ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

XLVI Международная научная конференция "Техноконгресс"

Сборник статей международной естественнонаучной конференции с публикацией в НЭБ elibrary.ru

t-nauka.ru

КЕМЕРОВО 2019

СБОРНИК СТАТЕЙ СОРОК ШЕСТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕХНОКОНГРЕСС»

30 сентября 2019 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISBN 978-5-6040934-2-9

Кемерово УДК 378.001. Сборник статей студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава. По результатам XLVI Международной научной конференции «Техноконгресс», 30 сентября 2019 г. www.t-nauka.ru / Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ

Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ

Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Кемерово 2019

В сборнике представлены материалы докладов по результатам научной конференции.

Цель – привлечение студентов к научной деятельности, формирование навыков выполнения научно-исследовательских работ, развитие инициативы в учебе и будущей деятельности в условиях рыночной экономики.

Для студентов, молодых ученых и преподавателей вузов.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Подписано в печать 30.09.2019 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 3.2. | Тираж 300.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.

Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Оглавление

1. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ И СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ……..……...…….2
Бизюкова Е.Е.
2. СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНОГО ФЕНАНТРЕНА, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ…….…..5
Махсумов А.Г., Валеева Н.Г.
3. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА……..…..12
Буряк В.В., Шостка В.И.
4. РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ПРОГОНКИ(ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ)……..……...……...……..16
Веретенников В.Н., Большаков В.А.
5. СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ХОЛОДА ……...……..24
Краюшкина В.А.
6. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МЕТОДЫ ЕЁ АВТОМАТИЗАЦИИ …….26
Автушенко А. А.

Бизюкова Елизавета Евгеньевна
Bizyukova Elizaveta Evgenievna
студент магистратуры кафедры АУТП
ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет (Самара, Россия)
E-mail: lizaveta5.6@mail.ru

УДК 004.056.5

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ И СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

POTENTIAL THREATS TO THE SECURITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY AND WAYS TO MINIMIZE THEM

Аннотация. Длинная производственная цепочка нефтегазовой отрасли начинается разведкой и бурением скважин и заканчивается доставкой топлива потребителям. Управление такой инфраструктурой - крайне сложная задача, так как требует мониторинга большого количества единиц оборудования. Основными информационными проблемами для данной отрасли служат: Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) и распределенные системы управления DCS, являющиеся уязвимыми к компьютерным атакам и взрывоопасный характер нефтепродуктов. В данной статье рассмотрены угрозы, связанные с системами SCADA и DCS, а также наиболее приемлемые способы устранения этих угроз в соответствии с четырехэтапным процессом организации информационной безопасности.

Annotation. The long production chain of the oil and gas industry begins with exploration and drilling of wells and ends with the delivery of fuel to consumers. Managing such an infrastructure is an extremely difficult task, as it requires monitoring a large number of pieces of equipment. The main information problems for this industry are: Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems and DCS distributed control systems that are vulnerable to computer attacks and the explosive nature of petroleum products. This article discusses the threats associated with SCADA and DCS systems, as well as the most appropriate ways to eliminate these threats in accordance with the four-stage process of organizing information security.

Ключевые слова: безопасность, угрозы безопасности, методы защиты, нефтегазовая отрасль, SCADA-система, DCS-система.

Keywords: security, security threats, protection methods, oil and gas industry, SCADA system, DCS system.

Сегодня под нефтяным комплексом понимается совокупность отраслей по геологоразведке, добыче, транспортировке, переработки нефти и распределению продукции переработки, и содержащийся в себе в все элементы производственно-коммерческой деятельности, обеспечивающей прохождение полного жизненного цикла нефти и нефтепродуктов.[1]

Системы SCADA и DCS являются главной основой функционирования предприятий нефтегазовой отрасли. Именно они помогают обеспечивать правильный режим работы нефтеперерабатывающих заводов и распределения продуктов по трубопроводам, помогают отслеживать и поддерживать точное соотношение скорости потока, температуры, давления, загазованности и других основных параметров процесса.

Сложные задачи безопасности, которые необходимо решить при использовании таких систем это:

Необходимость объединения таких прежде автономных систем как SCADA и DCS с другими системами и сетями предприятия;

Устранение противоречащих друг другу организационных приоритетов

Утверждение каких-либо предписаний по соблюдению стандартов в области информационной безопасности

Для того чтобы предпринять основные меры по безопасности систем управления необходимо рассмотреть угрозы, связанные с ними. Это, прежде всего, преднамеренные угрозы, к которым относятся:

- несанкционированный доступ к информации, вызванный недостаточной надежностью пароля;

-несвоевременное обновление защитных программ;

-вредоносные атаки;

-низкая квалификация сотрудников, партнеров;

-большая вероятность «заражения» технических средств вирусом (в частности, компьютеров), в связи с частым отсутствием проверки файлов на вирусы, не связанной с работой деятельностью в интернете [2].

Конечно же, все эти угрозы все больше и больше подвергают предприятие опасности компьютерных атак, потери информации и промышленному шпионажу.

Основные преимущества удаленного доступа и централизованного управления – это автоматизация практически всех задач, а также возможность управления в реальном времени. То есть в нефтегазовом секторе предоставляют удаленный доступ подрядчикам и инженерам, чтобы они за пределами объекта могли определять и устранять неисправности систем. Несмотря на преимущества удаленного доступа к круглосуточно функционирующим системам, он также создает дополнительные возможности для возникновения уязвимостей. Взаимосвязь с корпоративной сетью открывает новые точки доступа к системам SCADA и DCS, через которые в сеть и системы могут проникать вирусы или вредоносный код. В то же время требование непрерывности работы систем SCADA и DCS усложняет процесс реализации и тестирования средств безопасности, так как системы управления нельзя переводить в автономный режим работы. Так как инфраструктура нефтегазовой отрасли почти всегда является достаточно рассредоточенной территориально, то это тоже ухудшает качество информационной безопасности. Ведь вредоносные, хакерские атаки сегодня способны быть достаточно продуманными и распределенными по времени, что мешает администраторам систем безопасности распознать их. Тем более, в разных нефтяных отраслях существуют конкурирующие стандарты и нормативы. Поэтому безопасность на таких предприятиях поддерживать достаточно проблематично. Но наличие уязвимойтей ввиду опасности нефтегазовых производств, могут повлечь за собой техногенные и экологические катастрофы.

Тем не менее, нефтегазовые компании могут повысить свой уровень безопасности и защитить критически важные объекты энергоснабжения, применяя четырехэтапный процесс организации информационной безопасности.

Который состоит из:

-оценки угрозы,

-разработки политики безопасности и обеспечение ее соблюдения,

-реализацию средств защиты и

-мониторинг/управление системами безопасности.

1) Оценка: На начальном этапе оценки уровня безопасности компаниям необходимо собрать сведения как о внутренней, так и о внешней среде, в которой работает организация. Сюда относится оценка осведомленности компании об электронных угрозах до того, как они проявят себя в реальности, выявление возможных проблем, связанных с необходимостью соблюдения нормативных требований, оценка эффективности средств защиты и администрирования, а также практическое обоснование причин обеспокоенности состоянием безопасности с использованием методики испытания на проникновение. Для нефтяной сферы это: стихийные бедствия и аварии, сбои и отказы, ошибки при разработке, а также несанкционированный доступ к информации, электромагнитные излучения и наводки, модификация структур информационных систем, вредительские программы.

2) Разработка политики безопасности и обеспечение ее соблюдения: На данном этапе компании должны определиться, кто и к какой информации имеет право доступа, а также какие имеются должностные обязанности и на кого они возложены. Для инфраструктуры нефтегазового производства это: максимально использовать системы РСУ и ПАЗ, закупать оборудование, имеющее достаточный запас по надёжности, быстродействию и точности, иметь как системы извещения с подключенной SCADA, так и вспомогательные системы борьбы с авариями в виде противопожарной системы. Для исключения потерь информации доступ к ней должен реализовываться только через систему паролей, а флэш-накопители не должны использоваться на предприятии.

3) Реализация средств защиты: В последнее время характер активности злоумышленников постоянно меняется и отличается появлением комбинированных угроз, использующих различные типы вредоносного кода, такие как вирусы, черви и троянские программы. Организации должны принимать меры по обеспечению безопасности, оперативно устраняя уязвимости, наряду с организацией защиты устройств, приложений и сетей до того, как угрозы проявят себя; помимо этого, необходимо обеспечить постоянное обновление информации, ее соответствие требованиям и возможность восстановления. Данный этап также включает реализацию процедур восстановления и средств, предназначенных для использования в том случае, если в результате атаки некоторые из средств защиты станут недоступными [4].

4)Мониторинг/управление системами безопасности: Применение «чисто технических» решений без пристального контроля и управления фактически подрывает эффективность средств защиты. Ввиду круглосуточного характера функционирования инфраструктуры в нефтегазовой отрасли организациям следует осуществлять мониторинг и управление системами безопасности, включая круглосуточный мониторинг и управление информационными ресурсами, выполняемые в режиме реального времени в целях предотвращения нарушений нормального хода работы и снижения времени простоя.

Эффективно организованный процесс информационной безопасности требует периодического выполнения оценки уязвимостей систем SCADA и DCS. Ключевым моментом оценки уровня защиты является испытание на проникновение, проведение которого усложняется непрерывным режимом работы управляющих сетей нефтегазовых объектов. В то же время, круглосуточный характер функционирования таких сетей фактически исключает возможность привлечения обычных компаний-оценщиков информационной безопасности, не обладающих соответствующим опытом проведения испытаний на проникновение в среде SCADA и DCS.

Взаимосвязанность систем SCADA, DCS, корпоративных сетей и удаленных специалистов наряду с возрастающей частотой и серьезностью кибератак обусловливает необходимость усиления и обязательного соблюдения мер безопасности на объектах критически важной инфраструктуры – несмотря на отсутствие правил информационной безопасности, предписанных конкретно для данной отрасли.

Таким образом, даже несмотря на внедрения новой техники и пояления более новых угроз, возможно найти решения безопасности, доказавшие свою эффективность в нефтегазовой отрасли, помогут смягчить обеспокоенность по поводу угроз безопасности, позволяя компаниям сосредоточить внимание на стратегических инициативах, предоставляющих им конкурентное преимущество на рынке.

Библиографический список:

1. Иванова А. В. Исследование состояния и угрозы развития нефтяного комплекса России // Молодой ученый. — 2018. — №18. — С. 324-328. — URL https://moluch.ru/archive/204/49987/ (дата обращения: 10.04.2019).

2. Этапы построения системы информационной безопасности предприятия URL: https://studopedia.ru/15_88651_etapi-postroeniya-sistemi-informatsionnoy-bezopasnosti-predpriyatiya.html

3. Грицай Г., Тиморин А., Гольцев Ю. «Безопасность промышленные систем в цифрах v2.1*» // URL: https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/SCADA-analytics-rus.pdf

4. Информационная безопасность URL: https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/

Махсумов Абдухамид Гофурович
Mahsumov Abduhamid Gofurovich
Доктор химических наук, профессор Ташкентского химико-технологического института

Валеева Наиля Геннадиевна
Valeeva Naila Gennadiyevna
К.т.н., доцент Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова. E-mail: valeevang2017@list.ru

УДК 547.677

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНОГО ФЕНАНТРЕНА, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

SYNTHESIS OF DERIVATIVE PENANTRENE, PROPERTIES, APPLICATION

Аннотация: Синтезированы и изучены химические свойства производных азо-2-нафтолов 1-[(2-ол-нафтил-азо-9^1-фенантрена]. Для доказательства наличия гидроксильных групп осуществлена реакция ацилирования, изучения селективности реакционной способности реакционного центра проведены реакции N,N^1-диметаллирования, N,N^1-диалкилирования, N,N^1-дихлорирования и N,N^{1-} динитрозозирования. Показана возможность использования в качестве пигмента при производстве эмалей.

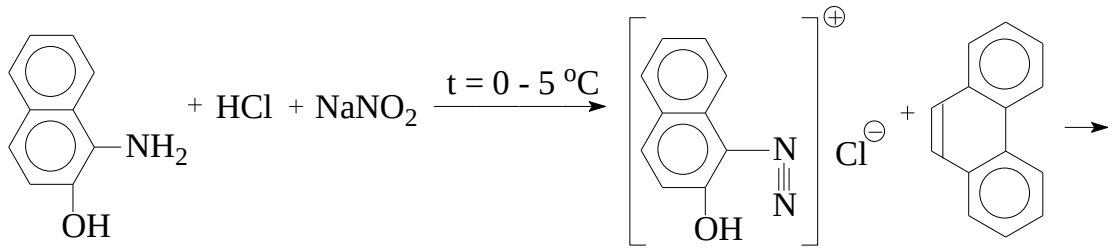
Abstract: The chemical properties of 1- [(2-ol-naphthyl-azo-91-phenanthrene) azo-2-naphthol] derivatives has been synthesized and studied. To prove the presence of hydroxyl groups, an acylation reaction was carried out; in order to study the selectivity of the reactivity of the reactive center, N,N^1-dimetallation, N,N^1-dialkylation, N,N^1-dichlorination and N,N^1-dinitrozozation reactions were carried out. The possibility of using these derivatives as a pigment in the production of enamels has been demonstrated.

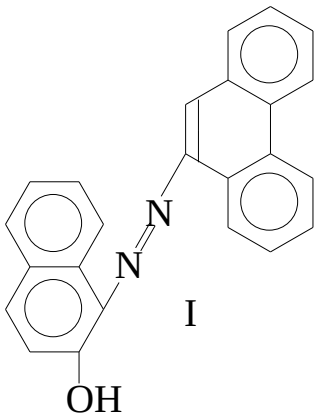
Ключевые слова производные, 1-[(2-ол-нафтил-азо)-9^1–фенантрена], дихлориро-вание, металлирование, ацилирование, алкилирование, нитрозозирование, пигмент, краситель.

Key words: derivatives, 1-[(2-ol-naphthyl-azo)-9^1-phenanthrene], dichlorination, metallation, acylation, alkylation, dinitrozozation, pigment, dye.

Широкое распространение эмалей в различных отраслях промышленности, в строительстве, в народном хозяйстве, способствует разработке новых прогрессивных материалов, в связи с растущими требованиями, предъявляемыми к ним [1-8]. Поэтому, поиск и синтез, а также разработка технологии получения производного 1-амино-нафтола-2 является актуальной задачей современной технологии органической химии и органического синтеза [9-20].

Разработанный нами метод получения 1-(нафтол-2)-азо-9^1-фенантрена заключается во взаимодействии 1-амино-нафтола-1 с фенантреном в присутствующей смеси (HCl +$NaNO_2$) по ниже приведенной схеме.

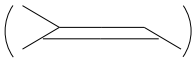




I

анти-1[(нафтол-2)-азо-(9^1-фенантрена)]

В процессе получения 1-[(2-ол-нафтил-азо)-9^1–фенантрена] газообразные и твердые отходы не образуются. В качестве жидкого отхода образуется слабый водный раствор NaCl. Готовый продукт 1-[(2-ол-нафтил-азо)-9^1 –фенантрен] представляет собой порошок светло-желтовато-коричневой окраски с температурой плавления 246-247 ^oC, растворяется во многих органических растворителях, таких как CH_3COCH_3; $CH_3COC_2H_5$; $CH_3COC_3H_7$; $C_4H_9COC_4H_9$; ДМФА ; DMSO;$C_6H_5NO_2$; HCOOH; CH_3 $O(CH_2)_4$-O-$(CH_2)_4OCH_3$ и многих других органических растворителях; в воде не растворим. Процесс получения 1- [(2-ол-нафтил-азо)-9^1 –фенантрена] занимает 4,5-5,0 часа.

Строение красителя подтверждено данными элементного анализа и ИК -спектроскопии. В ИК-спектре имеются полосы поглощения в области 1558 $см^{-1}$, характерные для (- N = N -); 3440 $см^{-1}$ (OH), а также 1633 $см^{-1}$ для  групп.

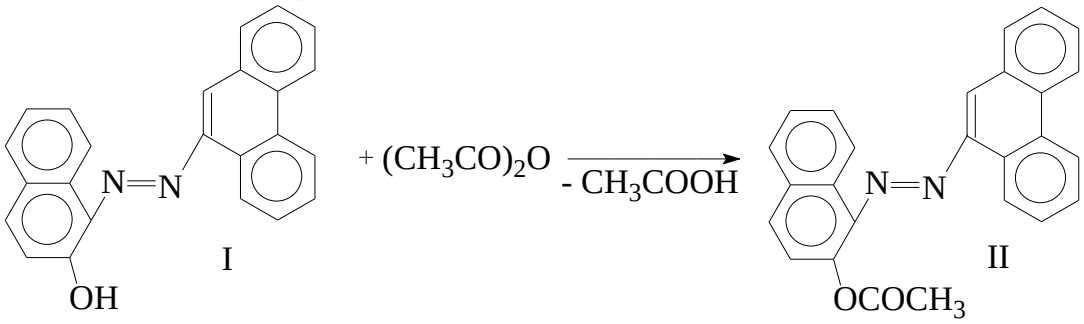
Физико-химические показатели красителя приведены в табл.1.

Таблица 1

Физико-химические показатели красителя I

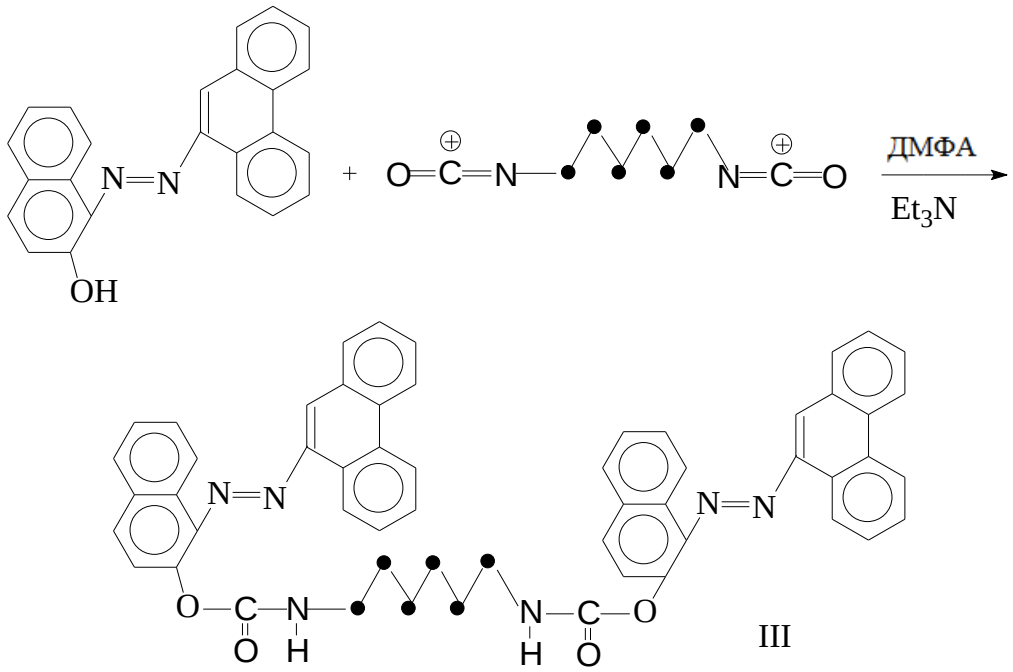
Брутто формула	Агрегатное состояние и цвет	Выход, %	$T_{пл}$	R_f	Мм	Элементный анализ, %					
						Вычислено			Найдено		
						C	H	N	C	H	N
$C_{20}H_{16}N_2O$	Порошок светло-желтого коричневого цвета	91,6	246-247	0,69	348	80,0	5,33	9,33	80,61	5,11	9,11

Для доказательства наличия гидроксильных групп осуществлена реакция ацилирования с использованием уксусного ангидрида известным способом по следующей схеме:



В результате получен анти -1- [(2-ацетил-нафтил-азо)-9^1 –фенантрен] с выходом продукта 86,3 %. Полученное вещество представляет собой окрашенный порошок с температурой плавления 199-200 ^oC. Анти –1[(2-ацетило-нафтил-азо)-9^1-фенантрен] был использован для окрашивания различных полимерных материалов, пластмасс и кож.

Для изучения других химических свойств анти-1-[(2-ол-нафтил-азо)-9^1- фенантрена] осуществили реакцию карбамиилирования. Взаимодействие полиметилендиизоцианата с красителями провели в присутствии ДМФА, с использованием основного катализатора – триэтиламина при комнатной температуре в течении 3 часов по общей схеме:



В процессе получения безотходного азокрасителя газообразные и твердые отходы не образуются. В качестве жидкого отхода образуется растворитель (ДМФА) и катализатор основания $(C_2H_5)N$, которые после регенерации используются в последующих операциях.

Разработанная технология химического процесса получения производного бис-карбамата азокрасителя (III) проверялась ТСХ в системе: CH_3Cl : HCOOH : CCl_4 на чистоту продукта. Полученный краситель производного бис-карбамата-9^1-фенантрено имел ярко-оранжевую окраску. Строение установлено данными элементного анализа и ИК-спектра.

Физико-химические показатели азокрасителя (III) приведены в табл.2.

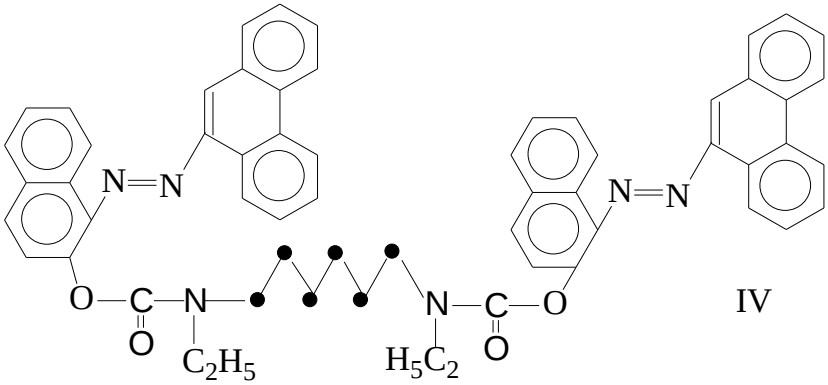
Таблица 2

Физико-химические характеристики азокрасителя III

№	Брутто формула	Выход, %	Тпл, °С	R_f	Мм	Элементный анализ, %					
						Вычислено			Найдено		
						С	Н	N	С	Н	N
III	$C_{48}H_{44}N_6O_4$	95,3	240-241	0,73	768	76,0	5,73	10,93	75,83	5,55	10,74

Изучена селективность реакционной способности реакционного центра: реакции N,N^1-диметаллирования, N,N^1-диалкилирования, N,N^1-дихлорирования и N,N^{1-}динитрозозирования.

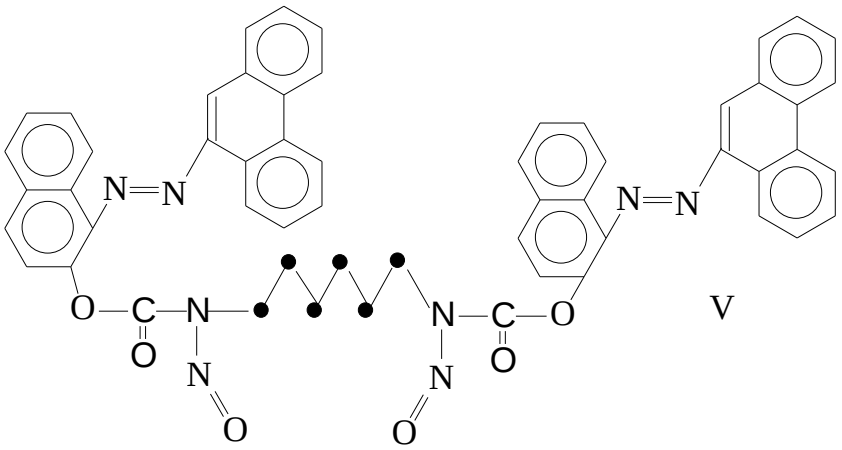
Взаимодействием метилат натрия в абсолютном метаноле с азокрасителем III получается N,N^1-динатрий производные, с этилиодидом образуется N,N^1-диэтил - N,N^1 -гексаметилен бис {1- [(2-нафтокси-азо) – 9^1 – фенантрена] -карбамата}(IV).



N,N^1 -диэтил- N,N^1-гексаметилен бис {1-[(2-нафтокси –азо) -9^1 – фенантрена] -карбамата} с $M_м$=826; $T_{пл}$ = 240-241 °С;

Затем взаимодействием нитрита натрия (в избытке) в муравьиной кислоте при температуре 0-5 °С в течении 3,5-4,0 часов с N,N^1-гексаметилен бис {1- [(2-нафтокси-азо) – 9^1 –фенантрена] –

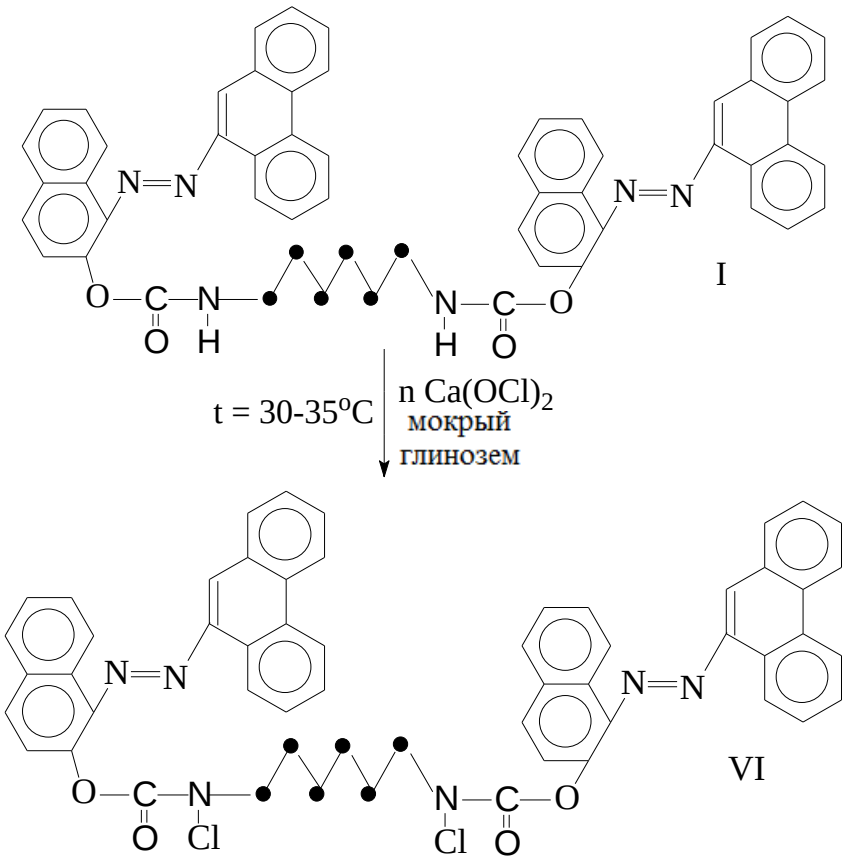
карбамата}(I) было получено нижеследующее соединение:



V

N,N^1 -динитрозо- N,N^1-гексаметилен бис {1-[(анти-2-нафтокси –азо) -9^1 – фенантрена] -карбамата}

Осуществлена реакция взаимодействия (I) с гипохлоридом Са с получением N,N^1-дихлор-N,N^1-гексаметилен-бис-{1-[(2-нафтокси-азо)-9^1- финантрено] -карбамата} по ниже приведенной схеме:



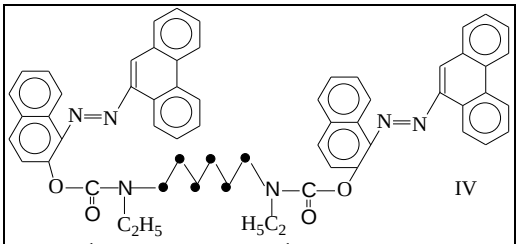
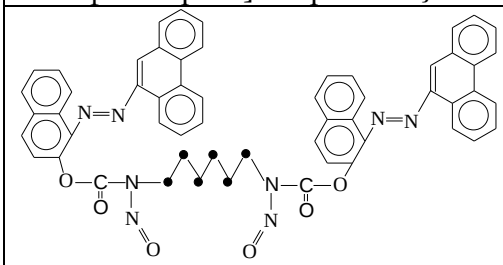
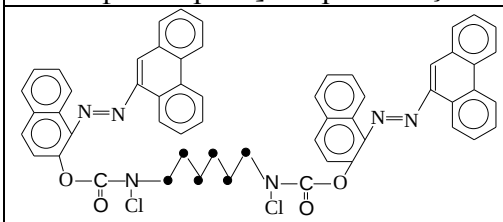
N,N^1 -дихлор-N,N^1-гексаметилен бис {1-[(2-нафтокси)-азо -9^1- фенантрено] – карбамата}

Физико-химические характеристики полученных химических соединений приведены в табл.3.

Таблица 3

Физико-химические характеристики производных азокрасителей III-IV

Характеристики / Производные азокрасителей III-IV	Брутто формула	Выход,%	Тпл	R_f	Мм	Элементный анализ, %					
						Вычислено			Найдено		
						C	H	N	C	H	N

 IV N,N^1 -диэтил- N,N^1-гексаметилен бис {1-[(2-нафтокси –азо) -9^1 – фенантрена] -карбамата}	$C_{52}H_{52}N_6O_4$	94,3	236-237	0,73	824	75,12	6,31	10,93	75,86	6,42	10,25
 N,N^1- динитрозо - N,N^1-гексаметилен бис {1-[(2-нафтокси –азо) -9^1 – фенантрена] -карбамата}	$C_{48}H_{42}N_8O_6$	96,2	264-265(раз.)	0,76	826	69,73	5,08	13,56	69,78	5,16	13,41
 N,N^1-дихлор- N,N^1-гексаметилен бис {1-[(2-нафтокси –азо) -9^1 – фенантрена] -карбамата}	$C_{48}H_{42}Cl_2N_6O_4$	89,6	189-190	0,69	837	68,81	5,01	10,03	68,67	4,88	10,16

Экспериментальная часть

Ход реакции и индивидуальность соединений контролируется методом ТСХ на окиси алюминия II –степени активности, с проявлением пятен парами йода. ИК-спектры записаны на спектрометре «VR-20» в таблетках KBr.

Получение [(нафтол-2)-азо -1(9^1-фенантрена] (I).

В колбе емкостью 0,5 л смешивают 15,9 г (0,1 моль) 1-аминонафтола-2, 100 мл воды и 25 мл концентрированной соляной кислоты. Полученный прозрачный раствор гидрохлорида 1-аминонафтола-2 в разбавленной соляной кислоте охлаждают до -5 ^oC, поместив в колбу смесь воды со льдом или толченым льдом. Предварительно опускают термометр. Отдельно готовят в пробирке раствор 7,0 г нитрита натрия в 20 мл воды и медленно по каплям добавляют его в колбу с охлажденным раствором 1-аминонафтола-2, встряхивая смесь и продолжая охлаждать ее.

Температура смеси не должна подниматься выше -5 ^oC в течении всей работы. Для этого время от времени опускают в колбу маленькие кусочки чистого льда или снега (всего 14-15 г), через 5-6 минут после этого будет введено около половины раствора $NaNO_2$, затем встряхивают смесь 1-2 мин и помещают при помощи стеклянной палочки каплю жидкости йода на крахмальную бумагу, если она не окрашивается, добавляют еще $NaNO_2$, и пробу повторяют еще раз. Посинение или появление бурого цвета на этой бумаге указывает на наличие в этой смеси свободной азотистой кислоты. В этом случае раствор $NaNO_2$, продолжают добавлять до тех пор пока повторная проба покажет, что азотистая кислота исчезла, вступив в реакцию.

К раствору 13,0 г (0,1 моль) фенантрена в 50 мл 5%-ного едкого натра медленно при перемешивании и охлаждении прибавляют приготовленную смесь. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают несколько раз водой и затем сушат. Чистота продукта проверяется методом ТСХ (бензол: этанол = 10:1). Выход (I) -28 г (93,3 % от теоретического). Тпл.=246-247 ^oC; R_f =0,72.

Найдено, % : C 80,11; H 5,11; N 9,88

Вычислено для $C_{20}H_{16}N_2O_4$,% : C 80,0; H 5,33; N 9,33

Краситель I - порошок светло-желтовато-коричневого цвета.

Синтез N,N^1-гексаметилен бис {[1-(-9^1-фенантренило)-2-нафтокси) –азо-] карбамата} (III).

К 6,96 г (0,02 моль) 1(-9^1-фенантрен)-азо-нафтанола-2 (I) добавляют 12 мл триэтиламина, 50 мл ДМФА, при перемешивании по каплям добавляют при комнатной температуре 1,68 мл (0,01 моль) ГМДИ растворенного в 8мл ДМФА. Реакционную смесь перемешивают в течении 3,0 часов при температуре 36-29 ^oC. По истечении времени содержимое колбы переносят в стакан, добавляют воды. Выпавший осадок промывают ТСХ. После сушки получается бесцветный порошок, выход (III) – 7,91 г (91,6% от теоретического); Тпл.= 246-247 ^oC.

Найдено, % : C 75,83; H 5,55; N 10,74

Вычислено для $C_{48}H_{44}N_6O_4$,% : C 76,0; H 5,73; N 10,93

Синтез N,N^1-диэтил- N,N^1-гексаметилен –бис{1-[(2-нафтокси)-азо-(9^1-фенантрена)]–карбамата} (IV)

В колбу помещают 8,12 г (0,01 моль) динатрий производных (III) в 15 мл ДМФА, при перемешивании по каплям добавляют 3,15 мл (0,02 моль) йодистого этила. Смесь перемешивают в течении 8 часов при нагревании на кипящей водяной бане, охлаждают и приливают 28 мл воды. Осадок отделяют, перекристаллизовывают из 50%-ного спирта, сушат и получают (IV) с выходом – (IV) -6,42 г (78% от теоретического); Тпл.=240-241 ^oC.

Найдено, % : C 75,49; H 6,37; N 10,06

Вычислено для $C_{52}H_{54}N_6O_4$,% : C 75,54; H 6,53; N 10,17

Синтез N,N^1 - динитрозозамещенного III (V).

К 7,68 г (0,01 моль) III растворенного в 115 мл муравьиной кислоты, постоянно перемешивая при температуре 0-5 ^oC, по порциям добавляют 0,6 г нитрита натрия в избытке в течении 3,5-4,0 часов. После окончания выливают в стакан, добавляют воды, выпавший остаток отфильтровывают, промывают бензолом и сушат, ТСХ на платинах «Silifol»; Выход соединения (V) составил – 7,13 г (86,2 % от теоретического); Тпл. =276-277 ^oC (разл.).

Найдено, % : C 69,78; H 5,16; N 13,41

Вычислено для $C_{48}H_{42}Cl N_8O_6$,% : C 69,73; H 5,08; N 13,46;

Синтез N,N^1 -гексаметилен - N,N^1-дихлор-бис- {1 [(-2-нафтокси)-азо-(9^1-фенантрена)] – карбамата} (VI).

В колбу помещают 7,68 г (0,01 моль) (III), 60 мл CCl_4 , 27 г влажного свежего глинозема и по каплям прибавляют 4,5 г гипохлорита кальция при температуре 40 ^oC в течении 70 мин. Реакционную смесь оставляют на 21 час. Отфильтровывают, промывают эфиром, спиртом, сушат и получают (VI) с выходом 7,5 г (89,6 % от теоретического); Тпл.= 189-190 ^oC;

Найдено, % : C 68,67; H 4,88; N10,16; Cl 8,38

Вычислено для $C_{48}H_{42}Cl_2N_6O_4$,% : C 68,81; H 5,01; N 10,03; Cl 8,48

Заключение

Выпущена опытная партия лакокрасочных материалов, а именно эмали ПФ-117 светло-желтовато-коричневого цвета, с использованием в качестве пигмента препарата I, представляющего собой производное азо-2-нафтолов 1-[(2-ол-нафтил-азо-9^1-фенантрена].

После изготовления эмали были отобраны пробы и проведены лабораторные испытания на соответствие требованиям ГОСТ 6465-78 с изм.1,5.

Согласно полученным результатам испытаний, показатели образцов изготовленных эмалей соответствуют требованиям ГОСТ 6465-78.

Краситель 1- [(2-ол-нафтил)-азо(-9^1-фенантрена)] на основе препарата I можно рекомендовать для использования в качестве пигмента при производстве эмалей и других лакокрасочных материалов, предназначенных для окраски металлических, деревянных и других поверхностей внутри помещений, а также поверхностей, подвергающихся атмосферным воздействиям.

Библиографический список

1. Махсумов А.Г., Миркамилов Ш.М., Тиллаев А.Т., Миркамилов И.М. Получение красителя на основе 1-нафтиламина и его производного, свойства, применение // Журнал «Химия и химическая технология», Ташкент, 2014, № 3, С. 34-38

2. Патент США № 6173499. Композиция активных красителей / Lai-Bai-Kum, Song Derchin. МПК C09Вп7/24; заявка 02.07.1999; опубл.09.01.2001

3. Патент США № 697487. Модифицированные карбонилиновые красители и их конъюгаты // Lenng Wai-Jee, Ching-Ying Yuegtephen. МПК С 07 В 209/02, заявка 01.10.2001; опубл. 13.12.2005

4. Заявка Германия № 1992825. Новые фтортриазинсодержащие ярко-желтые красители. Способы получения, применение для окрашивания гидрокси- и аминосодержащих материалов. МПК С 09 В 62/085; заявл. 19.05.1999; опубл. 29.11.2000

5. Смирнова О.С., Махсумов А.Г., Тиллаев А.Т. Синтез нового красителя, производного азодифенила // Труды XX-НТК молодых ученых. Ташкент, 2011, Т.1, С.175-176

6. Смирнова О.С., Махсумов А.Г. Синтез и вероятный механизм образования п-дифенил-азо-5-сульфофенила-2 // Труды XX-НТК молодых ученых. Ташкент, 2011, т.1, С.163-166

7. Джураева Ш.Д., Махсумов А.Г., Тиллаев А.Т. Получение азокрасителя 2-хлорфенил-азо-4-гидроксифенил-карбокси-3 и его свойства // Труды XX-НТК молодых ученых. Ташкент, 2011,Т.1, С.112-113

8. Камолова Д.С., Махсумов А.Г., Тиллаев А.Т. 1-гидрокси-2-(4-хлорфенил-азо)-нафталин в качестве красителя для лаков // Труды XX-НТК молодых ученых. Ташкент, 2011, т.1, С.123-124

9. Патент США № 7074782. Карбаматные ингибиторы каспазы и их применение. Bebbington David, Knegtel Ronald, Mortimore Michael, Kay David, Golec Jullian M.C. МПК С 07 Д 223/18, заявл. 21.08.2003; опубл. 11.07.2006

10. Махсумов А.Г., Валеева Н.Г., Искандаров А.Ю. Синтез, свойства производного 4-аминобензола // «Естественнонаучный журнал. Точная наука», Кемерово, РФ, 2018, вып. № 25, С.37-41

11. Makhsumov A.G., Valeeva N.G., Turabdzhanov S.M. Synthesis and properties of 1-(phenyl)-azo-(2 –hydroxy-3 –Chloro-propyloxy) – Naphthol-2 // International Journal of engineering seiences/ Research Technology, India, 2018, 7(7) july, P. 58-62

12. Makhsumov A.G., Ibragimov A.A., Valeeva N.G., Ismailov B.M., Saidakhmedova Sh.R. Synthesis and properties of derivative of 2-chlorophenyl-azo-thymol-4 and its application // Научный журнал « Ausria – Scince», № 14, 2018, P. 45-51

13. Makhsumov A.G., Ibrogimov A.A., Valeeva N.G., Tillaev A.T., Nurkulov F.N. Development of synthesis technology and the mechanism of formation of derivative 4-nitrophenyl-azo-4 –allys ether-timol, and its properties application // Научный журнал « Ausria – Scince», № 14, 2018, P. 51-55

14. Makhsumov A.G., Nabiev U .A., Valeeva N.G., Shomuratova Sh.K., Ismatov D.N. Development of synthesis, properties of derivative -1-aminoantravchinon and its bio-simvelating activity // Научный журнал « Ausria – Scince», № 16, 2018, p. 65-70

15. Kholboev Yu. Kh., Makhsumov A.G., Inakov T.K. N,N –hexamethvlene bis [(dibenzileino)ured] as a stimulant for simple tomato, cucumber and cotton // Patent of the Republic of Uzbekistan № IAP 05169, dated 01.02.2016

16. Kholboev Yu. Kh., Makhsumov A.G., Inamov T.K., Abdurakhmanov U.K. N,N – hexamethelene bis [(dibenzoxazolino -2-thione)-ured] as a simple tomato, cucumber and cotton stimulator // Patent of the Republic of Uzbekistan № IAP 05168, dated 01.02.2016

17. Makhsumov A.G., Baltabayev V.A. Synthesis of bis-ured derivation and the mechanism their fonna //Chemical Journal of Kazakhstan, Almati, 2007, special Issue, P. 2-5

18. Kholboev Yu.Kh., Makhsumov A.G., Inakov T.K. Synthesis of the derivative bis-aminoaroyl urea and its proballe mechanism of formation // Chemistry and Chemical Technology, Tashkent, 2013, № 4, P.40-42.

19. Makhsumov A.G., Boboev I.D., Juraev A.D. Synthesis of hexamethylene bis-[N,N –(substituted) –urea derivatives] and their properties // Chemistry and Chemical Technology, Tashkent, 2005, № 3, P. 41-44.

20. Sulaimonov B.I., Makhsumov A.G. Synthesis of bis-urea derivatives hased on alkyd diirocyanate and amino acids finding among them bio-logically active compound // «NAUKA. EDUCATION. TECHNICS», KYRGYZSTAN, OSH, 2002, № 2, P. 37-31/40.

Буряк Виктор Владимирович
Buryak Victor Vladimirovich
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, кандидат философских наук, доцент кафедры ФЕНП философского факультета Таврической академии

Шостка Владимир Иванович
Shostka Vladimir Ivanovich
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики Физико-технического института

УДК 327

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

PROBLEMS OF ENSURING INFORMATION SECURITY AT THE PRESENT STAGE OF DEVELOPMENT OF SOCIETY

Аннотация. В работе анализируются основные проблемы обеспечения информационной безопасности в процессе цифровизации экономического развития общества. Усиление международной конкуренции на рынках высокотехнологичной продукции и вовлечение в этот процесс всё большего количества государств, предполагает инвестиционные решения и технологические инновации, которые могут дать существенные преимущества той или иной стране. Обеспечение информационной безопасности на индивидуальном, корпоративном и государственном уровнях – насущная потребность Российской Федерации. Для минимизации рисков и успешного опережающего развития экономики страны необходимо решение насущных проблем информационной безопасности не только на законодательном, но и на технологическом и экономическом уровнях.

Abstract The paper analyzes the main problems of ensuring information security in the process of digitalization of the economic development of society. The intensification of international competition in the markets of high-tech products and the involvement of an increasing number of states in this process involves investment solutions and technological innovations that can give significant advantages to a particular country. Ensuring information security at the individual, corporate and state levels is an urgent need of the Russian Federation. To minimize risks and successfully outstripping the development of the country's economy, it is necessary to solve urgent problems of information security not only at the legislative, but also at the technological and economic levels.

Ключевые слова: глобализация, глобальные риски, национальная безопасность, информационная безопасность, надежность хранения, обработки и трансформации информации, защита данных в системах автоматизации.

Keywords: globalization, global risks, national security, information security, reliability of storage, processing and transformation of information, data protection in automation systems

Успешное экономическое развитие в условиях экспоненциального прогресса информационных технологий нуждается в усилении мер по обеспечению информационной безопасности ключевых отраслей народного хозяйства. Эффективное использование информационного пространства – является для этого необходимой предпосылкой. В связи с чем неудивительно, что одним из наиболее актуальных в общей системе национальных императивов информационная безопасность занимает на современном этапе развития общества особо важное место.

Целью данного исследования являются проблемы информационной безопасности в контексте реализации задач цифровой экономики, а также анализ эффективных инструментов, позволяющих минимизировать риски передачи, обработки и хранения конфиденциальной базы данных. В специфических условиях обострения международной (межгосударственной) конкуренции, необходимо выполнять комплексные задачи. И, прежде всего:

1) анализ положения дел в области тенденций безопасного освоения информационного пространства;

2) оценка возможностей предотвращения кибертерроризма в глобальном масштабе;

3) разработка основных инструментов осуществления эффективной информационной безопасности.

В условиях современного неолиберального капитализма значительно возросла конкуренция на всех уровнях производства высокотехнологичных товаров и услуг. Особенно динамично происходят изменения в конъюнктуре программного обеспечения. Для того, чтобы оставаться конкурентоспособными в своей производственной или непроизводственной сфере, необходимо перейти (*to shift from*) от производства статичных программных продуктов к динамичным платформам на цифровой основе (*digitally-based platforms*) (Arcos, 2015) [1].

В связи с этим сегодня огромное внимание уделяется менеджменту информационной безопасности работы любой бизнес-корпорации или государственной организации. Необходимо уже сейчас готовить высококвалифицированные кадры для данного вида деятельности. И, прежде всего, профессиональных исполнителей, специалистов по цифровой экономике, криминалистике (*digital forensics investigators*), организации и управлению, по инвестиционной и инновационной работе.

В различные сферы деятельности человека внедряются инновации, что ориентирует людей на новое развитие, совершенствование своих знаний, умений, компетенций, овладение новыми видами деятельности в смежных отраслях экономики. Система образования должна обеспечить обществу уверенный переход в цифровую эпоху, ориентированную на рост производительности, новые типы труда, потребности человека. Цифровизация различных отраслей народного хозяйства создает базу для перехода на новый уровень, направлена на подготовку специалистов, которые гарантированно востребованы на рынке труда, легко и свободно владеют мобильными и интернет-технологиями, а также ориентированы на непрерывное повышение квалификации. Цифровые технологии в современном мире — это не только инструмент, но и среда существования, которая открывает новые возможности: обучение в любое удобное время, непрерывное образование, возможность проектировать индивидуальные образовательные маршруты, из потребителей электронных ресурсов стать создателями. Однако цифровая среда требует и другой ментальности, восприятия картины мира, совершенно иных подходов и форм работы в условиях постоянного внедрения новых технологий. Современный специалист должен обладать компьютерной грамотностью, способностью создавать и применять контент посредством цифровых технологий, включая навыки программирования, поиска, обмена информацией, коммуникацию.

Необходимы, конечно, и значительные финансовые вложения, юридически проработанные стандарты качества предоставленных информационных услуг, учёт фактора жёсткой конкуренции в данной производственно-экономической нише (Campbell, 2016) [2].

Любые информационные ресурсы, а тем более с конфиденциальным контентом, должны иметь высокую степень безопасность, что предполагает наличие устойчивого баланса технологических и программных рисков, финансовых затрат, эффективной логистики использования базы данных. Надежность и защита данных в системах автоматизации специализированных информационных потоков необходимы для осуществления реальной национальной безопасности. В связи с чем проблематику кибербезопасности в целом необходимо рассматривать в контексте технологического прорыва и развития цифровой экономики РФ (Буряк 2018) [3].

Многие проблемы глобализированного информационного общества появляются вследствие возрастания угроз, связанных с киберпреступностью (*cybercrime*), кибер-атаками (*cyber-attacks*) и кибер-рисками (*cyber-risks*). Эффективная экономическая деятельность, комфортная коммуникация, национальная безопасность и т.п. определяются необходимостью гарантированной защищённости конфиденциальных персональных и корпоративных данных. Цели кибер-атак в информационных системах могут быть различны. В соответствии со спецификой той или иной кибер-атаки происходит выбор оптимальных контрмер (Doynikova, 2018) [4].

Ключевые тренды современного информационного общества, в частности, цифровизация экономики нуждаются в обеспечении сохранения конфиденциальности данных. В этой связи вопросы информационной безопасности становятся приоритетными. Решение важных сетевых задач, в том числе обеспечение сетевой безопасности – один из важнейших практических вопросов (Dauti, 2018) [5].

Одной из существенных проблем, связанных с увеличением случаев киберпреступности является международный терроризм. Сегодня экстремистские идеологические установки (*terrorist mind-set*), благодаря глобальной сети интернет, получили глобальное масштабирование и

пролиферировали в современный социум. Террористические практики в инфосфере, несомненно, уже сейчас имеют далеко идущие последствия (*have broad implications*), включая возрастающие риски, связанные с безопасностью простых граждан (Hoffman, 2017) [6].

С точки зрения междисциплинарных исследований борьбы с экстремизмом в планетарном масштабе значительно возрастает роль неправительственных организаций (*non-governmental organizations*), научному сообществу (*academia*), социальным службам и СМИ (средств массовой информации). Ведь именно благодаря их усилиям, в эту проблематику вовлечено максимальное количество граждан (Gunaratna, 2013) [7].

В условиях современного интернетизированного общества значительно возрастают высокотехнологичные формы терроризма. Парадоксальным образом наиболее уязвимыми со стороны террористических угроз сегодня оказываются наиболее информатизированные государства. Эксперт по борьбе с терроризмом (*counter-terrorism expert*) Ричард Кларк, анализируя степени экономической и политической уязвимости Соединённых Штатов в процессе межгосударственных конфликтов, происходящих в высокотехнологичном глобализированном социуме, убеждён в том, что технологии киберзащиты (*cyber defense*) должны быть приоритетными для экспертного сообщества [Clarke 2011] [8]. Наличие государственного контроля в киберпространстве не исключает ни экономических, ни медийных конфликтов в интернетизированном обществе (Международный конгресс 2018) [9]; (Никитина 2018) [10]. По мнению Кипа Бойла, эксперта в сфере обеспечения кибербезопасности, необходимо вовремя распознать онлайн-угрозы (*online threats*), расставить приоритеты с целью их минимизации; стимулировать ежедневные корпоративные привычки и «ритуалы» необходимой «кибер-гигиены» (*good cyber hygiene*). Информационная устойчивость (*cyber resilient*) при этом будет обусловлена защитой паролей и информации о базе данных и других конфиденциальных характеристиках (Boyle, 2019) [11].

За прошедшие десятилетия информационные технологии существенно трансформировались. Переход к беспроводной интернет - связи принес множество логистических и экономических преимуществ. Особенно это заметно в области Интернета вещей (*Internet of Things*). Однако, беспроводные технологии (*wireless technologies*) имеют не только очевидные преимущества, но и проблемы, в частности уязвимость со стороны киберпреступников (White, 2018) [12].

В современном мире, каждая из организаций будь это правительственные, управленческие, хозяйственные, финансовые, коммерческие, медицинские и другие структуры - собирают, обрабатывают и хранят огромные объемы информации: личных данных людей, пользователей, клиентов, сотрудников. В основном вся эта информация является конфиденциальной и ее утечка, потеря, хищение может иметь негативные последствия, как для человека, в целом, так и для организации. Технических устройств (компьютеров, смартфонов, планшетов и других) становится больше, чем людей, в связи с этим - сегодня крайне необходимо и важно обеспечить эффективные меры защиты информационных технологий.

С каждым годом тема кибербезопасности становится все более актуальной и необходимой для общества. Для государственных служб, силовых структур, владельцев бизнеса требуется сформировать эффективную политику применения безопасных информационных технологий. Для людей лично - быть в курсе происходящего, т.е. следить за изменениями в сфере защиты информации, а также не забывать о том, что виртуальный мир, как и реальный - требует внимание к мелочам, даже к тем, который порой кажутся совсем незначительными.

Заключение.

Информационно-финансовые потоки, определяющие эффективность цифровизации коммуникаций современного общества, экономики государства (включая работу серверов и спутников, обеспечивающих в том числе мобильную телефонию) нуждаются в гарантированных способах хранения информации и защиты конфиденциальных данных граждан, корпораций и административных структур. В связи с чем наличие систем информационной безопасности (кибер-безопасности) является приоритетным направлением обеспечения национальной безопасности. Стратегии кибер-безопасности являются продолжением межгосударственных экономических, политических и иных «земных» противоречий. Поэтому тема исследований в области информационной безопасности, несомненно, является перспективной и предполагает не только теоретические, но также прикладные исследования и, конечно же, внедрение практических результатов.

Библиографический список:

1. Arcos, R. & Pherson, R. (Eds.) Intelligence Communication in the Digital Era: Transforming Security, Defence and Business. London: Palgrave Pivot; 2015. - 114 p.
2. Campbell, Tony. Practical Information Security Management: A Complete Guide to Planning and Implementation. N.Y.: Apress. 2016. - 237 p.
3. Буряк В. В. Цифровая экономика России в контексте новой техно-научной парадигмы //В сборнике: Наука сегодня: теория и практика / Материалы международной научно-практической конференции. Вологда: 2018. С. - 30-36.
4. E. Doynikova1 and I. Kotenko. Approach for determination of cyber-attack goals based on the ontology of security metrics. //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 450 (2018) 052006 doi:10.1088/1757-899X/450/5/052006 MISTAerospace 2018 IOP Publishing.
5. Dauti, Bekim. CCENT/CCNA: ICND1 100-105 Certification Guide: Learn computer network essentials and enhance your networking skills by obtaining the CCENT certification. Birmingham: Packt Publishing; (2018) 362 p.
6. Hoffman, Bruce. Inside Terrorism (Columbia Studies in Terrorism and Irregular Warfare). N.Y.: Columbia University Press. (2017), 528 p.
7. Gunaratna, Rohan (Author), Jerard, Jolene Anne R. (Author), Nasir, Salim Mohamed. Countering Extremism: Building Social Resilience Through Community Engagement (Imperials College Press Insurgency and Terrorism). London: Imperial College Pr. (2013). 228p.
8. Clarke, Richard A. & Knake, Robert. Cyber War: The Next Threat to National Security and What to Do about It. New York City, Manhattan: Ecco. (2011). 320 p.
9. Международный конгресс по кибербезопасности *International Cybersecurity Congress* (2018). 05.07.2018. Москва, Центр международной торговли, Конгресс-центр. Режим доступа: https://ict2go.ru/events/5617/ html
10. Никитина, Ольга (2018) Путин призвал обеспечить безопасность в условиях цифровизации // 26 июля 2018. Режим доступа: https://vz.ru/news/2018/7/26/934321.html
11. Boyle, Kip. Fire Doesn't Innovate: The Executive's Practical Guide to Thriving in the Face of Evolving Cyber Risks. N.Y.: Lioncrest Publishing. (2019). 266 p.
12. White, Michael B. Computer Networking: The Complete Guide to Understanding Wireless Technology, Network Security, Computer Architecture and Communications Systems (Including Cisco, CCNA and CCENT). California, Scotts Valley: CreateSpace Independent Publishing Platform. (2018). 326 p.

Веретенников В.Н., Большаков В.А.
Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

Veretennikov V.N., Bolshakov, V.A.
Russian state hydrometeorological University

УДК 519.63

РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ПРОГОНКИ (ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ)

SOLUTION OF THE DIFFERENCE EQUATION BY THE RUN METHOD (COMPUTATIONAL EXPERIMENT)

Аннотация: Рассматривается метод прогонки численного решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка методом сеток. Проводятся вычислительные эксперименты при различной аппроксимации граничных условий и различного способа построения сеточной области. При практической оценке погрешности найденного решения используется двойной пересчет и правило Рунге.

Annotation. Considered sweep method for the numerical solution of boundary value problems for ordinary differential equations of second order by the method of grids. Computational experiments are performed with different approximations of boundary conditions and different ways to construct the region. In practical error estimation of the solution using double counting and rule Runge.

Ключевые слова: краевая задача, метод сеток, вычислительный эксперимент, равномерная сетка, ряд Тейлора, расчетная точка, аппроксимация, разностное уравнение, сеточная функция, рекуррентные формулы, алгоритм, правило Рунге.

Keywords: boundary value problem, grid method, computational experiment, uniform mesh, the Taylor series, the design point, approximation, differential equation, grid function, recurrence formula, the algorithm, the Runge rule.

Опыт преподавания математических курсов показывает, что наибольший эффект в усвоении математических методов и развития навыков их применения достигается, если изучение разделов математики сопровождается решением не только формальных примеров, но и прикладных задач, относящихся к области специализации будущего специалиста. Такой целенаправленный подход к формированию математического образования полезен и тем, что он усиливает взаимосвязь между математическими и инженерными дисциплинами.

К числу математических дисциплин, изучение которых наиболее полно может быть увязано с прикладными задачами той или иной инженерной специальности относится курс основных численных методов и программирования. При этом в серии статей будут рассмотрены методы, которые не входят в основной курс, но являются чрезвычайно важными и могут быть изучены студентами самостоятельно.

Введение. Краевые задачи часто возникают при изучении гидрометеорологических процессов и явлений (иногда в результате разделения переменных в уравнениях с частными производными).

Цели и задачи. Овладение практическими навыками численного решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений методом сеток. Закрепление теоретических знаний в области численных методов. Проведение вычислительных экспериментов по решению краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Закрепление навыков программирования и использование графических средств визуализации.

Описание метода решения. Рассмотрим метод сеток в применении к обыкновенному дифференциальному уравнению

$$p(x)y'' + q(x)y' + r(x)y = f(x) \quad a \le x \le b \qquad (1)$$

Коэффициенты $p(x), q(x), r(x)$ и правая часть $f(x)$ считаются непрерывными на отрезке $[a; b]$, функция $p(x)$ положительной.

Для уравнения (1) рассматриваются три краевые задачи.

Первая краевая задача

$$\alpha_0 y(a) = \gamma_0,\ \alpha_1 y(b) = \gamma_1; \quad (2)$$

вторая краевая задача

$$\beta_0 y'(a) = \gamma_0,\ \beta_1 y'(b) = \gamma_1; \quad (3)$$

третья краевая задача

$$\alpha_0 y(a) + \beta_0 y'(a) = \gamma_0,\ \alpha_1 y(b) + \beta_1 y'(b) = \gamma_1, \quad (4)$$

$$|\alpha_0| + |\beta_0| > 0, |\alpha_1| + |\beta_1| > 0, \quad (5)$$

где $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0, \alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ – заданные постоянные.

Вопросы существования и единственности функции $y(x)$ рассматриваются в курсе дифференциальных уравнений. Будем предполагать, что $y(x)$ существует, единственна и существуют производные от $y(x)$ достаточно высокого порядка.

Численное решение задачи состоит в нахождении приближенных значений $y_0, y_1, \cdots, y_n$, искомого решения $y(x)$ в точках $x_0, x_1, \cdots, x_n$.

Введём равномерную сетку точек $x_k = x_0 + kh, h = (b-a)/n$ и обозначим

$$p(x_k) = p_k,\ q(x_k) = q_k,\ r(x_k) = r_k,\ f(x_k) = f_k,\ y(x_k) = y_k.$$

Аппроксимация $y'(x)$ и $y''(x)$ может быть получена различными способами. Например, воспользовавшись разложением $y(x)$ в ряд Тейлора легко выводятся следующие формулы

$$y'(x) = \frac{y(x+h) - y(x)}{h} + O(h),\ x \in [a; b-h], \quad (6)$$

$$y'(x) = \frac{y(x) - y(x-h)}{h} + O(h),\ x \in [a+h; b], \quad (7)$$

$$y'(x) = \frac{y(x+h) - y(x-h)}{2h} + O(h^2),\ x \in [a+h; b-h], \quad (8)$$

$$y'(x) = \frac{-3y(x) + 4y(x+h) - y(x+2h)}{2h} + O(h^2),\ x \in [a; b-2h], \quad (9)$$

$$y'(x) = \frac{3y(x) - 4y(x-h) + y(x-2h)}{2h} + O(h^2),\ x \in [a+2h; b], \quad (10)$$

$$y''(x) = \frac{y(x+h) - 2y(x) + y(x-h)}{h^2} + O(h^2),\ x \in [a+h; b-h] \quad (11)$$

Выберем $h > 0$. Используя формул (8) (как более точную по порядку по сравнению с (6) и (7) и имеющую более простую структуру, чем (9) и (10)), можем для $x \in [a+h; b-h]$ записать уравнение (1) в форме

$$p(x)\frac{y(x+h) - 2y(x) + y(x-h)}{h^2} + q(x)\frac{y(x+h) - y(x-h)}{2h} + r(x)y(x) + O(h^2) = \quad (12)$$
$$= f(x).$$

Если $a \geq x_0, x_n \leq b$, можем записать (12) для расчетной точки

$$x = x_k\ (1 \leq k \leq n-1)$$

$$p_k\frac{y_{k+1} - 2y_k + y_{k-1}}{h^2} + q_k\frac{y_{k+1} - y_{k-1}}{2h} + r_k y_k + O(h^2) = f_k. \quad (13)$$

Здесь введены обозначения

$$y_k = y(x_k),\ p_k = p(x_k),\ q_k = q(x_k),\ r_k = r(x_k),\ f_k = f(x_k).$$

Будем искать значения y_k для $0 \le k \le n$. Система (13) содержит $n-1$ уравнений при числе неизвестных $n+1$. Недостающие два уравнения надлежит получить из граничных условий.

Дальнейшее рассмотрение ведем для каждой краевой задачи отдельно. Начнем с первой краевой задачи. Примем, что $x_0 = a$. К уравнениям (13) добавим еще два $\alpha_0 y_0 = \gamma_0,\ \alpha_1 y_n = \gamma_1$.

Отбрасывая остаточные члены, получаем систему $n+1$ уравнений с $n+1$ неизвестными

$$p_k \frac{y_{k+1} - 2y_k + y_{k-1}}{h^2} + q_k \frac{y_{k+1} - y_{k-1}}{2h} + r_k y_k = f_k \ (1 \le k \le n-1),$$
$$\alpha_0 y_0 = \gamma_0,\ \alpha_1 y_n = \gamma_1. \qquad (14)$$

В случае третьей краевой задачи (включаем сюда и вторую краевую задачу как частный случай), можно выбрать сеточную область таким же образом. Для записи производных $y'(a)$ и $y'(b)$, фигурирующих в граничных условиях, используем соответственно правостороннюю (6) и левостороннюю (7) разностную производную. Отбрасывая остаточные члены, получаем разностную аппроксимацию исходной задачи (1), (4), (5)

$$p_k \frac{y_{k+1} - 2y_k + y_{k-1}}{h^2} + q_k \frac{y_{k+1} - y_{k-1}}{2h} + r_k y_k = f_k \ \ (1 \le k \le n-1),$$
$$\alpha_0 y_0 + \beta_0 \frac{y_1 - y_0}{h} = \gamma_0,\ \ \alpha_1 y_n + \beta_1 \frac{y_n - y_{n-1}}{h} = \gamma_1. \qquad (15)$$

Эту систему можно решать одним из стандартных методов решения линейных систем. Однако матрица системы (15) (или (14)) трехдиагональная, поэтому для ее решения применим специальный метод, называемый методом прогонки.

Перепишем систему (15) следующим образом

$$\alpha_{01} y_0 + \beta_{01} y_1 = \gamma_{01},$$
$$A_k y_{k-1} + B_k y_k + C_k y_{k+1} = f_k \ \ (1 \le k \le n-1), \qquad (16)$$
$$\alpha_{11} y_{n-1} + \beta_{11} y_n = \gamma_{11},$$

где $\alpha_{01} = \alpha_0 - \beta_0/h,\ \beta_{01} = \beta_0/h,\ \gamma_{01} = \gamma_0,\ \alpha_{11} = -\beta_1/h,\ \beta_{11} = \alpha_1 + \beta_1/h,\ \gamma_{11} = \gamma_1,$

$$A_k = p_k/h^2 - q_k/(2h),\ B_k = r_k - 2p_k/h^2,\ C_k = p_k/h^2 + q_k/(2h).$$

Будем искать решение системы (16) методом правой прогонки, которое состоит в следующем:

1) находим значения $L_0 = -\beta_{01}/\alpha_{01}, K_0 = -\gamma_{01}/\alpha_{01}$;
2) по рекуррентным формулам

$$L_k = -C_k/(A_k L_{k-1} + B_k),\ \ K_k = (f_k - A_k K_{k-1})/(A_k L_{k-1} + B_k)$$

последовательно вычисляем $L_1, K_1,\ L_2, K_2, \cdots,\ L_{n-1}, K_{n-1}$;

3) находим $y_n = (\gamma_{11} - \alpha_{11} K_{n-1})/(\beta_{11} + \alpha_{11} L_{n-1})$;
4) по формуле $y_k = L_k y_{k-1} + K_k$ вычисляем $y_{n-1},\ y_{n-2}, \cdots,\ y_0$.

Первые два шага называются прямой прогонкой, два последующих – обратной прогонкой. Они выполняются при условии, что

$$\alpha_{01} \ne 0,\ A_k L_{k-1} + B_k \ne 0,\ \beta_{11} + \alpha_{11} L_{n-1} \ne 0.$$

Метод правой прогонки будет устойчив к погрешностям округления при выполнении условий

$$|\alpha_{01}| \geq |\beta_{01}|, |B_k| \geq |A_k| + |C_k|, \ 1 \leq k \leq n-1. \qquad (17)$$

При невыполнении этих условий погрешность решения системы (16) по описанному алгоритму может быть значительной.

Если выполняются условия

$$|\beta_{11}| \geq |\beta_{11}|, |B_k| \geq |A_k| + |C_k|, \ 1 \leq k \leq n-1, \qquad (18)$$

Можно применить метод левой прогонки, который в этом случае будет устойчив к погрешностям округления. Он состоит в следующем:

1) находим значения $L_n = -\ \alpha_{11}/\ \beta_{11}$, $K_n = \gamma_{11}/\ \beta_{11}$;
2) по рекуррентным формулам

$$L_k = -A_k/(C_k L_{k+1} + B_k), \ K_k = (f_k - C_k K_{k+1})/(C_k L_{k+1} + B_k)$$

последовательно вычисляем L_{n-1}, K_{n-1}, L_{n-2}, $K_{n-2}, \cdots$, L_1, K_1;

3) находим $y_0 = (\gamma_{01} - \beta_{01} K_1)/(\alpha_{01} + \beta_{01} L_1)$;
4) по рекуррентным соотношениям $y_{k+1} = L_{k+1} y_k + K_{k+1}$ определяем

$$y_1, y_2, \ldots, y_n.$$

Отметим, что при выполнении ограничений (18) будут выполняться условия $\beta_{11} \neq 0, C_k\ L_{k+1} + B_k \neq 0, \alpha_{01} + \beta_{01} L_1 \neq 0, 1 \leq k \leq n-1$.

В случае невыполнения (17) и (18) для решения системы уравнений (16) можно использовать метод ортогональной прогонки.

Таким образом, метод прогонки позволяет найти точное решение системы (15), значит погрешность решения краевой задачи (1), (4), (5) определяется только погрешностью разностной аппроксимацией исходной задачи системой (15) и равна $O(h)$. Для записи производных $y'(a)$ и $y'(b)$, представленных в граничных условиях, можно использовать пару формул (9) и (10), но они несколько громоздки и имеют остаточный член с худшим коэффициентом, чем формула (8).

Для аппроксимации краевых условий (4), (5) можно поступить следующим образом. Пусть $y(x)$ – решение краевой задачи (1), (4), (5). Так как

$$y_1 = y(x_0 + h) = y_0 + h y_0' + h^2/2 \cdot y_0'' + O(h^3),$$

где $y_0' = y'(x_0)$, $y_0'' = y''(x_0)$, то

$$y_0' = \frac{y_1 - y_0}{h} - \frac{h}{2} y_0'' + O(h^2) \qquad (19)$$

или, более грубо,

$$y_0' = \frac{y_1 - y_0}{h} + O(h). \qquad (20)$$

Принимая во внимание, что $y(x)$ удовлетворяет уравнению (1) можем написать следующее равенство:

$$y_0'' = f_0/p_0 - q_0/p_0 \cdot y_0' - r_0/p_0 \cdot y_0.$$

Подставив найденное выражение y_0'' в (19), а затем полученное y_0' – в первое краевое условие (4), получим следующее соотношение

$$\alpha_{01} y_0 + \beta_{01} y_1 = \gamma_{01} + O(h^2)$$

или, что есть то же самое,

$$y_0 = L_0 y_1 + K_0 + O(h^2), \qquad (21)$$

где

$$\alpha_{01} = \alpha_0 + \omega_0\delta_0,\ \beta_{01} = \omega_0/h,\ \gamma_{01} = \gamma_0 + \omega_0\, h/2\cdot f_0/p_0,$$
$$\omega_0 = \beta_0/(1 - h/2\cdot q_0/p_0),\ \delta_0 = h/2\cdot r_0/p_0 - 1/h.$$

Аналогично, используя уравнение (1) и второе краевое условие (5), находим

$y_m = (\gamma_{11} - \alpha_{11}K_{n-1})/(\beta_{11} + \alpha_{11}L_{n-1})$, где

$$\omega_m = \beta_1/(1 + h/2\cdot q_m/p_n),\ \delta_n = 1/h - h/2\cdot r_n/p_n.$$

Если использовать (20), то имеем

$$y_0'' = \frac{f_0}{p_0} - \frac{q_0}{p_0}\frac{y_1 - y_0}{h} - \frac{r_0}{p_0}y_0 + O(h).$$

Соответственно в формуле (21)

$$\omega_0 = \beta_0(1/h + q_0/p_0/2,\ \delta_0 = \beta_0\, h/p_0/2.$$

Аналогично для y_n имеем

$$\omega_n = \beta_1(1/h - q_n/p_n/2,\ \delta_n = \beta_1\, h/p_n/2.$$

Рассмотрим еще один способ построения сеточной области.
Выберем $h = (b - a)/(n - 1)$ и положим $x_0 = a - h/2$. Тогда

$$x_1 = a + h/2, \ldots, x_n = b + h/2.$$

Концы промежутка a и b не принадлежат более сетке.

Функцию $y(x)$, подставляемую в левую часть уравнения (1), распространяем с сохранением гладкости на промежуток $[x - h/2\,; b + h/2]$. Тогда уравнения (13) могут быть вновь написаны для $1 \le k \le n - 1$.

Граничные условия теперь имеют более сложный вид. Используя формулу (8) с заменой h на $h/2$, получаем

$$y'(a) = \frac{y_1 - y_0}{h} + O(h^2),\ \ y'(b) = \frac{y_n - y_{n-1}}{h} + O(h^2). \qquad (22)$$

Формулы (22) удобны тем, что в правых частях фигурируют значения y лишь в узлах сетки. Однако в случае третьей краевой задачи появляется новая трудность, так как требуется написать $y(a)$ и $y(b)$, причем a и b не принадлежат сетке. Приходится прибегнуть к дополнительным приближенным представлениям

$$y(a) = \frac{y_0 + y_1}{2} + O(h^2),\ \ y(b) = \frac{y_n + y_{n-1}}{2} + O(h^2).$$

Теперь граничные условия (4), (5) записываются в форме

$$\alpha_0\frac{y_0 + y_1}{2} + \beta_0\frac{y_1 - y_0}{h} = \gamma_0 + O(h^2),$$
$$\alpha_1\frac{y_n + y_{n-1}}{2} + \beta_1\frac{y_n - y_{n-1}}{h} = \gamma_1 + O(h^2).$$

Отбрасывая остаточные члены, получаем систему

$$p_k \frac{y_{k+1} - 2y_k + y_{k-1}}{h^2} + q_k \frac{y_{k+1} - y_{k-1}}{2h} + r_k y_k = f_k \quad (1 \le k \le n-1),$$
$$\alpha_0 \frac{y_0 + y_1}{2} + \beta_0 \frac{y_1 - y_0}{h} = \gamma_0, \ \alpha_1 \frac{y_n + y_{n-1}}{2} + \beta_1 \frac{y_n - y_{n-1}}{h} = \gamma_1. \tag{23}$$

В данном случае

$$\alpha_{01} = \alpha_0/2 - \beta_0/h, \ \beta_{01} = \alpha_0/2 + \beta_0/h, \ \gamma_{01} = \gamma_0,$$
$$\alpha_{11} = \alpha_1/2 - \beta_1/h, \ \beta_{11} = \alpha_1/2 + \beta_1/h, \ \gamma_{11} = \gamma_1.$$

При практической оценке погрешности найденного решения обычно используют двойной пересчет и правило Рунге.

Если $y(x_k)$ – точное значение решения в узле x_k, а $y_k^{(1)}$ и $y_k^{(2)}$ – приближенные значения решения в том же узле, полученные соответственно с шагом h и $h/2$, то оценка погрешности решения $y_k^{(2)}$ определяется формулой

$$\varepsilon_k \equiv \left| y_k^{(2)} - y(x_k) \right| \cong \left| y_k^{(1)} - y_k^{(2)} \right| / 3.$$

Описанный алгоритм реализован в виде программы на Турбо-Паскале, предназначенной для решения краевой задачи (1), (4), (5) для линейного дифференциального уравнения 2-го порядка. Программа дает возможность проведения вычислительного эксперимента для различной аппроксимации 1-ой производной в уравнении и граничных условиях исходной задачи.

Входные параметры:

- значения левого и правого концов отрезка $[a; b]$;
- константы, входящие в граничные условия на левом конце отрезка $[a; b]$;
- константы, входящие в граничное условие на правом конце отрезка $[a; b]$;
- имя функций, вычисляющих значения функций $p(x), q(x), r(x), f(x)$;
- N – число частей, на которое делится отрезок $[a; b]$ узлами сетки;
- рабочие массивы, размерности $N + 1$ каждый.

Выходные параметры: массив из $N + 1$ чисел, содержащий вычисленное приближенное значение решения $y(x)$ исходной задачи в узлах сетки.

Перед обращением к программе необходимо:

1) составить функции вычисления коэффициентов уравнения

$$p(x), q(x), r(x), f(x);$$

2) присвоить фактические значения входным параметрам.

Пример 1. Найти решение краевой задачи

$$x^2 y'' - 3xy' + 4y = 0.5x^3, 1 \le x \le 4,$$
$$y(1) = 0.5, \quad y(4) = 0.$$

Решение. Здесь $p(x) = x^2, q(x) = -3x, r(x) = 4, f(x) = 0.5x^3,$

$$\alpha_0 = 1, \beta_0 = 0, \gamma_0 = 0.5, \alpha_1 = 1, \beta_1 = 0, \gamma_1 = 0.$$

В результате вычислений по программе получены следующие результаты, записанные в таблице 1.

В этой же таблице (столбец 7) приводятся для сравнения значения точного решения данной задачи $y(x) = x^2/2 - x^2 \ln x/\ln 2$.

Таблица 1

k	x_k	$y_k^{(1)}$	$y_k^{(2)}$	$\varepsilon_k^{(1)}$	$\varepsilon_k^{(2)}$	$y(x_k)$
0	1.0	0.5000	0.5000	0.0000	0.0000	0.5000
1	1.3	0.4529	0.4597	0.0002	0.0002	0.4588
2	1.6	0.2978	0.3119	0.0004	0.00004	0.3121
3	1.9	0.0634	0.0840	0.0006	0.0006	0.0866
4	2.2	-0.2129	-0.1873	0.0008	0.0001	-0.1815
5	2.5	-0.4869	-0.4583	0.0009	0.0002	-0.4496
6	2.8	-0.7098	-0.6806	0.0101	0.0003	-0.6697
7	3.1	-0.8292	-0.8023	0.0010	0.0003	-0.7906
8	3.4	-0.7895	-0.7680	0.0008	0.0003	-0.7576
9	3.7	-0.5330	-0.5204	0.0005	0.0002	-0.5137
10	4.0	0.0000	0.0300	0.0000	0.0000	0.0000

В пятом столбце таблицы 1 приведена приближенная оценка погрешности с шагами по правилу Рунге в каждом узле, полученных с шагами $h = 0.3$ и $h/2$ соответственно.

В столбце 4 и 6 приведены результаты вычислений для иного способа построения сеточной области (система (23)).

Пример 2. Найти приближенное решение краевой задачи

$$y'' - 2xy' - 2y = -4x,\ 0 \le x \le 1,$$
$$y(0) - y'(0) = 0,\ y(1) = 1 + e$$

на равномерной сетке.

Решение. Здесь $p(x) = 1,\ q(x) = -2x,\ r(x) = -2,\ f(x) = -4x,$

$$\alpha_0 = 1,\ \beta_0 = -1,\ \gamma_0 = 0,\ \alpha_1 = 1,\ \beta_1 = 0,\ \gamma_1 = 1 + e.$$

Результаты вычислений записаны в таблице 2. В столбцах с 3 по 6 приведены результаты вычислительного эксперимента по различной аппроксимации граничных условий. Формулы (6), (7) (столбец 3, $y_k^{(1)}$), формула (19) (столбец 4, $y_k^{(2)}$), формула (20) (столбец 5, $y_k^{(3)}$), формула (22) (столбец 6, $y_k^{(4)}$).

В столбце 7 приведены значения точного решения задачи

$$y(x) = x + \exp(x^2).$$

Таблица 2

k	x_k	$y_k^{(1)}$	$y_k^{(2)}$	$y_k^{(3)}$	$y_k^{(4)}$	$y(x_k)$
0	0.0	1.0465	1.0019	1.0019	0.9990	1.0000
1	0.1	1.1512	1.1121	1.1121	1.1090	1.1100
2	0.2	1.2772	1.2430	1.2430	1.2396	1.2408
3	0.3	1.4262	1.3964	1.3964	1.3928	1.3942
4	0.4	1.6015	1.5757	1.5757	1.5720	1.5735
5	0.5	1.8081	1.7861	1.7861	1.7824	1.7840
6	0.6	2.0534	2.0353	2.0353	2.0315	2.0333
7	0.7	2.3482	2.3340	2.3340	2.3305	2.3323
8	0.8	2.7078	2.6977	2.6977	2.6948	2.6965
9	0.9	3.1540	3.1486	3.1486	3.1467	3.1479
10	1.0	3.7183	3.7183	3.7183	3.7183	3.7183

В таблице 3 приведены приближенные оценки погрешности значений $y_k^{(i)}$ по правилу Рунге в каждом узле, полученные с шагами $h = 0.1$ и $h/2$ соответственно.

Таблица 3

k	x_k	$\varepsilon_k^{(1)}$	$\varepsilon_k^{(2)}$	$\varepsilon_k^{(3)}$	$\varepsilon_k^{(4)}$
0	0.0	0.0057	0.0001	0.0019	0.0003
1	0.1	0.0072	0.0002	0.0019	0.0003
2	0.2	0.0086	0.0002	0.0020	0.0003
3	0.3	0.0098	0.0002	0.0020	0.0004
4	0.4	0.0108	0.0003	0.0020	0.0004
5	0.5	0.0116	0.0003	0.0020	0.0004
6	0.6	0.0123	0.0003	0.0020	0.0004
7	0.7	0.0128	0.0003	0.0020	0.0004
8	0.8	0.0131	0.0003	0.0021	0.0004
9	0.9	0.0133	0.0003	0.0021	0.0004
10	1.0	0.0134	0.0002	0.0021	0.0004

Анализ результатов вычислительного эксперимента позволяет сделать выводы и об аппроксимационных свойствах схемы и о выборе сеточной области.

Библиографический список:

1. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656 с.
2. Веретенников В.Н., Большаков В.А. Вычислительные эксперименты при решении разностных уравнений для обыкновенных дифференциальных уравнений. - СПб: РГГМУ, 2018. – 47с.

Краюшкина Валерия Александровна
Krajushkina Valeria Alexandrovna
Студент магистратуры, 2 курс, Липецкий Государственный Университет, РФ, г. Липецк.

УДК 669

СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ХОЛОДА

CONDITION OF MECHANICAL PROPERTIES OF STRUCTURAL STEELS UNDER THEIR OPERATION UNDER CLIMATE COLD

Аннотация: в данной работе детально рассмотрено, как изменяются механические свойства стали при их эксплуатации в условиях климатического холода.

Abstract: in this paper, it is examined in detail how the mechanical properties of steel change during their operation in cold climates.

Ключевые слова: сталь, свойства, изделие, температура, климатические условия.

Key words: steel, properties, product, temperature, climatic conditions.

При эксплуатации изделий в условиях пониженной климатической температуры растёт предел прочности и предел текучести стали, а также усталостная прочность. В тоже время, рост прочностных характеристик влечёт за собой снижение пластичности, а при достижении критической температуры хрупкости отмечается резкий спад ударной вязкости. Таким образом, при использовании сталей в условиях низких температур, появляется проблема снижения хладноломкости, то есть снижение ударной вязкости и пластичности.

Для деталей, эксплуатируемых при отрицательных температурах, химический состав и режим термической обработки подбираются таким образом, чтобы добиться в структуре стали мелкого зерна. Помимо этого, предел текучести при одинаковом временном сопротивлении разрешению с ростом температуры должен увеличиваться медленее. К тому же, стали такого вида должны иметь высокие показатели прокаливаемости при низкой чувствительности к отпускной хрупкости.

Решающим фактором при поборе легирующих элементов является их влияние на положение критической температуры хрупкости.

Легирующие элементы оказывают воздействие на склонности стали к хрупкому разрушению следующим образом: элементы, которые способствуют увеличению размера зерна, а также минимум изменяющие его величину, повышают критическую температуру хрупкости тем больше, чем интенсивнее растёт предел текучести стали. Элементы, которые способствуют образованию мелкого зерна, до определенной концентрации, снижают критическую температуру хрупкости. Когда удаётся достичь критически мелкого размера зерна, влияние легирующих элементов несёт обратный характер, за счёт того, что растёт сопротивление фермат небольшим пластическим деформациям.

При работе изделия в условиях низких температур, состав стали подбирают так, что механические свойства и хладноломкость определяются следующими факторами:

1. Твердорастворное упрочнение ферротитанит примесями и легирующими элементами;
2. Измельчение зерна;
3. Упрочнение с помощью частиц избыточных фаз различной степени дисперсности;
4. Распределение легирующих элементов между твёрдым раствором, металлическими соединениями, карбидными фазами, неметаллическими фазами;
5. Расплетание легирующих элементов между межкристаллитным слоем и зерном.

При подборе режима термической обработки труб существует ряд факторов, которые необходимо учитывать. Из-за того, что температурный режим прокатки, степень деформации и скорость охлаждения после деформации имеют различный характер в объеме одной или нескольких заготовок, в изделиях, после горячей деформации, наблюдается разнозернистость. При проведении термической обработки объемы с зёрнами различной величины ведут себя по-разному. После проведения нормализации в структуре, происходит выравнивание размера зерна, и ликвидируется разнозернистость.

Ощутимым является диспергирование структуры. Помимо уменьшения величины зёрна, растёт дисперсность эвтектоида и снижается количество ферритных зёрен. Такие изменения в

структуре влекут за собой увеличение прочности при сохранении ударной вязкости.

После этого сталь подвергают высокому отпуску для снятия внутренних напряжений, улучшения пластических свойств и снижения твердости.

Таким образом, для того чтобы добиться наиболее высоких показателей пластичности и ударной вязкости стали, эксплуатируемой при низких температурах, её подвергают закалке на мартенсит, после чего проводят отпуск на сорбит. Наименьшие показатели получаются на стали в отожженном состоянии.

Библиографический список:

1. Башнин Д. А., Ушаков В. К., Синей А. Т. Технология термической обработки. – М.: Металлургия, 1986. – 424 с.
2. Гуляев А. П. Термическая обработка стали. – М.: Металлургия, 1984. – 496 с.
3. Тылкин М. А. Справочник термиста. – М.: Металлургия, 1981.- 648
4. Поволоцкий Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов [Текст] / Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Рощин. Москва: Металлургия, 1974. С. 367.

Автушенко Александр Александрович
Avtushenko Aleksandr Aleksandrovich
Аспирант ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт»

УДК 621.311.019:621.311.1(575.1)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МЕТОДЫ ЕЁ АВТОМАТИЗАЦИИ

MODERN PROBLEMS OF POWER QUALITY ASSESSMENT AND METHODS OF ITS AUTOMATION

Аннотация: В статье рассмотрены основные проблемы оценки качества электрической энергии с т.з. современных стандартов РФ и их влияние на всех участников энергетической сети. Приведены основные критерии качества электрической энергии и то какой вклад в её изменение вносит каждый участник сети, улучшая или ухудшая её. Приведен краткий анализ целесообразности применения различных методов и систем автоматической оценки качества электроэнергии в сети, на базе существующих решений, а также рассмотрен ряд мероприятий, который возможно провести после внедрения подобной системы.

Abstract: In article the basic problems of an estimation of quality of electric energy with point of view of modern standards of the Russian Federation and their influence on all participants of an energy network are considered. The basic criteria of quality of electric energy are resulted and what contribution to its change each participant of a network brings, improving or worsening it. The brief analysis of expediency of application of various methods and systems of an automatic estimation of quality of the electric power in a network, on the basis of existing decisions is resulted, and also a number of actions which can be spent after introduction of similar system is considered. .

Ключевые слова: качество электроэнергии, мониторинг электрических сетей, гармоники тока и напряжений.

Key words: electricity quality, monitoring of electrical networks, harmonics of current and voltages.

Электроэнергия играет важную роль в жизни человека, поэтому проблемы её качества, оперативной оценки и соответствие принятым стандартам имеют высокую актуальность.

В течении длительного периода времени по на территории Российской Федерации качество всей электрической энергии регламентировалось единым нормативным документом ГОСТ 13109-97, последовательного обновлявшегося в период с 1962 года. Данный стандарт отражал все необходимые аспекты регламентирующие качество электроэнергии и её контроль, содержал перечень необходимых мероприятий, систему штрафов и поощрений за различное влияние на качество электрической энергии любым из участников энергетической системы, однако в то же время по многим аспектам он утратил свою актуальность в связи с технологическим развитием отраслей. И в 2014 году был введен новый стандарт ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»[1] действующий на данный момент. Стандарт разрабатывался уже как самостоятельный документ без опоры на действовавший на тот момент ГОСТ 13109-97 и его целью было приведение государственных отраслевых стандартов в соответствие с международной системой. Однако при сравнении результата можно сделать вывод что действующий гост по показателям качества электрической энергии имеет более жесткие стандарты только относительно европейского стандарта EN50160:2010[2] при этом уступает американским стандартам IEE Std. 1159-2009 в областях, относящихся к качеству электрической энергии.

Понятие качества электроэнергии отличается от понятия качества в других видах производства. Для электрической энергии качество это суммарный показатель всех её основных характеристик. Потребители электрической энергии разработаны для работы в определенных условиях и не соответствие даже одной из характеристик сети может привести к немедленному выходу из строя или снижению ресурса устройства. В общем случае последствия несоблюдения мероприятий по обеспечению качества электроэнергии могут привести к следующим последствиям для энергоприемников и потребителей:

- увеличение потерь во всех элементах электрической сети
- сокращение срока службы эксплуатации
- рост потребления электроэнергии
- рост требуемой мощности электрооборудования
- нарушение работы систем релейной защиты и автоматики
- перегрев электрооборудования
- сбои в работе электронных систем управления
- сбои в работе микропроцессорных устройств
- ускоренное старение изоляции и как следствие - повышенная вероятность короткого замыкания
- опасные наводки в металлоконструкциях ЛЭП
- повышение уровня помех
- некорректная работа счетчиков электрической энергии

Все эти последствия могут быть вызваны как кратковременным ухудшением качества электроэнергии вызванным аварийными или естественными причинами - грозы, защитные отключения, послеаварийное состояние, так и длительным эффектом вызванными особенностями технологического процесса и отсутствием мер по компенсации.

ГОСТ 32144-2013 характеризует показатели качества электроэнергии с помощью параметров частоты и напряжения в точках передачи электрической энергии. Стандартом регламентированы такие параметры как:

- отклонение частоты - общесистемный параметр зависит от баланса активной мощности системы
- напряжение в узле электроэнергетической системы - общесистемный параметр, зависит от баланса реактивной мощности системы и узла.
- не синусоидальность напряжения - параметр зависит от нелинейности нагрузки потребителя[3], стандартом характеризуется через гармонические составляющие напряжения и определяется с помощью коэффициентов гармонических составляющих вплоть до гармоник 40-го порядка
- не симметрия напряжений - зависит от симметрии нагрузки потребителей определяется через коэффициенты не симметрии напряжения по нулевой последовательности.
- провал напряжения - временное падение напряжения на участке цепи, стандартом регламентируется только длительность от 10мс до 1мин.

Стандарт не учитывает на данный момент такие показатели как импульсные перенапряжения и нормирование уровней интергармонических составляющих вызванных все возрастающим внедрением преобразователей частоты в технологические процессы. С точки зрения влияния на качество электроэнергии в целом ГОСТ 32144-2013 установил обязанность контроля качества электрической энергии не только на энергоснабжающие организации но и на потребителей и несмотря на все еще недостаточную нормативную базу для полноценной работы данного стандарта по всей территории РФ, вопросы оперативного мониторинга качества становятся все более острыми. Так потребителю необходимо контролировать создаваемые им помехи, искажения формы и состава напряжения, баланс нагрузки. Это позволит потребителю снизить накладные расходы на поставляемую электроэнергию в условиях розничных рынков. В связи с этим потребителям необходимо организовать систему контроля качества электрической энергии (КЭ)[4], путем измерения основных показателей КЭ (ПКЭ), основными задачами которой являются:

- Проверка выполнения требований стандарта в части эксплуатационного контроля ПКЭ в электрических сетях общего назначения;
- Проверка соответствия действительных значений ПКЭ на границе раздела сети по балансовой принадлежности значениям, зафиксированным в договоре энергоснабжения;
- Разработка технических условий на присоединение потребителя в части КЭ;
- Проверка выполнения договорных условий в части КЭ с определением допустимого расчетного и фактического вкладов потребителя в ухудшение КЭ;
- Разработка технических и организационных мероприятий по обеспечению КЭ;
- Определение скидок (надбавок) к тарифам на ЭЭ за ее качество;
- Сертификация электрической энергии;
- Поиск “виновника” искажений ПКЭ.

В зависимости от задач и целей контроль может быть:

- диагностический контроль;
- инспекционный контроль;
- оперативный контроль;
- коммерческий учет.

Диагностический контроль КЭ - осуществляется при выдаче и проверке выполнения ТУ на подключение потребителя к сети, вследствие чего выполняется на границе раздела электрических сетей. Целью такого контроля обычно ставится определение виновника ухудшения КЭ. Должен носить периодический характер и предусматривать кратковременные измерения КЭ. В случае выявления виновника ухудшения КЭ, потребитель вместе с ресурсоснабжающей организацией должны выработать план и сроки по устранению причин снижения качества или их компенсации. Так же интересом для установки диагностического контроля могут выступать шины районных подстанций для определения качества и сбора статистики работы сети с учетом работы устройств обеспечения КЭ.

Инспекционный контроль КЭ - осуществляется органами сертификации для получения о состоянии участка сети попадающие в область и период действия выданных сертификатов КЭ.

Оперативный контроль КЭ - устанавливается на участках сети, где известны и в ближайшее время не могут быть устранены источники снижения КЭ. Устанавливается в местах подключения приборов с нелинейными характеристиками, точках присоединения городского электрифицированного транспорта, тяговых подстанций, подстанций предприятий. Результаты оперативного контроля должны поступать на диспетчерские пункты энергоснабжающей организации по каналам связи.

Коммерческий учет КЭ - устанавливается как и диагностический учет - на границе раздела сетей, однако целью данного учета является определение скидок и надбавок к тарифам на электроэнергию за её качество. На данный момент нормативным актом, регламентирующим данный аспект коммерческих отношений, является ГК РФ ч.2. Коммерческий учет должен осуществляться непрерывно в точках учета потребляемой мощности, допускается применения комбинированных приборов, позволяющих совместно с учетом проводить и измерение КЭ.

Для всех вышеперечисленных методов учета и контроля целесообразно применять автоматизированные системы сбора данных и мониторинга состояния качества электрической энергии в сети. В основной массе представленных на рынке устройств можно выделить следующие общие их черты - современная система для контроля ПКЭ это комплекс устройств состоящий из надежных пассивных средств измерения высокой точности - в основном токовые клещи, устройство преобразователь сигналов с сенсоров, микропроцессорное устройство осуществляющее обработку информации от сенсоров и формирующую результат как на человеко-машинный интерфейс, так и в основные проводные и опционально беспроводные каналы связи. Включение таких систем осуществляется в основном на границах электрических сетей, поэтому часто в составе таких устройств могут присутствовать счетчики электрической энергии. Типовая схема включения сенсоров системы в зависимости электрической цепи[5] приведены на рис. 1.

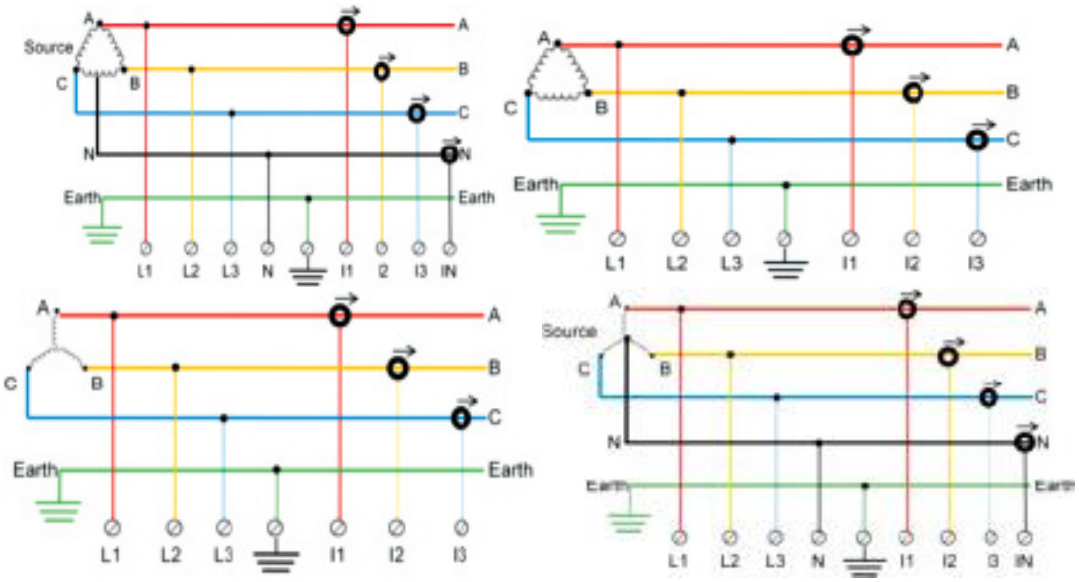


Рис.1. Типовые схемы включения устройств определения качества электрической энергии

В большинстве своем подобные системы являются модульными позволяющими легко расширить их функционал в определенном диапазоне, добавив дополнительные интерфейсы или дополнительные измерительные цепи и анализаторы. автоматизированные системы несмотря на более высокую стоимость относительно систем без модулей автоматики потенциально имеют большую экономическую эффективность, так как позволяют включить показания систем учета ПКЭ в технологический процесс и предотвратить или минимизировать влияние КЭ на тарифы всего предприятия. Так внедрение подобных систем на предприятии поможет установить потенциальные места возникновения проблем с ПКЭ и позволят составить ряд мероприятий для их устранения, например:

- улучшить баланс и симметрию напряжений путем перераспределения нагрузки;
- выявить источники реактивной мощности и установить системы компенсации реактивной мощности;
- определить источник электрических шумов сети и устранить его причину;
- выделить ударную нагрузку на отдельные питающие трансформаторы для снижения колебаний напряжения;
- выделение наиболее чувствительной нагрузки на отдельные фидера.

В заключении стоит отметить что несмотря на современные рыночные условия ответственность за качество питающей сети ложится на всех её участников, а значит контроль ПКЭ, выявление причин падения КЭ. их устранение и предупреждение должно осуществляться всеми заинтересованными сторонами. Существующие рыночные решение автоматизированных систем контроля ПКЭ покрывают все требования действующих стандартов и более, позволяя, при должном уровне автоматизации, обеспечить полноценный мониторинг системы в режимах близких к реальному времени. Такие возможности позволят энергетическим службам предприятий обеспечивать должное КЭ и проводить мероприятия по его улучшению для всей сети снижая таким образом тарифы на электроэнергию для предприятия. Так же к положительному влиянию внедрения подобных систем можно отнести потенциальное улучшение реакции предприятия на аварийные режимы работы, это связано с тем что при контроле ПКЭ и проведении работ по их улучшению, негативные эффекты, вызываемые ПКЭ будут также снижаться, соответственно будет продлеваться срок службы устройств и их общая надежность будет сохраняться длительное время.

Библиографический список:

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014.07.01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 10 с.
2. EN 50160:2010. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. – URL: http://shop. bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030240038 (дата обращения: 26.09.2019).
3. Смирнов С.С. Высшие гармоники в сетях высокого напряжения / С.С. Смирнов. Новосибирск: Наука, 2010. 327 с.
4. Суднова В.В. Качество электрической энергии. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2000. 105 с.
5. Схематические решения активной фильтрации кривой тока в четырехпроводной трехфазной сети для обеспечения качества электрической энергии / С. Ю. Долингер, В. Н. Горюнов, А. А. Планков, О. А. Сидоров // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. – 2011. – № 3 (103). – С. 214–217.

Научное издание

Коллектив авторов

Сборник материалов XLVI Международной научной конференции «Техноконгресс»

ISBN 978-5-6040934-2-9

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2019