

V Международная научная конференция

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



Санкт-Петербург

Главный редактор: *И. Г. Ахметов*

Редакционная коллегия:

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

Международный редакционный совет:

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

А43 **Актуальные вопросы технических наук** : V Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, февраль 2019 г.) ; [под ред. И. Г. Ахметова и др.]. — СПб : Свое издательство, 2019. — iv, 56 с.

ISBN 978-5-4386-1676-4

В сборнике представлены материалы V Международной научной конференции «Актуальные вопросы технических наук».

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

УДК 62(01)
ББК 30

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Денисенко А.А.

Решение задачи бинарной классификации при помощи свёрточных нейронных сетей с использованием фреймворка Tensorflow 1

Добржинская Т.Ю., Рогова О.С., Фоминова Е.Р.

Рассмотрение модели речевой идентификации, основанной на гласных звуках. 4

Отинчиев А.К., Касенова Л.Г.

Использование Darper C# в программировании. 5

Пикалёв Я.С., Ермоленко Т.В.

Модификация алгоритма Смита – Уотермана для задачи автоматического распознавания слитной речи. 8

Тумилович Р.П.

Разработка программного обеспечения консолидации отчетов по проходным предприятия «Минский метрополитен» 11

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Кочетков В.А., Алымов Н.Л., Бобровский А.Д., Солдатиков И.В.

Методы проектирования радиолинз СВЧ и КВЧ-диапазона 13

Радьков А.В., Малаханов А.А.

Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов. 18

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Ефименко М.С., Клымив С.И.

Проблемы применения и безопасности в беспроводных сенсорных сетях. 24

ЭНЕРГЕТИКА

Беликова М.В.

Перспектива проектного управления в практике работы дистанций метрополитена. 26

Галимуллин Н.Р.

Энергоэффективность светодиодного освещения 29

Perdomo S. R. A.

Opinion: Where the implementation of performance-based blockchain smart contracts fail in the oil and gas industry 30

МЕТАЛЛУРГИЯ

Убайдуллаев А.У.

Анализ процессов производства первичного железа 33

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Балагин Д.В., Балагин О.В., Якушин Р.Ю., Новоселова В.Д.

Оценка качества работы тепловозного дизеля. 35

Солиева Д.А.

Обеспечение качества продукции на современных автомобилестроительных компаниях 38

Халиулин Е. В.

Измерение искривлений и деформаций тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при их холодной гибке с раскатыванием 40

ТРАНСПОРТ**Миров Б. К.**

Экологическая эффективность применения сжиженного углеводородного газа на автомобильном транспорте в качестве моторного топлива 45

АРХИТЕКТУРА**Пушкарева А. С.**

Комфортная городская среда: дворовые пространства 48

ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**Проконова Е. В.**

Орнаментальная композиция как способ получения различного визуального восприятия моделей одежды 50

САПР И ГРАФИКА**Ульянов Р. С., Шиколенко И. А.**

Перспективы применения комплексного подхода к процедуре проектирования систем освещения с учетом смежных стадий жизненного цикла 53

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Решение задачи бинарной классификации при помощи свёрточных нейронных сетей с использованием фреймворка Tensorflow

Денисенко Алексей Александрович, разработчик программного обеспечения
ИП Денисенко Алексей Александрович (г. Киев, Украина)

В данной статье рассматривается задача классификации кошек и собак при помощи построения свёрточной нейронной сети, с использованием фреймворка Tensorflow.

Ключевые слова: свёрточная нейронная сеть, Tensorflow, классификация, машинное обучение.

Классификация является, неотъемлемой, частью жизни каждого из нас. Изо дня в день человеческий мозг классифицирует множество вещей с невероятной точностью и

простотой. Но если говорить о компьютере, то эта задача уже не такая и тривиальная. К примеру, как, с помощью компьютера можно отличить апельсин от лимона?



Рис. 1. Лимон и апельсин

Если использовать обычные условные операторы, возможно, понадобится тысяча условий, чтобы в точности отличить лимон от апельсина. Нужно принять во внимание и цвет и размер, форму, узор на кожуре и так далее. Но, с

такой задачей, без проблем может справиться натренированная нейронная сеть. Одна из популярных задач классификации — классификация ирисов [1].



Рис. 2. Ирис Versicolor и Ирис Virginica

Всего по четырем уникальным параметрам (длина и ширина чашелистика, длина и ширина лепестка), можно классифицировать ирисы. Конкретно задачу классификации изображений решают при помощи свёрточных нейронных сетей.

Свёрточная нейронная сеть (англ. convolutional neural network, CNN) — специальная архитектура искусственных нейронных сетей, предложенная Яном Лекуном в 1988 году и нацеленная на эффективное распознавание изображений, входит в состав технологий глубокого обучения (англ. deep learning) [2]. Название архитектура сети получила из-за наличия операции свёртки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения умножается на

матрицу (ядро) свёртки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения.

Рассмотрим, как с помощью свёрточной нейронной сети можно решить задачу классификации кошек и собак. Для построения сети будет использоваться фреймворк tensorflow.

Исходный набор данных нужно подготовить перед обработкой, так, все изображения нужно сделать серыми и уменьшить до размера 70x70 пикселей. Таким образом обучение нейронной сети будет происходить быстрее, и мы не будем без надобности использовать ресурсы операционной системы.

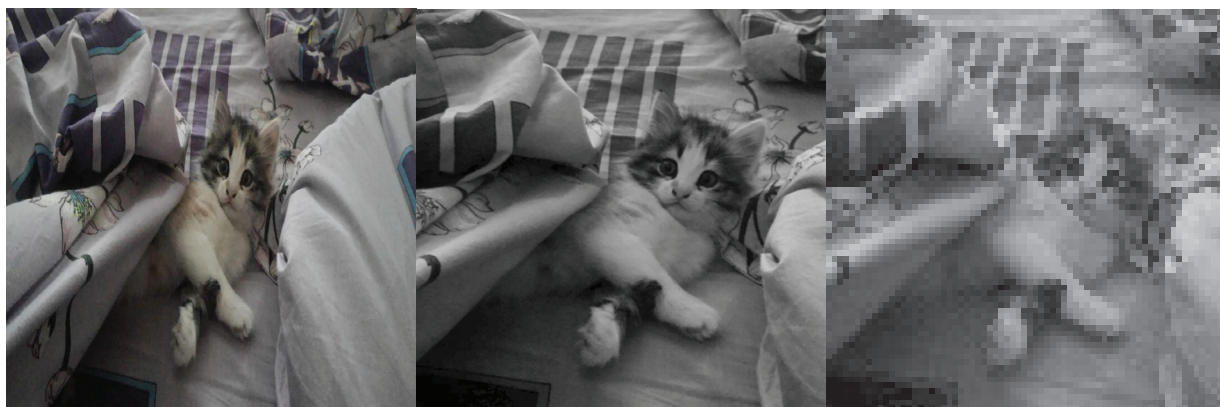


Рис. 3. Этапы предварительной обработки изображения (слева на право: исходное, с оттенками серого, уменьшенное до 70x70 пикселей)

Топология сети. Так как данная задача относится к категории двоичной классификации — задача классификации элементов множества в две группы, то у нас всего два входных нейрона.

Опытным путем был подобран скрытый слой. В целом, в процессе проведения опыта, были перепробованы сле-

дующие комбинации: 1, 2 или 3 свёрточных слоя, в каждом из которых 32, 64 или 128 нейронов для каждого из которых использовались 0, 1 или 2 слоя субдискретизации. Результаты опытов показали, что наилучшие результаты показывают сети с тремя свёрточными слоями, без использования слоя субдискретизации (рис. 4).

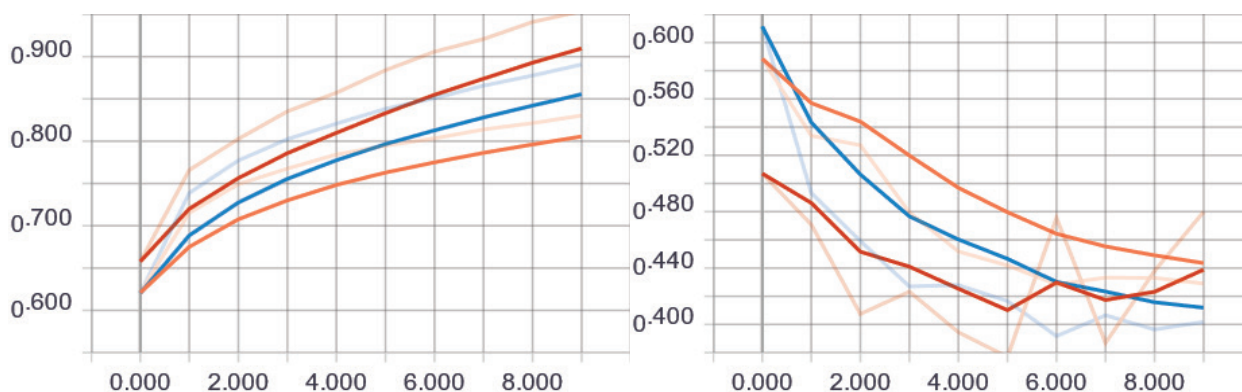


Рис. 4. Точность предсказания (слева) и процент ошибки сетей (справа)

Несмотря на то, что наилучшую точность предсказания показала сеть с тремя свёрточными слоями и 128 нейронами (красная линия). Наименьший процент ошибки

имеет сеть с тремя свёрточными слоями и 64 нейронами (синяя линия).

Скалярный результат каждой свертки попадает на функцию активации, которая является некой не линейной

функцией. Данная функция может быть любой. Но традиционно для данной задачи использовались функции типа гиперболического тангенса $f(x) = \tanh x$, $f(x) = |\tanh x|$, или сигмоиды $f(x) = (1 + e^{-x})^{-1}$. Но в 2000х годах была предложена и исследована новая функция активации — ReLU (rectified linear unit) [3], которая позволила существенно ускорить процесс обучения и одновременно упростить вычисления (за счет простоты самой функции), что означает блок линейной ректификации, вы-

числяющий функцию $f(x) = \max(0, x)$. То есть, по сути, это операция отсечения отрицательной части скалярной величины. По состоянию на 2017 год эта функция и её модификации (Noisy ReLU, Leaky ReLU и другие) являются наиболее часто используемыми функциями активации в глубоких нейросетях, в частности, в свёрточных. Мы же будем использовать обычную ReLU функцию в решении данной задачи.

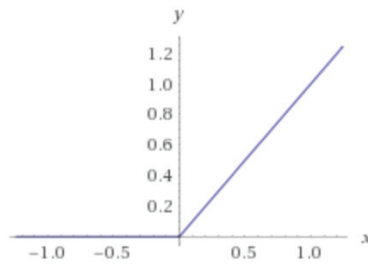


Рис. 5. График rectified linear unit функции

Для выходного слоя, нужно предварительно провести субдискретизацию. Слой пулинга или субдискретизации представляет собой не линейное уплотнение карты признаков, при этом группа пикселей (обычно размера 2×2) уплотняется до одного пикселя, проходя не линейное преобразование. Основная идея пулинга заключается в том, что если на предыдущей операции свертки уже были выявлены некоторые признаки, то для дальнейшей обработки настолько подробное изображение уже не нужно, и оно уплотняется до менее подробного.

Активационной функцией для слоя пулинга была выбрана сигмоида. Сигмоида — это гладкая монотонная возрастающая нелинейная функция, имеющая форму буквы

«S», которая часто применяется для «сглаживания» значений некоторой величины. Часто под сигмоидой подразумевают логистическую функцию $\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$.

Для обучения сети использовался набор данных, состоящий из 22451 изображения, валидация, в свою очередь, происходила на 2495 изображениях.

Результаты данного эксперимента показали, что наилучшим образом с задачей классификации кошек и собак, по изображениям, справляется нейронная сеть с тремя свёрточными слоями, в каждом из которых 64 нейрона, активационная функция — ReLU. В ходе эксперимента была получена модель нейронной сети, способная определить кошка на изображении или собака с точностью 87% (рис. 6).

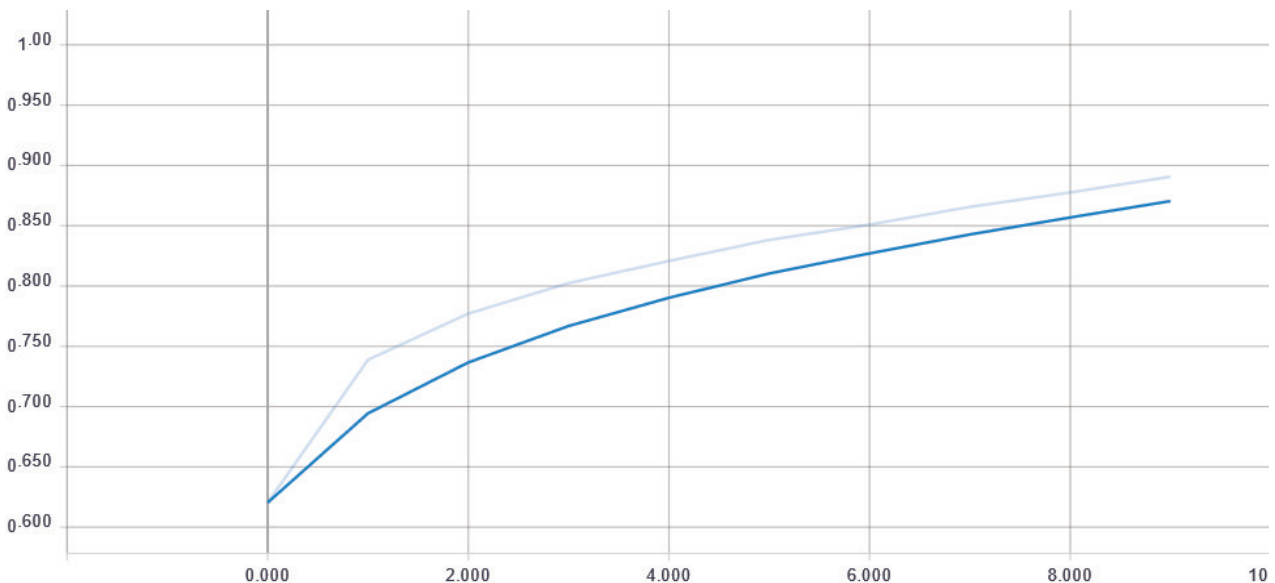


Рис. 6. Точность полученной модели сети

Литература:

1. Fisher, R. A. (1936). «The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems». *Annals of Eugenics*. 7: 179–188.
2. Y. LeCun, B. Boser, J.S. Denker, D. Henderson, R.E. Howard, W. Hubbard and L.D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, *Neural Computation*, 1 (4):541–551, Winter 1989.
3. Hahnloser RH, Sarpeshkar R, Mahowald MA, Douglas RJ, Seung HS. 2000. Digital selection and analogue amplification coexist in a cortex-inspired silicon circuit. *Nature*. 405 (6789):947–51.

Рассмотрение модели речевой идентификации, основанной на гласных звуках

Добржинская Татьяна Юрьевна, аспирант;
Рогова Олеся Сергеевна, аспирант;
Фоминова Екатерина Романовна, аспирант
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

В данной статье рассмотрена тема об использовании метода распознавания речи как одного из способов идентификации. Речь состоит из двух компонентов — это голосовые и шумовые источники звука. Используя один из компонентов образования речи и была подробно рассмотрена модель речевой идентификации, которая основана на гласных звуках.

Ключевые слова: информационная безопасность, речевая идентификация, модель речевой идентификации.

В нашем мире тяжело представить жизнь без современных технологий. Одна из таких технологий связана с возможностью управлять электронными системами голосом. Крупные компании уделяют внимание данному направлению, так как голос — это уникальный слепок человека, как и отпечатки пальцев. По голосу можно идентифицировать человека, понять его настроение.

Речь как инструмент управления состоит из следующих компонентов: синтез, распознавание, понимание. Для того, чтоб понимать речь необходимо грамматические и фонетические знания языка. Анализ синтеза речи основан на модели излучении звуковых волн речевого сигнала.

В речеобразовании существуют голосовые и шумовые источники звуков. Голосовые — основаны на тонах речи при колебании голосовых связок. Такие звуки делятся на гласные и согласные. Гласные звуки построены на частотах основного тона. Шумовые — основаны на дыхании человека (выдох воздуха из лёгких во время разговора).

Построим модель, преимущественно основанную на гласных звуках, где входной сигнал $x(t)$ основан на голосовых связках, проходящий через речевой резонатор N -е и выходящий через речевой сегмент $y(t)$. Из этих условий получаем математическую модель, сумма амплитуд гармоник которой проходит через резонансную систему

$$S(t) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n(t) \sin((n+1) \int_0^t \omega_0(\tau) d\tau + \varphi_n)$$

где: $n=0, 1, 2, \dots$ — номер гармоники основного тона;
 A_n — амплитуды гармоник;
 ω_0 — частота основного тона, рад/сек;

$j\pi$ — начальная фаза гармоник;
 $S(t)$ — конечный продукт генеративной и резонансной системы.

Таким образом, имея только выходной сигнал $S(t)$, необходимо рассчитать резонансные и генеративные составляющие.

Для этого необходимо разложить сигнал в квазигармоничный спектр и выбрать в нём составляющую соответствующей частоте тона.

$$T_{L,N} = SSA(S_N), \quad S_N = \sum_{i=1}^L T_{iN}, \quad L < N. \quad (1)$$

Проводя сравнение с методами классической оценкой частоты основного тона речи, задача (1) прямо пропорциональна задаче генерации кандидатов искомого периода основного тона, но в отличие от кросскорреляционных подходов тут происходит создание заранее известных функций.

Таким образом $T_{L,N}$ вместе с начальным сигналом S_N на входе системы осуществляя выбор функции из основного тона речи. Набор параметров на выходе данной системы, показывающих частоту тона речи в виде A_{mp} — сигнальная амплитуда, F_0 — характеристика частоты и T_{0N} — трека функции. Выбор квазигармонической составляющей соответствующей частоте основного тона речи формализуем некоторой функцией выбора:

$$(T_{0N}, F_0, Amp) = \text{SELECTOR}(T_{L,N}, S_N) \quad (2)$$

Исходя из этого процесс протекающий в блоке постобработки типовых оценок, в селекторе (2) срабатывает правило решающего отбора идеального кандидата с уточнением последующего значения частоты тона речи.

$$\begin{cases} T_{L,N} = SSA(S_N); \\ (T0_N, F0, Amp) = \text{SELECTOR}(T_{L,N}, S_N). \end{cases} \quad (3)$$

Следовательно, соединив (1), (2) модель возможно описать концепции сингулярного оценивания. Тогда, если (3) это производная равенства (1) и определяется решением задачи разложения сингулярного спектрального временного ряда из одномерного в многомерный, то для производной равенства (2) требуется дополнительное рассмотрение.

Литература:

1. Вольф, Д. А. Построение математической модели селектора сингулярного эстиматора мгновенной частоты основного тона речи // Технические науки — от теории к практике: сб. ст. по матер. XLI междунар. науч.-практ. конф. № 12 (37). — Новосибирск: СибАК, 2014.
2. Абляев, С. В. Управление человеческими ресурсами на основе компьютерных технологий / С. В. Абляев. — М.: Финансы и статистика, 2006.
3. Мельников Защита информации в компьютерных системах / Мельников, Викторovich Виталий. — М.: Финансы и статистика; Электронинформ, 2008.
4. Соколов, А. В. Защита информации в распределенных корпоративных сетях и системах / А. В. Соколов, В. Ф. Шаньгин. — М.: ДМК Пресс, 2002.

Используя данную модель, основанную на гласных звуках, можно построить более совершенную модель для речевой идентификации, которая может использоваться в разных областях современной жизни, таких как информационная безопасность, сферы обслуживания, торговли и т. п. Немаловажная особенность и уникальность технологии речевого распознавания и управления это неоценимая помощь людям с ограниченными возможностями.

Использование Dapper C# в программировании

Отинчиев Асет Кайратович, студент магистратуры;
Касенова Лейла Галимбековна, кандидат педагогических наук, и. о. доцента
Казахский университет экономики, финансов и международной торговли (г. Астана)

В данной статье рассматривается проблема обработки больших данных в современных системах. Возможность использования инновационной программы для качественной, быстрой и легкодоступной системы.

Ключевые слова: sql, C#, кросс-платформенность, open source, CRUD методы.

Using Dapper C# in programming

This article presents the problems of big data processing in modern systems. The ability to use innovative programs for high-quality, fast and easily accessible system.

Keywords: sql, C#, cross-platform, open source, CRUD methods

Dapper ASP.NET CORE — инструмент созданный компанией Stack Exchange, который преобразует результаты sql запросов с классами C#. У Dapper есть схожести с Entity Framework. Благодаря своему малому весу Dapper предоставляет высокую производительность и позволяет выполнять запросы быстрее, чем EF Core, а так же быстрее Entity Framework в 10 раз (Рис 1). Dapper применяется в работе сайта stackoverflow.com, на котором разработчики со всего мира могут задавать ответы по программированию и получать качественные ответы.

Платформа ASP.NET Core технология от компании Microsoft, предназначенную для создания веб-приложений: от простых веб-сайтов до огромных веб-порталов и веб-сервисов.

ASP.NET Core представляет собой следующим этапом развития платформы ASP.NET. Но с другой стороны, это не просто очередной релиз. Появление ASP.NET Core в действительности означает революцию всей платформы, ее качественное изменение. Создание платформы началась еще в 2014 году. Первое название платформы условно называлась ASP.NET vNext. В июне 2016 года вышел первый релиз платформы. А в мае 2018 года вышла версия ASP.NET Core 2.1. ASP.NET Core теперь полностью является opensource-фреймворком.

В качестве инструментария разработки мы можем использовать последние выпуски Visual Studio, начиная с версии Visual Studio 2015. Кроме того, мы можем создавать приложения в среде Visual Studio Code, которая яв-

Method	Duration	Remarks
Hand coded (using a SqlDataReader)	47ms	Can be faster
Dapper ExecuteMapperQuery	49ms	
ServiceStack.OrmLite (QueryById)	50ms	
PetaPoco	52ms	
BLToolkit	80ms	
SubSonic CodingHorror	107ms	
NHibernate SQL	104ms	
Linq 2 SQL ExecuteQuery	181ms	
Entity framework ExecuteStoreQuery	631ms	

Рис. 1. Сравнение скоростей

ляется кросс-платформенной и может работать как на Windows, так и на Mac OS X и Linux. Для обработки запросов теперь используется новый конвейер HTTP, который основан на компонентах Katana и спецификации OWIN. А его модульность позволяет легко добавить свои собственные компоненты. Если суммировать, то можно выделить следующие ключевые отличия ASP.NET Core от предыдущих версий ASP.NET:

Переработанный легковесный и модульный конвейер HTTP-запросов

Возможность развертывать приложение как на IIS, так и в рамках своего собственного процесса

Использование пакетов платформы через NuGet
Единый стек веб-разработки, сочетающий Web UI и Web API
Конфигурация для упрощенного использования в облаке

Встроенная поддержка для внедрения зависимостей
Расширяемость

Кроссплатформенность: возможность разработки и развертывания приложений ASP.NET на Mac, Windows и Linux

Развитие как open source, открытость к изменениям

Для работы нужно подключить в Nuget Dapper (Рис 2)

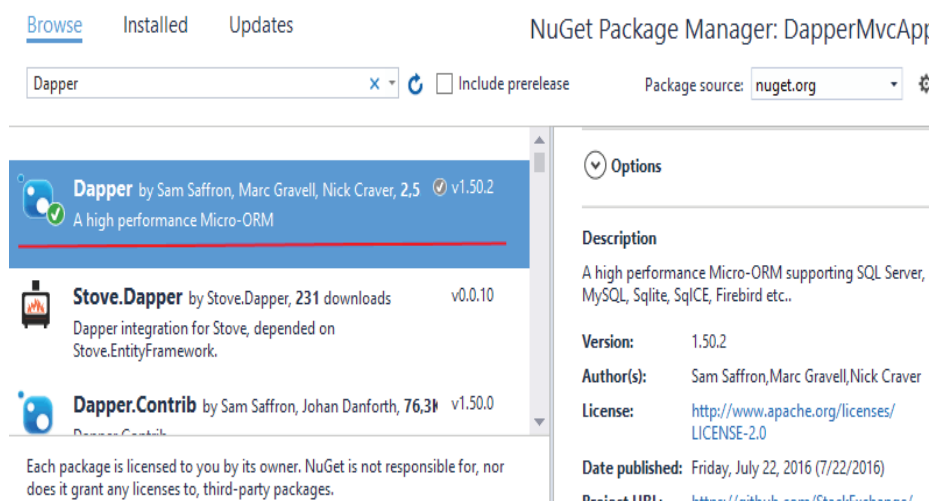


Рис. 2. Nuget Dapper

Проект можно разделить по папкам для оптимальной работы (Рис 3), Content используется для хранения фотографий и файлов HTML & CSS, Controller центральный компонент в архитектуре проекта, отвечающий за вводом пользователя, обработкой данными и возврату результата, Helpers методы которые часто вызываются, для того

чтобы не писать огромный код каждый раз, его можно создать как хелпер и вызывать его, данная механика убирает лишние строки кода, requests это DTO (DTO это Data Transfer Object — шаблон проектирования, использующийся для передачи информации между подсистемами приложения) которые принимают данные с FrontEnd, Do-

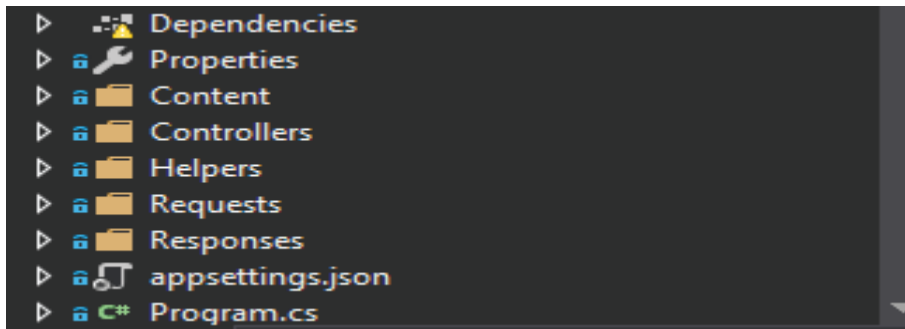


Рис. 3.

main Models модели принимаемых данных, Repositories классы которые содержат запросы к базе MsSql.

В Dapper можно использовать CRUD методы (Create, Read, Update, Delete).

Существуют специальные запросы, которые могут ускорить процесс сбора данных и комфортного чтения кода.

Рассмотрим на модели User:

```
[Table («Project. Department_User»)]
```

```
public class ProjectsUsers
{
    public Guid Id {get; set;}
    public string FirstName {get; set;}
    public string LastName {get; set;}
    public int Age {get; set;}
    public string Grade {get; set;}
}
```

Примеры Read:

```
public IEnumerable< ProjectsUsers > List ()
{
    var sql = «SELECT * FROM Project. Department_
User «
    return Connection. Query< ProjectsUsers > (sql);
}

public IEnumerable< ProjectsUsers > List ()
{
    Return Connection. GetAll< ProjectsUsers > ();
}
```

В данном случае мы можем увидеть, что в первом примере создается переменная sql в которую мы записываем запрос в базу данных, названия таблиц может быть довольно длинными и нечитабельными

Во втором примере наглядно видно, что вызывается метод GetAll (), этот запрос записан в библиотеке Dapper, данная форма вызова оптимальна, читабельна для разработчика и требует меньше строк кода, что может сыграть на скорости выполнения задач.

Примеры Update:

```
public void Update (ProjectsUsers users)
{
    var sql = @«
    UPDATE Project. Department_User
    SET firstName = @firstname,
        lastName = @lastName,
        age = @age,
        grade = @grade
    WHERE id = @id «;
}
return Connection. Execute (sql);
```

```
public void Update (ProjectsUsers users)
{
    Connection. Update (users);
}
```

При обновлении таблицы Project. Department_User заметно как отличаются запросы к базе данных, в первом примере мы вводим каждую строку из модели ProjectsUsers и таких моделей может быть множество, что может сказаться на быстродействии, во втором примере все просто написано в одну строку.

Dapper на данный момент один из самых удобных инструментов для работы с большими данными, прост в освоении, универсальный для API, высокопроизводительный, скоростной и легковесный ORM.

Литература:

1. Kevin Davis, Notoriously Dapper: How to Be a Modern Gentleman with Manners, Style and Body Confidence Paperback.
2. Ben Albahari, C# 6.0 in a Nutshell: The Definitive Reference.
3. Maheshwari, Data Analytics Made Accessible.
4. Simon, Too Big to Ignore: The Business Case for Big Data

Модификация алгоритма Смита – Уотермана для задачи автоматического распознавания слитной речи

Пикалёв Ярослав Сергеевич, аспирант
Институт проблем искусственного интеллекта (г. Донецк)

Ермоленко Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, зав. кафедрой
Донецкий национальный университет

В данной работе рассмотрен классический и модифицированный алгоритм Смита-Уотермана. Выполнено их сравнение в задаче улучшения результата автоматического распознавания слитной речи. Выделены преимущества и недостатки модифицированного алгоритма. Описаны общие недостатки, присущие алгоритму Смита-Уотермана при автоматическом распознавании речи.

Ключевые слова: автоматическое распознавание речи; динамическое программирование; локальное выравнивание; WER.

Алгоритм Смита-Уотермана [1], являющийся алгоритмом парного выравнивания (sequence alignment), как правило, применяется в сфере биоинформатики для нахождения сходств (локальное выравнивание) между ДНК. Помимо задач из сферы биоинформатики данный алгоритм можно применять для нахождения последовательностей, которые, как предполагается, имеют сходство. При этом природа элементов последовательностей может быть различной. Т. е. алгоритм Смита-Уотермана находит локальные паттерны с высоким уровнем сходства. В рамках автоматического распознавания речи алгоритм Смита-Уотермана применяют для сравнения строк — эталонной и строки текста, полученной в результате распознавания устной речи, что позволяет исправлять ошибки при распознавании.

Описание классического алгоритма Смита-Уотермана

В рамках алгоритма Смита-Уотермана нахождение оптимального выравнивания сводится к решению задачи динамического программирования. Входные данные: последовательности символов $q1$ (эталон), $q2$ (последовательность, подаваемая на сравнение после распознавания), длиной n и m соответственно; $score_match$ — размер «поощрения», добавляемое каждый раз при совпадении элементов последовательностей $q1$ и $q2$; $score_pen$ — размер штрафа, добавляемый за несовпадение элементов последовательностей $q1$ и $q2$.

Промежуточные переменные — матрица оценок $M = \{m(i, j)\}_{i=1, j=1}^{m+1, n+1}$, элементы которой соответствуют накопленным очкам, добавляемым в результате поощрения или штрафа в ходе сравнения последовательностей $q1$ и $q2$.

Классический алгоритм Смита-Уотермана состоит из следующих этапов.

1. Инициализация: элементам первой строки и первого столбца матрицы M присваивается нулевое значение, определяются значения поощрений и штрафов.

$$m(1, j) = 0 \text{ для } j = 1, \dots, n+1; m(i, 1) = 0 \text{ для } i = 1, \dots, m+1.$$

$$score_match = 2; score_pen = -1.$$

2. Вычисляются элементы матрицы M :

$$m(i, j) = m(i-1, j-1) + score, \quad (1)$$

$$\text{где } score = \begin{cases} score_match, & \text{если } q1(j) = q2(i) \\ score_pen, & \text{если } q1(j) \neq q2(i) \end{cases}.$$

3. Обратный ход для поиска локальных паттернов с высоким уровнем сходства (трассировка). Трассировку нужно начинать с $m(i_1^*, j_1^*)$ — элемента матрицы M с максимальным значением. Итеративно получаем последовательность индексов элементов матрицы M . На итерации l ищется максимальный элемент среди соседних элементов с $m(i_l^*, j_l^*)$:

$$(i_l^*, j_l^*) = \arg \max \left(m(i_{l-1}^*, j_l^* - 1), m(i_{l-1}^* - 1, j_{l-1}^*), m(i_{l-1}^* - 1, j_{l-1}^* - 1) \right). \quad (2)$$

Последней является итерация k , если $m(i_k^*, j_k^*) = 0$.

Выходными данными алгоритма (результатом выравнивания) является подпоследовательность эталонной последовательности $q1$, содержащаяся в последовательности $q2$:

$$q1(j_k^*), q1(j_{k-1}^*), \dots, q1(j_1^*). \quad (3)$$

Рисунок 1 демонстрирует результат обратного хода.

-		К	Н	И	Г
-	0	0	0	0	0
К	0	2	1	0	0
Н	0	1	4	3	2
И	0	0	3	6	5
Г	0	0	2	5	8
А	0	0	1	4	7

Рис. 1. Результат обратного хода для q2 «книга» и q1 «книг»

Описание модифицированного алгоритма Смита-Уотермана

Недостатком классического алгоритма Смита-Уотермана является тот факт, что для ряда задач, таких как выравнивание результатов распознавания речи, результатом выравнивания может стать не слово, а лишь его часть, в то время как модифицированный алгоритм позволяет этого избежать. Для вышеописанной задачи эталон, $q1$, состоящий из единой строки, образуется посредством считывания множества массивов текстовых объектов, отделённых друг от друга в строке знаком пробела («», *delimiter*). Таким образом, известно, что начало и конец последовательностей строк отделяются символом пробела. Модифицированный алгоритм Смита-Уотермана отличаются следующим.

1. Используем алгоритм трассировки из классического алгоритма, но запоминаем начало (*beg_query*) и конец (*end_query*) совпадения в исходных данных, а также ищем не одно максимальное, а p -максимальных, в том случае, если есть несколько вхождений с одинаковыми максимальными оценками.

$$beg_query = pos(q1(j_k^*)); end_query = pos(q1(j_1^*)). \quad (4)$$

2. Если *beg_query* не является первым символом строки $q1$, то проверяем является ли *beg_query*-1 символом *delimiter*. Если да, то началом результата выравнивания является *beg_query*. Иначе — сдвигаем начало результата выравнивания, на предыдущий символ, пока не встретим *delimiter* или не попадём на первый символ.

3. Если *end_query* не является концом строки $q1$, то проверяем является ли *end_query*+1 символом *delimiter*. Если да, то концом результата выравнивания является *end_query*. Иначе — сдвигаем конец результата выравнивания на следующий символ, пока не достигнем *delimiter* или конца строки $q1$.

4. В случае, если в результате выравнивания имеются несколько вхождений с одинаковыми максимальными оценками — выполняем для каждого паттерна шаги 2, 3. Затем выбираем вхождение с наименьшим количеством символов.

Эксперимент выравнивания для результатов распознавания речи

Эксперимент проводился для выравнивания результатов распознавания речи. Данная система распознавания речи основана на статистическом моделировании: акустическая модель обучена с использованием GMM-НММ (гауссовых смесей на основе скрытых Марковских моделей) подхода [2] с применением дискриминационного обучения, а также глубоких нейронных сетей. Языковая модель построена с использованием 3-gram (общее количество 1-gram: 410191; 2-gram: 5347632; 3-gram: 3899721) на текстах, извлечённых из дампа Википедии, а также из новостных лент; словарь использовался на основе 1-gram из языковой модели. В качестве обучающих данных использовался исправленный корпус VoxForge, общая продолжительность аудио составляет около 15 ч. В качестве тестовых данных использовались аннотированные записи 2 мужских дикторов (по 200 аудиозаписей для каждого диктора; текст один и тот же).

Результаты распознавания, а также выравнивания их результатов отображены в табл. 1, где *WER* — процент верно распознанных слов; *SER* — процент верно распознанных предложений (фраз); *sw_o* — правка результатов распознавания при помощи классического алгоритма Смита-Уотермана; *sw_m* — правка результатов распознавания при помощи модифицированного алгоритма Смита-Уотермана; *dict1*, *dict2* — 1-й и 2-ой дикторы. Помимо этого, в табл. 2 приведены примеры распознавания и соответствующих правок, где *source_right* — оригинальная последовательность слов (что распознавалось); *target* — результат распознавания.

Таблица 1. Результаты распознавания и их выравниваний

	WER (target)	SER (target)	WER (sw_o)	SER (sw_o)	WER (sw_m)	SER (sw_m)
dict1	37.26 %	77 %	14.25 %	34 %	4.62 %	15 %
dict2	40.89 %	83.5 %	21.19 %	47 %	6.73 %	25 %

Таблица 2. Примеры результата распознавания и последующих выравниваний

source_right	dict1(target)	dict2(target)	dict1(sw_o)	Dict2(sw_o)	dict_1(sw_m)	dict2(sw_m)
молох	запах	мало	задач	моло	задачах	Молох
об интеллекте	интеллекте	пол интеллекте	интеллекте	об интеллекте	интеллекте	Об интеллекте
автоматическое распознавание речи	автоматического распознавания речи	автоматического распознавания речи	автоматического распознавания речи	автоматического распознавания речи	автоматического распознавания речи	автоматического распознавания речи

Заключение

Таким образом, модифицированный алгоритм Смита-Уотермана не ограничен длиной строки, а также показывает более высокую точность выравнивания по сравнению с классическим; из недостатков можно выделить тот факт, что данный алгоритм менее быстроедейственный из-за наличия дополнительных операций.

Также, можно выделить общие недостатки, которые присущи как классическому, так и модифицированному алгоритму Смита-Уотермана:

1) В случае, если в target кол-во несоответствий с source (последовательность исходных данных) составляет $\geq 70\%$, то результат выравнивания не даст улучшения.

2) В случае, если в source есть сложное слово (более одного корня), а в target вместо одного сложного слова находятся два слова, одно из которых не соответствует одному из корней $\geq 70\%$. Тогда, если в множестве source есть похожее вхождение одного из двух слов — результат выравнивания может быть неверным.

3) Проблемы с падежами, родом, временем и т. п. В том случае, если в source встречается последовательность слов, отличающаяся вышеописанными признаками, при условии, что target задан только этой проблемной последовательностью, то выравнивание не даст улучшения. Пример: source_right — “автоматическое распознавание речи”; source_false (неверный вариант из последовательности source) — “методы автоматического распознавания речи”; sw_m — “автоматического распознавания речи”.

4) В случае, если падеж, род, время target не соответствуют source_right и такая последовательность встречается в других вхождениях source, то выравнивание не даст улучшения. Например: source_right — “нейронные сети”; source_false — “подход к определению параметров нейронной сети”; sw_m — “нейронной сети”.

5) Если в результате распознавания пропущено слово, как правило, являющееся коротким словом, то при выравнивании это слово не будет учитываться. Пример: source_right — “об интеллекте”; target — “интеллекте”; sw_m — «интеллекте».

Стоит отметить, что недостатки, описанные в пунктах 3, 4, 5 могут быть устранены за счёт внедрения меток начала и конца (например, «<<» и «>>») с соответствующими изменениями в модифицированном алгоритме Смита-Уотермана.

Литература:

1. Smith, T. F., Waterman M. S. Comparison of biosequences //Advances in applied mathematics. — 1981. — Т. 2. — №. 4. — с. 482–489.
2. F. Jelinek. Statistical methods for speech recognition // MIT Press. 1997. p. 283.

Разработка программного обеспечения консолидации отчетов по проходным предприятия «Минский метрополитен»

Тумилович Роман Петрович, студент магистратуры;

Научный руководитель: Шульдова Светлана Георгиевна, кандидат технических наук, доцент
Минский инновационный университет (Беларусь)

Ключевые слова: формирование отчетов, построение алгоритма, язык программирования Python.

Предмет исследования: Государственное предприятие «Минский метрополитен».

Объект исследования: Формирование отчетов по событиям проходных предприятия «Минский метрополитен».

Цель работы: Разработка программного продукта консолидации отчетов по событиям проходных предприятия».

Краткое содержание: Выпускная квалификационная работа состоит из 3 разделов: Введение, Основная часть, Заключение.

Во введении отражена цель выпускной квалификационной работы, и обоснована необходимость разработки программного продукта.

В аналитической части выпускной квалификационной работы приведено описание объекта управления, раскрывается экономическая сущность решаемых задач, а так же дается обоснование проектных решений по выбору технического, программного и информационного обеспечения.

В заключении подводятся выводы о полученных результатах работы и полноте решения выбранной проблемы.

В настоящее время автоматизированные системы контроля доступа находят все большее применение на предприятии, где используются для повышения безопасности объектов, сохранности материальных ценностей и обеспечение дисциплины и порядка. Автоматизированные системы контроля доступа позволяют исключить человеческий фактор при проверке пропусков и регистрации рабочего времени сотрудников, практически сводя на нет вероятность ошибок и злоупотреблений. Защита материальных ценностей реализуется через разрешения доступа сотрудников только в те помещения, где он имеет право находится в соответствии с его служебными обязанностями, и только в положенное ему время. Обеспечение дисциплины осуществляется путем контроля всех перемещений сотрудников по территории предприятия, формирование отчета об опоздавших, не вышедших на работу или ушедших с работы, могут формироваться как ежедневно, так и за любой промежуток времени.

Целью данной работы является проектирование и разработка программы для консолидации отчетов по событиям журналов регистрации проходных предприятия «Минский метрополитен».

Объектом исследования является государственное предприятие «Минский метрополитен»

Тема данной работы является актуальной для предприятия, так как внедрение данного программного продукта позволит:

- сократить трудозатраты, требуемые для получения отчетов;
- избежать ошибки, которые возникают в процессе выборки данных для ручного формирования отчетов;
- сократить время, необходимое для получения отчетов;
- повысить степень автоматизации получения еженедельных и ежемесячных отчетов и отчетов по требованию.

Под отчетами по требованию подразумевается отчет, где диапазон дат задается по требованию руководителя структурного подразделения.

Для выполнения данной разработки решены задачи:

- проанализирован процесс формирования отчетов в ручном режиме;
- ознакомление с деятельностью предприятия;
- выявлены направления автоматизации и сформулированы функциональные требования к проектируемому программному продукту;
- разработан проект программного продукта;
- реализован проект программного продукта;
- проведено технико-экономическое обоснование;

Основная часть

Объектом исследования при разработке автоматизированного рабочего места являются наиболее трудоемкие функции, выполняемые сотрудником отдела АСУ — сбор и консолидация отчетных данных по установленным порядком проходов сотрудников и посетителей на территорию объекта.

В настоящее время для выполнения этих задач, сотрудник формирует отчеты по каждой проходной в программах Регсо и Декагон в виде файлов программы Microsoft Excel. По имеющимся проходным предприятия (4 проходные). Затем имеющиеся отчеты (4 файла) объединяются в один файл Excel, после чего сотрудник формирует из него с помощью установки фильтра отчеты по каждому структурному подразделению предприятия. Объединение отчетов по разным проходным необходимо из-за того, что территориально Минский метрополитен расположен на нескольких площадках (Инженерный корпус — пр. Независимости 6, Электро-депо Московское — ул. Фабрициуса 24, Электро-депо Могилевское — п/о Тростенец), а сотрудники во время одного рабочего дня

могут перемещаться по различным площадкам. При сохранении отчета, сотрудник задает имя файла отчета, которое включает в себя даты формирования отчета, (дата начала отчета — дата конца отчета) и названия структурного подразделения. Учитывая количество подразделений, необходимо еженедельно формировать 36 отчетов. Отчеты сохраняются в формате PDF для выкладки их в информационно справочную систему Минского метрополитена, откуда отчет по своему структурному подразделению может быть просмотрен руководителем этого структурного подразделения, распечатан и т. д.

Использование программы позволит:

- сократить трудозатраты, требуемые для получения отчетов;
- избежать ошибки, которые возникают в процессе выборки данных для ручного формирования отчетов;
- сократить время, необходимое для получения отчетов;
- повысить степень автоматизации получения еженедельных и ежемесячных отчетов и отчетов по требованию. Под отчетами по требованию подразумевается отчет, где диапазон дат задается по требованию руководителя структурного подразделения.

Программа должна получать данные из баз данных MS ACCESS и PostgreSQL. В результате работы программы должны быть сформированы отчеты по структурным подразделениям предприятия которые включают все события по сотрудникам в формате файла PDF. Программа должна работать в операционной системе Windows.

Литература:

1. Желязны, Д. Говори на языке диаграмм: пособие по визуальным коммуникациям для руководителей / Д. Желязны. Перевод с английского — М.: Институт комплексных стратегических исследований. — 2011. — 220 с.
2. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [Текст]: ГОСТ 19.201–78–2005. — Введ. 2005–01–01. — М.: Изд-во стандартов, 2005. — IV, 27 с.: ил.
3. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Текст]: ГОСТ ИСО 9000–2008 — М.: Стандартиформ, 2012 г. — 32 с.
4. Алексеев, Ю.М. Быстро и легко создаем, программируем, шлифуем и раскручиваем [Текст]: самоучитель / Ю.М. Алексеев. — М.: Лучшие книги, 2008 г. — 400 с.
5. Ашманов, И. Оптимизация программных подуктов [Текст]: учеб. Пособие / И. Ашманов, А. Иванов. — СПб.: Питер, 2008 г. — 400 с.

Пользовательский интерфейс программы должен быть интуитивно понятен пользователю, обеспечивать защиту от ошибок ввода. Пользователь должен иметь возможность выбрать базы данных откуда будет импортироваться информация о событиях, задавать период выборки данных необходимых для формирования отчетов.

Заключение

В процессе выполнения работы, была исследована структура организации «Минский метрополитен», проведен анализ деятельности предприятия, анализ организационной структуры предприятия, выявлены процессы, поддающиеся автоматизации. Описана существующая система формирования отчетов и сформированы требования для автоматизации этого процесса.

Были решены такие задачи как, описание информационной модели программного продукта, даны характеристики входной и выходной информации, описана структура базы данных и алгоритмы работы программы. Итогом работы стала разработанный программный продукт, который отвечает требованиям поставленных задач, определенных в первой части работы.

Итогом выполненной работы является разработанная программа для консолидации отчетов по проходным предприятия «Минский метрополитен». Программа полностью отвечает требованиям, сформулированным при постановке задачи, что означает, что цель, поставленная в рамках данной работы была достигнута.

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Методы проектирования радиолинз СВЧ и КВЧ-диапазона

Кочетков Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;
Алымов Николай Леонидович, аспирант;
Бобровский Артем Дмитриевич, студент;
Солдатиков Игорь Викторович, соискатель
Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации (г. Орел)

В статье рассматриваются методы проектирования радиолинз как основных элементов диаграммообразующих схем антенных решеток радиоэлектронных систем СВЧ и КВЧ диапазонов. В рамках содержательной части представлен подход к использованию метода геометрической оптики при проектировании радиолинз. Проанализированы и обобщены альтернативные методы синтеза диэлектрических радиолинз, представлены особенности их использования в зависимости от различных целей, исходных данных и условий проектирования.

Ключевые слова: геометрическая оптика, СВЧ линза, асимптотические методы проектирования диэлектрических линз.

СВЧ линзы как диаграммообразующие схемы (ДОС) появились в 1950-х годах, и впоследствии получили многочисленные приложения. Достижения в материаловедении и технологии изготовления привели к новым направлениям реализаций СВЧ линз, использующих волноводы, полосковые и микрополосковые линии передач. В последние годы стали доминировать беспроводные коммуникации, поддерживающие многолучевые и адаптивные антенные решетки. Многие приложения, включая автомобильные радары, предотвращающие столкновения, дистанционно пилотируемые радары и спутниковые сенсоры различного назначения — всем им необходимы компактные, лёгкие антенные системы, способные обеспечивать достаточно большой угол сканирования в широком диапазоне частот. Развитие печатных СВЧ линз предполагает возможные технические, конструктивные решения для таких развивающихся технологий [1–3]. СВЧ линза является структурой, способной фокусировать электромагнитную энергию в точке. Радиолинзы делятся на замедляющие, в которых фазовая скорость распространения электромагнитной волны ниже скорости света, и ускоряющие. Замедляющие линзы выполняются из диэлектрика; в который вкраплены токопроводящие элементы. Ускоряющие линзы изготавливаются из параллельных металлических пластин или секций прямоугольных волноводов. Наиболее широко используются многолучевые линзы, обеспечивающие широкий сектор излучения и приёма: сферические и цилиндрические линзы Люнеберга, линзы Ротмана и так называемые линзы $R-2R$.

Геометрическая оптика в проектировании СВЧ линз

Геометрическая оптика (ГО) очень удобна при формализованном описании конструкции СВЧ линзы. Она выте-

кает из асимптотического решения уравнений Максвелла в высокочастотной области СВЧ-КВЧ диапазонов [4]. В пределах условия превышения длины волны габаритными размерами линзы и радиусом кривизны, поверхности распространения волны внутри однородной изотропной линзы могут удобно моделироваться в терминах элементарных лучевых трубок. Излучение исходит из фазового центра источника вдоль прямой линии, с амплитудой, взвешенной ДН источника и затуханием по длине пути обратно пропорционально квадратному корню поперечного сечения лучевой трубки, и с фазой, заданной длиной электрической цепи (рисунок 1) [5, 6]. Отражение и передача на поверхности происходят в соответствии с законами Снеллиуса, вытекающими из принципа Ферма [5], а амплитуда луча зависит от коэффициентов Френеля и коэффициента расхождения пучка.

Если предположить, что границу раздела между двумя диэлектрическими средами можно рассматривать в пределах плоскости, отражение падающей плоской волны происходит в той же среде, с одинаковыми углами падения и отражения — закон Снеллиуса для отражения [1, 5]. Преломление регулируется законом Снеллиуса:

$$n_1 \sin(\theta_{inc}) = n_2 \sin(\theta_{trans}) \quad (1)$$

где n_1 и n_2 — коэффициенты преломления каждой среды и θ_{inc} и θ_{trans} являются углами падения и прохождения, определяемыми по отношению к нормали к поверхности (рисунок 2). Если обе среды имеют одинаковую магнитную проницаемость, то $n_1 = \sqrt{\epsilon_{r1}}$ и $n_2 = \sqrt{\epsilon_{r2}}$, где ϵ_{r1} и ϵ_{r2} — относительная диэлектрическая проницаемость каждого материала. Преломленная волна отклоняется в направлении нормали к поверхности, если волна входит в среду с высокой диэлектрической проницаемостью (ри-

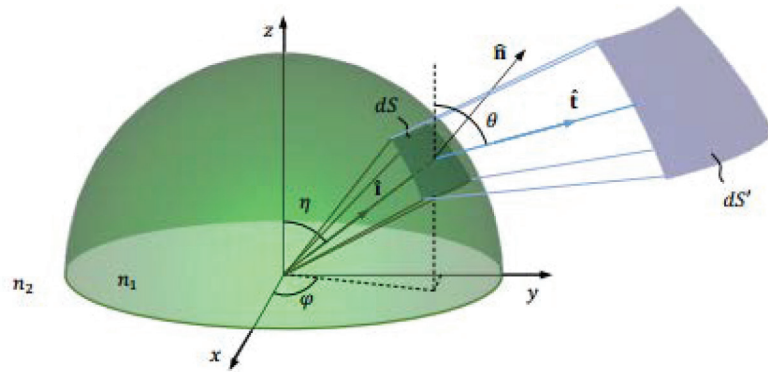


Рис. 1. Геометрия линзы и лучевой трубки при формализации в терминах ГО

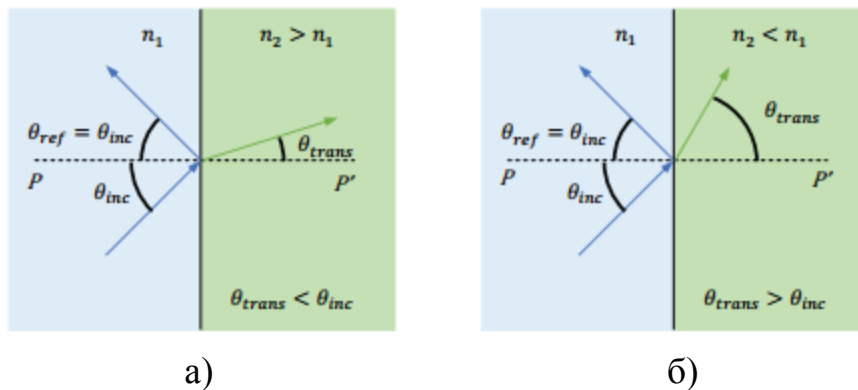
сунок 2, а), и она отклоняется от нормали при выходе из среды с более высокой диэлектрической постоянной (рисунки 2, б) [7].

Принимая во внимание, что в общем случае поверхность линзы имеет произвольную искривленную форму, хотя и с большим радиусом кривизны (по сравнению с

длиной волны) в любой точке, то удобно представить уравнение (1) в более общем виде:

$$(n_1 \hat{i} - n_2 \hat{t}) \times \hat{n} = 0 \tag{2}$$

где \hat{i} и \hat{t} — векторы падающего и преломленного направления волновых чисел, соответственно (рисунок 1) и \hat{n} — вектор нормали к поверхности.



а)

б)

Рис. 2. Плоская волна, падающая на границу раздела между двумя диэлектриками: а) — отклонение из среды с низкой проницаемостью; б) — отклонение из среды с высокой проницаемостью.

Выражая эти три вектора в сферических координатах, размещённых в точке фазового центра облучателя, уравнение (2) для осесимметричной линзы принимает вид [6–8]:

$$\frac{dr}{d\eta} = \frac{n_2 r \sin(\theta - \eta)}{n_1 - n_2 \cos(\theta - \eta)}, \tag{3}$$

где $r(\cdot)$ представляет собой неизвестный профиль линзы, в то время как функция выходного угла (\cdot) является другой неизвестной, устанавливаемой отдельными условиями проектирования, включающими фазу, или амплитуду или, в конечном счёте, поляризацию. Это условие может быть задано алгебраическим или дифференциальным уравнением. Система уравнений должна быть интегрирована в интервале $\hat{I} [0, \max]$ с использованием начальных условий $r(0)$ и (0) и конечным значением \max [7].

Если траектория луча включает участие других диэлектрических поверхностей, каждая из них должна соот-

ветствовать уравнению Снеллиуса, эквивалентному (3). Вторая поверхность линзы обеспечивает установление дополнительных характеристик ДН, которые переводят в соответствие уравнения с использованием радиуса $r_n(\cdot)$ поверхности n и угла выхода луча $n(\cdot)$. Система всех включённых уравнений решается путём обобщения процедуры, представленной выше для одной поверхности [7, 8].

Характеристика многократных внутренних отражений становится сложной с увеличением числа линзовых оболочек [2], но в общем случае не существует значительных преимуществ во включении их влияния в процессе синтеза линз. Вместе с тем, постановка задачи проектирования должна включать коэффициенты пропускания, коэффициент дивергенции и потери на рассеивание в материале, где это происходит. Анализ внутреннего отражения может быть выполнен апостериори при оценке эффективности линзы.

Согласно литературным источникам, синтез линзы на основе GO используется для различных условий проекти-

рования, начиная от задач простой коррекции фазы [8] или с дополнительными параметрами ослабления поля к краям раскрыва, до многолучевых или проблем сканирования луча [2, 3], или задач корректировки формирования луча заданной формы [6, 7]. Методы *GO* были применены для синтеза осесимметричной линзы, а также для произвольной линзы любой формы [3, 6], для линз с несколькими обочками и неравномерным преломлением [9], или, фактически, для любой комбинации предыдущих случаев.

Точное решение для общих 3D структур с использованием *GO* включает количественную оценку параметров линзы [9, 10]. Метод возмущений, например, предложенный в [10] может быть реализован для определенных типов несимметричных целевых ДН и позволяет найти соответствующую форму для заданной несимметричной линзы. При необходимости, адаптация одного и того же принципа может быть использована для регулировки формы линзы для получения осесимметричного исходящего луча.

Другие методы проектирования СВЧ-линзы

Преимущество метода *GO* прямого синтеза, рассматриваемого в статье, заключается в том, что он обеспечивает форму линзы, удовлетворяющую требованиям к конструкции после первичной численной оценки аналитических выражений замкнутой формы, без необходимости каких-либо итераций проб и ошибок. Требуемые объём памяти и ресурсы процессора фактически незначительны в случае осесимметричных линз. Хотя *GO* прямого синтеза достаточно для большого количество приложений, метод является асимптотическим, действует в оптических границах, тем самым, пренебрегая дифракционными эффектами, которые становятся важными, при уменьшении размера линзы [11].

Альтернативные методы проектирования можно рассматривать, когда требуется более точное решение линзы для заданных характеристик диаграммы направленности антенной системы. Они, как правило, основаны на процессе проб и ошибок с участием параметризированной модели и метода анализа характеристик линзы. Точность конструкции зависит от точности численного моделирования и количества требуемых итераций, обусловленных имеющимися вычислительными ресурсами. Эффективность процесса проектирования во многом зависит от того, насколько продумана процедура оптимизации из-за проблем конкретных линз, которые предварительно детализируются. Использование *GO* прямого синтеза линзы в качестве первого приближения для итерационного процесса может повысить его эффективность.

Прежде чем описывать альтернативный итеративный метод проектирования СВЧ-КВЧ-линз, следует обобщить следующие положения:

1. *Метод синтеза линзы в замкнутой форме* (например, метод *GO*, описанный выше) начинается с перечня входных параметров и конструкторской спецификации и непосредственно обеспечивает соответствующую форму линзы, основанную на замкнутой форме описания,

без применения итераций проб и ошибок. В этом значении метод можно дополнительно классифицировать как метод прямого синтеза. В целом, проверка характеристик линз требует последующего одноразового использования метода анализа линзы.

2. В методах *итерационного синтеза линзы* ее форма описывается некоторым аналитическим или численным представлением с неизвестными коэффициентами, определяемыми внутри итерационного цикла оптимизации, который проверяет каждую сгенерированную линзу с использованием соответствующего метода анализа линзы, пока методом проб и ошибок не будут достигнуты целевые характеристики или диаграммообразующей схемы, или антенной решетки (антенной системы).

3. *Метод анализа линз* предназначен для оценки эффективности проектируемого (существующего) резонатора, либо используя приближенный метод или электродинамический решатель. Его выходом являются характеристики, а не форма линзы.

В отличие от методов прямого синтеза, список доступных методов анализа значительно больше. Наиболее часто используемые методы, сгруппированные в соответствии с типом электромагнитного моделирования, представлены следующим образом [1, 12].

Асимптотические методы:

— геометрическая оптика / физическая оптика (*GO/PO*),

— физическая оптика / физическая оптика (*PO/PO*),

— метод спектральной области (*SDM*).

Электродинамическое моделирование:

— метод сферической волновой моды (*Spherical Wave Modal Method*),

— метод конечных элементов (*FEM*),

— метод моментов (*MoM*),

— метод конечных разностей во временной области (*FDTD*).

Особенности применения этих методов проектирования СВЧ линз можно представить следующим образом.

Гибридный метод GO/PO, считается одним из наиболее часто используемых подходов в анализе СВЧ — КВЧ линз. В качестве входных данных этот метод предусматривает форму линзы и диэлектрическую проницаемость материала, расположение облучателя, а также ДН дальнего поля облучателя, при погружении в неограниченную среду, имеющую ту же диэлектрическую проницаемостью, как у СВЧ — КВЧ линзы.

Процедура *GO/PO* включает два этапа. Вначале постановка в терминах *GO*, как описано выше, используется для вычисления распределения поля на внутренней поверхности линзы; затем используются коэффициенты Френеля для вычисления поля на внешней поверхности линзы. Когда одна или больше диэлектрических поверхностей пересекаются лучевыми трубками, возникающими в фазовом центре облучателя, должны быть использованы соответствующие коэффициенты Френеля и дивергенции [4, 5, 8].

Гибридный метод (PO/PO) также двухступенчатый, как и GO/PO , но теперь вычисление полей апертуры на первом этапе основано на постановке PO . Это позволяет обойти два ограничения GO :

— GO не может быть использован на первой стадии для небольших СВЧ — КВЧ линз, где облучатель уже не может быть точно представлен точкой и его ДН дальнего поля;

— GO не может предсказать поля вблизи каустики. Этот аспект становится критическим, когда каустика подходит к краю линзы, затрагивая правильную оценку дифракционных эффектов края, или когда каустика подходит к области облучателя, таким образом, существенно затрагивая импеданс облучателя [4].

Методы спектральной области (SDM) являются возможной альтернативой GO/PO при анализе интегрированной линзовой антенны. Он представляет особый интерес для небольших СВЧ — КВЧ-линз, размером только в несколько длин волн, где классический подход геометрической оптики терпит неудачу.

В методах SDM дальнее поле линзы определяется из разложения полей облучателя апертуры в основании линзы в заданных базисных функциях. Эти функции могут быть, например, плоскими волнами или гауссовыми пучками [2–4]. Основное преимущество гауссовых пучков состоит в том, что они оба ограничены пространственно и спектрально. Оценка поля в ближней зоне у основания СВЧ линзы требует использования другого метода, например, метода моментов [12]. Гауссово разложение представляет несколько параметров пучка, устанавливающих ширину луча, наклон, пространственное и спектральное разделение между базисными функциями.

В работах [6, 11] SDM в сочетании с методом трассировки лучей используется для анализа расширенной полусферической СВЧ линзы. Результаты сравниваются с электродинамическими коммерческими пакетами ПО и экспериментальными измерениями.

Метод сферической волновой моды основан на дискретности электромагнитного поля в группе базовых функций, которые являются решениями волнового уравнения в сферических координатах. Примеры такого подхода можно найти, например, в [2, 11, 13], для анализа сферической однородной или стратифицированной линзы Люнеберга.

Для каждого слоя линз, внутренние и внешние поля дискретизируются в сферических модах. Методика согласования мод (типов волн) используется для получения коэффициентов разложения. Априори, известны коэффициенты только для падающей волны на наружный слой линзы. Все остальные коэффициенты должны быть определены из наложения граничных условий на границах раздела слоёв. Применение граничных условий формирует ряд линейных уравнений, которые будучи однажды решенными, обеспечивают коэффициенты всех полей в каждой области.

Метод моментов (MoM) в анализе СВЧ — КВЧ линз относительно редко встречается в литературе. При-

чина, в какой-то мере, заключается в том, что связанная с MoM матрица линейных уравнений может иметь слишком громоздкий размер для больших электромагнитных объектов, в то время как СВЧ линзы, обычно являются большими в терминах длины волны [12].

В методе конечных разностей во временной области ($FDTD$), как и в MoM , использование традиционных 3D $FDTD$ как алгоритма итеративного анализа ограничивается СВЧ — КВЧ линзами с размерами, близкими к длине волны. Действительно, число переменных алгоритма возрастает в кубе с увеличением радиуса линзы, что приводит к слишком большим вычислительным затратам для наиболее распространенных задач оптимизации. Тем не менее, для структур с осевой симметрией, можно свести 3D к более простой 2D задаче и реализовать более быстрый алгоритм, называемый телом вращения (*Body of Revolution, BOR*) $FDTD$. $BOR-FDTD$ можно использовать, даже если симметричная СВЧ линза запитана асимметричным источником [14]. В этом случае ток облучателя или его излучаемое поле может дискретизироваться в разложении Фурье. Каждый элемент разложения отдельно анализируется с помощью алгоритма $BOR-FDTD$, и конечный результат получается по векторной сумме всех частей $BOR-FDTD$ анализа.

Метод $BOR-FDTD$ может быть реализован для небольших СВЧ линз, где, например, не может быть использован метод GO/PO . Действительно, чем меньше СВЧ линза, тем быстрее $BOR-FDTD$ будет сходиться к решению, так как число элементов пространства сетки уменьшается со снижением размера линзы. $BOR-FDTD$ может обрабатывать внутренние отражения, так как он является электродинамическим методом, а также может быть реализован для многослойных или СВЧ линз с различной диэлектрической проницаемостью.

Следует отметить, что возможно рассмотрение двух альтернативных подходов в параметрическом моделировании СВЧ линзы. Полиномиальный тип представления может быть принят, когда коэффициенты являются неизвестными для оптимизации в цикле вместо большой совокупности координат поверхности СВЧ линзы. Это решение является достаточно гибким, допуская представление произвольных форм. Недостаток заключается в том, что алгоритм оптимизации может генерировать ненужное количество бесполезных форм линз, а не потому, что та или иная геометрия является невозможной, но потому, что случайно сгенерированные линзы могут легко создавать полное внутреннее отражение, поверхностные волновые моды и каустику, особенно для интегрированных многоблочных линз, которые могут быть обнаружены только после процесса анализа [2, 9].

При втором подходе [11], пространство поиска может быть сужено к конкретным классам линз с помощью аналитических профилей линз, полученных методом синтеза GO , но позволяя управлять рассматриваемыми параметрами с помощью алгоритма оптимизации. Аналитические решения с целью обеспечения электромагнитной жизне-

способности всех решений тестируются в итерационном процессе. Между этими двумя подходами существует компромисс времени сходимости решения и гибкости проектирования.

На рисунке 3 представлены описанные процедуры и рабочий процесс — инструмент анализа и оптимизации

при проектировании СВЧ — КВЧ линз. Этот инструмент был реализован в пакете ПО (*ILASH software tool*), разработанном в *Instituto de Telecomunicações* Португалии, для круговой формы интегрированных линзовых антенн с одинарным или двойным слоем, и может обрабатывать несколько определений целевых характеристик [15].

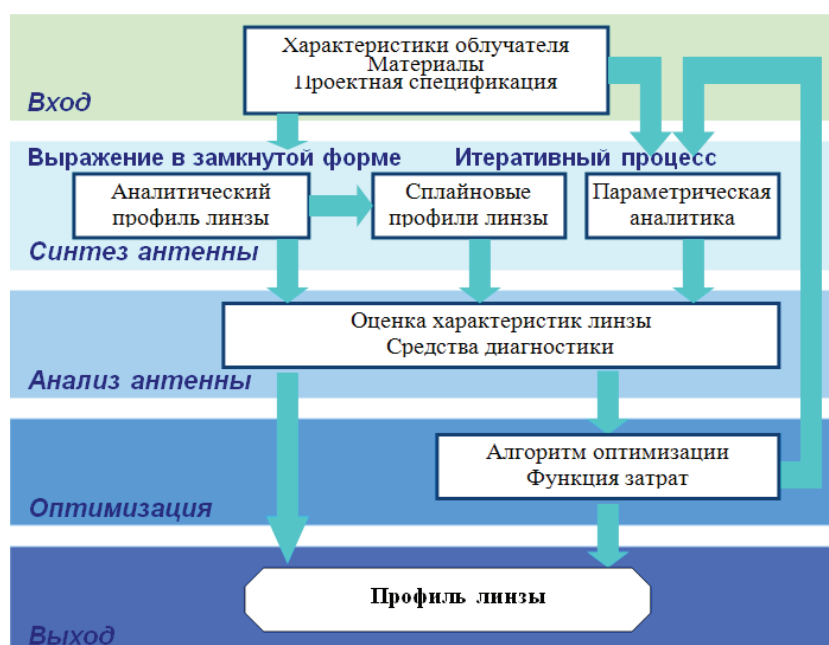


Рис. 3. Блок-схема этапов проектирования СВЧ – КВЧ линз

Метод анализа СВЧ-линзы основан на *GO/PO*, а оптимизация основана на метаэвристических, в частности, генетических алгоритмах.

Заключение

Таким образом, в статье показано, что приближенные методы проектирования радиолинз СВЧ — КВЧ диапазона связаны с задачами излучения и рассеяния электромагнитных волн. Их отличие от задач печатных или волноводных схем состоит в необходимости определения поля в области больших электрических размеров. Дискретизация

больших областей порождает задачи большой размерности. Поэтому использование таких методов как FEM и FDTD заведомо неэффективно.

Более того, часто оказывается неэффективным существенно более экономичный метод моментов. В таких случаях строгие методы вычислительной электродинамики необходимо дополнить, так называемыми, асимптотическими или гибридными методами моделирования и проектирования радиолинз СВЧ — КВЧ диапазона.

Литература:

1. Кочетков, В. А., Сивов А. Ю., Солдатов И. В. и др. Современное состояние и возможные направления совершенствования элементов методологии проектирования линзовых антенных решеток РЭС СВЧ диапазона [Текст] / В. А. Кочетков, А. Ю. Сивов, И. В. Солдатов, А. В. Тихонов, Н. В. Шишкин / Научно-технический журнал Информационные системы и технологии. № 5 (97) сентябрь — октябрь 2016 г. — Орел: ОГУ им. И. С. Тургенева, 2016. — с. 73–82.
2. Fuchs, B., Palud S., Coq L. Le, Lafond O., Himdi M., Rondineau S. Scattering of spherically and hemispherically stratified lenses fed by any real source, «IEEE trans. Antennas and Propag.», 2008. vol. 56, no. 2, pp. 450–460.
3. Zhang, Y., Christie, S., Fusco, V. «Reconfigurable beamforming using phase-aligned Rotman lens», IET Microwaves, Antennas and Propagation, 2012, vol. 6, no. 3, pp. 326–330.
4. Бреховских, Л. М. Волны в слоистых средах [Текст] / Л. М. Бреховских. — М.: Изд-во Академии наук СССР, 1957. — 502 с.
5. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: для вузов в 5 т. Том IV. Оптика [Текст]. — 6-е изд. М.: Физматлит, 2015. — 656 с.

6. J. Dong, A. I. Zaghoul. Extremely high-frequency beam steerable lens-fed antenna for vehicular sensor applications. // IET Microw. Antennas Propag., 2010, vol. 4, pp. 1549–1558.
7. Кочетков, В. А., Сивов А. Ю., Солдатов И. В. и др. Применение методов геометрической оптики при проектировании линзовых антенных решеток (2-я часть цикла статей) [Текст, рисунок] / Кочетков В. А., Сивов А. Ю., Солдатов И. В., Тихонов А. В., Шишкин Н. В., Лысанов И. Ю. / Научно-технический сборник «Техника радиосвязи». — 2017. — Вып. 1 (32). — Омск: ОНИИП, 2017. — с. 46–64.
8. Зелкин, Е. Г., Петрова, Р. А. Линзовые антенны [Текст] / Е. Г. Зелкин. — М.: Сов. Радио, 1974. — 280 с.
9. P. A. Belov and M. G. Silveirinha, Resolution of sub-wavelength lenses formed by a wire medium, Phys. Rev. E, 73, 056607, 2006.
10. Егоров, А. А., Ловецкий К. П., Севастьянов А. Л., Севастьянов Л. А. Моделирование направляемых (собственных) мод и синтез тонкопленочной обобщенной волноводной линзы Люнеберга в нулевом векторном приближении // Квантовая электроника, 2010, том 40, № 9. — с. 830–836. Режим доступа: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=qe&paperid=14332&option_lang=rus (дата обращения 08.01.2019).
11. John Thornton, Kao-Cheng Huang. Modern lens antennas for communications engineering. IEEE Press. Wiley, 2013. — 272 pages.
12. Кочетков, В. А., Сивов А. Ю., Солдатов И. В. и др. Структура областей применения численных методов моделирования линзовых антенных решеток СВЧ диапазона в процессе их проектирования (1-я часть цикла статей) [Текст] / Кочетков В. А., Сивов А. Ю., Солдатов И. В., Тихонов А. В., Шишкин Н. В., Шеянов Д. Ю. / Научно-технический сборник «Техника радиосвязи». — 2016. — Вып. 3 (30). — Омск: ОНИИП, 2016. — с. 46–61.
13. Комарова, Е. В. Антенные и дифракционные характеристики многослойной линзы Люнеберга [Текст] / Е. В. Комарова / Автореферат дисс. на соискание ученой степени к. т. н. — Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина», 2012. — 20 с.
14. Jun Shibayama, Bungo Murakami, Junji Yamauchi, Hisamatsu Nakao. LOD-BOR-FDTD Algorithm for Efficient Analysis of Circularly Symmetric. IEEE Microwave and Wireless Components Letters. Vol. 19, Issue: 2, Feb. 2009. Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4773156> (дата обращения 09.01.2019).
15. Eduardo Lima, Jorge R. Costa, Mario G. Silveirinha, Carlos A. Fernandes. ILASH — Software tool for the design of integrated lens antennas. 2008 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (5–11 July 2008). Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4619133> (дата обращения 09.01.2019).

Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов

Радьков Арсений Владимирович, аспирант;
Малаханов Алексей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент
Брянский государственный технический университет

В данной статье рассмотрены контактные и бесконтактные методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов.

Ключевые слова: удельное сопротивление, контактный метод, бесконтактный метод, двухзондовый метод, однозондовый метод, четырехзондовый метод, метод Ван дер Пау.

При исследовании электрических свойств полупроводников и производстве полупроводниковых материалов, структур и приборов возникает необходимость измерения удельного электрического сопротивления полупроводниковых материалов. Измерение удельного сопротивления осуществляется не только для установления его значения, но также и для определения других важных параметров полупроводникового материала на основе теоретических расчетов или дополнительных экспериментальных данных. В идеальном случае измерение удельного сопротивления полупроводниковых материалов не должно

приводить к разрушению образца и не должно требовать его специальной обработки.

Выделяют две группы методов измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов — контактные и бесконтактные. Многие методы основаны на измерении разницы потенциалов на некотором участке образца, через который пропускают электрический ток. При контактном методе происходит непосредственный контакт с полупроводниковым образцом, вследствие чего происходит разрушение образца. В связи с этим существует потребность в бесконтактных методах, в ко-

торых не требуется непосредственного контакта с образцом.

Для измерения удельного сопротивления образцов, имеющих правильную геометрическую форму и постоянное поперечное сечение, используют двухзондовый метод и однозондовый метод с дифференцированием сигнала. При использовании двухзондового метода на торцевых гранях образца, например в виде прямоугольной

пластины, изготавливают омические контакты (K1 и K2). Через эти контакты вдоль образца пропускают электрический ток. На одной из поверхности образца вдоль линии тока устанавливаются два контакта в виде металлических иголок — зондов (З1 и З2), имеющих малую площадь соприкосновения и позволяющих изменить разность потенциалов. Между ними включен нулевой прибор Г и потенциометр П (рис. 1.).

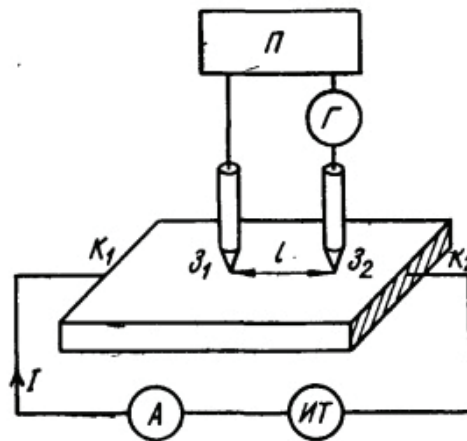


Рис. 1. Схема измерения удельного сопротивления двухзондовым методом

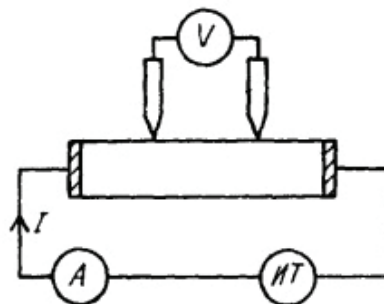


Рис. 2. Схема измерения с высокоомным вольтметром, включенным между зондами

Ток через образец подается от регулируемого источника (ИТ) постоянного тока, гарантирующего достаточную стабильность тока во времени. Сила тока измеряется миллиамперметром, а разность потенциалов — полуавтоматическим компенсирующим потенциометром или электронным цифровым вольтметром с высоким входным сопротивлением (рис. 2).

$$U_{\Pi} = IR = I\rho \frac{l}{S} \Rightarrow \rho = \frac{U_{\Pi} S}{Il}, (1)$$

где U_{Π} — разность потенциалов между измерительными или потенциальными зондами, В; I — сила тока, протекающего через образец, А; l — расстояние между зондами, см; S — площадь поперечного сечения, см^2 ; R — сопротивление участка образца между зондами; ρ — удельное сопротивление, $\text{Ом} \cdot \text{см}$.

Погрешность измерений напряжения и тока при использовании приборов с цифровой индикацией не превышает 0.1%. Однако систематическая погрешность измерения между потенциальными зондами зависит от сопротивления контакта зонда с образцом, которое может в $10^3 - 10^4$ раз превышать сопротивление образца. Чтобы устранить влияние сопротивлений контактов на результат измерения, необходимо предельно уменьшить протекающий через них ток. Для этого используют вольтметры с высоким входным сопротивлением (10^8 Ом и больше), причем сопротивление изоляции каждого из зондов относительно любого элемента измерительной установки должно быть больше этого значения.

Отклонение реального контакта зонда от теоретической модели точечного потенциального контакта также вносит систематическую погрешность в результат измерения.

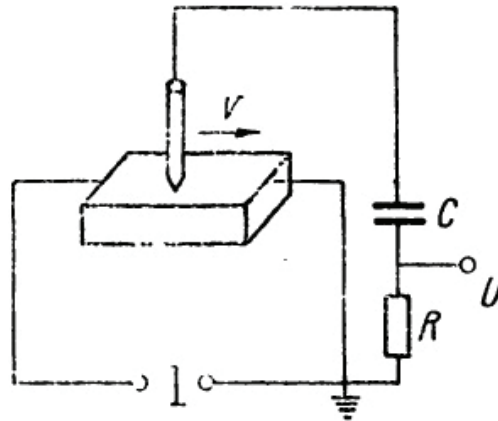


Рис. 3 Однозондовый метод с дифференцированием сигнала

Модифицированным двухзондовым методом является однозондовый метод с дифференцированием сигнала (рис. 3).

В этом случае падение напряжения снимают между двумя зондами, один из которых неподвижен, а второй движется со скоростью v . Сигнал поступает на дифференцирующую RC — цепочку. При этом удельное сопротивление может быть рассчитано по формуле:

$$\rho = \frac{U_R}{I} \cdot \frac{S}{vRC}, \quad (2)$$

где U_R — падение напряжения на сопротивлении R .

Таким образом, приведенная формула эквивалентна формуле для двухзондового метода с применением головки, в которой расстояние между зондами $l_{зф} = vRC$. Наиболее перспективен однозондовый метод при использовании движущегося зонда и введении в схему измерения дифференцирующего элемента. Разрешающая способность рассматриваемого метода однозначно определяется величиной эффективного межзондового расстояния $l_{зф}$

. Поэтому при использовании однозондового метода для выявления микронеоднородностей необходимо выбирать оптимальные значения параметров v , R и C .

Особенностью однозондового, как и двухзондового, метода является возможность измерения некоторого среднего значения удельного сопротивления по всему сечению между точками, где расположены зонды, то есть с постоянным поперечным сечением.

Однако на производстве возникают задачи, которые нельзя выполнить рассмотренными методами. Примерами таких задач могут быть как измерение сопротивления материалов на различных участках полупроводникового слитка, не нарушая его целостности, так и определение удельного сопротивления материала в пластине неправильной геометрической формы. Такие задачи привели к созданию специальных методов определения удельного сопротивления без предъявления жестких требований к геометрии исследуемых образцов. Одним из таких методов является четырехзондовый метод.

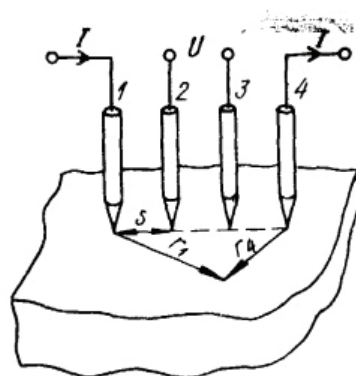


Рис. 4. Схема измерения удельного сопротивления четырехзондовым методом

Пусть на поверхности образца установлено четыре точечных зонда, как показано на рис. 4. Расстояние между соседними зондами s , через два крайних зонда 1 и 4 проходит ток I , который создает разность потенциалов U

между зондами 2 и 3. Разность потенциалов является функцией силы тока I , удельного сопротивления ρ , расстояния s и геометрических размеров образцов.

Разность потенциалов между зондами 2 и 3 находится по формуле:

$$U = U_2 - U_3 = \rho \frac{I}{2\pi s}, \quad (3)$$

Из выражения (3) находим удельное сопротивление ρ . Измерение разности потенциалов U в четырехзондовом методе, производится, как и в двухзондовом методе. Влияние на результаты измерения неомических контактов потенциальных зондов 2 и 3 такое же.

Четырехзондовый метод измерения широко используется в процессе производства полупроводниковых ма-

териалов и при создании полупроводниковых приборов. Выражения, связывающие U и I , получены для разных случаев. При расстоянии от зондов до поверхностей образца, значительно превышающих s , образец можно рассмотреть, как полупространство. И удельное сопротивление можно определить по выражению (3). Чем меньше s , тем для меньших образцов справедлива формула (3). На рис. 5 для двух значений s показаны размеры образцов (в сантиметрах), при которых вычисление по формуле (3), не учитывающей их конечности, приводит к погрешности в 1%.

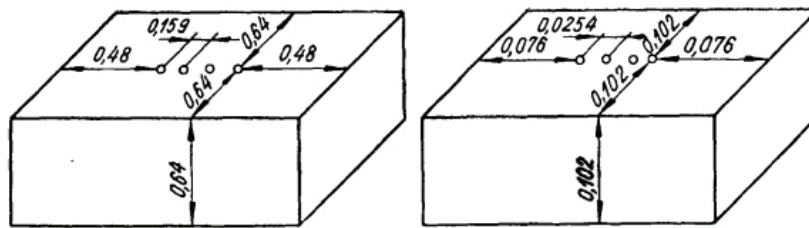


Рис. 5. Образцы разной геометрии

Двухкомбинационный четырех зондовый метод представляет собой разновидность четырехзондового метода при линейном расположении системы зондов, но в отличие от него измерение проводят дважды при различных комбинациях токовых и потенциальных зондов.

Благодаря высокой точности и упрощению процедуры измерения двухкомбинационный четырехзондовый метод используют для изучения распределения поверхности сопротивления ионно-легированных слоев по площади пластины. На основе данного метода созданы автоматизированные измерительные устройства с шаговым перемещением головки зонда по поверхности образца.

Ван дер Пау разработал модифицированный четырехзондовый метод, который применим для измерения удельного сопротивления плоских образцов (пластин) любой

формы. При этом методе контакты располагаются по краям пластины (рис. 6). Пропуская ток I через зонды 1 и 2, измеряют напряжение и вычисляют сопротивление между зондами 3 и 4: $R_{1,2} = \frac{U_{3,4}}{I}$. Затем, пропуская ток, через зонды 1 и 4, определяют сопротивление между зондами 2 и 3: $R_{1,4} = \frac{U_{2,3}}{I}$.

Удельное сопротивление рассчитывают по формуле

$$\rho = 4,53 \left(\frac{R_{1,2} + R_{1,4}}{2} \right) f(R_{1,2}/R_{1,4})d, \quad (4)$$

где $f(R_{1,2}/R_{1,4})$ — теоретически вычисленная корректирующая функция. Значение этой функции в зависимости от $(R_{1,2}/R_{1,4})$ приведено на рис. 7.

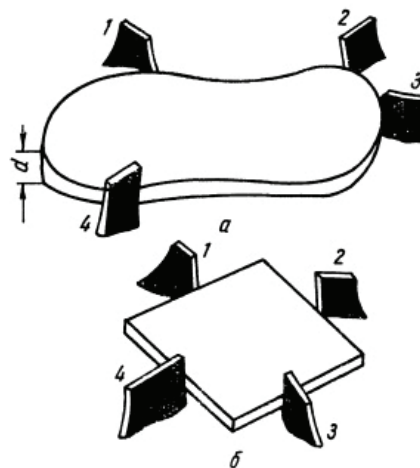


Рис. 6. Модифицированный четырехзондовый метод Ван дер Пау: а) измерение плоских пластин произвольной формы, б) расположение контактных зондов при разбраковке кристаллов

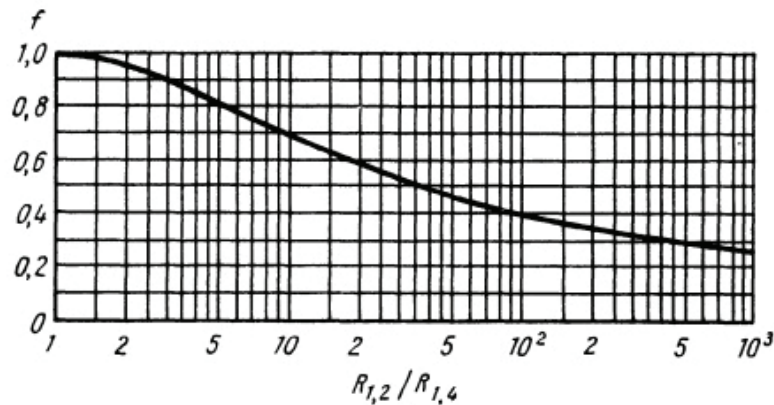


Рис. 7. Функция поправок $f(R_{1,2}/R_{1,4})$ в методе Ван дер Пау

Видно, что $f(R_{1,2}/R_{1,4}) \approx 1$ при $0,7 < R_{1,2}/R_{1,4} < 1,5$. Как видно из соотношения (4), в расчетную формулу не входят расстояния между зондами. В формулах фигурируют величины, которые можно измерить с высокой точностью.

Для пластин правильных геометрических размеров при $R_{1,2} \approx R_{1,4}$ удельное сопротивление можно определить с погрешностью менее 2%.

Указанный метод можно применить для быстрой разбраковки пластин малого размера по удельному сопротивлению и концентрации (рис. 6).

В четырехзондовом методе и методе Ван дер Пау к токопроводящим контактам предъявляются те же требования, что и к двухзондовому методу: протекание через них тока не должно приводить к изменению концентрации носителей заряда в полупроводнике. Особенно это требование необходимо учитывать, если расстояние между зондами сравнимо с длиной диффузионного смещения носителей заряда или меньше его.

Рассмотренные выше методы приводят к разрушению образцов, поэтому рассмотрим бесконтактные методы, в которых не требуется непосредственный контакт с образцом. Общая идея бесконтактных методов определения удельного сопротивления состоит в следующем. В образце

без использования контактов возбуждают ток, сила которого зависит от удельного сопротивления образца $\rho\rho$, которое определяют, измеряя какую-либо величину, функционально связанную с током. Для возбуждения тока образцы помещают в переменное магнитное, электрическое или, в общем случае, электромагнитное поле. О величине протекающего тока и удельном сопротивлении образца судят, измеряя силу взаимодействия тока с магнитным полем, либо измеряя величины, определяемые изменением энергии поля, в котором находится образец.

В качестве примера рассмотрим метод определения удельного сопротивления по силе взаимодействия, индуцируемого в образце, с магнитным полем. Пусть полупроводниковый образец в форме шара помещен во вращающееся магнитное поле (рис. 8). Вектор индукции магнитного поля \vec{B} вращается в плоскости yOz с угловой частотой ω , а его абсолютная величина B_0 остается неизменной. Поле индуцирует в образце ток. Взаимодействие этого поля с током приводит к возникновению момента сил \vec{M} , который увлекает образец вслед за полем, то есть возникает ситуация, как в асинхронном двигателе. По величине момента сил можно определить удельное сопротивление образца.

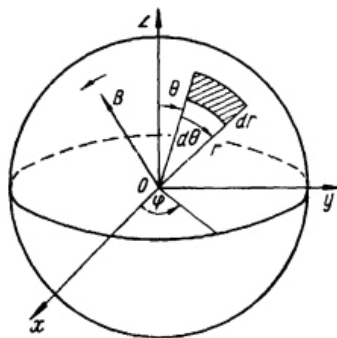


Рис. 8. Образец в форме шара во вращающемся магнитном поле

Для определения удельного сопротивления можно либо помещать образец во вращающееся магнитное поле, либо вращать образец в неизменном магнитном поле. В установке (рис. 9), использующей первую возможность, образец 1 подвешивается на тонкой упругой нити 2, к которой прикрепляется зеркальце 3, отражающее луч света 4. При включении магнитного поля образец, зеркальце и отражающий от него луч поворачивается. Угол поворота луча $\varphi = kM$, где значение постоянной k определяется свойствами нитями, используя образец с известным удельным сопротивлением ρ , для которого момент сил можно рассчитать по формуле:

$$M = \frac{2\pi}{15} \cdot \frac{\omega B_0^2 r_0^5}{\rho}, \quad (5)$$

или

$$M = \frac{\pi \omega B_0^2 h r_0^4}{4\rho}, \quad (6)$$

где в (5) r_0 — радиус образца; формула (6) используется для случая, когда образец имеет форму цилиндра с радиусом основания r_0 и высотой h . Измерив φ , определяют M , а затем вычисляют удельное сопротивление.

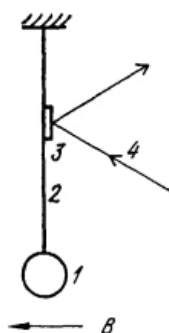


Рис. 9. К определению момента сил во вращающемся магнитном поле

Чем меньше удельное сопротивление, тем больше момент сил M и проще проводить измерения. Метод ограничен со стороны больших ρ . Изготовление образца в форме шара или цилиндра может вызвать затруднения.

Такие методы наиболее эффективны при малых значениях удельного сопротивления образцов, когда действующие на них силы велики.

Литература:

1. Павлов, И. П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов: учеб. для вузов по спец. «Полупроводниковые и микроэлектронные приборы»./И. П. Павлов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1987. — 239 с., ил.
2. Ковтонюк, Н. Ф. Измерение параметров полупроводниковых материалов/Н. Ф. Ковтонюк, Ю. А. Концевой. — М.: Издательство «Металлургия», 1970. — 432 с., ил.
3. Воробьев, Ю. В. Методы исследования полупроводников/Ю. В. Воробьев, В. Н., Добровольский, В. И. Стриха. — Киев: Выща школа. Головное изд-во, 1988. — 232 с., ил.
4. Батавин, В. В. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур/В. В. Батавин, Ю. А. Концевой, Ю. Ф. Федорович. — М.: Радио и связь, 1985. — 264 с., ил.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Проблемы применения и безопасности в беспроводных сенсорных сетях

Ефименко Мария Сергеевна, студент магистратуры;
Клымив Святослав Игоревич, студент магистратуры
Омский государственный технический университет

Беспроводные сенсорные сети (БСС) используются для мониторинга различных показателей окружающей среды, которые представляет собой совокупность сенсорных узлов, где каждый узел имеет двустороннюю связь другими узлами сети. Для передачи данных используются протоколы маршрутизации.

В беспроводной сенсорной сети безопасность является очень важной проблемой, поэтому именно безопасному соединению узлов уделяется очень большое внимание. Узлы в беспроводной сенсорной сети развертываются в автономных средах окружающей среды. Стоит отметить, что стандартные правила для вопросов безопасности в БСС отсутствуют, в виду наличия множества других факторов, которые влияют на безопасность.

Беспроводные сенсорные сети состоят из множества интеллектуальных устройств, для мониторинга физических условий и условий окружающей среды. Беспроводные сенсорные сети собирают данные и обмениваются данными, используя двустороннюю связь. Двусторонняя связь позволяет клиентам взаимодействовать с сетью. В БСС многие узлы соединены через специальную сеть и распределены по географическому региону. Эти узлы используются для различных функций и разбросаны без планирования.

Эти датчики могут передавать данные друг с другом и собирать данные на любом узле датчика, который этот узел передает на базовую станцию. Пользователь получает эти данные. Датчики состоят из четырех компонентов: чувствительный блок, блок обработки, блок передачи, блок питания. Датчик воспринимает данные и передает их путем преобразования аналогового сигнала в цифровой. Блок передачи отправляет и получает данные. В БСС существуют некоторые проблемы, которые создают ограничения для использования беспроводной сети, такие как: ограниченная мощность, масштабируемость и мобильность, динамические топологии сети, адаптируемость, сбор информации, качество обслуживания, безопасность.

В реальной жизни беспроводные сенсорные сети имеют много устройств, таких как устройства обнаружения, обработки и связи, которые способны контролировать окружающую среду. Они значимы в различных областях, таких как военное наблюдение и т. д. [1]. В БСС существует множество угроз, например захват узла, физическое вмешательство, DOS и т. д. Старые механизмы безопасности

не подходят из-за недостатка вычислительной мощности, ограниченного объема памяти и энергии [2].

Эти ограничения заставляют задуматься об эффективных решениях с точки зрения скорости расчета и энергопотребления. Существует много шагов инструкции, необходимых для защиты БСС, например, криптографические примитивы, поддержка управления ключами, обеспечение аутентификации на уровне Mac, безопасное агрегирование данных и другие подобные рекомендации [5]. WNS предназначен для выполнения высокоуровневой обработки задач, таких как обнаружение, отслеживание и классификация. Информация в сетях должна быть защищена от злоумышленника — это самый высокий приоритет в БСС.

Ограничения в БСС:

- Ограничение узла
- Ограничение сети
- Физическое ограничение

Определение проблемы

Есть много проблем в беспроводных сенсорных сетях, таких как: регресс, надежность, безопасность на уровне сети, стандартизация.

Угрозы безопасности на сетевом уровне включают в себя:

- Поддельная информация о маршруте
- Выборочная пересылка
- Аварийные атаки
- Атака Сивиллы
- Wormholes
- HELLO flood attacks

Атаки в беспроводной сенсорной сети рассматриваются с двух разных уровней.

- Одним из них является механизм против безопасности.
- Второй механизм против маршрутизации.
- Монитор и подслушивание
- Анализ трафика

Механизм защиты атаки подразделяется на два типа протокола связи и архитектуру управления ключами. Протокол связи работает с криптографическим алгоритмом для достижения доступности, конфиденциальности, целостности и аутентификации. Управление ключами распределяет ключ, используя безопасный канал.

Предлагаемое решение

Проблемы регресса могут быть решены путем передачи данных в виде пакетов. Преобразование большого и сложного метода в пакеты, а затем передача на базовую станцию через Интернет. Проблемы надежности могут быть решены путем полного планирования и управления архитектурой сети до ее развертывания.

Безопасность на уровне сети улучшается за счет использования различных методов для различных атак, таких как:

— «Информационная атака фиктивной маршрутизации» может контролироваться «методом аутентификации и шифрования»

— «Выборочная пересылка» может контролироваться методами «Избыточность и зондирование».

— «Sinkhole Attacks» можно контролировать с помощью методов «Аутентификация, мониторинг и резервирование».

— Атаки Сивиллы могут быть решены методами «Аутентификация»

— «Wormholes» можно решить с помощью «Гибких методов маршрутизации и мониторинга»

— «HELLO flood attacks» можно контролировать с помощью «Двусторонней аутентификации».

Услуги должны предоставляться в соответствии с требованиями безопасности, такими как конфиденциальность, подлинность, целостность и доступность. В условиях конфиденциальности данные шифруются на стороне отправителя и принимаются на стороне получателя, и получатель может получить доступ к данным с помощью ключа дешифрования. В Аутентичности каждый узел должен проверять, пришло ли сообщение от истинного отправителя или нет. Если данные поступают от неуполномоченных лиц, злоумышленники могут легко расширить данные и отправить их в беспроводные сенсорные сети. В целом отправитель гарантирует, что злоумышленники не смогут изменить данные. При доступности сервисы предоставляются в любое время, необходимое, в любом случае злоумышленники по-прежнему могут проводить активные атаки.

— Мониторинг и подслушивание: В этой атаке злоумышленник отслеживает данные. Подслушивание за-

щищает конфиденциальность от злоумышленника, таких конфигураций сенсорной сети как сервер местоположения и т. Д.

— Анализ трафика: в этом случае злоумышленник анализирует трафик. Но шифрование защищает сообщения от злоумышленника.

— Замаскированные противники: при атаке такого типа злоумышленник вставляет скомпрометированный узел в БСС. После этого он может скопировать пакет других узлов, перенаправить пакеты, а также проанализировать конфиденциальность.

Есть также некоторые атаки на уровне физического уровня, такие как:

— Фальсификация устройства

— Подслушивание

— Помехи

Некоторые атаки на уровне канала передачи данных:

— Манипулирование трафиком

— Подмена идентификатора

Решение.

Проблемы «Фальсификация устройства», «Подслушивание» и «Помехи» на физических уровнях можно решить методами «Ограничение доступа» и «Шифрование». Атаки по каналам передачи данных, такие как «манипулирование трафиком» и «подмена идентификатора», могут быть отсортированы с помощью методов «Обнаружение неправильного поведения» и «Метод защиты идентификаторов».

Атаки на физическом уровне могут быть отсортированы по ограничению доступа и шифрованию. Ограничение доступа может быть достигнуто с помощью какого-либо алгоритма на узлах датчика, который может контролировать доступ к этим узлам датчика, а шифрование может быть достигнуто с использованием любого алгоритма криптографии. Атаки на уровне канала передачи данных могут быть отсортированы методом обнаружения неправильного поведения. Совместные и недорогие естественные беспроводные сенсорные сети дают больше преимуществ в методах связи для текущей среды зондирования. В этом документе обсуждались различные проблемы беспроводных сенсорных сетей и предлагаемые ими решения.

Литература:

1. I. F. Akyildiz, W. Su*, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayici, «Wireless sensor networks: a survey», Georgia Institute of Technology, Atlanta, Dec, 2010
2. A. Masood, A. Leniart, «Application and Security Issues in Wireless Sensor Networks», ExpertsExchange, Jan, 2018
3. R. Manzoor, «Energy efficient localization in wireless sensor network using noisy measurements», M. S. thesis, Jan, 2010.
4. F. Hu and X. Cao, Wireless sensor networks: principles and practice, 1st ed., FL, USA: Auerbach Publications, 2010

ЭНЕРГЕТИКА

Перспектива проектного управления в практике работы дистанций метрополитена

Беликова Мария Викторовна, студент магистратуры
Российский государственный социальный университет (г. Москва)

Статья рассматривает особенности системы электроснабжения московского метро. Автор поднимает проблему интеграции технических, технологических и организационных факторов повышения эффективности работы на отдельных участках хозяйственной деятельности метрополитена. Автор предлагает снизить технические риски подразделений разработкой проекта организационных изменений в работе дистанций, опираясь на методологию проектного менеджмента.

Ключевые слова: энергосистема метро, служба электроснабжения, дистанция, управление рисками, проектный менеджмент.

Московский метрополитен — это важная часть транспортной системы мегаполиса. Современное «метро» представляет собой сложное инженерно-техническое сооружение. Являясь главной транспортной артерией Москвы, метрополитен выполняет основную функцию — осуществляет надёжную и безопасную перевозку пассажиров, число которых неуклонно растёт, скорость передвижения возрастает, мобильность движения пассажиров расширяется, обеспечивая быструю доставку жителей из одного района Москвы и области в другой.

Вместе с тем перспективы развития ГУП «Московский Метрополитен» определяются стратегией инновационного прорыва, заданного импульсом нового технологического уклада. Как показывает статистика, ежедневно по 13 линиям метрополитена, общей протяженностью 346 километров с 222 станциями пропускается более 10,6 тысяч поездов. Вагонный парк насчитывает более 5 тысяч, из которых формируется более пятисот составов. По интенсивности движения, надёжности и объема перевозок Московский метрополитен стабильно занимает ведущее место в мире. Он в первой тройке метрополитенов мира практически по всем показателям. На современном этапе стратегическим направлением развития метрополитена следует рассматривать масштабное строительство новых линий и ввод новых станций. На 30 августа 2018 г. количество станций составило 222 единицы.

Метрополитен — технически сложное и организационно разветвленное структурное образование. Любая неисправность может привести к нарушению ритма транспортной системы города. Обеспечение режима эксплуатационной деятельности и безопасности движения поездов требует содержания всех сооружений и устройств метрополитена в исправности. В Московском метропо-

литене действует более 15 служб, среди которых важное место занимает *Служба электроснабжения* [1].

Деятельность Московского метрополитена требует больших затрат электроэнергии. В настоящее время ежегодное потребление электроэнергии метрополитеном превышает 1,9 млрд кВт·ч. *Служба обеспечивает освещение станций и тоннелей, работу светофоров, регулирование движения поездов, эскалаторов, функционирование вентиляции, системы связи, часовых механизмов и пр.*

Размеры и основные характеристики электросетевого комплекса, находящегося в распоряжении метрополитена, представляют собой энергонезависимую систему со своей распределительной сетью, подключённой к нескольким подстанциям [2]. Электроснабжение метрополитена обеспечивают 313 подстанций. Кабельная сеть собственных и находящихся на внешнем обслуживании службы линий, проложенных открытым способом в тоннелях, коллекторах, шахтах и под платформами станций, имеет протяжённость более 25,2 тыс. километров.

38 наземных и одна подземная тяговые подстанции преобразуют переменный ток 10 кВ в постоянный 825В для питания электроподвижного состава метрополитена. Для питания эскалаторов, электромеханических установок, устройств управления движением поездов, сигнализации и связи, освещения и сетей механизации работ действуют 122 совмещённые тягово-понижительные подстанции. Они преобразуют переменный ток 10 кВ (20 кВ) в постоянный напряжением 825В для питания электроподвижного состава. Для питания эскалаторов, электромеханических установок, устройств управления движением поездов, сигнализации и связи, освещения и сетей механизации 152 понижительные подстанции преобра-

зуют переменный ток напряжением 10 кВ (20 кВ) в переменный, напряжением 400В, 230В и 127 В.

Кроме подстанций и кабельных сетей специалисты Службы электроснабжения ответственны за содержание осветительного хозяйства станций, вестибюлей, тоннелей и притоннельных сооружений. Это более 584,8 тыс. осветительных приборов, распределительных сетей, силовых и распределительных сборок, комплексов устройств с ком-

мутационной аппаратурой, релейной и микропроцессорной защитой, которые обеспечивают ручное, автоматическое и дистанционное управление оборудованием и присоединениями подстанций.

Надежность функционирования схемы электроснабжения метрополитена обеспечивается техническими и организационными мероприятиями, согласно типовой схеме, как показано на Рис.

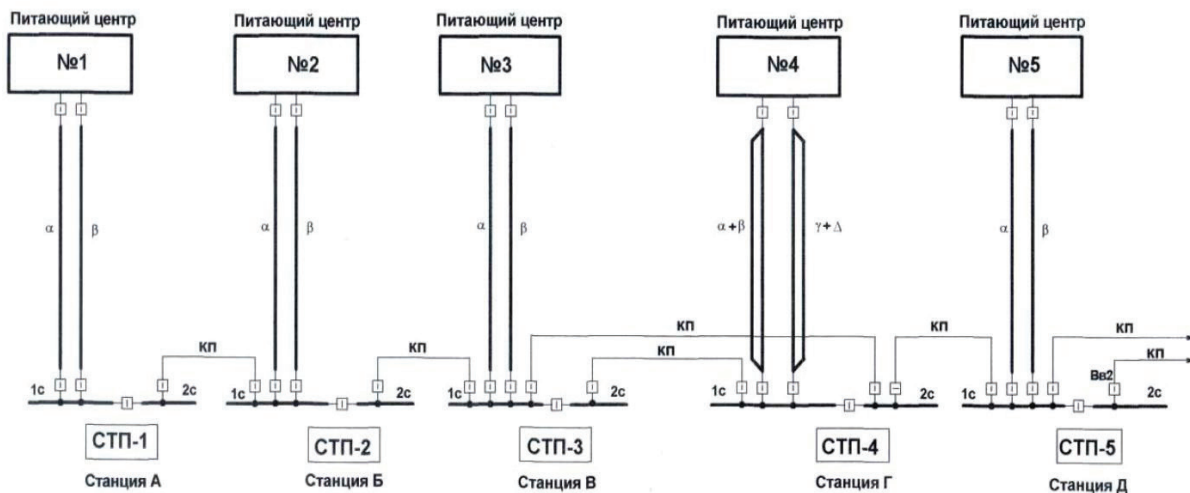


Рис. 1. Типовая схема электроснабжения участка линии метрополитена: СТП – совмещённая тягово-понижительная подстанция, КП – кабельная перемычка (линия связи с другой подстанцией)

Техническое обслуживание электрооборудования и сетей Службы электроснабжения включает в себя полный комплекс работ для поддержания их в рабочем состоянии — от осмотров до капитального ремонта. Все виды технического обслуживания выполняются специалистами службы в полном соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и периодичностью планово-предупредительных ремонтов и других нормативных документов, действующих на метрополитене [3]. На каждой из девяти дистанций энергоснабжения имеются подразделения, выполняющие текущее обслуживание кабельных линий на закреплённых за ними участках, будь то ремонтные работы, испытания или технический надзор при выполнении работ вблизи кабельных линий. В службе имеется Дистанция капитального ремонта № 2, выполняющая капитальный ремонт, замену и прокладку новых кабельных линий.

Эксплуатация электрооборудования сопряжена с процессами технологической и организационной модернизации хозяйственной деятельности метрополитена. Задача качественного обновления технических характеристики системы электроснабжения решается разработкой и внедрением новых устройств. Все подстанции и вводимые в настоящее время понижительные подстанции оборудованы новыми средствами телемеханики [4]. Надёжность работы энергосистемы поддерживается строгим соблюдением технологии обслуживания и ремонта оборудования, устройств и кабельных линий в соответствии с тре-

бованиями нормативной документации, своевременным проведением испытаний. Высокую эффективность показали регулярные проведения тепловизионного обследования электроустановок аттестованными работниками лаборатории Службы электроснабжения. В рамках Службы организован Сектор безопасности, что позволяет выявлять дефектные и аварийные места, своевременно выполнять ремонтные работы. Внедрены системы современных защит, в том числе построенных на микропроцессорных устройствах, что повышает надёжность работы оборудования. Важнейшим фактором обеспечения надёжности энергосистемы метрополитена является повышение профессионального уровня знаний работников, а также постоянный контроль выполнения должностных обязанностей. При строительстве новых электрических сетей метрополитена или их реконструкции осваиваются новые технологии, постоянно внедряются современные виды оборудования и кабели с улучшенными характеристиками.

Однако, анализ организационно-технических характеристик работы дистанций позволил выявить совокупность факторов, которые снижают эффективность работы дистанций и требуют ответственных действий со стороны персонала по их предупреждению, а именно в отношении «событий — неисправности», «повреждений», «дефектов». Среди внутренних факторов, влияющих на работу дистанций, в зоне ответственности специалистов выявлены риски:

- неисправности подвижного состава;
- неисправности пути и контактного рельса;
- неисправности устройств электроснабжения;
- неисправности сигнализации, централизации и блокировки;
- неисправности связи;
- неисправности тоннельных сооружений, электромеханических и других устройств;
- затопление;
- пожар;
- действия обслуживающего персонала;

Наиболее серьезными являются риски, в результате которых отменялись 15 и более поездов на полной линии или был допущен перерыв в движении поездов на одном пути перегона продолжительностью 30 минут и более, а также случаи закрытия вестибюля станции в течение 30 минут и более. В ходе исследования были выявлены риски повреждений — оставление в тоннелях или на наземных участках после ночных работ по не закреплению оборудования, инструментов и других предметов, на которые возможен наезд подвижного состава. Нарушения такого рода по вине метрополитена имели следствием нарушения графика движения поездов, отмены одного и более поездов. Также возникновение рисков было связано с объективной природой возможного дефекта — отдельного несоответствия продукции (машины, узла, детали) требованиям, установленным конструкторской (проектной) и/или нормативной документацией.

Снизить риски и, как следствие, повысить эффективность работы дистанций, улучшить технические параметры, а именно сократить количество «событий», то есть неисправностей подвижного состава, пути, контактного рельса, устройств электроснабжения, сигнализации и прочее, а также уменьшить число повреждений, ввиду оставления инструментов или незакрепленного оборудования, мерами трудовой дисциплины было недостаточно. Ввиду опасного характера производства, работники дистанций сознательно и добросовестно выполняли свои трудовые обязанности, добровольно без принуждения соблюдали установленный режим, своевременно и точно исполняли приказы и распоряжения руководства. Механистический тип управления, строгая иерархия подчинения, разделение труда, дисциплинарная ответственность, функциональная специализация, четкие правила работы и должностные инструкции, деперсонализация создавали предпосылки для эффективной работы режимного объекта на принципах рациональности. Для решения задачи повышения эффективности работы дистанций, была использована методология проектного менеджмента.

Опираясь на Руководство по управлению проектами [5], на этапе «инициации» проекта были обоснованы актуальность и целесообразность разработки проекта, направленного на повышение эффективности работы дистанций:

1. предложение высшего руководства ГУП «Московский метрополитен» и Службы электроснабжения о повышении эффективности работы на участках дистанций, ввиду перспектив и стратегии развития организации;

2. анализ руководством информации об особенностях внутренней среды организации, ее организационно-технических характеристиках, с ориентиром на масштабное развитие линий и рост количества станции метро;

3. запрос внешней среды ГУП «Московский метрополитен», появление новых технологий развития общественного транспорта, цифровизации и стандартов обслуживания, изменение потребностей пассажиров в доступности метро и требований к перевозкам пассажиров;

4. рост авторитета работника Службы электроснабжения, стремление специалистов на участках дистанций поднять значимость своей работы на линиях передачи электроэнергии, состоящих из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными, концевыми муфтами и крепежными деталями, а на маслонаполненных кабельных линиях, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

В современных условиях в процесс трудовой деятельности вмешались либеральные тенденции и взгляды, когда в приоритете оказались правовые, организационно-технические, социально-экономические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Запросом на инновации эффективность деятельности была взаимоувязана с развитием индивидуальной инициативы, общественного интереса, социальной ответственности организации, партнерства руководителей и работников, открытости и прозрачности управленческих решений. От активного участия работников в оперативном управлении на соответствующих участках Службы электроснабжения зависит мотивация эффективной работы. Знание и понимание действий руководителей стимулирует трудовую деятельность сотрудников.

Выдвинутая руководством цель повысить эффективность работы дистанций в условиях инноваций, повлекла формирование рабочей группы в структуре сектора безопасности Службы электроснабжения для разработки проекта и формулирования Концепции проекта в логике проектного управления. В Транспортной стратегии развития РФ на период до 2030 года, ведомственных и подведомственных программах, проектное управление включено в сценарии долгосрочного развития транспортной системы страны в целом и ее отдельных подразделений, в том числе ГУП «Московский метрополитен». Международные форумы «Транспорт России», ведущая площадка страны для обсуждения стратегических направлений развития транспорта, включают вопросы проектного управления в свои повестки дня [6].

Литература:

1. Положение о Службе электроснабжения Дирекции инфраструктуры ГУП «Московский метрополитен» [Документ для служебного пользования] — М.: ГУП Московский метрополитен, 2017—25 с.
2. Зайченков, А.И., Шукин Ю.Г. Особенности электроснабжения Московского метрополитена// «КАБЕЛЬ-news», 2015, № 5
3. Правила технической эксплуатации метрополитенов Российской федерации Москва, 2016. — 330 с.
4. Г.И. Логинов Устройства автоматики, телемеханики движения поездов на метрополитене. — М.: ГУП Московский метрополитен, 2006. — 144 с.
5. Руководство к своду знаний по управлению проектами (РМВОК) 4-е издание. — РМІ, 2008.
6. Выбор критериев и обоснование приоритетных направлений инвестирования проектов по развитию транспортной системы//7 Международный форум «Транспорт России» дек. 2013 г. — М.: Гостиный двор, 2013 [электронный ресурс] — режим доступа: <https://transweek.ru/2013/ru/forum/>

Энергоэффективность светодиодного освещения

Галимуллин Нияз Раисович, студент

Казанский государственный энергетический университет

Во времена нашего века инноваций и прогресса технологии стремительно развиваются во всевозможных направлениях. Лампа накаливания (в простонародье именуемая как «лампа Ильича») и сменившая её люминесцентная (энергосберегающая) лампа, постепенно уходят в прошлое. На замену им приходят усовершенствованные LED-лампы.

В последние годы мы стали свидетелями достаточно стремительного развития и революционного совершенствования твердотельных полупроводниковых источников света. Еще недавно светодиоды были всего лишь устройствами индикации, а сегодня это уже высокоэффективные источники света.

В своей статье я расскажу о достоинствах тех ламп, которые в ближайшее время повсеместно заменят энергосберегающие лампы и лампы накаливания, постепенно

уходящие на «второй план» из-за своей моральной старости. Постараюсь достаточно подробно разобрать некоторые самые главные достоинства светодиодных ламп — их экономичность и энергоэффективность.

Светодиод, или светоизлучающий диод (СД, СИД; англ. *light-emitting diode, LED*) — полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.



Рис. 1. Светодиодная лампа

Для того, чтобы понять, как работает светодиод, рассмотрим подробнее его устройство. Светодиод имеет два вывода — анод и катод. На катод помещен алюминиевый параболический рефлектор (отражатель). Со стороны он выглядит как чашеобразное углубление, на дне которого располагается светоизлучающий кристалл. Активный

элемент — полупроводниковый монокристалл — практически во всех современных светодиодах используется в виде кубика (чипа) размерами 0,3x0,3x0,25 мм, содержащего р-п или гетеропереход, а также омические контакты. Кристалл имеет соединение с анодом при помощи перемычки из проволоки. Оптически прозрачный поли-

мерный корпус, являющийся одновременно фокусирующей линзой вместе с рефлектором, определяет угол излучения (диаграмму направленности) светодиода.

В основе любого светодиода заложен электронно-дырочный переход (р-п) [1]. При пропускании электрического тока через р-п переход мы можем наблюдать оптическое излучение. Напомним, р-п переход — это своеобразный «кирпич» полупроводниковой электронной техники, представляющий соединенные вместе два куска полупроводника с разными типами проводимости (один с преобладанием электронов — п тип, второй с преобладанием дырок — р тип).

Существенным и самым основным достоинством **LED-ламп** является их высокая энергоэффективность, т. е. достаточно **низкое потребление электрической энергии** при значительно высоком уровне освещённости. Для расчета энергоэффективности светодиодной лампы сравним её показатели с люминесцентной лампой и лампой **накаливания**.

Для примера рассмотрим освещение комнаты в обычной квартире. Я использую люстру с 5-ю обычными лампами по 60 Вт. Если я хочу поменять их на энергосберегающие (люминесцентные), то мне придется приобрести лампы на 12 Вт, в свою очередь аналогичные светодиодные лампы рассчитаны на 5–6 Вт.

Сравним затраты на электроэнергию и расходы на приобретение трёх видов ламп: люминесцентной (энергосберегающей), лампы накаливания и светодиодной (LED) лампой.

Средняя стоимость данных ламп в магазинах г. Казани:

Литература:

1. «Физические процессы в р-п-переходе». М.: МИЭМ, 2009. Лысенко А. П.
2. Светодиоды — новые технологии рынка освещения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.ledmir.ru/public_01.htm. — Дата доступа: 06.01.2019
3. Наиболее перспективные области применения светильников на светодиодах в освещении объектов жилищно-коммунального хозяйства [Электронный ресурс] / Ю. Б. Айзенберг [и др.]. — Режим доступа: <http://www.ledmir.ru/public.htm>. — Дата доступа: 05.01.2019
4. «Современные светодиоды». Издательство Радиософт, 2013. Юшин А. В.

- качественная лампа накаливания мощностью 60 Вт — 35 рублей
- энергосберегающая, аналогичная 60 Вт, на 12 Вт — 155 рублей
- светодиодная 5 Вт — до 500 рублей.

Стоимость одного кВт/час составляет около 3 рублей. В день моя люстра горит около 6 часов. В год получаем $6 \times 365 = 2190$ часов.

Потребляемая лампами электроэнергия в год:

- накаливания — $2190 \times 60 \text{ Вт} = 131400 \text{ Вт/час} = 131,4 \text{ кВт/час}$
- энергосберегающая — $2190 \times 12 = 26280 = 26,2 \text{ кВт/час}$
- светодиодная — $2190 \times 5 = 10950 = 10,9 \text{ кВт/час}$

Исходя из этого, рассчитываем стоимость потребляемой электроэнергии в год:

- накаливания $131,4 \times 3$ (стоимость одного кВт/час) = 394,20 рублей
- энергосберегающая $26,2 \times 3 = 78,60$ рублей
- светодиодная $10,9 \times 3 = 32,70$ рублей

Так как я использую люстру с 5-ю лампочками, то данные цифры мы увеличиваем в 5 раз. Тем самым получаем выгоду примерно 1800 рублей.

Вывод

В результате проведенных вычислений показано, что LED лампы являются перспективными для применения в системах освещения не только в быту, но и в различных отраслях промышленности. Благодаря финансовой выгоде светодиодные лампы целесообразно применять на производствах масштабного уровня, где свет необходим круглые сутки.

Opinion: Where the implementation of performance-based blockchain smart contracts fail in the oil and gas industry

Perdomo Salcedo Ramon Alfonso, PhD Student
Ukhta State Technical University

The Harvard Business Review [1] in February 2017 had some thought-provoking insights:

«As a technology concept, blockchain describes an immutable, distributed database structure. A blockchain implementation provides a platform for multiple parties to

transact with one another without the need for third-party validation, creating a ledger of records that is by design more secure and trusted than other approaches. Its architecture enables decentralized, secure, direct, and digital transfer of values and assets»

The enthusiastic authors of the article the truth about the blockchain [1] commented «*With blockchain, we can imagine a world in which contracts are embedded in digital code and stored in transparent, shared databases, where they are protected from deletion, tampering, and revision. In this world every agreement, every process, every task, and every payment would have a digital record and signature that could be identified, validated, stored, and shared. Intermediaries like lawyers, brokers, and bankers might no longer be necessary. Individuals, organizations, machines, and algorithms would freely transact and interact with one another with little friction. This is the immense potential of blockchain*» Nothing bad for blockchain optimists for sure. The big concern here is that when we approach topics like Performance-Based Blockchain Smart Contracts (PBBSC) we should be critical when analyzing the pros and cons of their implementation.

In this opinion article I will comment briefly where I believe that the application of PBBSC fail. To begin, I am going to define some basic concepts that will allow us to present my point of view. By definition, a contract is a promise enforceable by law. [2] The promise may be to do something or to refrain from doing something. [3] The making of a contract requires the mutual assent of two or more persons or parts, one of them ordinarily making an offer and another accepting. [3] For a contract to be legally binding it must contain four essential elements: 1) an offer; 2) an acceptance; 3) an intention to create a legal relationship; and 4) a consideration (usually money).

In everyday life of humans, contracts are valuable mechanisms to uphold the promises between known or unknown individuals in a fair manner. [4] With Regular Legal Contracts (RLC), if there isn't a reasonable human at the wheel, you can in fact go to court. Not all contracts are legally enforceable. In the worst case, a government can pass new law making a severely problematic variety of clause unenforceable. [5] On the other hand, regular Performance-Based Contracts (PBC) serve to regulate the supply of services and to define the payment of performance-based incentives (PBI) between persons or parts; In a conventional sense, I talk about Statement of Work (SOW) which is usually a document that accompanies yet another document, often referred to as a Master Services Agreement (MSA). The MSA is usually the governing document for the entire relationship, while the SOW usually deals with the specifics of a single project or scope of work. Larger scale clients in the oil and gas industry usually prefer to lead with an MSA, even though I'd rather lead with our own agreement, which I call a Project Service Agreement (PSA).

Smart contracts (SC) are computer programs in strict sense. They are not written in natural language but in virtual code. They are a type of software that is programmed, like any other software, to carry out a task or series of tasks determined according to the instructions previously introduced. Its compliance, therefore, is not subject to the interpretation

of any of the parties. SC are just like usual contracts that will let you exchange property, money, shares or anything valuable securely and transparently with a little twist. SC were originally quite separate from cryptocurrencies and blockchains. [4] With SC, you won't be needing any middleman to do your deed. They were first proposed by Nick Szabo in 1994. Performance-based smart contracts are based on blockchain technology and the internet of things (IoT). SC regulate contractual relationships between people, parts or even machines.

The most proven use case for smart contracts so far is custom tokens and crowd sales. Hundreds of tokens have been launched and sold on Ethereum so far. The crowd sales are usually referred to as token sales, initial coin offerings, or ICOs.

PBBSC are self-executing contracts with the terms of the agreement between service supplier and service provider being directly written into lines of code. The code and the agreements contained therein exist across a distributed, decentralized blockchain network. PBBSC permit trusted transactions and agreements to be carried out among disparate, known or unknown parties without the need for a central authority, legal system, or external enforcement mechanism. That's the primary difference between RLC and SC. They render transactions traceable, transparent, and irreversible. Like any RLC or agreement, SC can incorporate every possible consequence of transaction behavior and can issue the actions to be taken for each scenario. In simple words, I can say that a RLC differs from an SC in three aspects: the way of writing, legal implications and the way of compliance. Some advocates speak of replacing lawyers and judges with computer code, as if this is an obviously good idea.

In an distributed open, public or private source blockchain network, PBBSC allow you to write applications in the blockchain that usually run as programmed, a transaction sends a type of crypto token that fuels the network (Ether, XEM, etc) deploys a smart contract, or executes a function on an existing SC. Transactions have a cost of carrying out an operation (gas) or a set of operations in the network (Ethereum, NEM, Hyperledger, etc), an blockchain measurement unit that determines the complexity and network cost of a code operation. The gas cost of a transaction is used to calculate the transaction fee. The transaction fee is paid by the address sending the transaction to the miner who mines the block.

Computers programmers work in an area where everything can be determined cleanly and clearly, if only in principle. So using computers to sort out all those annoying grey areas in human interaction is tempting: if you don't understand law but you understand code, then you may try to work around law using code. The trouble is that this conception of SC is based on severely limited understanding of how contracts the law and social agreements work. It concentrates on a technical form that can be put into computer code. It doesn't address the social meaning of what a «contract' is, the changeable contexts real-world contracts operate in,

how they're fulfilled in practice — or how you fix them when things go wrong.

In my opinion, PBBSC work on the wrong level: they run on facts and not on human intent — but legal contracts are a codification of human intent. Human intent is inexact, but

contracts assume they will be running on human minds in the context of human institutions, for human purposes. It must be necessary to give the discussion about the procedures to modify the PBBSC when necessary and the way in which the conflicts will be resolved between the parts.

References:

1. Retrieved from <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>
2. Retrieved from <http://www.lawyersnjurists.com/article/contract-agreement-enforceable-law-promise-set-promises-forming-consideration-other/>
3. Retrieved from <https://www.britannica.com/topic/contract-law>
4. Asharaf, S; Adarsh, S (2017) Decentralized computing using Blockchain technologies and Smart Contracts. IGI Global book series Advances in Information Security, Privacy and Ethics (AISPE).
5. Gerard, D. (2017). Attack of the 50 foot Blockchain, David Gerard.
6. Mukhopadhyay, M (2018). Ethereum Smart Contract Development. Packt Publishing Ltd.
7. Iyer K; Dannen, C. (2018) Building games with Ethereum smart contract. APRESS.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Анализ процессов производства первичного железа

Убайдуллаев Алибек Улугбекович, студент

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

Научный руководитель: Болибеков Максуд Широнович, заместитель главного инженера
ГП «УЗГЕОРАНГМЕТЛИТИ» (г. Ташкент, Узбекистан)

Научный руководитель: Бердияров Бахриддин Тиловкабулович, старший преподаватель
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

ОАО «Узметкомбинат» с каждым годом испытывает возрастающий дефицит металлолома. Годовая потребность комбината в ломе и отходах черных металлов по состоянию на 2012 год составляет 890,2 тыс. тонн, в том числе порядка 280 тыс. тонн (31%) металлолома завозится по толлингу из ближнего зарубежья. Несмотря на ежегодное увеличение объемов, заготовки металлолома и производства проката до 710,5 тыс. тонн в 2012 году, действующие мощности по производству проката черных металлов задействованы не полностью.

В связи с этим единственно возможным решением сырьевой базы является получение металлизированного продукта на базе существующих железных руд Республики Узбекистан (месторождения Сюрената, Темиркан и Тебинбулак).

В настоящее время наряду с доменным процессом существует ряд способов прямого восстановления железных руд, применение которых в последнее время дало успешные результаты. Под процессами прямого получения железа (ППЖ) понимают такие химические, электрохимические или химико-термические процессы, которые дают возможность получать непосредственно из руд, минуя доменную печь, металлическое железо в виде губки, крицы или жидкого металла.

Преимущества способов ППЖ по сравнению с традиционной технологией оправдывают их применение и открывают большие возможности для их дальнейшего совершенствования.

— материал, полученный непосредственно из железных руд, практически не содержит примесей цветных металлов;

— получение не только высокого содержания железа в концентратах, но и существенной степени отчистки их от серы и фосфора;

— возможность использования энергетических углей или природного газа для замены кокса;

— возможность создания экологически чистой технологии;

— наличие небольших производственных агрегатов, обеспечивающих возможность гибкого изменения производства с учетом конъюнктуры [1].

Сегодня решение проблемы получения железа, минуя доменный процесс, в промышленных масштабах осуществляется в основном следующими способами:

1) восстановление Fe из твердых железорудных материалов взаимодействием с твердыми или газообразными восстановителями (твердофазное восстановление);

2) восстановление Fe в кипящем железистом шлаке (жидкофазное восстановление);

3) получение из чистых железистых руд карбида железа.

Процессы твердофазного восстановления железа (ПТВ).

Повышение содержания железа в железорудных материалах получило название «процессы металлизации». Под степенью металлизации обычно понимают процентное содержание железа в продукте. Продукт данных процессов представляет собой твердую фазу и напоминает пористую губку, поэтому его часто называют «губчатым железом».

Для восстановления оксидов железа в качестве восстановителя обычно используют или уголь (твердый восстановитель), или газ (газообразный восстановитель). Существует несколько типов процессов и установок ППЖ. Наиболее распространенными являются способы Мидрекс (MIDREX, США) и ХиЛ (HyL, Мексика). Способом Мидрекс осуществляется примерно 2/3 всего мирового производства железа прямого получения, способом ХиЛ-1/4.

Главным отличием процесса Мидрекс является способ конверсии природного газа, которая в этом процессе осуществляется диоксидом углерода, содержащимся в отходящем газе, по реакции $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$. Конвертированный газ содержит около 35% CO и 65% H₂, его подают в печь при температуре 750°C. Кроме этого, в нижнюю часть печи подают охлажденный оборотный газ. Охлажденные окатыши содержат приблизительно

95%-Fe, 1%-C. Основной особенностью процесса восстановления в периодически действующих ретортах ХиЛ (HyL) является применение паровой конверсии природного газа, осуществляемой в аппаратах, в которых расположена кирпичная насадка с добавкой никеля в качестве катализатора. Конверсия протекает по реакции $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$. Газ перед конверсией подвергается десульфурации. Получаемый конвертерный газ содержит около 14% CO, 58% H_2 , 21% H_2O , 4–5% CO_2 . Другие способы получения губчатого железа широкого распространения не получили [2]. «Атомная» металлургия. В настоящее время прорабатываются варианты использования тепла ядерных реакторов для проведения операций твердофазного восстановления, а также есть предложения использовать атомную энергию для разложения воды с последующим использованием водорода для восстановления железа. Процессы жидкофазного восстановления (ПЖВ). Одним из методов решения проблемы организации процесса жидкофазного восстановления железа из руд является двухстадийный процесс.

Например, процесс DIOS. В данной установке последовательно соединены агрегаты: жидкофазное восстановления, предварительного восстановления в псевдоожиженном слое и подогрева псевдоожиженном слое. Использование предварительно восстановленной руды предусмотрено в процессе HISMELT, разработанном в Австралии.

Во многих процессах жидкофазного восстановления (COREX, PLASMAMELT, SUMITOMO, KAWASAKI) предусмотрено использование отходящих газов для подогрева и восстановления руды. Этот же принцип положен в основу процесса «РУДА-СТАЛЬ». Его особенностями

являются: непрерывность, применение рядовых некоксуемых углей взамен кокса или природного газа, минимальная материал- и энергоёмкость производства. К настоящему времени наибольшее распространение получил процесс COREX В восстановительную шахту загружают кусковую руду. Проходя навстречу току восстановительного газа, материал восстанавливается до губчатого железа (до 90% Fe). Затем губчатое железо транспортером подается в плавильную газификационную камеру, где происходит окончательное восстановление, плавление и нагрев расплава. Комбинирование процесса COREX с прямым восстановлением позволяет получить экономичный качественный продукт.

Мировое производство продуктов прямого восстановления железа. В 2005 г. мировое производство ППВ железа увеличилось с 2004 г. на 38% (данные по 23 крупнейшим странам). Крупнейшими регионами по выпуску ППВ железа в 2005 г. явились Азия (свыше 25 млн тонн) и Латинская Америка (более 19 млн. тонн). Согласно прогнозу, в последующие годы в мире сохранятся высокие темпы роста производства ППВ железа, поскольку цены на железосодержащее сырьё, очевидно, останутся на высоком уровне [3].

В настоящее время основной задачей организации производства металлизированных окатышей и жидкого передельного чугуна на Узметкомбинате является обеспечение действующего сталеплавильного производства качественной первородной шихтой, заменяющей дорогой и дефицитный стальной лом. Использование в электропечах такой шихты вместо части лома будет способствовать повышению качества стали и гарантировать более стабильные экономические условия ее производства.

Литература:

1. Юсупходжаев, А. А., Балгабаева Г. Т. «Прямое получение железа из руд». Т: ТГТУ г. 60с
2. www.geoinform.ru
3. Перспективы энергетических технологий. Сценарии и стратегии до 2050. WWF — М.: 2007—586 с.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Оценка качества работы тепловозного дизеля

Балагин Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Балагин Олег Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Якушин Роман Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;
Новоселова Виктория Денисовна, студент
Омский государственный университет путей сообщения

В статье рассмотрен метод оценки качества работы тепловозных дизелей автономных локомотивов при помощи тепловизионной диагностики.

Ключевые слова: тепловизор, инфракрасное излучение, дизель, диагностирование, тепловой баланс, градиент, математическая модель.

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью освоена большая номенклатура инфракрасных термометров, тепловизоров и пирометров, которые практически безинерционны, работают в реальном масштабе времени, позволяют измерять температуру от -40 до 3000 °С [1]. Они обеспечивают непрерывное, быстрое и безопасное измерение температуры объектов, которые движутся, имеют очень высокую температуру или находятся в труднодоступном месте. Приборы обладают высокой оптической разрешающей возможностью (погрешность $0,01$ °С) и широким набором функций.

При тепловой диагностике основным источником информации о температурном поле и его градиентах служит инфракрасное излучение. Сложность процессов, формирующих тепловые поля узлов и деталей подвижного состава, требует разработки адекватных математических моделей физических процессов, характеризующих различного рода взаимодействия составных частей подвижного состава не только друг с другом, но и с внешними системами.

Подвижной состав генерирует собственное инфракрасное излучение за счет работы дизеля, электрических машин (400 К), торможения локомотивов и вагонов ($400-800$ К), нагрева буксовых узлов (340 К) и т. п. В результате происходит формирование внешних тепловых полей, отражающих процессы, происходящие внутри объектов в зависимости от их технического состояния [1].

Разработка общих форм математических моделей теплоэнергетической визуализации технических объектов в зависимости от внутренних термодинамических процессов, с последующей реализацией в виде прикладных программ для использования их в системах технического диагностирования решит проблему широкого использования методов тепловой диагностики для целей диагностирования.

Основным источником теплоты на тепловозах является дизель-генераторная установка (ДГУ). Характер тепловых полей на внешней поверхности дизеля отражает качество протекания рабочего процесса в цилиндрах и работы ДГУ в целом. Таким образом, термодинамическая визуализация внутренних тепловых процессов позволит произвести не только тепловизионную диагностику, но и сформировать в дальнейшем энергетический паспорт дизеля.

На первом этапе исследований необходимо рассмотреть процессы выделения теплоты при сгорании рабочей смеси, её передачи через стенку цилиндра в систему охлаждения, крышке цилиндра (при наличии), головке поршня и т. д. Прежде всего, для этого необходимо составить внешний тепловой баланс для номинального режима работы и исследовать процессы распространения теплоты через стенки дизеля.

Внешний тепловой баланс двигателя удобно представить через схему внутреннего теплового баланса (рис. 1), из которой видно, как формируется составляющие внешнего теплового баланса.

Теплота, выделившаяся при сгорании топлива, обозначена Q . Теплота Q_i эквивалентна индикаторной работе в цилиндре двигателя. Теплота, эквивалентная эффективной работе Q_e , состоит из теплоты $Q_{ед}$, соответствующей эффективной работе поршневой части, и теплоты Q_{em} , эквивалентной эффективной работе турбины, передаваемой на вал двигателя; теплота, отводимая от двигателя охлаждающей жидкостью или воздухом, обозначена $Q_{в}$; теплота $Q_{г}$, отводимая из двигателя с выпускными газами, состоит в общем случае из физической теплоты газов $Q_{г.ф}$ и химической теплоты $Q_{г.х}$.

В дизелях теплота, отводимая с выпускными газами из поршневой части, направляется в газовую турбину. В общем случае этот тепловой поток делится на два: один со-

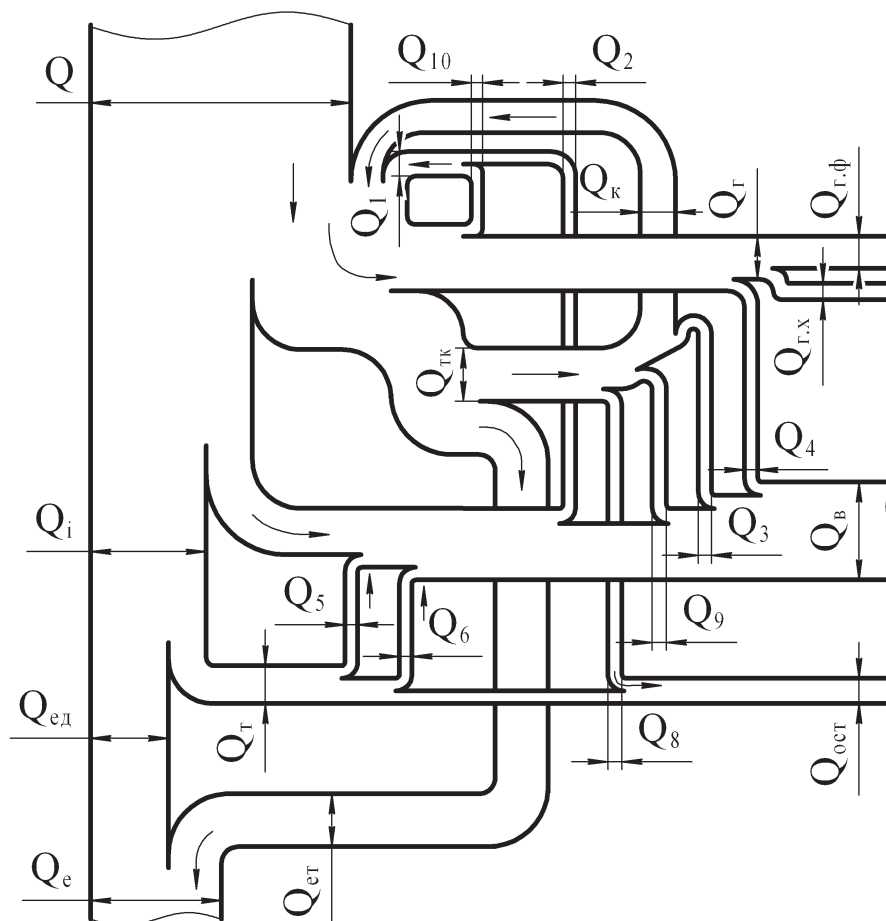


Рис. 1. Схема теплового баланса дизеля

ответствует полезной работе турбины и внутренним потерям теплоты в ней, другой — теплоте, отводимой из турбины с выпускными газами. Теплота, соответствующая полезной работе турбины, делится на теплоту, эквивалентную работе, передаваемой на вал двигателя Q_{em} , и на теплоту, эквивалентную работе привода компрессора Q_{mk} . При работе турбины теряется часть теплоты Q_4 , которая отводится частично охлаждающей турбину жидкостью (вода), а часть теплоты Q_8 отводится через стенки турбины.

Работа турбины затрачивается на сжатие в компрессоре воздуха. Теплота Q_k , эквивалентная работе сжатия наддувочного воздуха, возвращается в цилиндр двигателя при наполнении. При сжатии воздуха в компрессоре он подогревается и дополнительно вносит в цилиндр дизеля теплоту Q_7 . Подогрев воздуха происходит от выпускных газов (теплота Q_{10}) и охлаждающей жидкости (теплота Q_2).

В большинстве двигателей, работающих с высоким наддувом, устанавливается охладитель наддувочного воздуха (ОХНВ). Теплота, отводимая в ОХНВ, обозначена Q_3 . Теплота, эквивалентная энтальпии сжатого воздуха Q_k , возвращается обратно в поршневую часть. В турбине и компрессоре имеются потери теплоты трения в подшипниках Q_9 . Теплота, эквивалентная работе трения в подшипниках, выносится из турбины смазочным маслом в

ОХНВ и присоединяется к тепловому потоку, который выносится из двигателя охладителем.

Теплота, эквивалентная работе трения Q_m частично передается смазывающему детали маслу (теплота Q_5) и деталям двигателя (теплота Q_6), уносится охладителем и рассеивается в окружающую среду через стенки корпуса двигателя (теплота Q_7).

Применение турбины, работающей на выпускных газах, уменьшает долю теплоты, отводимой с газами, и увеличивает долю полезно используемой теплоты. В двигателях, не имеющих передачи от турбины к валу двигателя, нет потока теплоты Q_{em} . В случае отключения ОХНВ исключается поток теплоты Q_3 .

По результатам внешнего теплового баланса необходимо далее рассмотреть теплонапряженность деталей дизеля, которая зависит от величины теплового потока через единицу площади поверхности или сечения детали, ее температуры, температурного градиента в стенках и температуры поверхностей трения. Каждый из указанных параметров в отдельности не отражает теплонапряженности детали. Тепловой поток характеризуется величиной q , ккал/($m^2 \cdot ч$) [1],

$$q = \frac{Q}{F}, \quad (1)$$

где Q — количество теплоты, проходящей через поверхность детали, *ккал/ч*;

F — площадь поверхности детали, m^2 .

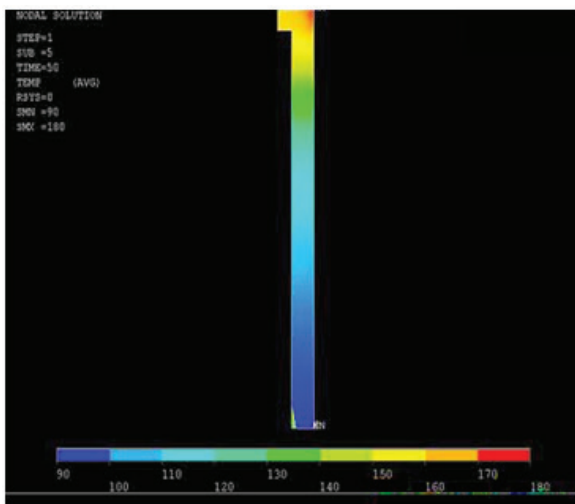
Величина теплового потока зависит от степени форсировки двигателя, т. е. от количества топлива, сжигаемого в единице объема цилиндра, и от числа оборотов, или частоты подвода теплоты. Величина теплового потока, проходящего через разные части поверхностей деталей двигателя, различна, поэтому температуры разных точек детали неодинаковы.

Температура газов в цилиндре циклически изменяется. Вследствие этого тепловой поток тоже все время меняется. При значительном колебании температуры газов в пределах одного рабочего цикла температура стенки детали изменяется незначительно. По опытным данным в быстроходных двигателях на глубине 1 мм от поверхности, соприкасающейся с горячими газами, колебания температуры не превышают 8–10° С.

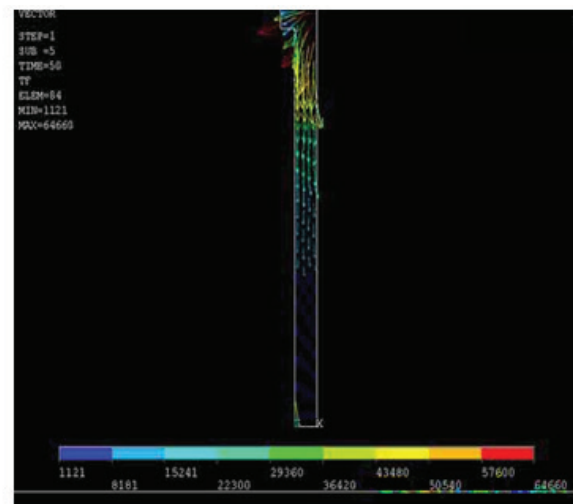
Величина тепловых потоков, проходящих через детали двигателя, определяется напряженностью рабочего процесса, свойствами материала, толщиной стенок детали, температурой охладителя и скоростью движения его относительно стенок. Средняя величина удельного теплового потока через стенки цилиндра для двигателей различных типов $q = 75000 \div 300000$ *ккал/ (м²·ч)*. Тепловой поток

на различных участках рабочего цилиндра неодинаков. Наибольшее количество теплоты, примерно до 60%, отводится через головку цилиндра и примерно до 40% — через стенки цилиндров и другие детали двигателя.

Определить количество теплоты, проходящей через отдельные детали двигателя (поршень, втулку, клапаны и т. п.), чтобы выявить их температуры и температурные напряжения, чрезвычайно трудно. Сложность и разнообразие конструктивных форм деталей, равно как и характера теплообмена между рабочим телом и стенками, требуют применения современных программ 3D моделирования (SolidWorks, CosmosFloWorks, Nastran) процессов нестационарной теплопроводности в технических объектах сложной конфигурации. С помощью этих программ необходимо идентифицировать процессы, происходящие внутри технических объектов с внешней теплоэнергетической визуализацией. На рис. 2 показан пример моделирования тепловых полей в цилиндрической гильзе тепловозного дизеля. Полученные таким образом математические модели будут представлять собой зависимость теплоэнергетического портрета объекта от его технического состояния и режима работы, что особенно важно для транспортных средств, и с высокой достоверностью реализовывать картину распределения температуры на его поверхности.



а



б

Рис. 2. Моделирование процессов теплопередачи в цилиндрической гильзе тепловозного дизеля: а — изолинии; б — векторная форма тепловых полей

В настоящее время на кафедре «Локомотивы» разрабатывается 3D модель цилиндрической поршневой группы на примере дизеля 10Д100. Данная модель позволит оперативно и с высокой достоверностью представить тепловую

картину диагностируемой дизель-генераторной установки с учетом внутренних и внешних факторов, определяющих ее работоспособность.

Литература:

1. Алексенко, В. М. Тепловая диагностика элементов подвижного состава: Монография. — М.: Маршрут, 2006. — 398 с.

2. Овчаренко, С. М. Совершенствование систем диагностирования узлов и систем тепловозов / С. М. Овчаренко, О. В. Балагин, Д. В. Балагин // Транспорт-2015: Труды международной научно-практической конференции. В трех частях. Ч. 2: Технические науки. (21–24 апреля 2015 г.) / Ростовский гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д, 2015. с. 229–231.

Обеспечение качества продукции на современных автомобилестроительных компаниях

Солиева Дилноза Анваровна, соискатель
Андижанский машиностроительный институт (Узбекистан)

Качество является важнейшим фактором конкурентоспособности любого предприятия, а создание стратегии обеспечения продукции является одним из приоритетов развития компании. Качество должно быть заложено в каждый проект и в каждый процесс. Его нельзя получить путем контроля. Обеспечения качества — это основа основ управления качеством. [1. с. 176]

Обеспечения качества означает гарантирование такого уровня качества продукции, который позволяют потребителю с уверенностью покупать и использовать ее в течение длительного требованиям потребителя. Предприятия должна обеспечивать уровень качества продукции (речь идет не об удовлетворении требований национальных стандартов).

Для эффективного обеспечения качества высшее руководство предприятий должно определить твердую политику, которая бы охватывала следующие подразделения:

- научно-исследовательские;
- плановое;
- конструкторское;
- производственное;
- сбыта и
- обслуживание [2].

Такая политика должна также распространяться на субподрядчиков, которые снабжают фирму комплектующими деталями и на сбытовые организации предприятия. Полное обеспечение качества невозможно без участия в этом процессе каждого, включая всех работников предприятия, субподрядчиков и торговцев. Но ответственность за обеспечения качества несет производитель. Если продукция является результатом совместной деятельности, ответственность за обеспечения качества ложится на поставщика.

Исторически обеспечения качества, например, в Японии развивалась в следующих направлениях:

1. Обеспечения качества, основано на контроле.
2. Обеспечения качества, основано на управлении производственным процессом.
3. Обеспечения качества, уделяющее основное внимание разработке новых видов продукции.

В настоящее время ведущие мировые компании в основу своей стратегии принимают модели TQM (Total

Quality Management) — всеобщего управления качеством в их постоянно меняющихся модификациях. [3. с. 64] Суть всеобщего управления качеством состоит в управлении качеством и в обеспечения качества при разработке новых видов продукции. Внедрение TQM имеет три обязательных условия:

1. Качество признается высшим руководством компании как основная стратегическая цель деятельности, обеспечивающая конкурентоспособность и развитие компании.

2. Деятельность по управлению качеством должна охватывать все функциональные подразделения компании (до 80–90% деятельности по производству не может контролироваться службами качества — возможен только самоконтроль).

3. Постоянное обучение на каждом рабочем месте и повышение мотивации работников.

Анализ этих условий показывает, что стратегия обеспечения качества продукции на современных предприятиях автомобилестроения определяется тремя факторами — человеческими ресурсами, структурой затрат и системой качества.

Анализ показателей качества продукции отечественного автомобилестроения свидетельствует об отсутствии стабильности и положительной динамики показателя качества, то есть проблем устойчивого обеспечения качества продукции.

Задача повышения качества может реализоваться двумя путями — стратегическим и тактическим.

Стратегический путь повышения качества — это внедрения новых технологий и оборудования, повышение качества персонала и др. Современный потребитель обращает внимание на такие показатели, как наличие сертификатов, наличие гарантийных обязательств, измеримого качества продукции и возможность поставлять продукцию высокого качества в больших объемах в течение долгого времени.

На автомобильном заводе «Дженерал Моторс Узбекистан» система учета затрат на качество только создается и привести точные данные по видам затрат не представляется возможным. Однако на основе результатов исследований можно привести обобщенное соотношение видов затрат (Таблица 1).

Таблица 1

Соотношение существующих затрат на качество [4]

Виды затрат на обеспечение качества	% к общим затратам на качество
Затраты на устранение внутренних не соответствий	20–40
Затраты на устранение внешних дефектов	10–20
Затраты на оценку качества	10–50
Затраты на предотвращение появления дефектов	1–5

По нашему мнению, с учетом сегодняшнего положения компании, уровня развития производства и другие факторы, влияющие на качество продукции, затраты на качество должны быть в следующем соотношении.

Рост затрат на предотвращение появления дефектов позволит снизить объем общих затрат на качества ввиду

ожидаемого сокращения затрат на устранения дефектов. Это даст большой экономический эффект ввиду большой стоимости производства автомобиля, то есть наибольший экономический эффект ожидается при бездефектном производстве.

Таблица 2

Распределение предлагаемых затрат на качество [5]

Виды затрат на обеспечение качества	% к общим затратам на качество
Затраты на устранение внутренних не соответствий	~30
Затраты на устранение внешних дефектов	~10
Затраты на оценку качества	~40
Затраты на предотвращение появления дефектов	~20

Изменение структуры затрат на обеспечение качества возможно только в сочетании с устранением факторов возникновения дефектов, то есть природы их происхождения. Изучения происхождения выявленных дефектов показывает, что причинами проблем были:

1. Человеческий фактор — 65% (в т. ч. 52,6% — небрежность и невнимательность рабочего, 12,4% — по-

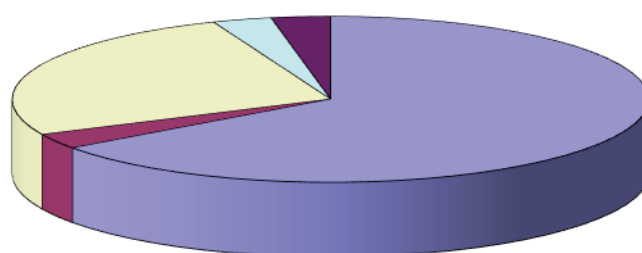
врежение комплектующих частей при установке);

2. Вторичный человеческий фактор — 3% (дефекты, обусловленные низким уровнем техобслуживания);

3. Качество комплектующих частей — 21%;

4. Транспортировка — 3%;

5. Хранение — 3% (рис. 1).



- Человеческий фактор - 65%
- Вторичный человеческий фактор - 3%
- Комплектующие части - 26%
- Транспортировка - 3%
- Хранение - 3%

Рис. 1. Анализ происхождения дефектов продукции¹

То есть человеческий фактор следует считать определяющим. Анализ причин появления дефектов, связанных

с человеческим фактором, позволил разделить их на 3 группы (на уровне операторов):

¹ Результаты авторских исследований на ЗАО «Дженерал Моторс Узбекистан».

1. Отношение к работе (низкий уровень исполнительской и технологической дисциплины, нарушения требований стандартов работы) — 75%;
 2. Нехватка опыта — отсутствие навыков работы — 18%;
 3. Нехватка специальных знаний — 7%.
- То есть, только за счет соответствующей работы с пер-

соналом (изменение отношения к работе, правильное распределение по рабочим местам, качественное обучение) без дополнительных расходов можно снизить количество дефектов на 68%.

В табл. 3.12 приводятся основные источники возникновения дефектов в автомобильной промышленности различных стран.

Таблица 3

Источники возникновения дефектов в автомобильной промышленности [1]

Источники дефектов готовой продукции (%)	Япония	США	Великобритания	Узбекистан
Ошибки на стадии разработки и дизайна	7,5	7,4	10,3	-
Некачественная продукция поставщиков	8,0	25,0	15,7	26,0
Ошибки в работе оборудования	7,9	41,9	36,9	3,0
Ошибки в работе персонала	68,8	21,9	33,5	65,0
Прочие источники дефектов	7,8	3,8	3,6	7,0

Структура источников возникновения дефектов в Узбекистане приближается к японскому типу — ошибки работы персонала признаются как 65% и 68,8% соответственно, но проблемы с качеством продукции поставщиков почти равны американским — 26% — в Узбеки-

стане и 25% — в США. Ошибки по причине ошибок на стадии разработки и дизайна для продукции отечественного автомобилестроения отсутствуют ввиду отсутствия собственных разработок продукции.

Литература:

1. Oliver, N., Delbridge R., Barton H. Lean Production and Manufacturing Performance Improvement in Japan, UK, and USA 1994–2001. ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge, Working Paper, 2002, No. 232

Измерение искривлений и деформаций тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при их холодной гибке с раскатыванием

Халиулин Евгений Велемьянович, аспирант
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

Проанализирована и рассмотрена технология измерений искривлений и деформаций тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при их холодной гибке с раскатыванием. Подробно изложена методика проведения эксперимента. Эксперименты были проведены на специальном станке для холодной гибки тонкостенных труб с раскатыванием. В основу способа измерения искривлений и деформаций был использован «Метод сеток». После холодной гибки тонкостенной трубы были измерены расстояния между рисками, были подсчитаны величины удлинения и уменьшения длины стенок тонкостенной трубы, участвовавших в гибке. В результате проведенных исследований были получены графические зависимости, по которым можно понять характер удлинения и уменьшения длины стенок тонкостенной трубы в различных местахгиба. В результате проведенного исследования удалось оценить степень и характер искривлений и деформаций в продольном и поперечном сечении стенок тонкостенной трубы при холодной гибке с раскатыванием и, как следствие, рассчитать указанные деформации и утонения стенок тонкостенной трубы.

Ключевые слова: измерение, искривления, деформации, тонкостенные трубы, гибка труб, холодная гибка, гибка с раскатыванием, метод сеток.

Криволинейные элементы трубопроводов находят применение в различных отраслях промышленности для

транспортировки всевозможных технологических сред при различных температурах и давлениях. Предлагаемая

технология холодной гибки с раскатыванием изгибаемой тонкостенной трубы вызывает значительные по величине искривления и деформации, сложный характер распределения напряжений, образование наклепа на внутренней поверхности тонкостенной трубы и др. В связи с этим следует провести исследование влияния самого метода холодной гибки на свойства получаемых изделий с целью уточнения возможных областей применения.

Технология холодной гибки тонкостенных труб с раскатыванием (рис. 1), разработанная в ЮУрГУ, устраняет пе-

речисленные недостатки. Данная технология заключается в следующем. При вращении раскатника, заведённого в тонкостенную трубу с достаточно большим натягом, в каждой точке кольцевой зоны раскатывания возникает знакопеременный изгиб, при котором изгибные напряжения кратковременно достигают предела текучести. В результате при приложении относительно небольшого изгибающего усилия происходит холодная гибка в перемещающейся кольцевой зоне раскатывания.

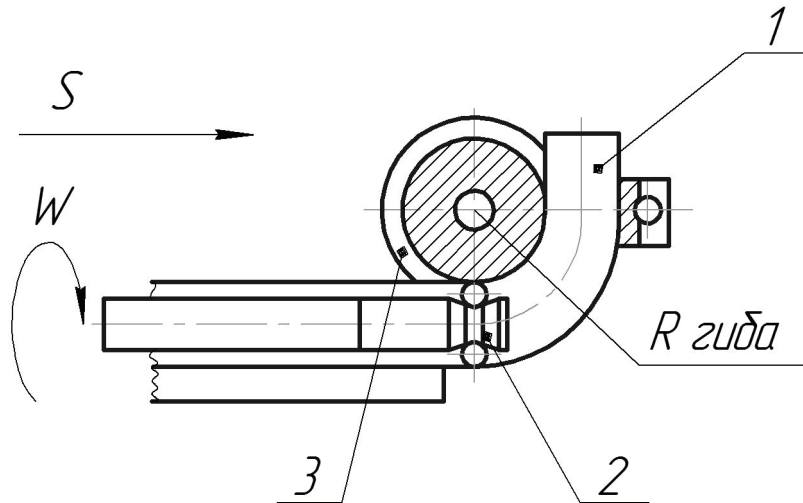


Рис. 1. Схема холодной гибки труб с раскатыванием: 1 – тонкостенная труба, 2 – шариковый раскатник, 3 – гибочный ролик

В конечном итоге, в результате холодной гибки тонкостенных труб с раскатыванием происходят различные искривления и деформации, а именно: удлинение внешней стенки тонкостенной трубы, укорачивание внутренней стенки и изменение длины боковой стенки. Это приводит к преобразованию формы и исходной толщины стенок тонкостенной трубы в поперечном сечении [3].

Результатом и целью экспериментов является изменение искривлений и деформаций при холодной гибке тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при холодной гибке с раскатыванием, информации по которым еще достаточно мало.

Условия проведения эксперимента: 1. Заготовка: тонкостенная труба 12X18H9T; $\varnothing 42,5 \times 2,25 \times 1400$ мм, ГОСТ 9941–81; 2. Инструмент: шариковый раскатник с 4-мя деформирующими элементами; 3. Оборудование: станок для холодной гибки тонкостенных труб с раскатыванием; 4. Угол изгиба тонкостенной трубы: 90° ; 5. Способ холодной гибки: гибка тонкостенной трубы с раскатыванием, путем наматывания на ролик-шаблон; 6. Радиусгиба: $2D_u = 80$ мм; 7. Режимы холодной гибки: натяг 0,5; 1; 1,5 мм; частота вращения раскатника: 300 об/мин; 8. В качестве привода главного движения использовался электродвигатель мощностью 0,95 кВт с частотой вращения $n = 450$ об/мин; 9. Частота вращения гибочного ролика: 0,15 об/мин, что обеспечивает подачу тонкостенной трубы равную 120 мм/мин; 10. В качестве деформирующих элементов

раскатника использовались шарики из стали марки ШХ15 диаметром 14,1 мм.

Настоящие эксперименты были проведены на специальном станке [5] для холодной гибки тонкостенных труб с раскатыванием (рис. 2).

Механизм создания натяга (рис. 3, 4), содержащий маховик 1, упор 2, стержень 3, втулку 4, корпус 5 и шток 6, позволяет устанавливать величину натяга в ходе холодной гибки без остановки вращения раскатного инструмента.

С целью измерения искривлений и деформаций был использован «Метод сеток» [1, 2, 4]. На тонкостенную трубу перед холодной гибкой были нанесены риски через каждые 5 мм. На рис. 5 приведен результат эксперимента в виде изображения тонкостенной трубы после разметки и холодной гибки. Измерения проводились электронным штангенциркулем с точностью до 0,01 мм. После холодной гибки тонкостенной трубы были измерены расстояния между рисками, были подсчитаны величины удлинения и уменьшения длины стенок тонкостенной трубы, участвовавших в гйбе (рис. 6).

Поэтому, в результате проведенных исследований были получены графические зависимости, по которым можно понять характер удлинения и уменьшения длины стенок тонкостенной трубы в различных местах гйба (рис. 7, 8). Анализируя графики (рис. 7) можно установить определенную закономерность изменений искривлений и деформаций на различных участках изгибаемой тонкостенной трубы при различных натягах (табл. 1).



Рис. 2. Станок для холодной гибки тонкостенных труб с раскатыванием

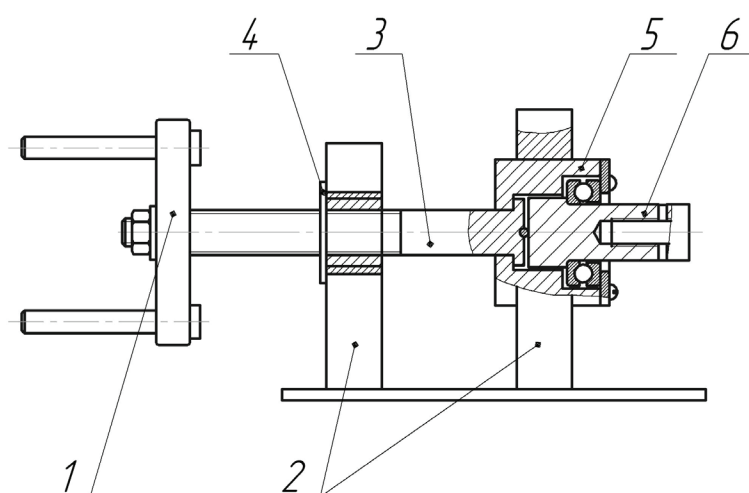


Рис. 3. Схема механизма создания натяга

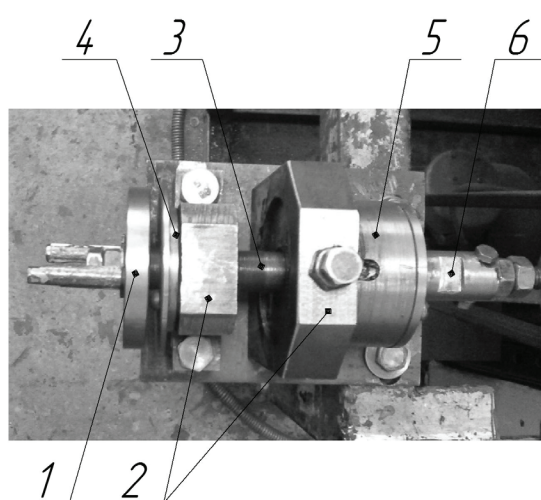


Рис. 4. Механизм создания натяга

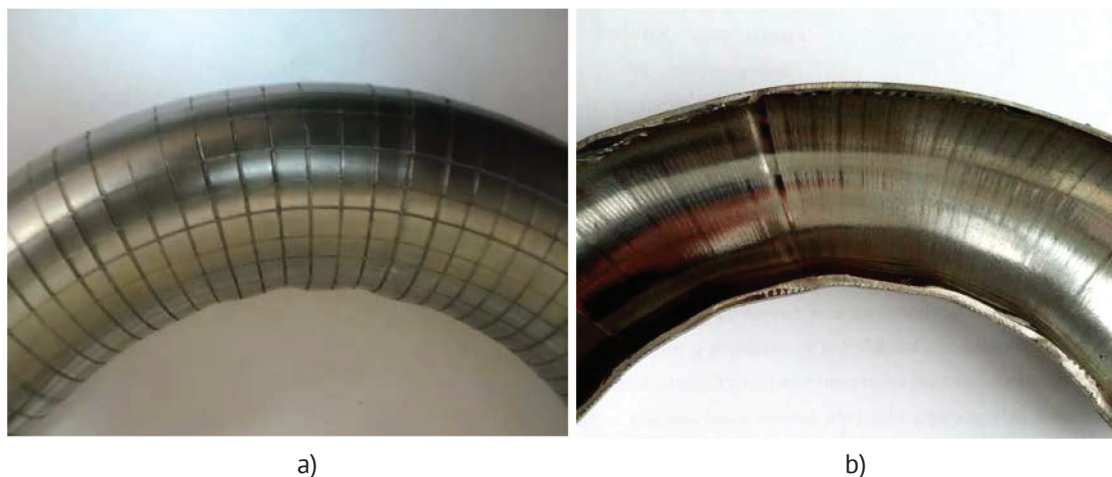


Рис. 5. Результат эксперимента: а) образец размеченной тонкостенной трубы послегиба; б) тонкостенная труба в разрезе

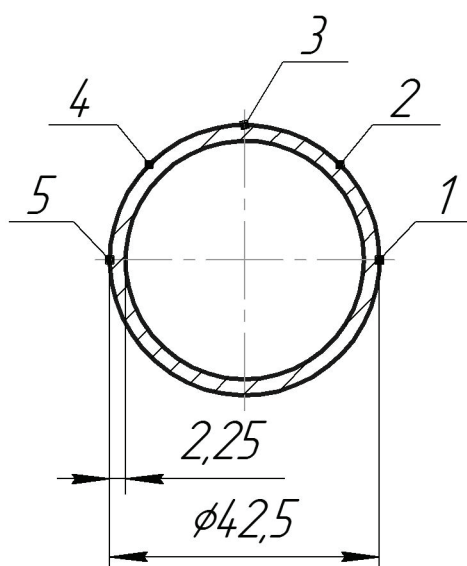


Рис. 6. Схема расположения точек, в которых проводились измерения

Неизбежность выпадения ряда точек на внутренней стенке, обусловлено наличием гофрообразования тонкостенной трубы при малых натягах. Выпадение точек на боковой стенке, внешней стенке, а также на участках 2 и 4 (рис. 6), обусловлено наличием гофрообразования тонкостенной трубы, трением тонкостенной трубы при холодной гибке о ролик-шаблон, неравномерностью толщин стенок тонкостенной трубы и структуры металла.

Поэтому величина натяга раскатника является основным параметром от которого зависят величины продольных искривлений и деформаций и качество гнутой тонкостенной трубы.

В результате, расчетная толщина стенки тонкостенной трубы на внутренней, боковой и наружной поверхности, а также между ними, по точкам 1–5 (рис. 6), менялась пропорционально изменению величины продольных искривлений и деформаций на соответствующих участках (рис.

Таблица 1

Закономерность изменений искривлений и деформаций

Натяг	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
0,5 мм	— 7,4 %	— 4,6 %	12,0 %	16,6 %	35,2 %
1 мм	— 11,0 %	— 5,6 %	16,8 %	22,0 %	36,8 %
1,5 мм	— 12,0 %	— 6,6 %	18,0 %	28,6 %	39,4 %

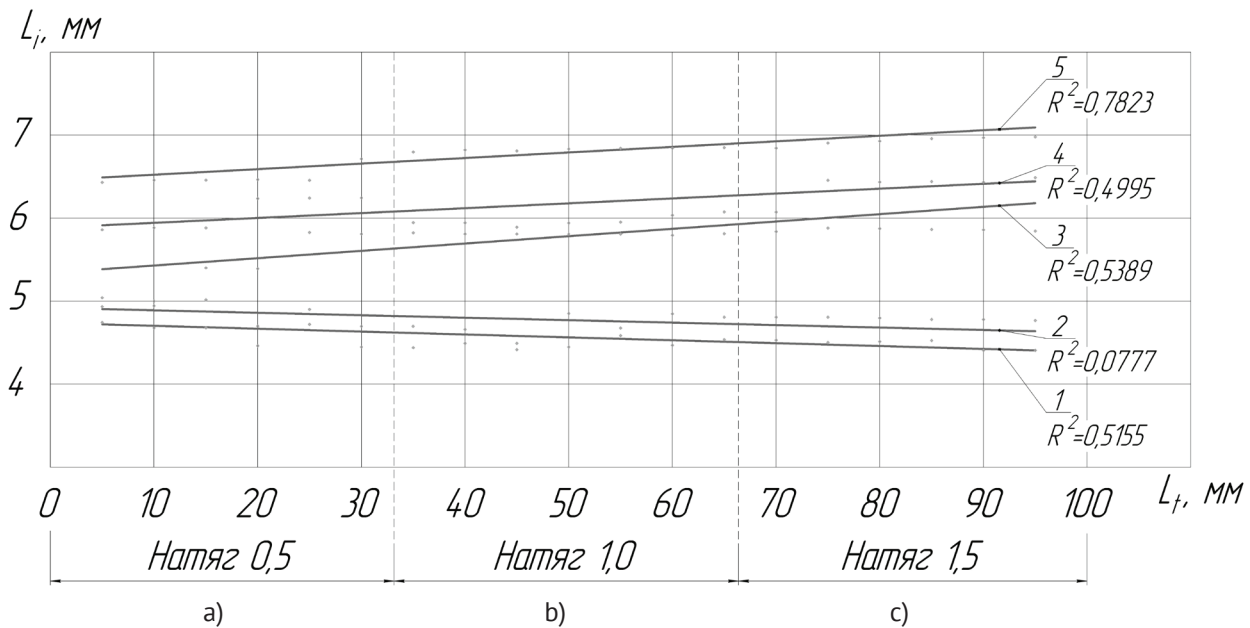


Рис. 7. Графики изменения длин интервалов: (а) натяг $N = 0,5$ мм; (б) натяг $N = 1,0$ мм; (с) натяг $N = 1,5$ мм

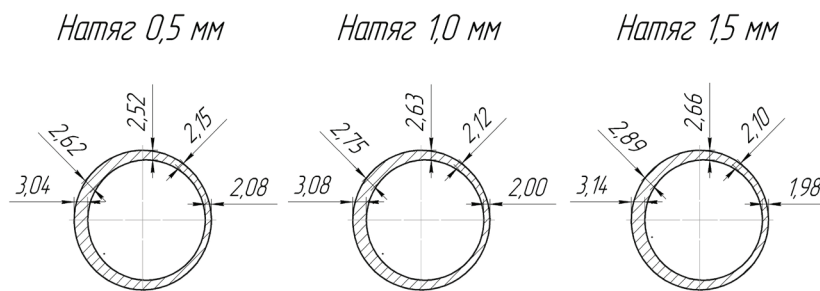


Рис. 8. Изменения толщины стенок тонкостенной трубы

7). Изменения толщины стенок тонкостенной трубы приведены на рис. 8.

Цель эксперимента достигнута: в результате проведенного исследования удалось измерить степень и характер искривлений и деформаций в продольном и поперечном сечении стенок тонкостенной трубы при холодной гибке с раскатыванием и, как следствие, рассчитать указанные деформации и утонения стенок тонкостенной трубы, а именно на внутренней стенке наблюдалось уменьшение

длины стенки тонкостенной трубы в среднем от 7,4% до 12,0%, между внутренней и боковой стенкой наблюдалось уменьшение длины стенки тонкостенной трубы в среднем от 4,6% до 5,6%, на боковой стенке наблюдалось удлинение стенки тонкостенной трубы в среднем от 12,0% до 18,0%, между боковой и внешней стенкой наблюдалось удлинение стенки тонкостенной трубы в среднем от 16,6% до 28,6%, на внешней стенке наблюдалось удлинение стенки тонкостенной трубы в среднем от 35,2% до 39,4%.

Литература:

1. Бергман, В. Измерение напряжений и деформаций / В. Бергман; под ред. Н. И. Пригоровского. — М.: Машгиз, 1961. — 535 с.
2. Ильющин, А. А. Упругопластические деформации полых цилиндров / А. А. Ильющин, П. М. Огибалов. — М.: Изд-во Московского университета, 1960. — 224 с.
3. Козлов, А. В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: монография / А. В. Козлов, А. В. Бобылев. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 169 с.
4. Пригоровский, Н. И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений: справочник / Н. И. Пригоровский. — М.: Машиностроение, 1983. — 248 с.
5. Халиулин, Е. В. Станок для гибки труб из титановых сплавов / Е. В. Халиулин, А. В. Козлов // «Наука ЮУрГУ»: материалы 69 научной конференции. — Сб. науч. тр. Челябинск: Изд. «ЮУрГУ», 2017. — с. 545–549.

ТРАНСПОРТ

Экологическая эффективность применения сжиженного углеводородного газа на автомобильном транспорте в качестве моторного топлива

Миров Бехруз Кудратович, аспирант

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

В данной статье рассмотрены проблемы загрязнения атмосферного воздуха Республики Таджикистан (РТ) выбросами автомобильного транспорта (АТ), работающего на разном моторном топливе, его влияние на окружающую среду и состояние здоровья человека. Отмечены динамика роста количества автомобилей и в связи с этим пропорциональный рост загрязнения атмосферного воздуха. Предлагается техническое решение по переводу автомобилей на газообразное топливо, представлены расчеты по экологическому эффекту.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, выбросы автотранспорта, токсичные вещества, отработавшие газы, сжиженный углеводородный газ, газовое топливо, экологическая эффективность.

Ecological efficiency of application of liquefied hydrocarbon gas in road transport as a motor fuel

Mirov Behruz Kudratovich postgraduate

Moscow Automobile and Highway State Technical University (MADI)

This article discusses the problems of air pollution of the Republic of Tajikistan (RT) emissions of road transport (RT), working on different motor fuels, its impact on the environment and human health. The dynamics of growth in the number of cars and in connection with this proportional increase in air pollution are noted. A technical solution for the transfer of cars to gaseous fuel is proposed, calculations on the environmental effect are presented.

Keywords: environmental pollution, motor vehicle emissions, toxic substances, exhaust gases, liquefied petroleum gas, gas fuel, environmental efficiency.

Автомобильный транспорт (АТ), в том числе и в Республике Таджикистан (РТ), является одним из самых основных загрязнителей атмосферы [2]. Количество выбросов от автотранспорта составляет 60% от общего числа выбросов в атмосферу. В процессе функционирования автомобиля выделяются с отработавшими газами (ОГ) токсичные вещества, такие как окись углерода, углеводороды, окислы азота, формальдегид, альдегиды, бензапирен (CO , NO_x , SO_2 , C_nH_m), что также способствует образованию пыли и других вредных веществ, оказывающих неблагоприятное воздействие на природную среду и непосредственно на человека [1].

Аналитические исследования

В республике, где более 90% перевозки пассажиров и грузов выполняется на автомобильном транспорте, и потребности в нём с каждым годом растут, проблемы обе-

спечение экология атмосферного воздуха приобретает острый характер и актуальность.

Согласно статистике, в последние десятилетия в республике по причине повышения уровня и качества жизни, а также роста численности населения большими темпами растет количество автомобилей, особенно легковых автомобилей. По данным ГИБДД [4,5], в 2017 году в РТ на каждую тысячу жителей приходилось более 50 (в г. Душанбе 86) легковых автомобилей, и с каждым годом уровень автопарка продолжает расти. Количество легковых автомобилей в РТ и в г. Душанбе предоставлено на рис 1.

Целью исследования является сравнение степени загрязнения атмосферного воздуха на примере легкового автомобиля при использовании им различных видов топлива (бензин, дизель и сжиженный углеводородный газ (СУГ)).

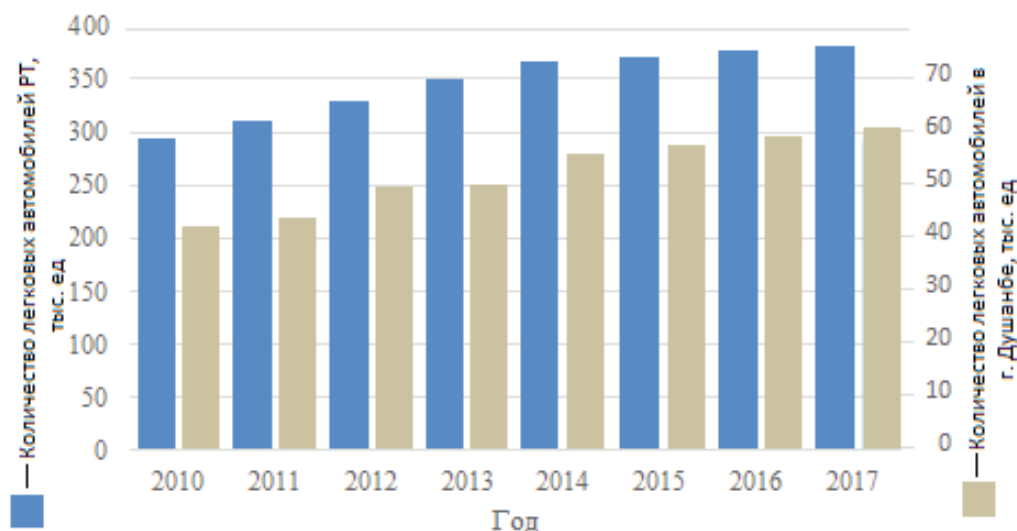


Рис. 1. Динамика роста легковых автомобилей в РТ и г. Душанбе

Наибольшая часть вредных веществ, выделяемых двигателем ДВС, приходится на долю отработавших газов, в составе которых содержится более 200 различных химических соединений, в том числе вредных для окружающей среды и опасных для здоровья человека. Больше всего при сгорании моторного топлива выделяется оксид углерода (СО), который сохраняется в атмосферном воз-

духе около 3–4 месяцев, и много других различных углеводородов.

Особую опасность представляет бензапирен, который относится к веществам 1 класса опасности. Душанбе относится к числу городов, наиболее загрязненных бензапиреном. Количество выбросов токсических веществ в РТ представлено на рис 2.

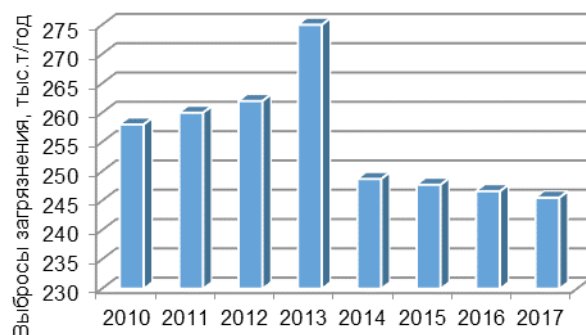


Рис. 2. Выбросов загрязняющих веществ в РТ

Автомобильные выхлопные газы — продукты окисления и неполного сгорания углеводородного топлива. Выбросы выхлопных газов — основной источник превышения допустимых концентраций токсичных веществ и канцерогенов в атмосфере крупных городов, образования смогов, являющихся частой причиной отравления в замкнутых пространствах. Важную роль в системе снижения вредных выбросов играют эксплуатация автомобилей, работающих на различных видах топлива, а также техническое состояние автомобиля.

Таким образом, обеспечить соответствие автомобильного парка республики и, в частности г. Душанбе, современным техническим и экологическим требованиям, требованиям безопасности возможно только стимулированием их к приобретению более новых автомобилей.

С 1 апреля 2018 года, в соответствии с поручением Президента РТ импорт автомобильного транспорта до 2005 года выпуска запрещен в республике [6]. Этот шаг может привести к дальнейшему уменьшению числа выбросов вредных веществ автомобиля, однако большинство автомобилей, которые эксплуатируются в республике, старше 2005 год выпуска, из-за это понадобится найти решение путей снижения загрязнения таких автомобилей. Можно сказать, что данный закон о запрете импорта автомобильного транспорта до 2005 года выпуска в будущем выполняет свою роль по обеспечению экологической безопасности.

В стране одним из актуальных способов снижения выбросов вредных веществ АТ в атмосферу является переход автомобиля с бензинового и дизельного топлива к

газообразному, особенно на СУГ, который по цене более доступен на топливном рынке республики. Выбросы автотранспорта, работающего на газовом топливе, чище, нежели у его бензинового аналога.

На данный момент в республике более 65% автомобилей переведено на пропан-бутановые смеси. Из-за кризиса на СУГ в 2013 год объем выброса ОГ в атмосферу увеличился, но быстро было найдено решение проблемы, сейчас проблем доступа к газовому топливу нет. Количе-

ство выбросов загрязняющих веществ автомобильного транспорта в РТ приведено на рис. 2. Анализ перспективности использования альтернативных видов моторного топлива будет не полным без учета такого показателя, как экологичность топлива. Сравнение эмиссии токсичных компонентов в выхлопных газах ДВС, работающих на газовом и традиционном топливе при оптимальной регулировке топливной аппаратуры (в %), приведено в табл. 1.

Таблица 1

Эмиссия токсичных компонентов моторного топлива [1].

Вид моторного топлива	СО	С _x Н _y (без метана)	NO _x	Бензопирен
Бензин	100	100	100	100
Бензин (двигатель с катализатором)	25–30	10	25	50
Дизтопливо	10	10	50–80	50
СУГ	10–20	50–70	30–80	3–10

При сравнении показателей табл. 2. можно сказать, что автомобили, работающие на СУГ, действительно выделяют меньше вредных веществ (особенно бензопирена) в атмосферу, нежели автомобили, работающие на бензине и дизельном топливе. Можно убедиться, что автомобили, работающие на СУГ, являются наиболее реальными кандидатами на роль экологически чистого автомобильного транспорта.

Заключение

Основным выводом настоящей работы является то, что переход автомобильного транспорта от бензина к сжиженному углеводородному газу является экологически эффективным мероприятием в решении экологической проблемы в РТ.

Литература:

1. Зайкин, О. А. особенности применения альтернативной энергетики и современных газобаллонных систем на автомобильном транспорте: учебное пособие / О. А. Зайкин; Астрахан. гос. тех. ун-т. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014. — 340 с.
2. Панов, Ю. В. Обзор подходов при корректировке норм расхода топлива в условиях Таджикистана / Панов Ю. В., Мирон Б. К. // «Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта». сб. науч. тр. по материалам 75-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. / МАДИ (ГТУ), — М., 2017. — с. 152–155.
3. Панов, Ю. В. Автомобильные системы впрыска газа. Устройство, установка, эксплуатация. Учебное пособие — М.: ООО «ИДТР», 2013. — 104 с., ил.
4. Статистические отчеты о техническом контроле за период 2010–2016 гг. Душанбе — 2017. — 140 с.
5. Транспорт и связь Республики Таджикистан: статистический сборник. — Душанбе, 2016. — 42 с.
6. В Таджикистане запретят импорт автотранспорта до 2005 года выпуска. — Режим доступа: URL: <https://news.tj/ru/news/tajikistan/society/20180126/v-tadzhikistane-zapretyat-import-avtotransporta-do-2005-goda-vipuska> (дата обращения 22.01.2019).

АРХИТЕКТУРА

Комфортная городская среда: дворовые пространства

Пушкарева Анна Сергеевна, студент

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

Дворовая территория — это прежде всего комфортная и безопасная территория для повседневного отдыха жителей (тихий отдых, занятие спортом, общение), пространство, где дети впервые знакомятся с городской средой (развивающие и обучающие игры, активные игры, общение со сверстниками), участок, где формируется локальное общество.

Ключевые слова: *дворовая территория, тихий отдых, площадка, активный отдых, дворовое пространство, живая изгородь, комфортная среда*

В статье проанализированы проблемы благоустройства дворовых пространств России опираясь на опыт реализации программы «Комфортная городская среда», которая стартовала в 2017 году. Приступая к работе с дворовым пространством, архитектору прежде всего нужно понимать для кого делается та или иная среда. Кем являются пользователи дворовых территорий, чем они будут заниматься во дворе? Для того, чтобы понять, чего хотят жители дома, в котором будет вестись благоустройство следует провести встречу с инициативными жителями или провести опрос. Первая группа как правило — пенсионеры (тихий отдых), вторая группа — взрослые с детьми (активное времяпрепровождение, прогулки, игры с детьми), третья группа — взрослые (общение, занятие спортом, утренние пробежки, прогулки), четвертая группа — молодые люди (занятие спортом, активный отдых), пятая группа — дети (от 0–7 лет обучающие игры, от 7–15 лет активные обучающие игры, общение), шестая группа — автомобилисты (парковка автомобилей, проезды). Выявив пользователей пространства, можно сделать выводы о том, какое зонирование будет учтено при проектировании дворовой территории. В общем случае, можно выделить пять основных функциональных зон территорий дворов: 1. Зона тихого отдыха (рекреационные площадки, пергольные беседки, удаленные лавочки, столики, с низким шумовыми характеристиками); 2. Зона активного отдыха (сюда можно отнести детские и спортивные площадки с высокой шумовым характером); 3. Хозяйственная зона (часть дворовой территории для размещения площадок ТБО, подземных баков, баков для раздельного сбора мусора); 4. Автомобильная парковка (экопарковка); 5. Зона придомовой территории (входная зона). [1, с 1–5]

В российских городах выявлен ряд проблем на примере существующих дворовых пространств. На первом месте: неорганизованные парковочные места, хаотичная парковка, (чаще всего жители дворов вынуждены размещать

свои автомобили у придомовых территорий за неимением парковочного места); вторая проблема: отсутствие или плохое состояние МАФ (отсутствие оборудования для маломобильных групп населения); третья проблема: Плохое состояние покрытий дворовой территории (асфальтовое покрытие, плиточное покрытие, резиновое покрытие детской или спортивной площадки); четвертая проблема: Низкий уровень безопасности территории (чаще всего из-за отсутствия освещения); и наконец, пятая проблема: Низкий уровень функционального зонирования (отсутствие площадок для выгула животных и т.д.).

Решением данных проблем станет прежде всего формирование двора с помощью озеленения участка (деревья, живая изгородь), таким образом произойдет четкое деление границ дворового пространства от городской территории. Для того чтобы освободить придомовую территорию (перед окнами дома) или около площадок отдыха (активного или тихого) от парковки, необходима локализация парковочных мест — (плоскостная парковка, экопарковка, гостевая парковка) — количество парковочных мест обсуждается совместно с жителями двора. Оснащение детских и спортивных площадок так же обсуждается с жителями.

Детские и спортивные площадки должны соответствовать интересам различных групп населения и от части быть уникальными в своем роде (Рис. 1–2.), например: детская площадка для детей от 0–3 лет и от 3–7 лет, при необходимости может быть объединена (возможное размещение оборудования: тематические игровые комплексы развивающие игровые элементы и т.д.), отдельные площадки активного отдыха для детей от 7–12 лет, от 12–15 лет (игровые комплексы активных игр, качель «гнездо», настольные игры, места для общения детей и т.д.). Учесть пожелания жителей по поводу покрытия дворовой территории (дворовые проезды, пешеходные тротуары и т.д.). Организовать достаточное освещение двора — это спо-



Рис. 1–2. «Возможно, лучшая детская площадка в российских дворах», Бунинские луга, г. Москва, varlamov.ru

способствует повышению безопасности и комфортности территории (придомовое освещение, освещение детских и спортивных площадок, освещение зон тихого отдыха, фонари проездов и т. д.). Для обустройства площадок для отдыха взрослых следует предусмотреть размещение как и тихого отдыха, так и для занятия спортом (воркаут, площадки для настольного тенниса, площадки для настольных игр). Организовать безбарьерную пешеходную среду для маломобильных групп населения (пандусы, тактильные плитки и т. д.). Все площадки должны быть размещены с учетом норм и правил. [2, с. 1–2]

Озеленение дворовой территории способствует общему повышению климатического комфорта жителей. Этому способствует высадка новых деревьев (защита от шума и ветра), защита от солнечных лучей, также защита от выхлопных газов (деревья, живая изгородь). Существующие деревья, пни, кусты, которые необходимо удалить, пересадить (аварийные и т. д.), вносят в акт обследования зеленых насаждений, после этого подлежат удалению и т. д.

Пример концепции благоустройства дворовой территории, вошедший в программу реализации «Комфортная городская среда 2018» — г. Шахты ул. Творческая 4В-Майская 33, 33А, 33Б. При разработке проекта дворовой территории в основу концепции заложен принцип правильного деления пространства, в частности это игровая зона с внедрением длинного пешеходного пути

в виде «змейки» которое огибает детское игровое пространство. Этот пешеходный путь позволят жителям двора устроить себе длительную и разнообразную (визуальное и тактильное обустройство пути) прогулку и оценить разную степень озеленения территории (на примере: газона, кустарников, цветников). В прогулочном маршруте размещаются площадки тихого отдыха, спортивного отдыха. Были учтены пожелания жителей по поводу парковки у каждого подъезда, плюс размещение парковочных мест для маломобильных групп населения. Плавные перебегающие формы по всей территории двора пересекаются с большим процентом озеленения, а также предложен вариант размещения зеленых насаждений с учетом пожеланий (выбранный ассортимент древесных растений) жителей территории.

Подводя итоги о проблемах благоустройства дворовых территорий российских городов и их решению — архитектору, проектировщику необходимо иметь четкое представление о разработке проекта благоустройства от «А до Я». Прежде всего, это определение типологии двора, опрос — кем являются жители двора, чем они будут заниматься, что они хотят видеть в своем дворе, грамотное функциональное зонирование территории, разработка концепции (дизайн-проекта) совместно с инициативными жителями двора, утверждение проекта с жителями двора (учет всех требований и пожеланий), и наконец, реализация проекта и авторский контроль.

Литература:

1. Основные принципы благоустройства дворовых территорий. «КБ Стрелка» г. Москва, 2017 год
2. СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10–75, г. Москва, 2016 год

ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Орнаментальная композиция как способ получения различного визуального восприятия моделей одежды

Прокопова Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Насыщение ассортимента происходит в основном из-за изменения внешнего вида выпускаемых изделий, например за счёт конструктивных изменений, которые оказывают влияние на технологию их изготовления, что вызывает дополнительные затраты. Достижение различного визуального восприятия внешнего вида швейных изделий, возможно и за счёт применения средства композиционного разнообразия, которые не оказывают или оказывают незначительное влияние на технологию изготовления швейных изделий. К ним относятся: цвет, орнаментальная композиция, фактура, структура материала из которого выполняется модель, а также комбинирование разных (по цвету, рисунку, фактуре и структуре) материалов на базе одной модели.

На изменение внешнего вида моделей одежды и на их различное визуальное восприятие непосредственно оказывает влияние применение различно решённых орнаментированных тканей. Ткань с орнаментированным рисунком обогащает композицию костюма, позволяет получить принципиально новые образные решения, в которых со всей полнотой раскрываются художественные качества рисунка. Следует отметить, что чем активнее, декоративнее рисунок, тем большее значение он имеет в композиции костюма. Орнаментальная композиция ткани благодаря усилению её декоративных качеств может стать тем отправным моментом, который определит общее композиционное решение.

Работая с изделиями, выполненными из орнаментированных материалов, ошибочно предполагать, что любая замена орнаментированной ткани на другую создаст новизну изделия и не отразится на восприятии её формы, конструктивном и технологическом решении, декоративном оформлении. В связи с этим отмечены факторы, которые необходимо учитывать при подборе орнаментированной ткани для получения новизны восприятия изделий и её взаимодействия с другими элементами композиции, особенно формой, характером поверхности и её членениями. К ним относятся: тематическое содержание мотивов орнаментальной композиции (ОК) (принадлежность к определённому жанру); способ изобразительной подачи ОК; колористическое и тональное решение (ОК); масштаб изобразительных элементов ОК; ритмическая

организация мотивов в ОК; степень заполнения фона; расположение и направленность рисунка.

Данные факторы находятся в прямой зависимости от физических свойств, структуры и фактуры материала. Исследование орнаментированной ткани, на возможность её применения для изготовления единичной модели или серии моделей одежды, необходимо производить, учитывая все вышеизложенные факторы в совокупности. Каждый фактор является неотъемлемой частью в процессе оптимального выбора орнаментированной ткани для определённой конструктивно решённой модели или непосредственно оказывает влияние на конструктивно-технологическое и декоративное решение моделей. Правильный выбор орнаментированной ткани является ответственной и важной частью в процессе получения экономичной, качественной, функциональной и эстетически приемлемой модели женской одежды.

Остановимся на тех факторах, характеризующих орнаментальную композицию которые могут влиять на конструктивное решение моделей и на крой — это степень заполнения фона и расположение и направленность рисунка.

Степень заполнения фона — это пропорциональное соотношение площадей, занятых фоном и узором [2, стр. 264]. Изготовление швейных изделий находится в непосредственной взаимосвязи с характером орнаментальной композиции (ОК) на ткани. На рисунке 1 показаны схематические изображения сетчато-раппортных ОК (они чаще используются для рисунка тканей), рассматриваемые с точки зрения заполнения фона орнаментальными мотивами.

Рассмотрим варианты заполнения.

1 — ОК состоит из крупных по величине мотивов, расположенных на больших интервалах друг от друга, т. е. малая степень заполнения фона. Мотивы орнамента воспринимаются единично, обособленно друг от друга. Мотив представляет собой самостоятельную, завершённую композицию. В данной ОК важны содержание и форма мотива, и цветовое решение фона.

2 — ОК состоит из малых по величине мотивов, расположенных на больших интервалах друг от друга, перво-

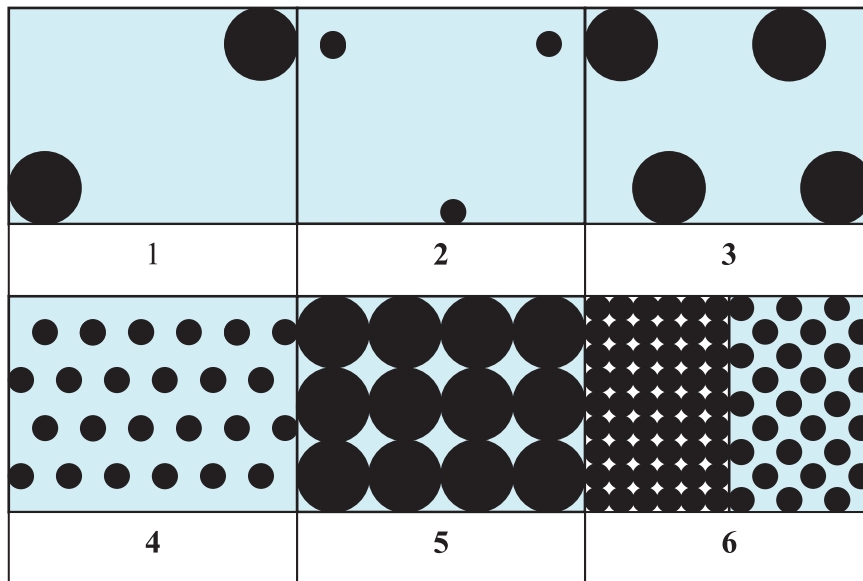


Рис. 1. Схематичное изображение заполнения фона ткани мотивами орнамента

степенен фон. Чередующиеся мотивы занимают второстепенное значение в восприятии ткани;

3 — ОК состоит из крупных по величине мотивов, расположенных на небольших интервалах друг от друга. Достаточно плотная степень заполнения фона рисунком. В связи с этим в данных ОК больше внимания уделяется анализу мотивов орнамента, их содержанию, пластическому и колористическому решению;

4 — ОК состоит из небольших по величине мотивов, расположенных на небольших интервалах друг от друга. Такое заполнение фона придаёт ткани пестроту (при этом большую роль играет колористическое и тональное решение фона и мотива орнамента);

5 — ОК состоит из крупных по величине мотивов. Они между собой взаимосвязаны, близко примыкают друг к другу, фон «проглядывает» лишь отдельными участками. Малое количество фона уменьшает читаемость и выразительность элементов орнамента, они воспринимаются не отдельно, а в совокупности с рядом расположенными мотивами. Фон в данных ОК второстепенен. Основное внимание уделяется пластическому, колористическому и тональному решению мотивов.

6 — ОК состоит из небольших мотивов, расположенных без интервалов или на малых интервалах. ОК не считывается даже с небольшого расстояния. В данном случае главное не содержательный аспект орнамента, а его колористическое, тональное и пластическое решение.

Следует отметить, что размер одежды, а также размер конструктивных, функциональных, декоративных деталей и элементов, оказывают влияние на выбор ткани с точки зрения степени заполнения фона ткани орнаментальными мотивами. Например, для не больших декоративных элементов как рюш, волан орнаментальная композиция, состоящая из крупных мотивов, расположенных на значительных интервалах друг от друга, теряет свой содер-

жательный смысл. На восприятие будет оказывать влияние лишь цветовое и тональное решение ткани. К наиболее универсальным орнаментированным тканям можно причислить ткани, у которых ОК состоит из небольших по величине мотивов, расположенных рядом друг с другом или на небольших интервалах.

Степень заполнения фона зависит и от графических элементов (точка, линия, пятно) с помощью которых создаётся раппорт орнамента. Используя разные графические элементы можно добиться различного восприятия орнаментированной ткани. Она может восприниматься лёгкой, тяжёлой, монументальной, нежной и т. д.

Расположение и направленность рисунка.

Расположение рисунка на ткани может быть различным. Наиболее встречающееся — это монотонное, метрическое расположение мотивов на поле орнамента. Существует купонный рисунок. В нём важно учитывать ритм, масштаб и пропорции рисунка по отношению к глади плоскости. Пропорции купонного узора необходимо соотносить с фигурой человека.

Рисунок на ткани может представлять собой «монокомпозицию», в котором отсутствует повторяемость и закономерное метрическое чередование мотивов [1, стр. 149]. Монокомпозиция может создаваться единично, например, в технике «батик», что не приемлемо для массового производства одежды. С монокомпозицией выпускаются ткани, где единичный мотив повторяется по всей их длине, с определённым интервалом. Он может располагаться в центре или быть смещённым к одной из сторон текстильного полотна. При проектировании из данной ткани конкретно указывается месторасположение монокомпозиции на изделии. Работа с такими тканями более трудоёмкая. Расход ткани менее экономичный.

Направленность рисунка в первую очередь влияет на конструктивное решение моделей, на крой, который ус-

ложняется, если текстильный рисунок имеет одностороннюю направленность. Использование таких тканей в массовом производстве одежды ограничено, так как необходимость раскладки парных симметричных деталей в одном направлении снижает экономичность раскроя, а также затрудняет подгонку рисунка по линии швов [1, стр. 147].

Таким образом с помощью использования разнообразных орнаментированных материалов можно достичь различного визуального восприятия внешнего вида швейных изделий. При этом выбирая ту или иную орнаментальную композицию, следует помнить не только о

её декоративности, но и о её взаимодействии с другими элементами композиции, особенно формой, характером поверхности и его членениями. Часто по линиям, образованным швами, происходит искажение рисунка в результате нарушения его целостности или изменения его направления. Иногда, наоборот, нарушается целостность декоративно-конструктивных линий под влиянием рисунка, а ткани с высокой степенью заполнения фона делают эти линии малозаметными. Это вызывает трудности при изготовлении одежды. Рисунок в отличие от цвета может оказывать существенное влияние на материалоемкость и трудоёмкость изделия [3, 4, 5].

Литература:

1. Бердник, Т. О. Основы художественного проектирования костюма и эскизной графики [Текст] / Т. О. Бердник. — Ростов н/Д.: Феникс, 2001. — 320 с.
2. Гусейнов, Г. М. Композиция костюма [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Гусейнов, В. В. Ермилова, Д. Ю. Ермилова. — М.: Академия, 2004. — 432 с.
3. Прокопова, Е. В. Достижение новизны моделей — главный фактор насыщения ассортимента [Текст] / Е. В. Прокопова // Мода и дизайн: исторический опыт — новые технологии: сб. матер. конф. / СПГУТД. — СПб., 2003. — с. 204–206.
4. Прокопова, Е. В. Влияние кроя на качество одежды из орнаментированных материалов [Текст] / Е. В. Прокопова, Е. Л. Моськина // Мода и дизайн: исторический опыт — новые технологии: сб. матер. конф. / СПГУТД. — СПб., 2006. — с. 310–313.
5. Шершнёва, Л. П. Проектирование и производство женского платья [Текст] / Л. П. Шершнёва, А. П. Рогова. — М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. — 224 с.

САПР И ГРАФИКА

Перспективы применения комплексного подхода к процедуре проектирования систем освещения с учетом смежных стадий жизненного цикла

Ульянов Роман Сергеевич, аспирант;

Шиколенко Илья Андреевич, аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

В статье рассмотрены вопросы, связанные с совершенствованием процедуры проектирования систем освещения с управляемыми параметрами излучения (СОУПИ), как с точки зрения оптимизации их размещения, так и с точки зрения оптимизации режимов работы. В качестве мероприятий направленных на совершение указанной процедуры рассмотрен подход связанный с комплексным подходом к проектированию указанных систем освещения, за счет применения систем автоматизированного проектирования (САПР), имеющих взаимосвязанные интерфейсы взаимодействия, как со специализированными программными средствами применяемыми при верификации проектных решений и обследовании объекта, так и в части автоматизации подготовки программных решений в части сценариев работы освещения, направленной на упрощение последующей пуско-наладки данных систем.

Ключевые слова: освещение, спектральная характеристика, САПР, проектирование, оптимизация, жизненный цикл.

Введение. Искусственное освещение является одним из неотъемлемых атрибутов современного общества. От правильной организации работы систем освещения, зависят множественные факторы, оказывающие воздействие на здоровье, безопасность и производительность труда человека [1,2]. В связи с этим научным сообществом постоянно предлагаются различные решения направленные на совершенствование организации систем освещения, в том числе с учетом применения современных источников света и систем управления [3–6]. Одним из актуальных вопросов совершенствовании подходов к организации систем освещения является усовершенствование процедуры их расчета и проектирования, в том числе с применением различных программных средств [7–9]. Как правило данные решения направлены на решение задач по оптимизации параметров сетей освещения, повышению энергоэффективности и соблюдению необходимых требований по освещенности. Однако, необходимо отметить, что современные технологии не стоят на месте и в настоящее время постепенно начинают получать распространение системы человеко-ориентированного освещения, а также аналогичные по функциональным признакам и подходам системы, основная концепция которых заключается в возможности динамического изменения спектра освещения и его интенсивности в течение суток [10, 11]. Вместе с тем необходимо отметить, что непосредственно задача разработки систем освещения в рамках концепции человеко-ориентированного освещения является сложной и как следствие требуют применения комплексного подхода, в

связи с чем коллективом авторов были предложены технические решения [12–14], по оптимизаций методов обследования данных систем, а также и их проектирования. В данной работе будут рассмотрены перспективы обеспечения взаимосвязи данных подходов в рамках этапов жизненного цикла СОУПИ смежных с этапом проектирования.

Применение в САПР методов оптимизации расстановки светильников и режимов работы освещения во взаимосвязи с этапом пуско-наладки СОУПИ. Для вышеуказанного цикла работ коллектива авторов ключевыми являлись следующие вопросы в части совершенствования проектирования систем освещения:

1. Разработка оптимальных режимов (сценариев) управления освещением при условии соблюдения требований к нормативным параметрами по освещенности, цветовой температуры и индексу цветопередачи, а также биологическому воздействию освещения на организм человека [15].
2. Оптимизация размещения осветительных приборов (в том числе с управляемыми параметрами интенсивности излучения) с точки зрения равномерного распределения светового потока.
3. Определение базовой платформы САПР для решения указанных в пунктах 1 и 2 задач, а также для осуществления базовых функций проектирования сетей освещения.
4. Проведение обследования сетей освещения, как в целях верификации проектных решений, так и в целях

получения предварительных данных (при необходимости)

5. Упрощения процедуры пуско-наладки сетей освещения.

Для решения данных задач в общем виде концептуально было с одной стороны применение базовой САПР платформы расширяемой соответствующими программными библиотеками, с другой стороны применение программно-аппаратного комплекса (ПАК) с функцией из-

мерения спектра и интенсивности излучения, а также с функциями определения местоположения в помещении относительно проектного расположения светильников для обследования сетей освещения.

Исходя из представленных выше условий возможно предположить, что объединение данных подходов в рамках единых принципов информационного взаимодействия, показанных на рисунке 1, может оказать синергетический эффект.

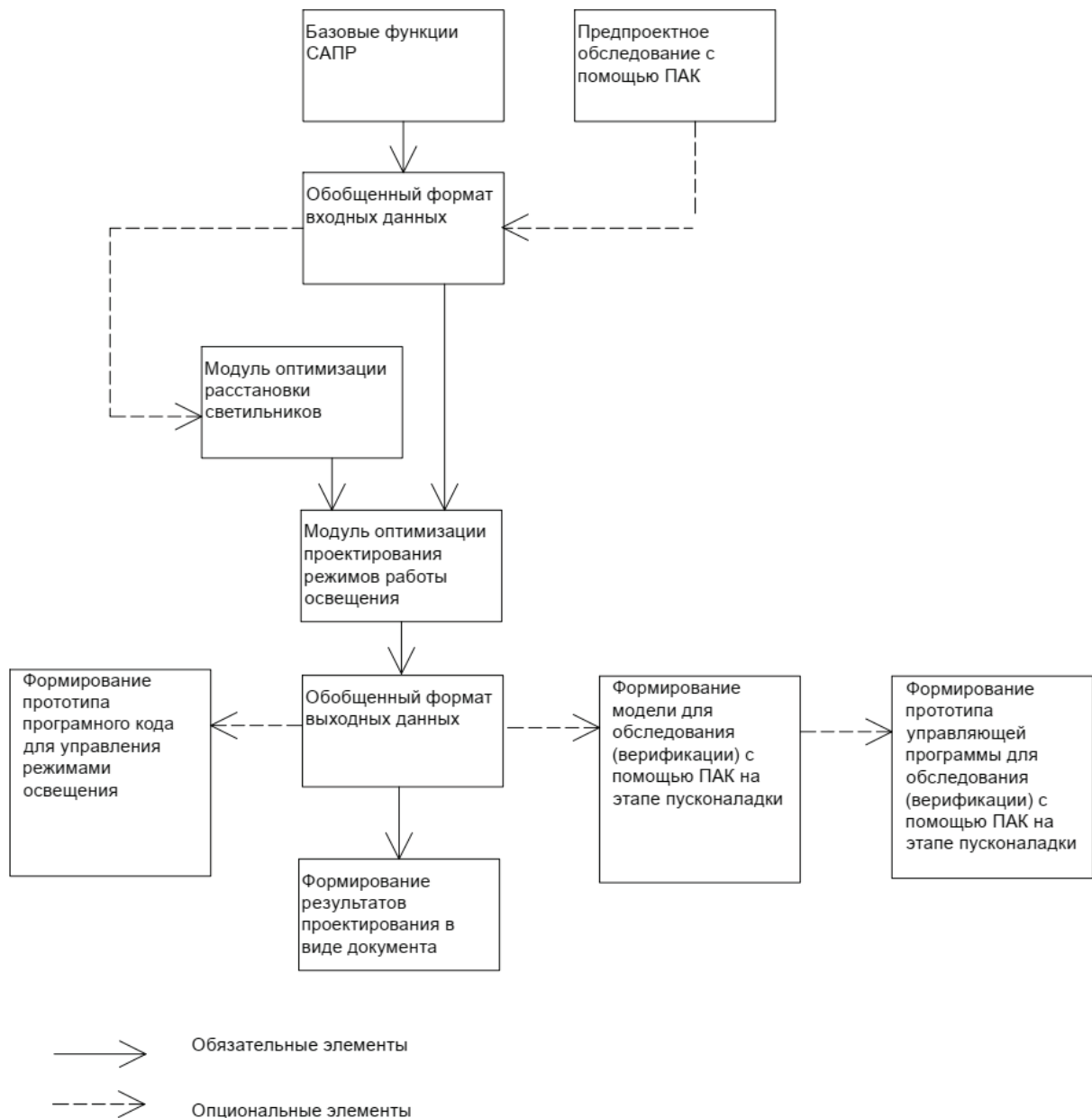


Рис. 1. Схема взаимосвязи операций в рамках комплексного подхода к автоматизированному проектированию систем человеко-ориентированного освещения

Заключение. Потенциально применение концепций в рамках комплексного подхода, изложенного в статье, может позволить существенно снизить трудозатраты на проектировании и пуско-наладку СОУПИ, особенно в случае наличия существенно количества осветительных приборов и режим их работы. Те не менее более досто-

верные выводы о перспективах применения данного решения можно будет сделать, только на основании проведения соответствующего моделирования при решении задачи приближенной к реальной и фактического подтверждения его результатов путем проведения обследования, как с помощью указанного ПАК так и без него.

Литература:

1. Шеметова Е./ Г/Исследование освещенности рабочих мест студентов университета // Вестник КемГУ. 2015. № 2–5 (62). с. 118–121
2. Железникова, О. Е., Амелькина С. А., Сеницына Л. В., Куликова М. П. Исследование условий светодиодного освещения // Вестник МГУ. 2014. № 1–2. с. 89–97
3. Кравченко, А. И., Савкова Т. Н. Оптимизация проектирования современных систем освещения промышленных предприятий // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2013. № 1 (52). с. 55–59
4. Параскевов, А. В., Левченко А. В. Необходимые условия разработки системы контроля искусственного освещения // Научный журнал КубГАУ — Scientific Journal of KubSAU. 2015. № 110. с. 895–906
5. Шапин, Е. В. Использование современных технологий освещения при проектировании объектов средового дизайна // Концепт. 2014. № 6. с. 101–105
6. Моргунов, Д. Н., Лабунский Л. С. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ // Вопросы науки и образования. 2018. № 7 (19). с. 35–38
7. Матусевич, С. В., Жаравович Е. В., Автушенко Д. А. Расчет и анализ оптимальных параметров освещения на ЭВМ // Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 1. с. 138–146
8. Литвинов, В. Н., Грачева Н. Н., Руденко Н. Б. Информационные системы и процессы расчета освещения производственных помещений // Научный журнал КубГАУ — Scientific Journal of KubSAU. 2016. № 116. с. 139–150
9. Беккер, Ю. Л., Ульянов Р. С., Шиколенко И. А., Завьялов В. А. Особенности проектирования систем совмещенного освещения в программном комплексе информационного моделирования Autodesk Revit 2014 // Научное обозрение. 2015. № 18. с. 160–164.
10. Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency // lightingeurope. org Publications — 2013. URL: http://www.lightingeurope.org/images/publications/general/Market_Study-Human_Centric_Lighting._Final_July_2013.pdf (дата обращения: 18.12.2018).
11. Головин, А. Human Centric Lighting: реальный прорыв на рынке светотехники или временное явление? / А. Головин // Building Management System. — 2017. — № 1. — с. 29–3
12. Ульянов, Р. С., Шиколенко И. А., Величкин В. А., Завьялов В. А. Перспективы применения в САПР новых методов проектирования, в части обследования, расстановки и выбора режимов работы осветительных приборов системы искусственного освещения. // Кибернетика и программирование. — 2017. — № 1. — с. 94–106.
13. Завьялов, В. А., Ульянов Р. С., Шиколенко И. А., Чернов Р. О. Перспективы применения автоматизированного комплекса управления и диагностики систем управляемого освещения // Научное обозрение. 2016. № 1. с. 37–41.
14. Ульянов, Р. С., Шиколенко И. А., Величкин В. А., Завьялов В. А. Перспективы применения САПР NanoCAD как элемента концепции совершенствования проектирования освещения на различных этапах жизненного цикла. // Естественные и технические науки. — 2017. — № 12. — с. 296–298.
15. DIN SPEC 5031–100:2015–08. Optical radiation physics and illuminating engineering — Part 100: Non-visual effects of ocular light on human beings — Quantities, symbols and action spectra. — 2015. — 33 с.

Научное издание

Актуальные вопросы технических наук

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга
Оформление обложки Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов

Материалы печатаются в авторской редакции

Подписано в печать 24.02.2019. Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 6,97. Тираж 300 экз.

Издательство «Свое издательство». 199004, г. Санкт-Петербург, линия 4-я В. О., д. 5

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