для выхода в Интернет возросла в 10 раз (с 4,34% до 40,87%), смартфоном – в 3,5 раза (с 14,88% до 55,45%). Также увеличилась доля лиц, выходящих в Сеть через ноутбуки и нетбуки (с 38,34% до 60,76% в 2015 году). С помощью мобильного телефона пользуется Интернетом каждый третий (33,34%). В то же время, доля лиц, выходящих в Интернет через компьютеры, сократилась с 49% в 2012 году до 45% в 2015. С различной периодичностью просматривают сайты, пользуются социальными сетями и скачивают файлы с компьютеров 73,33% интернет-пользователей, тогда как в 2012 году их доля составляла 77,65%.

По данным Омнибуса GfK, немецкой исследовательской компании, 84 миллиона человек в возрасте от 16 лет и старше являются пользователями Интернета в России [3]. В опросе участвовало 11000 респондентов. В 2014 году 67,5% населения в возрасте старше 16 лет пользовались услугами Интернета,

в 2015 году – 70,4% (рис.4).

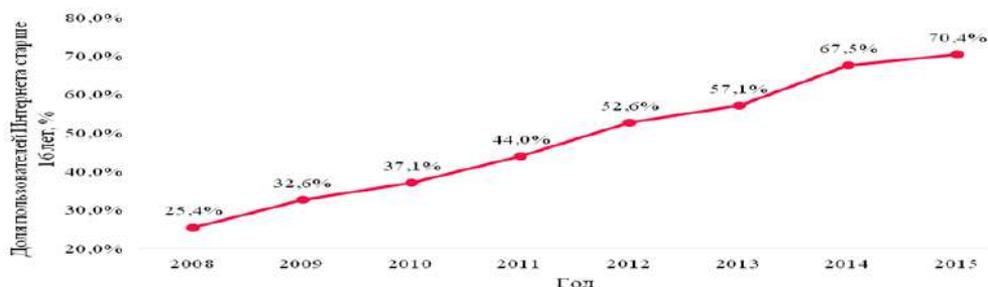


Рисунок 4 – Динамика доли пользователей Интернета старше 16 лет в России, %, 2008 – 2015 гг.

Источник: Омнибус GfK

Активное использование россиянами мобильных устройств и развитие мобильного интернета стало стимулом впечатляющего прироста Интернет-аудитории. Согласно результатам GfK, с 2014 по 2015 гг. более чем в два раза выросло пользование Интернетом со смартфонов. Более трети россиян в возрасте от 16 лет (37,2%) выходили в Интернет со смартфона и каждый пятый (19,2%) – с планшета (в 2014 году – 17,6% и 8,4% соответственно). Также стимулом к развитию мобильного интернета стали его выгодные пакеты телеком-операторов и активное развитие точек Wi-fi.

По данным GfK, проникновение Интернета в молодежную аудиторию (16-29 лет) составило 97% и еще в предыдущие годы достигло предельных значений. Российская молодежь энергично осваивала Интернет с мобильных гаджетов. Самыми активными пользователями Интернета со смартфонов (70%) и планшетов (35%) являются представители возрастной группы с 16 до 29 лет.

Вышеприведенные данные ярко иллюстрируют, что в технологическом отношении, в сферах применения и использования информационных технологий Россия уверенно следует за развитыми странами и приближается к формированию информационного общества.

Литература

1. ВЦИОМ, Пресс-выпуск №2836 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wciom.ru/index.php?id=236&uid=115255> (дата обращения 25.05.2016).
2. Домены России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://statdom.ru/>.
3. Отчёт GfK Group «Проникновение Интернета в России: Итоги 2015 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wciom.ru/index.php?id=236&uid=115255> (дата обращения 30.09.2016).
4. Nominet [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nominet.uk> (дата обращения 25.05.2016).
5. Кирилина Т.Ю. Возможности использования информационных технологий в образовательном процессе. Сборник трудов по материалам II Междуна-

- родной научно-практической интернет-конференции Инновационные технологии в современном образовании // М. Научный консультант. 2015. С. 157-161.
6. Кирилина Т.Ю. Использование современных информационных технологий при изучении социальной реальности. Сборник трудов по материалам Международной научно-практической Интернет-конференции Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании // М.: Научный консультант. 2013. С. 151-159.

ДЛЯ ЗАМЕТОК
