**Международная Объединенная Академия Наук
Межрегиональный Гуманитарно-Технический Университет**

Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук

Сборник научных трудов

**по материалам
XXVII международной научной конференции**

12 мая 2020 г.

Санкт-Петербург 2020

УДК 501
ББК 30

Н34

Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук.
Сборник научных трудов по материалам XXVII международной научно-практической конференции 12 мая 2020 г. Изд. ЦНК МОАН, 2020. – 64 с.

SPLN 001-000001-0612-TT
DOI 10.18411/sciencepublic-12-05-2020
IDSP sciencepublic-12-05-2020

В сборнике научных трудов собраны материалы из различных областей научных знаний. В данном издании приведены все материалы, которые были присланы на XXVII международную научно-практическую конференцию
Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

Все материалы, размещенные в сборнике, опубликованы в авторском варианте. Редакция не вносила коррективы в научные статьи. Ответственность за информацию, размещенную в материалах на всеобщее обозрение, несут их авторы.

Информация об опубликованных статьях будет передана в систему ELIBRARY и наукометрическую базу SPINDEX

Электронная версия сборника доступна на сайте ЦНК МОАН. Сайт центра: conf.sciencepublic.ru

УДК 501
ББК 30

SPLN 001-000001-0612-TT

<http://conf.sciencepublic.ru>

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.....	5
Артамонов В.А. Скрытый канал передачи информации за счет ЭМИ интерфейса USB	5
Головач Е.С. Реализация программно-аппаратного комплекса защиты информации, обрабатываемой на средствах вычислительной техники от несанкционированного доступа	6
Романюк О.В., Егоров И.Ю. Исследование способов балансировки трафика в транспортной сети с коммутацией пакетов	9
 РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	 14
Гридчин В.С., Чаплыгин Н.А., Трофимова М.В. Технологии автоматизации процессов управления персоналом.....	14
Уметбаев М.Р. Оптимизация бизнес-процессов на примере СПб ГКУ «УИТС»	16
 РАЗДЕЛ III. МАТЕМАТИКА	 21
Гасанов М.В. Тестирование одного класса нелинейных дифференциальных уравнений в окрестности подвижной особой точки	21
Кондукторов Д.Ю. Вероятностный способ расчета долговечности строительных конструкций	24
Фадеева О.В., Раков Д.В. Исследование зависимости фазовой траектории динамических систем от вносимых возмущений на примере игры в хаос	26
 РАЗДЕЛ IV. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	 29
Шкаруба М.В., Тихонов А.И., Ткаченко В.А., Киселев В.В., Молчанов К.В. Новый подход к проведению лабораторных работ по дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» в условиях карантина.....	29
 РАЗДЕЛ V. МАШИНОСТРОЕНИЕ	 34
Ильенко А.А. Определение зависимостей при упрочнении низкоуглеродистых валов комбинированным методом	34
Махнутин А.В., Сальников А.Ф. Анализ изменения собственных частот ротора турбомашины под влиянием динамических нагрузок.....	38

РАЗДЕЛ VI. ХИМИЯ	41
Леденёв А.С., Зотов Ю.Л., Леденёв С.М. Варианты улучшения качества хлорированного парафина марки ХП-470	41
РАЗДЕЛ VII. АРХИТЕКТУРА	43
Алексеев С.И. К вопросу определения предельного крена внецентренно нагруженного фундамента	43
РАЗДЕЛ VIII. КОСМОС И АВИАЦИЯ	47
Турчанников Г.И., Левченко М.М. Интеграция мультидисциплинарных исследований в обеспечение безопасности гражданских самолетов по условиям прочности, аэроупругости, ресурса на всех этапах жизненного цикла	47
РАЗДЕЛ IX. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	48
Дрофичева Н.В. Конструирование плодово-ягодных композитов с высоким содержанием полифенольных веществ.....	48
РАЗДЕЛ X. РАДИОТЕХНИКА	52
Баталова Е.А., Губарев Д.Е., Зикий А.Н. QER-фильтр	52
РАЗДЕЛ XI. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	56
Жиляева Н.П. Транспортировка высоковязких нефтей при пониженных температурах	56
Зверев Л.О., Злобин В.Г. Использование триботехнических составов для повышения эффективности работы турбокомпрессора	59

РАЗДЕЛ I. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Артамонов В.А.

Скрытый канал передачи информации за счет ЭМИ интерфейса USB

Академия ФСО России

(Россия, Орел)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-01

idsp: sciencepublic-12-05-2020-01

Развитие инфокоммуникационных систем и технологий привело к созданию нового класса угроз информационной безопасности, подразумевающих использование скрытых каналов передачи информации, противодействие которым с помощью традиционных средств обеспечения безопасности трудно осуществимо. Под скрытым каналом следует понимать непредусмотренный разработчиком инфокоммуникационных технологий канал передачи информации, который может быть задействован для нарушения политики безопасности. Одним из таких каналов является скрытый канал передачи информации за счет ЭМИ интерфейса USB.

Прикладной уровень протокола USB вводит определение термина «конечная точка», согласно которому возможна передача данных только в одном направлении. Конечная точка OUT может переносить данные с главного компьютера на устройство (например, при записи файла на USB-носитель). Конечная точка IN может переносить данные с устройства на хост-компьютер (например, при получении видеопотока с веб-камеры USB).

Сигнал на линейном выходе USB представляет собой импульсную последовательность, при этом основные параметры импульсов в этой последовательности, такие как длительность и скважность, зависят от передаваемых по интерфейсу данных. В качестве линейного кода в шине USB используется код NRZI. Это значит, что передача нулевого бита соответствует изменению уровня сигнала в шине, а передача единицы соответствует отсутствию изменения уровня сигнала. Вставка бит используется для того, чтобы не потерять синхронизацию при монотонном единичном сигнале. Суть этой вставки заключается в том, что после каждых 6 подряд единиц вставляется нулевой бит. Временное представление сигнала USB изображено на рисунке 1.

Рис. 1 – Временное представление сигнала в шине USB

Было обнаружено, что передача последовательности битов «0» на USB-устройство генерирует детектируемое излучение в диапазоне от 240 МГц до 480 МГц. Осуществляя передачу определенной битовой последовательности, сформированной по закону изменения скрытно передаваемых данных, по шине USB, возможно реализовать модуляцию электромагнитного излучения (ЭМИ) интерфейса. При этом в спектре ЭМИ появляются дискретные составляющие, находящиеся в узкой полосе частот. За счет узкополосности этих составляющих возможно детектирование ЭМИ на довольно больших расстояниях.

Рис. 2 – Спектр сигнала в шине USB при реализации скрытого канала

Для цифровой модуляции данных возможно использование двоичной частотной манипуляции (B-FSK). Как правило, при частотной манипуляции данные передаются посредством изменения частоты несущей, так что разные частоты соответствуют разным значениям входных данных. В двоичной форме FSK частота несущего сигнала варьируется между двумя значениями, соответствующими двоичному 0 или 1.

Фактическая передача данных выполняется путем записи файла, сформированного по закону изменения скрытно передаваемых данных с учетом используемого вида модуляции, в произвольный блок данных на устройстве USB. Процесс передачи не требует специальных привилегий (например, root или admin). Требуется только разрешение на создание файла на съемном устройстве. Такие файлы часто создаются процессами для сохранения файлов и хранения временных данных или для обработки промежуточных результатов.

Таким образом, за счет создания программ, способных создавать файлы, содержание которых промодулировано скрытно передаваемыми данными, с учетом особенностей линейного кода NRZI интерфейса USB возможна реализация скрытого канала передачи информации.

1. M. Guri. GSMem: Data Exfiltration from Air-Gapped Computers over GSM Frequencies // Ben-Gurion University of the Negev Cyber Security Research Center, 2015.
2. Markus G. Kuhn. Soft Tempest: Hidden Data Transmission Using Electromagnetic Emanations // Ben-Gurion University of the Negev Cyber Security Research Center, 1998.
3. M. Guri. USB: Air-Gap Covert-Channel via Electromagnetic Emission from USB // Ben-Gurion University of the Negev Cyber Security Research Center, 2016.

Головач Е.С.

**Реализация программно-аппаратного комплекса защиты информации,
обрабатываемой на средствах вычислительной техники от несанкционированного
доступа**

*Академия ФСО России
(Россия, Орел)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-02

idsp: sciencepublic-12-05-2020-02

В настоящее время информационные системы применяются во всех областях деятельности человечества и силовых структур, поэтому, увеличивается количество угроз информационной безопасности. Основной угрозой безопасности информации

является утечка защищаемой информации посредством несанкционированного доступа к объектам информатизации и (или) информационным ресурсам. Несанкционированный доступ может осуществляться как лицами, не допущенными на объекты информатизации (внешние нарушители), так лицами, умеющими на это право (внутренние нарушители). Наибольшую опасность предоставляют внутренние нарушители, ввиду их осведомленности о структуре и принципах построения системы связи.

Большинство средств вычислительной техники используют систему аутентификацию, основанную на подтверждении прав доступа с помощью пароля. Пароль может устанавливаться как для разрешения запуска системы в целом, то есть при запуске *BIOS*, так и на доступ к файлам пользователей (ввод логина и пароля пользователя для входа в *Windows*). При этом практика показывает, что надежность установленного пароля, в первую очередь, зависит от человеческого фактора. Простые пароли, которые легко запомнить пользователю (даты рождения, имена родственников, часто употребляемые слова и т.п.), менее устойчивы к взлому. И наоборот, сложные пароли хотя и устойчивы к взлому, но большинству людей их непросто запомнить, это в свою очередь ведет к повышению вероятности, что пользователь запишет пароль и перехватить его будет проще. Поэтому, требуется разработка устройства аутентификации, способного в должной мере обеспечить выполнение всех требований по безопасности обрабатываемой информации и удобства использования.

Самым перспективным вектором развития систем аутентификации является использование в качестве идентификационного фактора биометрические признаки человека. В настоящее время все чаще применяются устройства, основанные на сканировании отпечатков пальцев, радужной оболочки глаза или геометрии руки. Большинство биометрических признаков являются уникальными для каждого человека, что дает возможность их повсеместного применения. Невозможность утраты без стороннего физического воздействия и сложность подделки таких признаков обеспечивает высокую надежность устройств аутентификации. Используемые средства защиты информации имеют низкий коэффициент ошибочных отказов и подтверждений.

На сегодняшний день одним из самых перспективных направлений является применение сканера отпечатков пальцев, так как оно сочетает в себе низкую стоимость средств, легкую собираемость идентификационного признака и высокую надежность.

Разрабатываемое средство защиты информации должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Функциональные: обеспечение решения требуемой совокупности задач по защите, удовлетворение всем требованиям по защите.
2. Эргономические: минимизация помех пользователям, удобство для персонала системы защиты.
3. Экономические: минимизация затрат на систему, максимальное использование серийных средств.
4. Технические: комплексное использование средств, оптимизация архитектуры.
5. Организационные: структурированность всех компонентов, простота эксплуатации.

Исходя из требований, предъявляемых к разрабатываемому программно-аппаратному комплексу (ПАК), функциональная схема устройства аутентификации будет иметь вид, представленный на рисунке 1.

Рисунок 1 – Функциональная схема ПАК

Ядром разрабатываемого комплекса является программируемый микроконтроллер *Arduino*. Плата будет выполнять функции обработки информации, поступающей со сканера отпечатков пальцев, взаимодействия с блоков управления и сигнализации, а также выдачи сигналов управления на модуль реле.

Модуль реле построен на базе твердотельных переключателей и осуществляет коммутацию соответствующих контактов цепей питания НЖМД. Для осуществления физического разделения достаточно разрыва линий питания +5 и +12 В. Переключение контактов реле происходит путем подачи управляющего сигнала на соответствующий вход канала. Всего в состав модуля входит 8 каналов.

Оптический сканер отпечатков пальцев необходим для считывания уникального узора пальца пользователя для формирования базы данных и последующей проверки сканируемых отпечатков с этой базой. После анализа сканер передает информацию на микроконтроллер. База данных сканера рассчитана на 1000 отпечатков. Разрабатываемое устройство рассчитано на использование двух эталонов для стабильного функционирования.

Блок сигнализации и управления состоит из двух светодиодов и двух кнопок и необходим для выдачи световой индикации о режиме работы комплекса и передачи на микроконтроллер команд переключения этих режимов. Всего предусмотрено два режима работы ПАК: режим заполнения базы данных идентификационными признаками пользователей и рабочий режим, в котором происходит проверка подлинности и предоставление доступа.

Поле коммутации выполняет вспомогательную функцию. На нем размещается блок управления и сигнализации и производится разводка контактов *GND* и +5 В для множественного подключения.

Для соединения всех устройств между собой используются стандартные провода, входящие в набор микроконтроллера.

Принцип работы комплекса состоит из двух этапов.

Начальный этап. При первом включении отпечатки пальцев отсутствуют в базе данных сканера. Когда пользователь прикладывает палец к сканеру, происходит чтение отпечатка пальца. Второй пользователь производит ту же операцию. Когда пользователи зарегистрировали свои биометрические признаки, комплекс переходит ко второму этапу работы.

Второй этап. Один из пользователей прикладывает палец к сканеру, происходит сканирование и проверка степени совпадения предъявляемого отпечатка с тем, который записан в базу данных. При успешной проверке сканер посылает соответствующий сигнал на микроконтроллер. Процессор согласно записанному программному коду анализирует, какой сигнал отправить на модуль реле. При поступлении сигнала на модуль реле задействованные контакты переключаются в соответствующее положение. Таким образом, происходит подключение цепей питания НЖМД и кнопки включения/выключения компьютера и осуществляется доступ к хранящейся на нем информации.

Стоит отметить, что подключение носителей происходит только при выключенном компьютере, то есть когда на цепях питания НЖМД отсутствует напряжение. Для этого один из цифровых портов микроконтроллера настроен на контроль наличия напряжения +5 В. Этот порт необходимо подключить к проводнику, который идет от материнской платы компьютера до модуля реле. При наличии напряжения алгоритм переходит в состояния ошибки и выполнение переключений контактов реле, к которым подключены носители информации, не происходит. Коммутируется только провод кнопки питания системного блока.

Программно-аппаратный комплекс позволяет использовать средства вычислительной техники в многопользовательском режиме, когда каждый пользователь имеет доступ только к той информации, к которой он допущен.

1. Смит Р. Э. Аутентификация: от паролей до открытых ключей. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2002. – 432 с. : ил. – Парал. тит. англ.
2. Богомолов С.А. Биометрическая аутентификация пользователя. Биб-лиотечка студента. От простого к сложному. Персональный компьютер. – Москва, 2015 – 26 с.
3. Уроки и проекты для Arduino [Электронный ресурс] // iarduino [Сайт]. URL <https://lesson.iarduino.ru>.

Романюк О.В., Егоров И.Ю.

Исследование способов балансировки трафика в транспортной сети с коммутацией пакетов

*Академия ФСО России
(Россия, Орел)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-03

ids: sciencepublic-12-05-2020-03

Задача управления трафиком с целью обеспечения оптимального использования распределенных ресурсов в мультисервисных сетях связи является одной из значимых. От успешного решения данной задачи в исключительной степени зависит эффективность использования самого ценного ресурса сети – пропускной способности каналов связи. [1]

В настоящее время мировым научным сообществом и производителями сетевого оборудования разработано множество способов, позволяющих осуществлять управление трафиком и балансировку нагрузки в сетях связи. Данные способы основываются, в свою очередь, на различных подходах, каждому из которых присущи

свои достоинства и недостатки. С целью систематизации знаний в сфере балансировки трафика проведена системная классификация существующих подходов. Классификационные признаки рассмотренные в работе представлены на рисунке.

Рис. Классификация подходов балансировки нагрузки в сетях с коммутацией пакетов.

1. По временному принципу учета параметров системы различают статические, полудинамические и динамические. [1] При статическом подходе текущее состояние системы не учитывается, план распределения нагрузки жестко определен и известен заранее. Примерами статической балансировки трафика является статистическое мультиплексирование процесса передачи пакетизированной информации. Полудинамический подход предполагает, что алгоритм определяется на этапе подготовки сети к работе путем определения требуемых параметров, до начала работы сети. В данном случае предварительная оценка имеющегося ресурса сети увеличивает степень эффективности использования пропускной способности по сравнению со статическим подходом. Динамическим называется подход в котором в соответствии с изменениями в состоянии сети производится перераспределение трафика по различным узлам сети, т.е. происходит сбор, хранение и анализ информации о состоянии системы. Так же в динамически балансируемых сетях

возможно изменение системы путем заранее установленного периодического пересчета параметров в соответствии с актуальным на данный момент планом.

Динамическая балансировка является задачей, требующей большой вычислительной мощности устройства, отвечающего за балансировку трафика в сети, а так же приносит большой объем высокоприоритетного служебного трафика. [2] Хотя в большинстве случаев применение актуально и приносит значительный прирост производительности, иногда может привести к снижению производительности сети. Динамическими являются алгоритмы балансировки очередей (Weighted Fair Queuing, Weighted Round Robin Scheduling), алгоритмы балансировки трафика протоколов динамической маршрутизации (BGP, IS-IS, OSPF) и другие. [3]

2. По степени адаптивности к состоянию нагрузки в сети стратегии делятся на адаптивные и неадаптивные. [2] Адаптивные – обеспечивают выравнивание нагрузки и перераспределение ресурсов при изменении нагрузки и/или ресурсной конфигурации распределенной системы. Адаптивные – обеспечивают равномерность распределения трафика в сети при изменении пропускной способности, конфигурации или топологии системы. Например, при добавлении новых устройств в состав сети либо отключениях и отказах уже работающих, производится ремаршрутизация трафика, и, таким образом, происходит автоматическая адаптация. Иногда под адаптивной балансировкой нагрузки понимают динамическую балансировку, ориентированную на обратную связь с системой. Адаптивные алгоритмы используются в системах инжиниринга трафика (Traffic engineering – TE) [4] для предоставления необходимой пропускной способности и качества обслуживания согласно требований пользователя.

3. По принципу управления (характеру ответственности за распределение) алгоритмы балансировки можно поделить на централизованные и децентрализованные. [4] Здесь алгоритм определяет, какой узел, группа узлов или все узлы сети одновременно определяют способ распределения ресурсов. В централизованных алгоритмах управление осуществляет один элемент или группа элементов сети. Данный подход используется в локализованных сетевых структурах, из-за значительных трудностей в условиях территориально-распределенных сетей. Децентрализованные способы балансировки не нуждаются в сведениях о работе всех узлов сети, они определяют распределение нагрузки на основании топологических свойств или свойств каналов связи. Распределение ресурсов планируется каждым узлом отдельно с учетом взаимодействия с соседними узлами. Децентрализованные схемы используют все протоколы динамической маршрутизации (BGP, OSPF, IS-IS). [4] Данные протоколы способны реагировать на потерю связности и осуществлять балансировку трафика по маршрутам с наилучшими метриками. Централизованные алгоритмы используются чаще ввиду простоты конфигурирования и универсальности подхода, при этом не дают хорошую масштабируемость. Применяются в программно-конфигурируемых сетях (SDN), в которых уровень управления сетью отделен от устройств передачи данных.

4. По признаку универсальности способы балансировки трафика делят на специализированные и универсальные. [2] Специализированные ориентированы на определенный вид топологической структуры сети или используемого оборудования, разработаны с учетом уникальных свойств сетевой инфраструктуры. Так же они могут быть разработаны под определенный алгоритм, функционирующий в рассматриваемой системе. Примером использования специализированного алгоритма является Sticky session, использующийся в веб-серверах Nginx. Универсальные методы балансировки предназначены для работы в различных вариантах сетей, отличающихся по ряду ключевых признаков, ориентированы на обслуживание широкого класса алгоритмов и не зависят от области применения.

5. По упреждению предстоящих изменений стратегии делят на прогностические и без способности предсказывать будущее изменение состояний (в том числе нагрузки). [2] Очевидно, что методы балансировки трафика, обладающие актуальными механизмами краткосрочного и долгосрочного прогнозирования изменения потока и состояния сети, превосходят в эффективности обычные алгоритмы. Главной целью в синтезе прогностических алгоритмов является повышение точности предсказаний, поскольку именно от нее зависит эффективность использования канального ресурса за счет уменьшения и ликвидации влияния прогнозируемых непроизводительных потерь. При определении стратегии прогнозирования необходимо учитывать вычислительную сложность алгоритмов, большой объем служебного трафика у более точных методов и потенциальную низкую точность у более простых способов предсказания. Все эти факторы могут негативно сказаться на общей эффективности использования канального и вычислительного ресурса. [1]

6. По учету приоритетов алгоритмы балансировки делят на приоритетные и алгоритмы без учета приоритетов. [4] Без учета приоритета действуют простые алгоритмы, не учитывающие класс трафика, а так время его обслуживания. К таким алгоритмам относится FIFO (первый пришел – первый ушел), Round Robin (простой перебор источников по очереди) и др. С учетом приоритизации трафика, а так же необходимости обслуживания некоторых видов трафика без задержки используются алгоритмы Priority queuing – Deficit Weighted Round Robin, Class Based Weighted Fair Queuing +Low Latency Queuing, использующие отдельные очереди для трафика высшего приоритета и распределение ресурса согласно весовых коэффициентов трафика. [2]

7. По уровню взаимодействия открытых систем алгоритмы балансировки разделяются на канальном, сетевом, транспортном и прикладном уровнях. [1] Алгоритмы балансировки на канальном уровне объединяют несколько физических в один логический канал и при отказе одного из трактов, производят балансировку между остальными. Примером является технология Fast EtherChannel, используемая на коммутаторах компании Cisco серии Catalyst. [5] Может использоваться для соединения друг с другом коммутаторов локальных сетей, маршрутизаторов, серверов, клиентов через кабель из неэкранированной витой пары или одно- и многомодовых оптоволоконных кабелей. Так же примером протокол Bonding, использующий алгоритм Round-Robin и протокол LACP. [2] На сетевом уровне балансировка нагрузки осуществляется рассмотренными ранее протоколами динамической маршрутизации, определяющими путь прохождения трафика согласно установленным в этом протоколе метрикам. Балансировка на транспортном уровне является наиболее простой. По запросу клиента к балансировщику, трафик направляется к тому или иному устройству сети, которое и будет его обрабатывать. При этом выбор устройства может осуществляться по алгоритмам: Round Robin, Weighted Round Robin, Weighted Least Connections и др. [3] При работе на прикладном уровне балансировщик представляет собой умный прокси-сервер. Анализируя клиентские запросы, он перенаправляет их к разным устройствам сети.

8. По уровню минимальных неделимых единиц алгоритмы разделяются на балансировщиков на уровне каналов и на уровне пакетов. [4] Главное отличие состоит в том, что ремаршрутизация трафика на уровне каналов жестко закрепляет передачу данных по одному, определенному пути (MPLS TE) [4], в то время как ремаршрутизация пакетов может осуществляться по разным путям, а общим будет только финальный адресат следования данных (BGP, OSPF).

Так, рассматривая подходы к построению мультисервисных сетей связи создаваемых в интересах функционирования критически важных систем, построенных на основе арендованных пропускных способностей, одной из отличительных особенностей наблюдается резервирование систем и ресурсов. Примером могут

служить виртуальные частные сети, связывающие распределенные объекты, объединённые общим технологическим процессом (Газпром, Роснефть, Росатом и т.д.) предназначенные для передачи как трафика голосовой и видеосвязи, так и трафика управления технологическими процессами. Для таких сетей характерно резервирование пропускных способностей каналов связи в каждом информационном направлении по независимым системам передачи и в общем случае под управлением различных операторов связи. Резервирование осуществляется для обеспечения процесса устойчивого и непрерывного управления подчиненными органами и технологическими процессами. Кроме того, для критически важных систем характерно резервирование аппаратно реализованных элементов. При этом отмечается неравномерность распределения нагрузки канального ресурса, находящегося в резерве и не задействованного в данный момент для передачи трафика. Выходом из этой ситуации является применение алгоритмов балансировки, способствующих оптимальному распределению ресурсов сети.

1. Вегешна, Ш. Качество обслуживания в сетях IP / перевод. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 368 с. – Парал. тит. англ.
2. Таненбаум, Э.С. Компьютерные сети / Э.С. Таненбаум, Д.А. Уэзеролл. 5-е изд. – СПб, 2012. – 960 с.: ил.
3. Кучерявый, Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Internet / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и техника, 2004 – 336 с.: ил.
4. Гольдштейн, А. Б. Технология и протоколы MPLS / А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2005. – 304 с.: ил. ISBN 5-8206-0126-2.
5. Чак Роббинс, Балансировка загрузки канала EtherChannel и избыточность на коммутаторах Catalyst [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://www.cisco.com/c/support/doc/lanswitching/etherchannel/12023/html>.

РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Гриджин В.С., Чаплыгин Н.А., Трофимова М.В.

Технологии автоматизации процессов управления персоналом

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

(Россия, Ставрополь)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-04

idsp: sciencepublic-12-05-2020-04

С каждым годом все больше компаний начинают встраивать системы автоматизации не только в сферу производства или оказания услуг, но и в сферы внутреннего менеджмента.

Автоматизация управления персоналом – (HRIS – Human Resources Information System или HRMS – Human Resources Management System) – деятельность по разработке, внедрению и администрированию программного обеспечения для управления человеческими ресурсами, нацеленные на автоматизацию функций кадровых служб и информационное обеспечения деятельности организации.

При опросе IBM в 2015 году директоров по HR из 18 отраслей, половина опрошенных компаний отметили, что не пользуются аналитикой больших данных, 7 % заявили, что пользуются при найме сотрудников, 9 % пользуются для повышения вовлеченности сотрудников.

В 2019 году в сфере HR выделилось сразу несколько трендов, подразумевающих внедрение различных сетевых технологий для управления персоналом фирмы. Одно из основных – это внедрение BigData для анализа деятельности персонала, его эффективности и возможностей. Так же сюда входит анализ различных возможностей по улучшению работоспособности персонала.

Другим трендом современного HR является HRM-системы. HRM-система – тиражируемое или заказное прикладное программное обеспечение для автоматизации управления персоналом; зачастую автоматизация управления персоналом реализуется специализированными модулями какой-либо ERP-системы.

Основные функции, которые предоставляют HRM-системы: автоматизация рекрутинга, управления персоналом, расчета заработной платы, электронный документооборот и отчетность. В зависимости от задач и размера компании в большем предпочтении у HR такие системы, как Quinix WorkForce, SuccessFactors, WorkDay, Босс-Кадровик. Для рекрутеров – сервис Talantix от Headhunter.

Например, программа Quinix WorkForce предоставляет огромный список функций по управлению персоналом:

- ведение персональных записей сотрудников;
- ведение табелей учёта рабочего времени;
- проведение кадровых операций;
- создание управленческих отчётов по кадровому учёту;
- работа с заявками на вакансию;
- управление списком кандидатов;
- работа с мероприятиями по подбору персонала.

Существуют так же программы, фирмы-разработчики которых долгое время находятся на рынке услуг и успели зарекомендовать себя перед большим количеством клиентов. В список таких программ входят, например, 1С: «Зарплата и управление персоналом», предназначенная для комплексной автоматизации кадрового учёта и

расчёта заработной платы на небольших и средних предприятиях, в том числе имеющих сложную иерархическую структуру. Другим примером может служить программа «Фараон», которая позволяет автоматизировать управление персоналом: вести учет личных дел, кадровых операций (приемы, переводы, увольнения, командировки, больничные, отпуска, обучение, аттестации и т. д.), выводить приказы в соответствии с унифицированными формами, рассчитывать остатки отпусков, вести учет рабочего времени, выстраивать организационную структуру, организовывать делопроизводство и т. д.

Большое влияние на бизнес и поиск персонала оказали социальные сети. Использование социальных сетей – HR-тренд, который активно используют современные компании и агентства. Особенно это актуально при поиске кандидатов в сфере ИТ. По статистике европейских компаний, в 2011 году социальный рекрутинг использовали 56% работодателей, в 2018 – 84%.

В социальных сетях могут быть применены следующие механизмы и варианты подбора или поиска персонала: поиск группы по поиску работы или отраслевой группы, в которых можно размещать объявления о вакансии; размещение вакансий на своей личной странице; размещение вакансий в группе своей организации; поиск в социальных сетях потенциальных кандидатов и отправка им индивидуальных предложений.

Помимо поиска персонала или непосредственного управления им внутри компании, так же развиваются HRM-системы, позволяющие не только вести контроль за основными показателями, но и вести обучение нового персонала.

«На самом деле, работодатели будут новыми педагогами», – заявил Джейсон Тышко, вице-президент Центра образования и трудовых ресурсов при Торговой палате США. «Условия таковы, что обучение на протяжении всей жизни станет реальностью. Это станет возможным благодаря системам управления персоналом».

В 2020 году обучение будет рассматриваться как еще одна полезная способность. Сотрудники получают навыки в рамках своего рабочего места, с которыми они смогут более эффективно справляться с поставленными задачами в рамках своей области и теми задачами, которые будут встречаться при подъёме по карьерной лестнице. «Компании увидят, что именно так люди будут вести бизнес», – Джейсон Тышко.

При всех перечисленных достоинствах в системах автоматизации процессов управления персоналом есть несколько недостатков. Главным недостатком цифровизации менеджмента персонала является сокращение рабочих мест, так как отпадает необходимость в больших штабах специалистов, даже при учете возможности переквалификации персонала, часть сотрудников потеряет рабочие места. Другой проблемой, с которой могут столкнуться компании и различные специалисты, является недоработка программного или технического оборудования, что в свою очередь может привести к финансовым потерям предприятия при сбоях какого-либо модуля или к потере ценной информации, которая может быть распространена в открытом доступе.

При этом ввод систем автоматизации управления персоналом – это логичное решение, способное улучшить производственные процессы всего предприятия.

Согласно статистике, полученной в феврале 2019 года компанией Coleman Services среди менеджеров производственных и непроизводственных компаний, 62% респондентов ответили, что в их компаниях автоматизированы некоторые функции HR и планируется дальнейшее развитие, 17% – компании находятся на базовой стадии развития цифровых технологий в HR, 10% ответили, что компании прошли базовый этап цифровой трансформации, автоматизировав базовые функции, 6% ответили, что

автоматизированы некоторые функции HR, дальнейшее развитие не планируется и 4% прошли полную цифровую трансформацию.

Это все показывает, что компаний, которые не вошли в эпоху цифровизации, остается очень мало. Автоматизация процессов управления персоналом обладает огромным потенциалом, способным улучшить все основные производственные и экономические показатели предприятия.

1. 10 trends that will shape HR in 2020 // [Электронный ресурс] // Hrdive: URL – <https://www.hrdive.com/news/10-trends-that-will-shape-hr-in-2020/570325/>
2. Исследование компанией Coleman Services // [Электронный ресурс] // Coleman Services: URL – https://www.coleman.ru/getattachment/e6d4f0ae-927a-4e5b-ae28-dddc56135caa/HR-функции_2019.pdf
3. Т.А. Кузнецова, «Внедрение digital-технологий в сферу управления человеческими ресурсами» <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-digital-tehnologiy-v-sferu-upravleniya-chelovecheskimi-resursami/viewer>
4. Подробная HR-статистика за 2018 год // [Электронный ресурс] // Blog Potok: URL – <https://blog.potok.io/podrobnaya-hr-statistika-za-2018-god/>

Уметбаев М.Р.

Оптимизация бизнес-процессов на примере СПб ГКУ «УИТС»

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-05

idsp: sciencepublic-12-05-2020-05

Аннотация

(В статье рассмотрена реорганизация бизнес-процессов организации средствами BPMN анализа. Для решения проблем предложен новая модель бизнес-процессов.)

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, бизнес-процесс, BPMN, оптимизация бизнес-процесса, информационные технологии.

Key words: Business-process management, business-process, BPMN, business-process optimization, information technology.

В настоящее время происходят масштабные перемены в экономике в связи с переходом в цифровую эпоху. Для реорганизации существующего положения дел в организации необходимо использовать новые методы для описания выбранных процессов [2]. Одной из наиболее распространенных систем условных обозначений для моделирования бизнес-процессов является модель бизнес-процессов BPMN [1]. На базе языка BPMN разработано множество прикладных программных обеспечений, позволяющих осуществлять моделирование бизнес-процессов в данной нотации. Примером такого программного обеспечения служит Bizagi Modeler. Данный продукт является одним из наиболее подходящих средств для моделирования бизнес-процессов в ходе текущей работы.

На нижеприведенных моделях показан основной бизнес-процесс контроля выполнения контракта в сфере средств защиты информации в Санкт-Петербургском государственном казенном учреждении «Управление информационных технологий и связи» (СПб ГКУ «УИТС») – работа над контрактом со стадии инициализации работы сектора и до сдачи готового комплекта всех отчетных документов в оплату, при этом рассмотрен данный процесс поэтапно. На рисунке 1 представлен начальный этап в текущем его представлении (AsIs).

Рисунок 1.

Данный бизнес-процесс является первоначальным этапом процесса контроля выполнения контракта в сфере средств защиты информации. Приведенная диаграмма бизнес-процессов AsIs, где описано текущее состояние дел с бизнес-процессами и движение процессов учреждения, имеет определенные недостатки. Поэтому необходимо составить оптимизированную модель ToBe, где будут отражены изменения в структуре работ и потоков данных для СПб ГКУ «УИТС». В результате изучения деятельности организации путем анализа имеющейся документации, текущих прикладных процессов, можно составить обновленную схему. Данная схема приведена на рисунке 2.

Рисунок 2

В таком представлении нет необходимости дополнительно проводить проверку наличия работ по средствам защиты информации. Сведения о контракте поступают сразу с отчетными документами по средствам защиты информации. При этом для обеспечения контроля выполнения контракта в таблицу, где хранится необходимая информация о контракте, сведения заносятся на начальном этапе. Это такие сведения как наименование поставщика, дата заключения контракта, номер контракта, количество товаров или услуг, финансовые сведения, ключевые даты мероприятий по контракту. Такое преобразование позволяет иметь нужную информацию на более ранних этапах и в случае необходимости сверки данных можно будет сразу использовать данную таблицу.

Следующий этап регулирует бизнес-процессы, протекающие непосредственно от получения проектов отчетных документов в электронном виде, до проверки выполнения поставки товаров или услуг с получением уже подписанного комплекта отчетных документов. Данная процесс представлен в виде бизнес-модели на рисунке 3.

Рисунок 3

Данная модель AsIs, представляет собой наиболее обширный этап бизнес-процесса. Имея полученные контактные данные, поставщик начинает отправлять электронные версии проектов отчетных документов. На данном этапе проверяется соответствие полученных документов государственному контракту. В случае нахождения ошибок документы отправляются на исправление. После этого в зависимости от того прямой ли это контракт или для третьей стороны, оригиналы документов и сопутствующие сертификаты проверяются в соответствующем секторе СПб ГКУ «УИТС» либо на месте приемки у получателя по контракту. После проверки оригиналов на соответствие государственному контракту, подписываются документы принимающей стороной. Один экземпляр остается у представителя СПб ГКУ «УИТС» для дальнейшей передачи государственному заказчику – Комитету по информатизации и связи. На этом данный этап завершается.

Чтобы улучшить оперативность проведения данного бизнес-процесса, можно проанализировать текущую модель. Из данной модели можно сделать вывод что имеется большое количество отклонений и процесс переделывания отчетных документов составляет обширную долю длительности процесса. Таким образом можно представить модель ToBe, с предложенными изменениями. Данная модель представлена на рисунке 4.

Рисунок 4

Оптимизированная модель упрощает представленные бизнес-процессы. При проведении контракта для третьих сторон, оригиналы документов проверялись на месте поставки, и часто возникала необходимость вносить изменения в отчетные документы. Таким образом тратилось лишнее время на согласование графика новой поставки с получателем. В данной модели независимо от количества сторон контракта, производится первоначальная проверка соответствующим сектором СПб ГКУ «УИТС». Таким образом поставщик изначально направляет представителя с оригиналами отчетных документов и сертификатами непосредственно в учреждение. И уже в дальнейшем идет согласование поставки с получателем если этого требует условия контракта.

Последний завершающий этап выполняется непосредственно внутри учреждения. В данном бизнес-процессе участвуют сотрудники СПб ГКУ «УИТС». Имея на руках экземпляр комплекта отчетных документов, которые, согласно контракту, необходимо предоставить в Комитет по информатизации и связи, можно приступить к процессу приемки результатов контракта. Модель бизнес-процесса AsIs представлен на рисунке 5.

Рисунок 5

Завершающий этап включает в себя процесс формирования документов для передачи их Комитету по информатизации и связи. Это такие документы как акт приемочной комиссии, экспертное заключение и отчет о государственном заказе. В данных документах отражается работа по приемке и экспертизе поставленных товаров, работ или услуг. В конце этапа комплект документов передается в комитет на подписание и оплату, после чего таблица по государственному контракту дополняется недостающими сведениями.

По мере накопления опыта выполнения данного этапа стали выявляться изъяны в модели обозначенного бизнес-процесса. Поэтому текущая модель AsIs, нуждается в оптимизации для дальнейшего успешного функционирования процессов учреждения. Результаты оптимизации представлены на рисунке 6.

Рисунок 6.

В ходе выполнения последнего этапа представители СПб ГКУ «УИТС» столкнулись с ситуацией, когда при передачи отчетных документов, комитет не смог найти некоторые документы. Чтобы подтвердить процесс передачи документов комитету, был добавлен новый документ передачи ключей и лицензий. Данный акт обозначает список переданных документов, акт составляется в двух экземплярах подписывается и передается для обеих сторон.

В оптимизированной модели бизнес-процессов, учтена необходимость предоставить данный документ передачи ключей и лицензий комитету. В случае если в контракте указана передача лицензий Комитету по информатизации и связи, то в бизнес-процесс включается задача составления данного документа. Также после получения оригиналов отчетных документов, сотрудник СПб ГКУ «УИТС» уже имеет все необходимые сведения для занесения в таблицу. Поэтому бизнес-процесс заполнения промежуточных данных в таблицу контроля выполнения контракта был перенесен на начало этапа.

Таким образом оптимизация бизнес-процесс контроля выполнения контракта в сфере средств защиты информации в Санкт-Петербургском государственном казенном учреждении «Управление информационных технологий и связи» (СПб ГКУ «УИТС») приведет к улучшению качества процесса, полноте предоставленных документов и снижению трудозатрат. Результаты полученных работ можно использовать для дальнейшего решения задач в данной области.

1. Аминов Х.И. Глава 6. Нотация моделирования бизнес-процессов BPMN/ Моделирование бизнес-процессов - учебное пособие/ Санкт-Петербург. - 2016. - С. 49-63.
2. Милехина О.В. Инфокоммуникационные технологии организации в условиях знаниевой экономики / О.В. Милехина, Г.А. Клочков // Инновации в жизнь. – 2015. – №4 (15). – С. 62–76
3. Харченко С.А. Модель бизнес-процесса кредитования юридических лиц в нотации BPMN/ Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 3 (14). – С. 16.

РАЗДЕЛ III. МАТЕМАТИКА

Гасанов М.В.

Тестирование одного класса нелинейных дифференциальных уравнений в окрестности подвижной особой точки

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-06

idsp: sciencepublic-12-05-2020-06

Аннотация

Нелинейные дифференциальные уравнения мало изучены в отличие от линейных, при этом классическая теория к нелинейным уравнениям неприменима ввиду наличия подвижных особых точек. Это обстоятельство требует развития новых подходов к решению нелинейных дифференциальных уравнений. В одной из авторских работ дано развитие технологии модификации метода мажорант, эффективно применяемого для решения нелинейных дифференциальных уравнений с подвижными особыми точками. В данной работе приводится тестирование полученных ранее теоретических результатов на уравнении в общем случае не разрешимом в квадратурах. Приведены результаты численного эксперимента.

Введение

Нелинейные дифференциальные уравнения имеют достаточно широкое применение в различных областях науки и техники, например: в теории эволюционных процессов [1-3], теория устойчивости элементов строительных сооружений и анализ живучести (жизнестойкости) зданий [4-5], в задачах строительной механики [6-15] и других областях [16-17].

Данный класс уравнений имеет существенную особенность, наличие подвижной особой точки. Этот факт требует новых подходов в решении основных задач для нелинейных дифференциальных уравнений. В работе [17] была доказана теорема существования и единственности решения рассматриваемого класса уравнений, получено аналитически приближенное решение. В отличие от варианта численного эксперимента работы [17], где рассматривался случай $r(x) = 0$, в настоящей работе рассматривается случай $r(x) \neq 0$ и имеем уравнение не разрешимое в квадратурах.

Постановка задачи и результаты тестирования

В работе [17] рассматривается класс нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка с полиномиальной правой частью седьмой степени в окрестности подвижной особой точки, приведенный к нормальному виду (1):

$$y''' = y^7 + r(x), \quad (1)$$

Рассматривалась задача Коши для уравнения (1) с начальными условиями (2):

$$\begin{cases} y(x_0) = y_0, \\ y'(x_0) = y_1, \\ y''(x_0) = y_2. \end{cases} \quad (2)$$

Была доказана теорема существования и единственности в окрестности подвижной особой точки со структурой решения (3):

$$y_N(x) = (x^* - x)^{-\frac{1}{2}} \sum_{n=0}^N C_n (x^* - x)^{\frac{n}{2}}. \quad (3)$$

В ходе доказательства теоремы была получена рекуррентная формула для нахождения коэффициентов разложения в ряд:

$$1) -(n-1)(n-3)(n-5)C_n = 8 \left(C_n^{****} + A_{\frac{n-7}{2}} \right), \text{ при } n = 2k+1, k = 3, 4, \dots; \quad (4)$$

$$2) -(n-1)(n-3)(n-5)C_n = 8C_n^{****}, \text{ при } n = 2k, k = 0, 1, \dots \text{ и при } n = 1, 3, 5.$$

Для расчета коэффициентов использовался математический пакет Maple.

Решением второй задачи в работе [17] явилась априорная оценка для аналитического приближенного решения (3):

$$\Delta y_N(x) = |y(x) - y_N(x)| = \Delta, \quad (5)$$

где

$$\Delta \leq \frac{8M(M+1)^{2(N+1)}}{1 - (M+1)^6 |x^* - x|^{\frac{3}{2}}} |x^* - x|^{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{N(N-2)(N-4)} + \frac{|x^* - x|^{\frac{1}{2}}}{(N+1)(N-1)(N-3)} + \frac{|x^* - x|}{(N+2)N(N-2)} \right)$$

в случае $N+1 = 3k$,

$$\Delta \leq \frac{8M(M+1)^{2N}}{1 - (M+1)^6 |x^* - x|^{\frac{3}{2}}} |x^* - x|^{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{N(N-2)(N-4)} + \frac{|x^* - x|^{\frac{1}{2}}}{(N+1)(N-1)(N-3)} + \frac{|x^* - x|}{(N+2)N(N-2)} \right)$$

для варианта $N+1 = 3k+1$, и

$$\Delta \leq \frac{8M(M+1)^{2(N-1)}}{1 - (M+1)^6 |x^* - x|^{\frac{3}{2}}} |x^* - x|^{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{N(N-2)(N-4)} + \frac{|x^* - x|^{\frac{1}{2}}}{(N+1)(N-1)(N-3)} + \frac{|x^* - x|}{(N+2)N(N-2)} \right)$$

$$\rho_2 = \min \left\{ \rho_1, \frac{1}{(M+1)^4} \right\}, M = \sup_n \left\{ \frac{|r^{(n)}(x^*)|}{n!} \right\}, n = 0, 1, 2, \dots$$

для $N+1 = 3k+2$, где

ρ_1 — константа, такая, что $|x^* - x| < \rho_1$, $\rho_1 > 0$.

Численный эксперимент

Рассмотрим задачу Коши (1)—(2),

где $r(x) = x^2$, $y(0) = 1$, $y'(0) = 1$, $y''(0) = 1$, $x^* = 0.92879$.

В данном случае задача не разрешима в квадратурах. Результаты расчетов для задачи Коши (1)—(2) представлены в таблице 1,

Таблица 1

Числовые характеристики аналитически приближенного решения.

x_1	$y_8(x_1)$	Δ_1	Δ_2
0.92	11.8449	0.03	0.005

где $y_8(x_1)$ – аналитическое приближенное решение (3); Δ_1 – априорная оценка; Δ_2 – апостериорная оценка. Для $\Delta_2 = 0.005$ по теореме 2, работа [17], определяем $N = 15$. Слагаемые с 9 по 15 в общей сумме не превышают требуемой точности — $\varepsilon = 0.005$, следовательно, при $N = 8$ получаем значение $y_8(x_1)$ с точностью $\varepsilon = 0.005$.

Вывод

В данной работе протестированы теоретические результаты, полученные ранее, и рассмотрены варианты уравнения, когда $r(x) \neq 0$, имеем случай задачи Коши не разрешимой в квадратурах. Представлены результаты численного эксперимента, в котором мы имеем полный набор параметров, необходимых для оптимизации оценок.

1. Axford R. A. Differential equations invariant under two-parameter Lie groups with applications to nonlinear diffusion // Los Alamos Report. 1970. (LA – 4514, UC – 34)
2. Airault H. Rational Solutions of Painleve Equations // Studies in applied mathematics. 1979. V. 61. No 1. July. P. 31–53.
3. Ablowitz M. I. Exact linearization of a Painleve transcendent // Phys. Rev. Lett. 1977. V. 38, No 20. P. 1103–1106
4. Kovalchuk O. A. Simulation of the State of the Rod Elements of the Building Construction // Procedia Engineering. 2016. V. 153. №2. P. 304–309.
5. Ковальчук О. А. Устойчивость стержневых элементов строительных конструкций // Журнал ПГС. 2014. №11. С. 53– 54.
6. Ковальчук О. А. О расчете зданий с ядрами жесткости // Естественные и технические науки. 2015. №3 (81). С.238– 240
7. Орлов В. Н. Метод приближенного решения первого, второго дифференциальных уравнений Пенлеве и Абеля. М.: МПГУ, 2013. 174 с.
8. Орлов В. Н. Исследование приближенного решения дифференциального уравнения Абеля в окрестности подвижной особой точки // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2009. № 4 (35). С. 23–32.
9. Orlov V. N., Kovalchuk O.A. Research of one class of nonlinear differential equations of third order for mathematical modelling the complex structures (WoS)// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 365, 2018.
10. Orlov V. N., Kovalchuk O.A., Linnik E.P., Linnik I.I. Research into a Class of Third-Order Nonlinear Differential Equations in the Domain of Analyticity(Scopus)// Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Bauman, Estestv. Nauki [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2018, no. 4, pp. 24–35 (in Russ.)
11. Orlov V. N., Kovalchuk O.A. Mathematical modeling of complex structures and nonlinear differential equations with movable points (WoS)// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 456 (2018) 012122 IOP Publishing.
12. Orlov V. N., Kovalchuk O.A. Mathematical problems of reliability assurance the building constructions// E3S Web Conf. Volume 97, 03031, 2019. XXII International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment” (FORM-2019)
13. Orlov V. N., Kovalchuk O.A. An analytical solution with a given accuracy for a nonlinear mathematical model of a console-type construction (Scopus)// Modelling and Methods of Structural Analysis IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012127 IOP Publishing.
14. Chichurin A. On the theory of constructing a numerical-analytical solution of a cantilever beam bend nonlinear differential equation of the first order (Scopus)// Modelling and Methods of Structural Analysis IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012129 IOP Publishing.
15. Feng Yuqiang ,Existence and uniqueness results for a third-order implicit differential equation, Computers and Mathematics with Applications 56 (2008) 2507–2514
16. Орлов В. Н., Леонтьева Т.Ю. О расширении области для аналитического приближенного решения одного класса нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка в комплексной области // Вестник Самарского Гос. техн. университета. Сер. Физ.-мат. науки, 2020. Т 2doi:10.14498/vsgtu1727
17. Орлов В. Н., Гасанов М. В. Теорема существования решения одного класса нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка с полиномиальной правой частью седьмой степени в окрестности подвижной особой точки. //Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева Серия: Механика предельного состояния. 2020. № 1 (43). С. 89–95 10.37972/chgpu.2020.43.1.011

Кондукторов Д.Ю.

Вероятностный способ расчета долговечности строительных конструкций

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-07

ids: sciencepublic-12-05-2020-07

Один из основных критериев качества строительства – его долговечность. Она определяется многими факторами, но один из основных – погрешность при установке конструкций. В данной работе была показана зависимость долговечности колонны машинного отделения ЯГРЭС-1 от точности её установки, используя теорию вероятности.

Вероятность того, что колонна будет установлена в требуемой точке, определяется по формуле:

$$P = \frac{Q_{\text{проектная}}}{Q_{\text{техн}}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{проектная}}$ – диапазон предельно допустимого отклонения при установке колонны, регламентируемый проектной документацией $[-5; +5]$ мм;

$Q_{\text{техн}}$ – диапазон отклонения колонны при установке, полученный на практике $[-10,6; +10,6]$ мм.

Согласно формуле геометрической вероятности:

$$P = \frac{[-5; +5]}{[-10,6; +10,6]} = 0,45.$$

Видим, при монтаже колонн по проекту вероятность установки в заданных пределах менее половины. При этом вероятность того, что колонна не будет установлена в проектное положение в заданных пределах составит $1 - P = 0,55$.

Считая, что элементарное приращение продолжительности жизненного цикла колонны ΔT будет пропорционально абсолютному (полному) периоду жизненного цикла T , элементарному приращению показателя ΔP , характеризующего вероятность установки колонны точно в проектное положение и вероятность того, что колонна не окажется в требуемой точке – $(1-P)$, получим уравнение:

$$\Delta T = T \cdot (1 - P) \Delta P,$$

где ΔT – элементарное приращение продолжительности жизненного цикла колонны;

T – продолжительность жизненного цикла колонны;

$(1-P)$ – вероятность того, что колонна не окажется в требуемой точке;

ΔP – элементарное приращение вероятности установки колонны точно в проектное положение.

Переходя от приращений к дифференциалам, из последнего уравнения получим дифференциальное уравнение для определения продолжительности жизненного цикла колонны в зависимости от соблюдения допуска по точности при проведении монтажных работ:

$$dT = T \cdot (1 - P) dP.$$

Решение данного уравнения имеет следующий вид:

$$\ln T = P - 0,5P^2 + \ln C.$$

Для того чтобы оценить степень влияния использования устаревших технологий на дальнейший период эксплуатации колонн, примем следующие условия: $P=P_0$ при $T=T_0$, где P_0 – вероятность установки колонны точно в проектное положение, T_0 – продолжительность жизненного цикла колонны, установленной по определенной технологии. Поэтому постоянная C может быть найдена в следующем виде:

$$\ln C = \ln T_0 - P_0 + 0,5P_0^2.$$

Тогда

$$T = T_0 \exp[P - 0,5P^2 - P_0 + 0,5P_0^2].$$

Применим все выведенные формулы и определим прогнозное значение продолжительности жизненного цикла колонны Якутской ГРЭС-1, построенной в 1971 году. К 2017 году ЯГРЭС-1 была остановлена из-за износа, поэтому примем $T_0 = 45$ лет. Вероятность монтажа колонны точно в проектное положение была определена ранее – $P_0 = 0,45$.

$$T = 45 \exp[1 - 0,5 - 0,45 + 0,5 * 0,45 * 0,45] = 53 \text{ года.}$$

На основании полученных данных построим график зависимости продолжительности жизни колонны T от вероятности ее точной установки P :

Так, с учетом принятия новых технологических решений, позволяющих увеличить вероятность монтажа колонны точно в проектное положение с 0,45 до 1,0, продолжительность жизненного цикла колонны может быть увеличена с 45 лет до 53 лет.

Предложенный математический аппарат можно применить для расчета продолжительности жизненного цикла других конструкций в строительстве.

1. Краснощеков Ю.В. Вероятностные основы расчета строительных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2016.
2. Микава А.В. Реализация проектов электроэнергетики с применением контракта жизненного цикла / А.В Микава, А.Г Галкин, А.А Ковалев // Промышленная энергетика. – 2013. – №4. – С.5-8.
3. Микава А.В. Определение стоимости жизненного цикла сложных технических систем / А.В Микава, А.А. Ковалев, А.В. Окунев // Управление экономическими системами. – 2013. – №50. – С.15-19.
4. Ташевский А.Г. Математические модели продолжительности жизненного цикла технических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. №1 (190). – 2014. – 169-178 с.
5. Филипов В.В. Эксплуатационная надежность металлических конструкций и сооружений производственных зданий в экстремальных условиях севера. – 2012. – 212-217 с.

Фадеева О.В., Раков Д.В.

**Исследование зависимости фазовой траектории динамических систем от
вносимых возмущений на примере игры в хаос**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
(Россия, Самара)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-08

idsp: sciencepublic-12-05-2020-08

Исследования последних десятилетий в различных областях математики ясно свидетельствуют о том, что негладкие функции обеспечивают значительно лучшее представление многих природных явлений, чем те, которые дают объекты классической геометрии. Фрактальная геометрия связана с изучением таких нерегулярных множеств.

Основной объект фрактальной геометрии – фракталы – находят применение во все больших областях науки, и сфера их применения еще до конца не раскрыта. Выясняется, что фрактальное строение способны иметь не только статические фигуры, но и фазовые портреты некоторых динамических систем – аттракторы различных хаотических процессов.

В данной работе была рассмотрена возможность приложения теории фракталов к проблемам анализа поведения нелинейных динамических систем (детерминированного хаоса).

В рамках исследования в Microsoft Excel была написана программа, реализующая уже известную в математике «игру в хаос». Программа повторяет процесс подбрасывания игровой кости и соответственно выпавшему результату расставляет точки на плоскости. При стремлении числа итераций «игры в хаос» к бесконечности происходит формирование фигур, имеющих фрактальное (самоподобное) строение. Этот процесс давно изучен математиками и позволяет получить вполне широкий набор «классических» конструктивных фракталов.

По результатам ряда исследований выявлено, что внесение возмущений (изменение начальных условий) в уже изученный хаотический процесс позволяет получить новые фигуры, имеющие фрактальное строение. Так, путём внесения знака модуля в основное уравнение для множества Мандельброта был получен фрактал «Burning ship». По аналогии с этим возникает вопрос: как схожие возмущения отразятся на процессе «игры в хаос»?

Наличие компьютерной программы позволяет несколько изменить процесс получения фигур в сравнении с классическим.

В ходе эксперимента автором перед приращением координат для каждой итерации были внесены различные функции, изменяющие значение приращения. В ряде опытов вносилась дополнительная функция случайного числа, которая сверх прочего увеличивала степень хаотичности получаемой картины.

Примем координаты каждой i -ой точки следующими:

$$\begin{cases} x_i = x_{i-1} + f\left(\frac{x_a - x_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 1; 2 \\ x_i = x_{i-1} + f\left(\frac{x_b - x_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 3; 4 \\ x_i = x_{i-1} + f\left(\frac{x_c - x_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 5; 6 \end{cases} \begin{cases} y_i = y_{i-1} + f\left(\frac{y_a - y_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 1; 2 \\ y_i = y_{i-1} + f\left(\frac{y_b - y_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 3; 4 \\ y_i = y_{i-1} + f\left(\frac{y_c - y_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 5; 6 \end{cases}$$

где n – выпавшее значение «игровой кости» (задается функцией случайного числа), $A(x_a; y_a)$, $B(x_b; y_b)$, $C(x_c; y_c)$ – точки, образующие треугольник, внутри которого выстраивается фигура, i – количество точек (итераций).

Добавленная в формулах функция f и будет задавать вносимое возмущение. Серии экспериментов по построению фигур с различными типами возмущений показали, что они способны сохранять фрактальное строение, причем являются при этом зачастую некими «искаженными» образами изначального фрактала – решета Серпинского. Можно проследить зависимость видоизменения от типа вносимого возмущения; какие-то фигуры лишь теряют строгий фрактальный вид, но некоторые искажаются целиком, формируя новые узоры и гладкие, местами напоминающие природные мотивы, формы (рис.1).

Полученные результаты четко зависят и от степени хаотичности системы. Так, приближение итераций к аттрактору напрямую связано с тем, сколь большой диапазон функции случайного числа был внесен перед приращением координат. В качестве демонстрации такого свойства фазовых траекторий поставим функции случайного числа перед приращением координаты X :

$$x_i = x_{i-1} + A \cdot RND\left(\frac{x_a - x_{i-1}}{2}\right), \text{ при } n = 1; 2,$$

где A – максимальное целое положительное случайное число, RND – функция случайного числа.

Рис.1. Фазовые траектории при различных типах возмущений ($f = |x|; \cos(x); \sin(x); \operatorname{tg}(x)$)

Изменяя значение A можно проследить, как именно фазовая траектория стремится к хаосу вместе с ростом хаотичности итераций системы (рис.2). При значениях $A > 10$ фазовая траектория перестает быть ограниченной и хаотично располагается во всех четвертях координатной плоскости.

На основе полученных данных можно сделать заключение о перспективах изучения хаотических процессов с точки зрения управления хаосом и анализа возмущений в этих процессах по уже имеющимся картинкам: рассматривая временную реализацию случайного процесса как хаотический процесс и применяя к ней методы нелинейной динамики, получаем возможность реконструировать фазовое пространство и аттрактор нелинейных динамических систем.

Рис.2. Изменение фазовой траектории с ростом хаотичности итераций

При этом неустойчивость фазовой траектории, свидетельствующая о чувствительности системы к управлению, дает возможность с помощью серии малозаметных возмущений и их экспоненциальных накоплений в значительной мере корректировать траекторию в фазовой плоскости.

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002, 656 стр.
2. Морозов А. Д. Введение в теорию фракталов. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002, 160 стр.
3. Кроновер Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – Москва: Постмаркет, 2000, 352 стр.
4. Шрёдер М. – Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 528 стр.

РАЗДЕЛ IV. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Шкаруба М.В., Тихонов А.И., Ткаченко В.А., Киселев В.В., Молчанов К.В.
Новый подход к проведению лабораторных работ по дисциплине
«Электротехническое и конструкционное материаловедение» в условиях
карантина

ФГБОУ ВО ОмГТУ
(Россия, Омск)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-09

idsp: sciencepublic-12-05-2020-09

Аннотация

В статье рассмотрен новый подход к проведению лабораторных работ по дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» в условиях карантина.

Ключевые слова. Лабораторная работа, высоковольтный стенд, видеозапись.

Abstract

The article considers a new approach to conducting laboratory work on the discipline «Electrical and structural materials science» under quarantine conditions.

Keyword: Laboratory work, high-voltage stand, video recording.

Лабораторные работы по дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» обычно выполнялись в высоковольтной лаборатории кафедры, используемой также для дисциплины «Техника высоких напряжений», на стендах [1], которые постоянно совершенствовались и оборудовались новыми приборами. Основной целью таких работ ставилась задача научить студентов пользоваться современными приборами при изучении свойств электротехнических материалов, используемых в электрооборудовании.

Однако с увеличением числа групп высоковольтная лаборатория уже была не в состоянии обеспечить выполнение всех работ по вышеуказанным дисциплинам. Тогда было решено создать компьютерные версии работ по дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» с тем, чтобы перевести основную часть занятий в компьютерные классы. При этом в основе ставилась задача максимального приближения компьютерных версий к реальным стендам аналогичных работ.

Для создания студентам условий, близких к реальным, сами стенды и приборы им показывали во время первых занятий по технике безопасности в высоковольтной лаборатории, после чего выполнялась компьютерная работа по соответствующей заданной программе.

В связи с переводом занятий из-за карантина на дистанционное обучение было решено три лабораторных работы заменить, и проводить их по-новому.

Так как студенты во время карантина не могут посмотреть упомянутые высоковольтные стенды в лаборатории, то на первом этапе им целесообразно посмотреть видеозаписи выполняемого эксперимента, после чего работа выполняется на ЭВМ по заданной программе.

Для примера на рис.1 приведена фотография стенда и его изображение на ЭВМ (рис.2) для выполнения лабораторной работы «Исследование свойств ферромагнитных материалов».

Рис. 1. Внешний вид реальной экспериментальной установки к лабораторной работе «Исследование свойств ферромагнитных материалов»

Рис. 2. Изображение экспериментальной установки к лабораторной работе «Исследование свойств ферромагнитных материалов» на ЭВМ.

Покажем это на примере новой лабораторной работы «Определение электрической прочности воздуха в равномерном и неравномерном электрических полях». Важность данной темы обусловлена тем, что воздух, являющийся хорошим диэлектриком, очень широко используется в электроэнергетике в качестве изоляции многих высоковольтных конструкций и аппаратов: воздушных линий электропередач, трансформаторов, выключателей, открытых подстанций и т. д. В этой работе выбрано исследование изоляции трех важных и используемых в электроэнергетике стандартных воздушных промежутков: острие-плоскость; острие-острие; шар-шар.

Работа выполняется в следующей последовательности. Сначала просматривается видеозапись работы на стенде (рис.3), в которой отображается номер, название и вид экспериментальной установки лабораторной работы, а также целевые указания преподавателя, имеющего V группу по технике безопасности.

Рис.3. Фрагмент видеозаписи экспериментальной части установки

Для того, чтобы у студентов не было одинаковых результатов, каждому надлежит выполнить свой индивидуальный вариант [2] и на его основе составить отчет и выслать преподавателю по соответствующим электронным каналам.

По ходу выполнения лабораторной работы приводятся изображения стенда и алгоритм ее выполнения. Так, на рис. 4 приведено изображение стенда на экране ЭВМ для упомянутой работы по исследованию изоляции промежутков воздуха. Студенты исследуют все три промежутка с помощью программы и получают результирующие зависимости для своего варианта (рис. 5).

Рис. 4. Изображение на ЭВМ экспериментальной установки к лабораторной работе «Определение электрической прочности воздуха в равномерном и неравномерном электрических полях».

Рис. 5. Изображение результирующих зависимостей к лабораторной работе «Определение электрической прочности воздуха в равномерном и неравномерном электрических полях»

Другая аналогичная работа, называемая «Испытание защитных средств», также начинается с видеозаписи (рис. 6). Ее компьютерная программа полностью сформирована и получила государственную регистрацию [3].

Рис. 6. Фрагмент видеозаписи начального этапа лабораторно-практического занятия № 2

Ход ее выполнения аналогичен предыдущему. После видеозаписи студентом загружается программа выполнения (рис.7) и проводится испытание задан-ных защитных средств (перчаток, отвертки, пассатиж и указателей напряжения).

По аналогичному сценарию выполнения сформирована третья работа с видеозаписью «Исследование нелинейных сопротивлений ограничителей перенапряжений» (рис. 8).

Рис.7. Изображение экспериментальной установки к компьютерной лабораторной работе «Испытание защитных средств».

Рис.8. Изображение экспериментальной установки к лабораторной работе на ЭВМ «Исследование нелинейных сопротивлений ограничителей перенапряжений».

Следует отметить, что сформированные по рассмотренному сценарию лабораторные работы в дальнейшем полезны не только для студентов, находящихся в дистанционных условиях карантина, но и для студентов, пропустивших такие занятия по каким-либо причинам в обычных условиях. В этом случае студента можно приглашать в компьютерный класс, где он сначала посмотрит видеозапись эксперимента, а затем выполнит свой вариант работы с помощью программы как в аудиторных, так и в домашних условиях.

Важной составляющей здесь также является посильная помощь студентов в формировании данных работ в рамках УНИРС, что также приветствуется в учебно-образовательном процессе «студент-преподаватель» [2, 3, 4, 5, 6]. Так, в работе [4] констатируется, что «научно-исследовательская работа студентов – это один из важнейших компонентов при подготовке специалистов в высшей школе, являющийся составным элементом всего учебного процесса, который нужно строить так, чтобы обучающиеся не только получали сумму знаний в соответствии с учебной программой, но и вырабатывали стремление к самостоятельному поиску и совершенствованию полученных знаний». В связи с этим делается вывод о необходимости пересмотра моделей педагогического взаимодействия преподавателя и студента, так как в результате таких преобразований и создаются оптимальные условия для самореализации личности, как преподавателя, так и студента [4].

1. Шкаруба М.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010.- 112 с.
2. Исследование электрической прочности воздуха / В. А. Ткаченко, М. В. Шкаруба; Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019660054, РФ, ФГОУ ВО - ОмГТУ, опублик. 30.07.2019. – 1 с.
3. Испытание защитных средств / В.А. Ткаченко, М.В., Шкаруба: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019618593, РФ, ФГОУ ВО - ОмГТУ; опублик. 02.07.2019. – 1 с.
4. Фролов В. В. Совместная научно-исследовательская деятельность студента и преподавателя: опыт и перспективы взаимодействия. – Псков: изд. Псков, 2017. – 62 с.
5. Тихонов А. И. Информационно-измерительные приборы и устройства: учеб. пособие /А. И. Тихонов. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. - 92 с.
6. Шкаруба М. В. Опыт эффективного использования технического оборудования и научно-технического взаимодействия со студентами в учебном процессе ВУЗа / М. В. Шкаруба, А. И. Тихонов, В. А. Ткаченко, Е. А. Студеникина. // Роль военной науки в развитии оборонно-промышленного комплекса и подготовке кадров: материалы Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Омск: СО АВН, 2020 -138 с. – С. 67 – 73;

РАЗДЕЛ V. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ильенко А.А.

Определение зависимостей при упрочнении низкоуглеродистых валов комбинированным методом

Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет
(Россия, Иркутск)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-10

idsp: sciencepublic-12-05-2020-10

Научный руководитель
Зайдес С.А.

Закалка, как средство снижения износа, совершенствовалась путем применения высококонцентрированных источников поверхностного нагрева. В том числе: газопламенного, в электролите, ТВЧ, лазерным лучом и др. В 80-х гг. XX в. для поверхностной закалки начали использовать плазменную дугу. Однако интерес к ней в 90-х гг. стал снижаться, т. к. практическое применение осложнялось высокой чувствительностью качества закалки к настройке режима [1].

Как правило, поверхностный слой деталей машин наиболее подвержен высокому трению, перепадам температур, повышенным напряжениям. В нем, в первую очередь, формируются и развиваются дефекты. Так же, эта зона имеет непосредственный контакт с ответной деталью. Поэтому, от состояния поверхностного слоя зависит срок службы машин и механизмов [2-4].

В промышленности присутствует ряд способов [2-8] по увеличению прочности поверхностного слоя. Но весомое количество этих способов требуют термическую обработку с применением печи. Таков вариант несет за собой череду неудобств для крупногабаритных деталей. Ведь не все участки детали могут быть подвергнуты термообработке. На что влияют экономические и технологические аспекты. Так же, при использовании печей технология термообработки может достигать 10 часов.

Все чаще в термической обработке находит применение такой метод как плазменная закалка. Он способствует сокращению времени технологического процесса и, несомненно, мобилен при сравнении с печами.

Задача работы – исследовать закономерности и определить параметры плазменного упрочнения в сочетании с поверхностным пластическим деформированием. В гипотезе комбинированный метод может иметь ряд преимуществ для поверхностного слоя (шероховатость, глубина науглероживания).

Работа заключалась в нанесении графитовой пасты на поверхность упрочняемого вала, применения плазменного упрочнения и далее ППД.

В процессе были выведены некоторые зависимости силы тока на дуговом промежутке, состава углеродосодержащего вещества. А именно, сила тока 90-110А, процентное соотношение составляющих графитовой пасты: вода 30%, жидкое стекло 30%, графитовый порошок 30%, СОЖ 10%.

Соответственно, при повышении температуры поверхностного слоя металла диффузия углерода возрастает. Была поставлена задача по определению зависимости глубины проникновения углерода в металл от времени. График предоставляет понимание того, что при увеличении времени нагрева металла локально происходит оплавление. Исходя из соображений последующей обработки вала, а именно токарного точения, выбрано время действия дуги на мм длины упрочняемого участка 0,35-0,4 сек. Оплавление в таком случае составляет 170-200 мкм. При силе тока 90-110 А. На последующую обработку по литературным источникам рекомендуется закладывать 0,1 мм [7]. Следовательно, после точения остается упрочненного рабочего слоя около 0,1 мм. Увеличение времени работы плазменной дуги на участке длины, конечно, приведет к более высокой диффузии углерода в металл, но это вызовет возникновение обширной сварочной ванны. А это чревато стеканием металла, так как сила поверхностного натяжения не будет удерживать каплю в ванне из-за постоянного вращения вала.

Теперь стоит затронуть вопрос зависимости шероховатости от нагрузки на образец. Забегая вперед, можно сказать о том, что профильный радиус ролика влияет на величину приложенного на него усилия. То есть, профиль ролика может нивелировать нагрузку при сохранении показателей шероховатости.

В измерениях участвовал ролик с симметричным профильным радиусом 3 мм. Его твердость превышает показатели твердости упрочненного вала плазменной обработкой и составляет около 58 единиц. Тем самым можно исключать тот факт, что ролик не выполняет работу. Остается проводить измерения по подбору нагрузки на этот ролик. Что и было сделано. Остальные графики показывают комплексное применение упрочнения (Плазм.+ППД).

При изучении нескольких вариантов нагрузки и измерении шероховатости можно сделать вывод, что наиболее адекватное усилие составляет диапазон 140-160 кгс. На графике не изображена диаграмма шероховатости только при плазм. упрочнении. Показатели составляют 4-6 мкм. Следовательно, с применением ППД шероховатость стремится к 0,5 мкм.

С минимальными усилиями есть некая ясность. Ролику не хватает нагрузки для «разглаживания» поверхностного слоя. А как объясняется увеличение шероховатости при сопутствующем увеличении нагрузки? Пятно контакта у симметричного ролика имеет более правильную форму овала в сравнении с асимметричным. Это приводит к тому факту, что при увеличении нагрузки на поверхностном слое возникают наплывы металла. Тем самым изменяется шероховатость в худшую сторону.

Теперь встал вопрос о зависимости шероховатости поверхностного слоя от шага подачи при обкатывании. Ведь этот параметр напрямую влияет на качество

поверхностного слоя. Логично, чем выше скорость подачи при обкатке, тем больше ухудшается поверхность. Объясняется это тем, что при параллельном осевом движении ролика на упрочняемом валу возникают «волны или наплывы». Цементит (поверхностный слой вала) имеет высокий коэффициент текучести, но предел, все же имеется.

Соответственно, на графике наблюдаем так называемый «провал» в шероховатости. Самая оптимальная подача колеблется в пределах 0,1-0,2 мм.

Так же были измерены показатели микротвердости в зависимости от углубления в металл. Представлен график.

Как можно наблюдать, с применением комплексного упрочнения изменения в показателях микротвердости минимальны.

Стоит отметить влияние комплексного метода на изменение шероховатости поверхностного слоя. Графики, которые сейчас представлены в данной работе, показывают зависимости. По соотношению именно зависимостей можно наглядно определить минимальные и максимальные значения при всех возможных показателях.

В ходе работы возникла теория о влиянии профильного радиуса упрочняющего ролика на поверхностный слой, в частности, на шероховатость. Была спроектирована модель обкатки вала в ПО.

Ниже представлены пятна контакта, для сравнения, двух роликов. Пятно контакта от асимметричного ролика:

Это пятно контакта от симметричного ролика:

Все масштабы одинаковые. Соответственно, можно сделать вывод, что при меньших нагрузках на упрочняемую деталь асимметричный ролик будет совершать работу качественнее в плане шероховатости.

Заключение

В ИРНИТУ была разработана методика по плазменному упрочнению деталей машин типа валов. Она взята за основу для цементации поверхностного слоя с последующим пластическим деформированием. В работе выявлены зависимости глубины цементации от времени работы, шероховатости от нагрузки на образец, шероховатости от шага подачи, определено изменение микротвердости в зависимости от углубления в металл.

1. Коротков В.А. Поверхностная плазменная закалка/ В.А. Коротков, Нижний Тагил, НТИ (филиал) УрФУ, 2012-64с.
2. Зайдес С.А., Емельянов В.Н. Влияние поверхностного пластического деформирования на качество валов. Из-во ИрНИТУ, 2017-380с.
3. Елизаветин М.А. Повышение надежности машин.- М.: Машино-строение, 1973-431с.
4. Зайдес С.А., Горбунов А.В. Определение механических свойств поверхностного слоя маложестких валов, упрочненных поверхностным пластическим деформированием// Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015-№3. – с 15-19.
5. Лахтин Ю.М. Химико- термическая обработка металлов/ Ю.М. Лахтин Б.Н. Арзамасов. – М.: Металлургия, 1985 г., 256 с.
6. Верхотуров А.Д. Исследование процесса формирования поверхностного слоя титанового сплава при электроискровом легировании с учетом критерия теплового воздействия систем/ А.Д. Верхотуров, А.В. Козырь, Л.А. Коневцев// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. Технического университета. 2015 г., №1. с. 68-75
7. Балановский А.Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов/ А.Е. Балановский. Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2006.-180с.

8. Лашенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление/ Г.И. Лашенко. Киев, Экотехнология, 2003-64с.
9. Katsamas A.I., Haidemenopoulos G.N. Laser-beam carburizing of low-alloy steels // Surface and Coatings Technology.–2001. –Vol. 139. –Pp. 183-191.
10. Ву Ван Гюи, Балабанский А.Е. Исследование износостойкости поверхности стали после плазменной цементации с использованием углеродосодержащей пасты// Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017, 12 с.

Махнутин А.В., Сальников А.Ф.

Анализ изменения собственных частот ротора турбомшины под влиянием динамических нагрузок

*Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет
(Россия, Пермь)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-11

ids: sciencepublic-12-05-2020-11

Аннотация

Рассматривается задача динамических проявлений в системе ротор-статор нагнетателя центробежного через условия взаимодействия элементной базы турбомшины и динамических нагрузок, включающих в себя амплитудно-частотные характеристики, во время эксплуатации.

Ключевые слова: ротор, нагнетатель центробежный, собственные колебания, частоты, динамические нагрузки.

Динамический анализ любого механизма или агрегата в первую очередь направлен на выявление условий взаимодействия его элементной базы и динамических нагрузок. Данные нагрузки могут достигать существенных значений в определенный момент времени во время эксплуатации механизма. Особенно это может проявляться в энергетических агрегатах, в которых ротор является источником возникновения дополнительных динамических нагрузок.

Таким образом, анализ возможных динамических проявлений и взаимодействий в роторных системах является актуальной задачей исследований, которой уделяется внимание в инженерных расчетах при создании и отработке изделия, с целью снижения уровня динамического проявления нагрузок, возникающих в процессе его эксплуатации, следовательно, повышения работоспособности его элементной базы. В данной работе рассматриваются условия возможного взаимодействия динамических процессов в нагнетателе центробежном (НЦ) газоперекачивающего агрегата через условия частотного взаимодействия элементной базы и динамических нагрузок, возникающих в процессе его эксплуатации.

Ротор в турбомашине – это реальная механическая система и как всякая механическая система в той или иной степени нелинейна. В случае с НЦ влияние нелинейности можно применить к ротации масс элементной базы турбомшины, а, следовательно, к появлению дополнительных динамических нагрузок.

В рамках данной задачи разработаны математическая модель и автоматизированный вычислительный алгоритм исследования динамического поведения элементной базы центробежного нагнетателя при его работе с учетом волновых взаимодействий его конструктивных элементов и узлов в процессе изменения физико-механических свойств во времени. На основе анализа реальных конструкций элементной базы НЦ математического моделирования динамического поведения ротора в процессе его функционирования с учетом взаимовлияния элементов статора.

Алгоритм базируется на использовании модели точечных масс, в которой решается задача по определению характеристик на основе крутильных и продольных колебаний. В данном случае распределение массы определяется из инерционных составляющих и позиционных сил.

$$\begin{Bmatrix} a_{11} \dots a_{1n} \\ a_{n1} \dots a_{nn} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} m_1 \\ m_n \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} v_{11} \dots v_{1n} \\ v_{n1} \dots v_{nn} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L_1 \\ L_n \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} X_{11} \dots X_{1n} \\ X_{n1} \dots X_{nn} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_n \end{Bmatrix},$$

где a – ускорение, m – масса, v – скорость, L – вязкость, X – перемещение, C – жесткость, q – сила.

Турбоагрегат – это неавтономная система, с вынужденным колебательным процессом. Для данной системы дифференциальное уравнение вынужденных колебаний имеет вид $aq + F(q, q') = P(t)$, где $P(t)$ – вынуждающая сила.

Модальная (свободная) частота продольных колебаний ротора по любому направлению как упругой системы запишется:

$$\omega = \left(\frac{c}{a} \right)^{1/2} = \frac{1}{(af)^{1/2}},$$

где $f = c^{-1}$ – единичная податливость, соответствующая квазиупругому коэффициенту c ; a – размер элемента в направлении распространения упругой волны.

Характерной практической задачей для таких систем является построение амплитудно-частотных характеристик; определение резонансных амплитуд и условий срыва амплитуд, выявление супер- и субгармонических колебаний.

Проблемы устойчивости и чувствительности механических систем возникают в связи с неизбежными отклонениями начальных условий, параметров внешнего возбуждения и параметров самой системы от их значений в покое.

Ротор турбомашин является особо ответственным и значимым элементом конструкции. Колебания в системе происходят в ортогональных плоскостях, одни колебания изгибные, другие – продольные, что подразумевает под собой условие частотного взаимодействия по плоскостям. Ротор в целом – это совокупность парциальных частот. Результатом данных колебаний и частот служит фигура Лиссажу, траектория которой вычисляется по формулам:

$$x(t) = A \sin(at + \delta), \quad y(t) = B \sin(bt), \quad \frac{x^2}{a^2} - \frac{2xy}{ab} \cos \alpha + \frac{y^2}{b^2} = \sin^2 \alpha, \quad \alpha = \omega t + \alpha_0,$$

где δ – сдвиг фаз, A, B – амплитуды колебаний, a, b – частоты.

Любая частота определяется как $n = \sqrt{\frac{V_{36}}{2l}}$, $V_{36} = \sqrt{cm}$, $C = Sm$, где V – скорость продольных колебаний, c – жесткость продольная, m – масса, m – модуль.

При решении задач механики применяется метод конечных элементов, при решении задач газодинамики – метод конечных объемов.

В отличие от акустики, частоты в газодинамике носят случайный характер, что может нивелироваться принципами подстройки, но к нагнетателю данный метод применять не целесообразно, по причине существенных материальных и трудовых затрат. Для этого необходимо оценить поведение газодинамических процессов в проточной части компрессора, чтобы влиять на характер взаимодействия с модальными частотами.

На сегодня упор в частотных исследованиях направлен на выявление условий динамического взаимодействия газового потока и обратных гармоник, которые связаны с акустическими или газодинамическими частотами обтекания (ротор-статор

взаимодействие), однако практически не выделяются области взаимодействия модальных (собственных) частот элементной базы как с оборотными гармониками так и с газодинамическими частотами, что в конечном итоге значительно некорректно формирует динамическое поведение исследований по частотным взаимодействиям собственных (модальных) характеристик элементной базы и парциальных частот конструкции с оборотными и газодинамическими гармониками методом объемного моделирования.

При определении парциальных частот применяется метод вычета. Период в данном методе выбирается исходя из собственной частоты парциальных колебаний вала, колес, дисков.

$$M = \frac{n}{2l^*} \times \sqrt{\frac{k}{m}},$$

Общая характеристика метода вычета выглядит как $M = \frac{n}{2l^*} \times \sqrt{\frac{k}{m}}$, где n – мода колебаний, l – длина, m – массовая характеристика, k – жёсткость.

На любое газодинамическое воздействие есть отклик ротора, у которого имеются свои частоты, где при совпадении фаз амплитуда растет и наоборот. Элементная база ротора обладает разными массовыми критериями, что приводит к разным амплитудным характеристикам по длине вала. Алгоритм вибрационной диагностики для определения амплитудно-частотных характеристик включает в себя условие податливости объекта связанной с его механическими колебаниями. Деформационную характеристику объекта характеризует виброперемещение $A = a \sin \omega t$. Величину колебательного контура, колебательных сил характеризует виброускорение $a' = -a\omega^2 \sin \omega t$.

Используя соответствующие способы обработки сигналов, такие как фильтрация, спектр, кепстрирование и стробирование, результаты измерений вибраций и принимая во внимание математическую модель по определению собственных частот можно провести анализ частотного изменения изгибных и крутильных колебаний ротора, тем самым построить структуру функциональной связи с внешними динамическими нагрузками, возникающими в процессе функционирования НЦ, получить параметры колебаний газодинамических нагрузок на элементы конструкции и связь конструкции элементов проточной части нагнетателя с амплитудно-частотными характеристиками.

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. : Колебания линейных систем / под ред. В. В. Болотина. — М. : Машиностроение, 1978—Т. 1. 352 с,
2. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. : Колебания нелинейных механических систем / под ред. И. И. Блехмана. —М.: Машиностроение, 1979 —Т. 2. 351 с.
3. Сальников, А. Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов: учеб. пособие. – Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Пермь, 2011. – 247 с.

РАЗДЕЛ VI. ХИМИЯ

Леденёв А.С., Зотов Ю.Л., Леденёв С.М.

Варианты улучшения качества хлорированного парафина марки ХП-470

Волгоградский Государственный Технический Университет

(Россия, Волгоград)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-12

idsp: sciencepublic-12-05-2020-12

В настоящее время производство хлорпарафинов являются одними из серьезных хлорпотребляющих производств химической отрасли промышленности. Хлорированные парафины используются в качестве вторичных пластификаторов в состав различных ПВХ-композиций, используемых для изготовления пластикатов для мягких изделий (кабельный, обувной, напольные покрытия и др.) и полужестких и жестких изделий (погонажные изделия, упаковка, трубы, фитинги). Хлорпарафины легко могут быть введены в состав и хорошо смешиваются с основными пластификаторами на основе фталевой кислоты (ДБФ и ДОФ). Одной из приоритетных задач улучшения производства получения хлорированных парафинов является повышение качества выпускаемой продукции, что позволяет приобрести конкурентоспособные преимущества для современного рынка.

Настоящая работа посвящена анализу действующего производства хлорпарафина марки ХП-470 мощностью 10 тыс. тонн в год. Основными качественными характеристиками готовой продукции являются цветность по йодной шкале (не более 4 мг $J_2/100$ см³) и термостабильность по выделению хлористого водорода (не более 0,2%). Хлорированный парафин данной марки применяется в качестве вторичного пластификатора для светлых полимерных композиций. Процесс получения хлорпарафина марки ХП-470 заключается в жидкофазном термическом (100°C - 120°C) хлорированием при атмосферном давлении н-парафинов фракции С14-С17 испаренным хлором.

Проведенный структурно-функциональный анализ процесса получения ХП-470 показал, что качество получаемого продукта зависит от:

- состава сырья (допускается не более 5% содержания ароматических примесей в н-парафинах фракций С14-С17);
- соблюдения температурного режима (температурный режим не должен превышать 130°C);
- использование качественного стабилизатора.

В литературе описана адсорбционная очистка жидкого сырьевого парафина через цеолит натрия марки NaX, который способен поглощать ароматические примеси[1]. В результате содержание ароматических примесей в парафине снижается с 0,83% до 0,01%, что значительно повышает качество продукции, улучшая цветность хлорпарафина.

Использование инициатора в процессе получения жидких хлорпарафинов позволяет снизить температуру, тем самым предотвратить реакцию дегидрохлорирования, продукты которой снижают качество выпускаемой продукции.[2]

Хлорпарафины обладают низкой собственной термостабильностью, и в процессе хранения и эксплуатации склонны к термическому разложению с выделением хлористого водорода, который приводит к автоускорению реакции разложения хлорпарафинов. В целях уменьшения процесса терморазложения хлорпарафинов используются термостабилизаторы, которые связывают выделяющийся хлористый

водород, например, стабилизаторы на основе эпоксидно-диановых смол. Эпоксидно-диановые смолы связывают свободные молекулы хлористого водорода, присутствующие в хлорпарафине, тем самым препятствуя их участию в автоускорении процесса терморазложения хлорпарафинов. Использование стабилизаторов в производстве хлорированных парафинов значительно повышает качество продукции. [3]

В качестве стабилизаторов были рассмотрены следующие вещества:

- стеарат кальция
- тринонилфенилфосфит (ТНФФ)
- эпоксидная смола марки ЭД-20

№	Стабилизатор	Содержание стабилизатора, мас.ч./100 хлорпарафина	Термостабильность в пересчете на отщепленный HCl, % мас.*
1	Без добавок	-	0,2
2	Стеарат кальция	3,0	0,18
3	ТНФФ	3,0	0,16
4	ЭД-20	3,0	0,12

Таким образом, на основании проведенного анализа действующего производства и патентно-информационного поиска, были предложены варианты улучшения качества продукции путем использования стабилизации хлорпарафина.

1. "Способ очистки парафинового сырья от ароматических углеводородов». Пат. SU1298202A1.RU, Березутский В.М. Ларионов О.Г. Хаджиев С.Н.
2. «Способ хлорирования парафина». Пат. RU2158724C2, Вертузаев Е.Д. Юрьев В.М. Филимонов В.А.
3. Зотов Ю.Л., Бутакова Н.А., Попов Ю.В. Окисление промышленных хлорпарафинов кислородом воздуха / Волгоград. гос. техн. ун-т, Волгоград, 2014. – 147 с.

РАЗДЕЛ VII. АРХИТЕКТУРА

Алексеев С.И.

К вопросу определения предельного крена внецентренно нагруженного фундамента

*Петербургский государственный университет путей сообщения императора
Александра I
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-13

idsp: sciencepublic-12-05-2020-13

Аннотация

Предложенная методика определения предельного крена внецентренно нагруженных отдельно стоящих фундаментов может быть применена как для сооружений ПГС, так и при проектировании опор железнодорожных эстакад различного назначения. Такие фундаменты предварительно рассчитываются как центрально нагруженные с учётом возможной нелинейной работы основания [1], а затем осуществляется проверка их крена. Проектирование внецентренно нагруженных фундаментов, при использовании предлагаемой методики расчёта, предполагает выполнение дополнительной расчётной деформационной проверки фундамента по II предельному состоянию – сравнение фактического крена с предельной величиной крена.

Ключевые слова: фундамент, внецентренная нагрузка, краевые напряжения под подошвой фундамента, крен.

Для внецентренно нагруженного фундамента учёт действия изгибающего момента может быть осуществлён посредством определения крена фундамента. В этом случае, вначале проводится расчёт как для центрально нагруженного фундамента, а затем осуществляется проверка крена (i) из условия:

$$i = k_c \frac{1-\nu^2}{E'_0} \cdot \frac{M_{II}}{(b/2)^3} \leq i_u, \quad (1)$$

где b – ширина подошвы фундамента, в направлении которой действует момент; M_{II} – нормативный момент относительно центра тяжести подошвы фундамента; K_c – коэффициент, принимаемый в зависимости соотношения сторон прямоугольного фундамента $\eta = l/b$ по таблице 1.

Таблица 1.

Форма фундамента и направление действия момента	Коэффициент K_c при $\eta = l/b$, равно:						
	1	1,2	1,5	2	3	5	10
Прямоугольная, с моментом вдоль большей стороны	0,50	0,57	0,68	0,82	1,17	1,42	2,00
Прямоугольная, с моментом вдоль меньшей стороны	0,50	0,43	0,36	0,28	0,20	0,12	0,07

ν – средневзвешенные значения коэффициента Пуассона грунта основания [2]; E'_0 – модуль общей деформации грунта основания, работающего, в том числе, в стадии нелинейного деформирования, определяемый по рекомендациям [2].

Предельная величина крена фундамента (i_u), зависит от конструктивной схемы сооружения (СП 22.13330.2016) [3] и грунтовых условий. Для производственных и гражданских сооружений (ПГС) предельная величина крена фундамента может быть определена, в зависимости от двух факторов:

а) Предельного состояния материала конструкций в узлах сопряжения обреза фундамента и колонны (стены). В этом случае величина i_u будет определяться индивидуально (аналитически) в зависимости от размеров и материала конструкции [4].

Учитывая условия чистого прямого изгиба (кирпичной кладки или ж/б колонны) в данном узле сопряжения, получим предельно допустимое значение крена по условию прочности опираемых конструкций. В таком случае формула (1), относительно предельного крена, с учётом допустимого наибольшего напряжения $\sigma_{\max}$ материала конструкции, примет следующий вид:

$$i_u = \frac{1-\nu^2}{E'_0} \cdot K_c \frac{\sigma_{\max} \cdot W_x}{(b/2)^3}, \quad (2)$$

где W_x – момент сопротивления сечения стены или колонны, м^3 .

б) Предельный крен фундамента также должен быть определён исходя из максимально допустимого момента, воспринимаемого грунтом основания. Для его определения вводится расчётное условие, заключающееся в недопущении возникновения отрыва подошвы фундамента от основания (за исключением фундаментов без крановых зданий с подвесным транспортным оборудованием [3]).

Тогда, из известного уравнения, определяющего минимальное допустимое давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента:

$$P_{\min} = \frac{N_1}{A} - \frac{M_1}{W} \geq 0, \text{ принимая } P_{\min} = 0, \text{ получим:}$$

$$\frac{N_1}{A} = \frac{M_{\min}}{W} \text{ или } M_{\min} = \frac{N_1 \cdot W}{A} = \frac{N_1 \cdot b^2}{6 \cdot b} = \frac{N_1 \cdot b}{6}$$

Подставляя данное значение $M_{\min}$ в формулу крена (1), получим:

$$i_u = k_c \frac{1-\nu^2}{E'_0} b \cdot \frac{M_{\min}}{(b/2)^3} = K_c \frac{1-\nu^2}{E'_0} \cdot \frac{b \cdot 8 \cdot N_1}{6 \cdot b^3} = K_c \frac{1-\nu^2}{E'_0} \cdot \frac{4 \cdot N_1}{3 \cdot b^2}, \quad (3)$$

Расчёт предельного крена по формуле (3) следует в основном использовать при расчёте опор сооружений ВСМ или железнодорожных эстакад различного назначения, практически не имеющих уширение подошв фундаментов.

Для фундаментов сооружений ПГС с развитой шириной подошвы, следует иметь в виду, что если минимальное давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента $P_{\min} < 0$, в этом случае необходимо определить величину $b_1 < b$, то есть ту ширину подошвы условного фундамента, которая будет передавать на основание только сжимающие давления (рис. 1).

Рис. 1. Расчётная схема внецентренно нагруженного фундамента с эпюрами контактных давлений под подошвой при $P_{\min} < 0$. 1-треугольная эпюра отрицательных контактных давлений от действия изгибающего момента; 2-прямоугольная эпюра контактных давлений от веса N_y условной пригрузки (грунт обратной засыпки + часть ступеней фундамента общей условной шириной b_2)

Из геометрических расчётных построений эпюры контактных давлений под подошвой фундамента (рис. 1), можно записать:

$$\frac{P_{max}}{b_1} = \frac{P_{min}}{b - b_1},$$

преобразуя, данное уравнение относительно b_1 , получим:

$$b_1 = \frac{P_{max} \cdot b}{P_{max} + P_{min}}, \quad (4)$$

где, $P_{min} = \frac{N}{b \cdot \ell} \pm \frac{M}{W}$ - краевые контактные давления под подошвой внецентренно нагруженного фундамента; ℓ - ширина подошвы фундамента; N , M - соответственно вертикальная нагрузка и изгибающий момент относительно центра тяжести подошвы фундамента; W - момент сопротивления подошвы фундамента.

Таким образом, если от действия изгибающего момента минимальное давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента $P_{min} < 0$, мы получим треугольную эпюру отрицательных контактных давлений условной шириной b_2 (рис. 1). Противодействовать данному воздействию будет среднее давление (P_{cp}) от (N_y) условной пригрузки (вес $N_{гр(y)}$ грунта обратной засыпки + вес $N_{ф(y)}$ части ступеней фундамента также общей условной шириной b_2).

Тогда можно записать:

$$N_y = N_{гр(y)} + N_{ф(y)} = b_2 \cdot \ell \cdot d \cdot \gamma_{cp}$$

$$P_{cp} = \frac{b_2 \cdot \ell \cdot d \cdot \gamma_{cp}}{b_2 \cdot \ell} = d \cdot \gamma_{cp},$$

где γ_{cp} - средневзвешенное значение удельного веса для пригрузки (N_y), может предварительно задаваться постоянным значением (20 кН/м^3) или определяться более точно при условии использования заданных конструктивных размеров ступеней фундамента.

Для условий рассматриваемой задачи, возникновение возможности частичного (шириной подошвы b_1), опирания фундамента на основание, произойдёт только в том случае, если будет нарушено условие равновесия между эпюрами 1 и 2 (рис. 1):

$$\frac{1}{2} \cdot P_{min} \cdot b_2 \leq d \cdot \gamma_{cp}$$

Преобразуем данное выражение:

$$\frac{1}{2} \cdot P_{min} \cdot (b - b_1) \leq d \cdot \gamma_{cp}$$

Подставим значение b_1 из формулы (4):

$$\frac{1}{2} \cdot P_{min} \cdot \left(b - \frac{P_{max} \cdot b}{P_{max} + P_{min}} \right) \leq d \cdot \gamma_{cp}$$

После алгебраических преобразований, получим:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{P_{min}^2 \cdot b}{P_{max} + P_{min}} \leq d \cdot \gamma_{cp} \quad (5)$$

Полученное уравнение равновесия (5) соответствует такому условию, при котором эпюра контактных давлений под подошвой внецентренно нагруженного

фундамента будет иметь только положительное значение. Такие условия будут соответствовать минимально допустимому изгибающему моменту или предельно допустимому крену фундамента (за исключением фундаментов без крановых промышленных зданий с подвесным транспортным оборудованием [3]).

Таким образом, проектирование внецентренно нагруженного фундамента, при использовании предлагаемой методики расчёта, предполагает выполнение расчётной деформационной проверки фундамента по II предельному состоянию – сравнение фактического крена (1) с предельной величиной крена (2, 3), а также дополнительной проверки условия (5) по фактическому ограничению действующего изгибающего момента.

Выводы

1. Для внецентренно нагруженного фундамента учёт действия изгибающего момента может быть осуществлён посредством определения крена фундамента, что является дополнительной проверкой расчёта основания по II предельному состоянию. В этом случае, вначале проводится расчёт как для центрально нагруженного фундамента, а затем осуществляется проверка крена (i) из условия (1).

2. При расчёте опор сооружений ВСМ или железнодорожных эстакад различного назначения, практически не имеющих уширение подошв фундаментов, величину предельного крена следует определять по условию (3).

3. Для производственных и гражданских сооружений (ПГС) с развитой шириной подошвы, предельная величина крена фундамента может быть определена расчётными значениями по решениям (2, 3), а также дополнительной проверки условия (5) по фактическому ограничению действующего изгибающего момента.

1. Механика грунтов, основания и фундаменты. Избранные главы. Монография. Издательство Ассоциация строительных вузов (АСВ). Москва, 2019 г., с. 180.
2. Алексеев С.И. Особенности расчёта внецентренно нагруженных отдельно стоящих фундаментов с учётом нелинейной работы основания. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО ПГУПС) «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I» СПб., 2020 г. Научный семинар, посвящённый 110-летию со дня рождения Савинова Олега Александровича.
3. Свод правил. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054206>
4. Алексеев С. И., Кондратьев С. О. Определение предельной величины крена фундамента в результате его взаимодействия с надфундаментной конструкцией // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. Иркутский технический университет. – 2017. – Т. 7. – №1. – С. 53–58.

РАЗДЕЛ VIII. КОСМОС И АВИАЦИЯ

Турчанников Г.И., Левченко М.М.

Интеграция мультидисциплинарных исследований в обеспечение безопасности гражданских самолетов по условиям прочности, аэроупругости, ресурса на всех этапах жизненного цикла

*ФГУП «Центральный Аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского»
(Россия, Жуковский)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-14

ids: sciencepublic-12-05-2020-14

Разрабатываемая мультидисциплинарная система «ПАРУС-ИНТ» позволит выполнить комплексирование широкого круга задач аэроупругости, статической и динамической прочности, решить проблемы, связанные с определением повторной нагруженности, повреждаемости, долговечности конструкции планера самолета в эксплуатации.

Системный подход гарантирует проведение исследований на этапах проектирования, сертификации и сопровождения эксплуатации самолетов в соответствии с требованиями Авиационных Правил.

Использование общих математических моделей обеспечит применимость методов расчета к самолетам различных аэродинамических и конструктивных схем, с крылом большого и малого удлинения.

В системе «ПАРУС-ИНТ» проблемы прочности и установления ресурсных характеристик при проектировании и обосновании ресурса перспективных самолетов решаются с использованием новейших методов определения усталостной повреждаемости и скорости роста трещин.

Достоинством системы «ПАРУС-ИНТ» является выполнение нескольких итераций расчетов при проектировании. Таким образом, реализуется замкнутое проектирование по условиям статической и динамической прочности, ресурса, аэроупругости, которое, совместно с автоматизацией расчетов на единой конечно-элементной схеме конструкции самолета, даст возможность существенно сократить сроки проведения расчетов и получить наиболее полные и точные результаты. Авторы не располагают сведениями о работах, посвященных решению данной проблемы в столь общей постановке.

РАЗДЕЛ IX. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Дрофичева Н.В.

Конструирование плодово-ягодных композитов с высоким содержанием полифенольных веществ

ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства виноделия
(Россия, Краснодар)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-15

idsp: sciencepublic-12-05-2020-15

Аннотация

Конструирование плодово-ягодных композитов начинается с подбора оптимальных сырьевых источников. Экспериментальным путем получены результаты исследований, позволяющие использовать плоды и ягоды произрастающие на территории Краснодарского края в пищевых технологиях с учётом сортовых особенностей для производства композита с высоким содержанием полифенольных веществ. Выделены сорта плодов яблони и ягод винограда с высокой биологической ценностью, представляющие интерес для дальнейшей переработки. Варьирование содержания катехинов в плодах яблони находится в пределах от 75,2 мг/100г (Айдаред) до 256,0 мг/100г (Самородок), а антоцианов от 65,5 мг/100г (Прикубанское) до 72,2 мг/100г (Самородок). Химический состав ягод винограда сорта Каберне характеризуются высоким содержанием полифенолов (492,8 мг/100г), ресвератрола (0,6 мг/100г) и аминокислот (111.1 мг/100г). На основании полученных данных проведено конструирование сбалансированного плодово-ягодного композита с использованием балансовых уравнений, которые позволяют описывать изменения химического состава разрабатываемого продукта, в зависимости от соотношения и массовой доли используемых сырьевых компонентов. Разработаны модели нектара «Долголетие» суммарное содержание природных антиоксидантов в котором 665,0 мг/100 г готового продукта, который характеризуется высоким содержанием полифенольных веществ.

Ключевые слова: плоды, ягоды, переработка, композит, балансовое уравнение, полифенолы.

Abstract

Designing of fruit and berry composites begins with selection of optimum raw sources. The results of researches allowing to use the fruits and berries growing in the territory of Krasnodar Krai in food technologies taking into account high-quality features for production of composites with the high content of polyphenolic substances and amino acids are experimentally received. The grades of fruits of apple-tree and berries of grapes with high biological value which are of interest to further processing are allocated. The variation in the content of catechins in Apple fruit ranges from 75.2 mg/100g (Idared) to 256.0 mg/100g (Samorodok), and anthocyanins from 65.5 mg/100g (Prikubanskoe) to 72.2 mg/100g (Samorodok). The chemical composition of Cabernet grapes is characterized by a higher content of polyphenols (492.8 mg/100g), resveratrol (0.6 mg/100g) and amino acids (111.1 mg/100g). Based on the obtained data, a balanced fruit and berry composite was constructed using balance equations that allow describing changes in the chemical composition of the product being developed, depending on the ratio and mass fraction of the raw materials used. Models of "Longevity" nectar have been developed. the total content of natural antioxidants is 665.0 mg/100g of the finished product, which is characterized by a high content of polyphenolic substances.

Key words: fruits, berries, processing, composit, balance equation, polyphenols.

Введение. В последнее время одним из наиболее перспективных направлений научных исследований в области переработки пищевой продукции является "конструирование" новых продуктов. При этом основное внимание уделяется его "функциональности", под которой понимают совокупность свойств продукта, обуславливающих область его применения в питании человека. Основное отличие моделирования или конструирования в пищевой отрасли от аналогичного процесса в других отраслях промышленности заключается в том, что формирование свойств продукта определяется не только содержанием и оптимальным соотношением основных пищевых компонентов, но и формировании потребительских свойств (органолептические показатели: вкус, запах, консистенция, цвет) [1, 2, 3, 4].

Материалы и методы. В исследовании находились: плоды и ягоды произрастающие на территории Краснодарского края, порошок из виноградной выжимки с косточкой, «Аминокорректор», композит. Проведение исследований по общепринятым стандартизированным и оригинальным методикам [5, 6]: растворимые сухие вещества (РСВ) - по ГОСТ ISO 2173-2013; витамин С – ГОСТ24556; витамин Р - фотометрически (в модификации Л.И. Вигорова); пектиновые вещества – карбазольным (по Е.В. Сапожниковой); аминокислотный состав – на приборе капиллярного электрофореза «Капель 105»; органолептические показатели дегустационная оценка - по ГОСТ 8756.1-79.

Результаты и обсуждение. Плодово-ягодное сырье, произрастающее на территории Краснодарского края, оптимально подходит для разработки новых продуктов питания и использование их в питании, для восполнения физиологических потребностей организма [7, 8].

Рецептура консервов «Нектар «Долголетие» составлялась таким образом, чтобы расширить и усилить лечебно-профилактические свойства готового продукта [8]. Достижение этой цели добились путём использования ягод винограда (сок), антоцианы, лейкоантоцианы и флавонолы которой в комплексе с биофлавоноидами порошка из виноградной выжимки с косточкой, способствуют обогащению готового продукта. Витамины С и Р содержащиеся в плодах яблок (сорт Айдаред, Прикубанское, Самородок), способствуют синергетическому усилению антиоксидантных и капиллярно - протекторных свойств полифенольных соединений (табл. 1).

Таблица 1

Биохимические показатели качества плодов яблони

Сорт	Витамин С, мг/100 г	Р - активных веществ, мг/100 г	
		катехинов	антоцианов
Айдаред	6,7	92,0	69,0
Прикубанское	8,8	120,0	65,5
Самородок	15,8	256,0	72,2

Содержание витамина С в плодах яблони обусловлено сортовыми особенностями варьирует от 6,7 мг/100г (Айдаред) до 15,8 мг/100г (сорт Самородок). Полифенолы яблок представлены различными полифенольными соединениями [2]. Варьирование содержания витамина Р в плодах находится в пределах от 75,2 мг/100г (Айдаред) до 256,0 мг/100г (Самородок). В качестве вспомогательного сырья в рецептуру включен плодовой сироп (ТУ 9163-562-00668034-08), содержащий органические кислоты, которые играют важную роль не только в физиологическом отношении, улучшая работу пищеварительной системы, но и влияют на протекание технологических процессов.

Составлены балансовые уравнения выбранной рецептурной композиции по содержанию основных функциональных ингредиентов в готовом продукте. Рецепт и

балансовые уравнения композита «Нектар «Долголетие» представлена в таблице 2. Достоинством рецептур нового продукта является 100 % использование натуральных ингредиентов. По физико-техническим показателям готовый продукт соответствует нормам, предъявляемым к напиткам, сокам, нектарам и наряду с высокими химическими показателями отличается высокими органолептическими свойствами. Параллельно с определением баланса питательных элементов производили балансировку разрабатываемого пищевого продукта по основным органолептическим показателям. Для этого определен набор органолептических показателей и степень их выраженности в объекте конструирования. В соответствии с этим в пределах каждой градации каждого органолептического показателя проведена идентификация всех компонентов продукта, участвующие в их формировании, определена количественный состав всех входящих в конструируемый продукт ингредиентов в отношении этих компонентов.

Таблица 2

Химический состав композита «Нектар «Долголетие»

Наименование ингредиента	Рецептура, %	Содержание						
		витамины, мг/100 г			пектин, %	полифенолы, г/100г	ресвератрол, мг/100 г	аминокислоты, мг/100г
		С	Р	РР				
Яблочное пюре (X1)	25	15,8	256,0	0,3	0,72	365,0	0	45,6
Виноградный сок (X2)	30	0,4	86,0	0,1	0,40	73,6	0,6	111,1
Порошок виноградный (X3)	5	8,8	1933,0	0	4,0	3987,0	17,4	46,4
Аминокор-ректор (X4)	5	24,3	4,0	3,54	0	0	0	1989,0
Сироп плодовый (X5)	35	0	2,0	0	0	18,5	0	0
Балансовые уравнения	по витамину С: $Y=0,15X1+0,004X2+0,088X3+0,24X4=6,2$ по витамину Р: $Y=2,56X1+0,86X2+19,33X3+0,04X4+0,02X5=187,6$ по витамину РР: $Y=0,003X1+0,001X2+0,035X4=0,57$ по пектиновым веществам: $Y=0,0072X1+0,045X2+0,04X3=0,50$ по полифенолам: $Y=3,65X1+0,74X2+39,87X3+0,18X5=319,1$ по ресвератролу: $Y=0,006X2+0,17X3=1,0$ по аминокислотам: $Y=0,46X1+1,11X2+0,46X3+19,89X=150,5$ Суммарное содержание природных антиоксидантов в 100 г композита – «Нектар «Долголетие» составляет 665,0 мг/100г							

Плодово-ягодный композит с высоким содержанием полифенольных веществ отвечает требованиям ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности» «пищевой продукт является источником витаминов или минералов, если витамины или минеральные вещества составляют не менее 15 % от суточной потребности в витаминах и минеральных веществах на 100 г» [9] и МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ» физиологическая потребность в полифенольных веществах для взрослых составляет 150 мг/сутки, в витамина Р – 100 мг/сутки, аминокислот – 100 мг/100г [7].

Выводы. Использование сортового сырья, произрастающего на территории Краснодарского края в рецептурах продуктов питания, позволяет естественно обогатить их макро- и микронутриентами, необходимыми для здоровья людей проживающих в этом регионе. Использование полученных результатов биохимических показателей качества плодов и ягод для конструирования сбалансированных плодово-ягодных композитов, с высоким содержанием полифенольных веществ, позволяет

создать пищевой продукт с оптимальными структурно-механическими свойствами, органолептическими показателями, пищевой и биологической ценностью.

1. Причко Т.Г. Закономерности накопления витаминов и полифенолов в плодах и ягодах // Плодоводство: науч. тр. - 2009. - Т. 21. – С. 365-373.
2. Дрофичева Н.В. Особенности биохимического состава плодов яблонь, произрастающих в Краснодарском крае Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2012. – С. 39-41.
3. Sueli Rodrigues, Fabiano A.N. Fernandes, Juan A. Antonio M. Development of dried probiotic apple cubes incorporated with *Lactobacillus casei* NRRL B – 442 / Journal of Functional Foods. 2018. – P. 48-54.
4. Причко Т.Г., Дрофичева Н.В., Горлов С.М., Яцушко Е. С. Сравнительная характеристика физико-химических показателей фракций виноградного порошка, сорт Каберне // Перспективные технологии в агропромышленном комплексе: Материалы межд. науч.-практ. форума / ФГБНУ СКФНЦСВВ. Т. 20. – Краснодар, 2018. — 202 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Методы анализа - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 200 с.
6. Якуба Ю.Ф., Кузнецова А.П., Ложникова М.С. Применение капиллярного электрофореза и экстракция в поле СВЧ для анализа растительного сырья // Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии: Материалы III Всерос. симпозиума, 2011. - 153 с.
7. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации (утв. гл. госуд. санитар. врачом РФ 18 декабря 2008 г.)
8. Липатов Н.Н. Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью //Хранение и переработка сельхозсырья. 1995, №3, с.4-9.
9. ГОСТ Р 55577-2013. Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. - М.: Стандартинформ, 2014. - 16 с.

РАЗДЕЛ X. РАДИОТЕХНИКА

Баталова Е.А.¹, Губарев Д.Е.², Зикий А.Н.¹

QER-фильтр

¹Южный Федеральный Университет

²АО «Таганрогский научно-исследовательский институт связи»
(Россия, Таганрог)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-16

idsp: sciencepublic-12-05-2020-16

Аннотация

Проведено моделирование и экспериментальное исследование QER-фильтра на 8 кварцевых резонаторах. Показано достижение следующих параметров:

- центральная частота 11,059 МГц;
- ширина полосы пропускания на уровне минус 5 дБ от максимума $3,75 \pm 1,25$ кГц;
- потери в полосе пропускания на нагрузке 700 Ом не более 6 дБ;
- потери в полосе заграждения при отстройке от центральной частоты ± 10 кГц не менее 70 дБ.

Преимущество данного типа фильтра – одинаковые кварцевые резонаторы (без отбора), одинаковые конденсаторы, малая неравномерность амплитудно-частотной характеристики.

Ключевые слова: кварцевый фильтр; моделирование; эксперимент; амплитудно-частотная характеристика; неравномерность АЧХ, QER-Quasi-Equiripple.

Схема QER-фильтра известна около 40 лет [1], однако она не нашла должного отражения в научной и учебной литературе.

QER-фильтр имеет некоторые преимущества по сравнению с традиционной схемой цепочечного фильтра Кона, а именно [2-10]:

- меньше неравномерность АЧХ в полосе пропускания фильтра;
- все конденсаторы имеют одинаковую ёмкость.

Целью работы является получение амплитудно-частотных характеристик фильтра на модели и макете.

К фильтру предъявляются следующие требования:

- центральная частота 11,059 МГц;
- ширина полосы пропускания на уровне минус 5 дБ от максимума $3,75 \pm 1,25$ кГц;
- потери в полосе пропускания на нагрузке 700 Ом не более 6 дБ;
- потери в полосе заграждения при отстройке от центральной частоты ± 10 кГц не менее 70 дБ;
- число резонаторов 8.

Схема и конструкция

На рисунке 1 приведена схема QER-фильтра. На рисунке 2 помещено фото макета фильтра. Из рисунка 2 видно, что применено 8 резонаторов на частоту 11,0592 МГц, пять трубчатых конденсаторов. Для подключения фильтра в измерительный тракт он содержит два гнезда типа SMA. Фильтр собран на универсальной печатной плате размером $30 \times 70 \times 1$ мм.

Рисунок 1 – Принципиальная схема QER-фильтра

Рисунок 2 – Фото QER-фильтра

Моделирование

Моделирование фильтра проводилось в пакете прикладных программ Microwave Office [11]. Модель фильтра из MWO показана на рисунке 3. Все пять ёмкостей в фильтре одинаковые и равны 30 пФ. Это значение было получено при моделировании путём минимизации потерь и неравномерности АЧХ в полосе пропускания фильтра.

На рисунке 4 изображена АЧХ фильтра в полосе анализа 20 кГц. Рисунок 5 позволяет видеть АЧХ фильтра в полосе 100 кГц.

Рисунок 3 – Модель QER-фильтра в программе Microwave Office

Рисунок 4 – АЧХ QER-фильтра в полосе 20 кГц

Рисунок 5 – АЧХ QER-фильтра в полосе 100 кГц

Эксперимент

Эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей «Обзор-103», ноутбук, набор кабелей и переходов. Для согласования выхода фильтра с 50-омным детектором в состав фильтра включён резистор с номинальным сопротивлением 680 Ом. На рисунке 6 показана амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра в полосе 40 кГц. На рисунке 7 можно видеть АЧХ фильтра в полосе 100 кГц. Рисунки 6 и 7 позволяют сформулировать количественные выводы.

При создании фильтра использованы резонаторы из одной партии. Подбор резонаторов не применялся.

Рисунок 6 – АЧХ фильтра МГц в полосе 40 кГц

Рисунок 7 – АЧХ фильтра 11 МГц в полосе 100 кГц

Выводы

Ниже в таблицу 1 сведены заданные и достигнутые параметры фильтра при моделировании и эксперименте.

Таблица 1.

Основные параметры фильтра

Наименование параметра, размерность	Задано	Моделирование	Эксперимент
Центральная частота, МГц	11,059	11,0605	11,058
Ширина полосы пропускания на уровне минус 5 дБ от максимума, кГц	3,75±1,25	2,5	5
Потери в полосе пропускания на нагрузке 700 Ом	6	6	-
Потери в полосе пропускания с резистором 680 Ом, дБ	20	-	20
Потери в полосе заграждения при отстройке от центральной частоты ±10 кГц, дБ	70	>80	>70
Потери в полосе заграждения при отстройке от центральной частоты ±100 кГц, дБ	80	>100	83
Характеристическое сопротивление, Ом	700	700	700
Число резонаторов	8	8	8

Из этой таблицы видно, что фильтр удовлетворяет заданным параметрам.

1. Personal amateur radio site. Кварцевый SSB QER фильтр. 16.02.2020.
2. Ред, Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике
3. [Текст] – М.: Мир, 1990. – 256 с.: ил. – ISBN 5-03-001098-X.
4. Мостяев, В.А. Российская пьезо-акусто-электроника : история развития и современное состояние [Текст] / В.А. Мостяев, П.Г. Поздняков; под ред. Акад. Ю.В. Гуляева. – М.: Радиотехника, 2008. – 322 с.: ил. – Библиогр.: с. 316-320, - 300 экз. – ISBN 978-5-88070-185-8
5. Дмитриев, В.В. Интегральные пьезоэлектрические устройства фильтрации и обработки сигналов [Текст] : справочное пособие / В. В. Дмитриев, В. Б. Акпамбетов, Е. Г. Бронникова; под ред. Б. Ф. Высоцкого, В. В. Дмитриева. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.
6. Кандыба, П.Е. Пьезоэлектрические резонаторы [Текст] : справочное пособие; под ред. П.Е. Кандыбы, П.Г. Позднякова. – М.: Радио и связь, 1992. – 392 с. – ISBN 5-256-00634-7
7. Ладик, Л.И. Изделия электронной техники. Пьезоэлектрические и электромеханические приборы [Текст] : справочник / А. И. Ладик, А. И. Сташкевич. – М.: Радио и связь, 1993. – 104 с. – ISBN 5-256-01145-6
8. Кварцевые генераторы, фильтры, резонаторы, кристаллические элементы [Текст] – СПб.: ОАО «Морион», 2001. -72 с. : ил.
9. Великин, Я. И. Пьезоэлектрические фильтры [Текст] : научное издание / Я. И. Великин, З. Я. Гельмонт, Э. В. Зелях. – М.: Связь, 1966. -395 с. : ил.
10. Кантор, В. М. Монолитные пьезоэлектрические фильтры [Текст] – М.: Связь, 1977. – 151 с. : ил.;
11. Михайлов, В. А. Научно-исследовательский институт “Вектор”-старейшее радиотехническое предприятие России 1908-2008 [Текст] / В. А. Михайлов, В. Б. Гончаров. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Бранко, 2008. -235 с.: ил. – ISBN 978-5-903521-05-0
12. Разевиг В. Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. – Москва, Солон-Пресс, 2003. -496 с.

РАЗДЕЛ XI. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Жиляева Н.П.

Транспортировка высоковязких нефтей при пониженных температурах

Самарский Государственный Технический университет
(Россия, Самара)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-17

idsp: sciencepublic-12-05-2020-17

В современной нефтедобычи полным ходом идет наращивание доли трудноизвлекаемых запасов (ТИЗ). К ТИЗ относится тяжёлая нефть с вязкостью 30 мПа·с и выше. Запасы таких видов нефти составляют около одного трлн. тонн и превышают объём остаточных извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости более чем в пять раз.

Поднимаясь на поверхность, нефть остывает и переходит в состоянии жидкости со сложными реологическими свойствами. При этом происходит оседание парафинов и смол на поверхностях нефтедобывающего и транспортирующего оборудования, что резко ухудшает их производительность.

Остановка трубопровода с нефтью может привести к выходу трубопровода из строя и последующей замене его основных технологических узлов.

Существуют несколько способов трубопроводной перекачки высоковязких нефтей: перекачка с разбавителями; гидротранспорт высоковязких нефтей; перекачка термообработанных нефтей; перекачка нефтей с присадками; перекачка предварительно подогретых нефтей.

Достаточно эффективным и доступным способом улучшения реологических свойств высоковязких и высокозастывающих нефтей является применение углеводородных разбавителей. В роли разбавителя может служить газовый конденсат и маловязкие нефти.

Использованием разбавителей существенно снижается вязкость и температуру застывания нефти. Основными причинами является: понижение концентрации парафина в смеси.

Гидротранспорт высоковязких и высокозастывающих нефтей может происходить несколькими способами: перекачка нефти внутри водяного кольца; перекачка водонефтяной смеси в виде эмульсии типа «нефть в воде»; послойная перекачка нефти и воды.

Рисунок 1. Гидроперекачка нефти внутри водяного кольца: а – с применением винтовой нарезки; б – с применением кольцевых муфт; в – с использованием перфорированного трубопровода

Широкое распространение данный способ транспортировки не получил по нескольким причинам: во-первых, сложно изготовить винтовые нарезки, а во-вторых,

после отложения парафина нарезки засоряются. При запарафировании нарезок водяное кольцо у стенки не формируется, что приводит к ухудшению параметров прокачки.

Другой способ гидротранспорта представляет из себя получение эмульсии типа «нефть в воде» перед прокачкой. В таком случае нефтяные капли окружены водяной пленкой и не имеют контакта со стенкой трубы.

Рисунок 2. Гидроперекачка в виде эмульсии: а – типа «нефть в воде»; б – типа «вода в нефти»

Недостатком данного способа транспортировки является опасность инверсии фаз, т. е. превращения эмульсии «нефть в воде» в эмульсию «вода в нефти». Это может произойти при изменении скорости или температуры перекачки.

Следующий способ гидротранспорта – это послойная перекачка нефти и воды. Уменьшение гидравлического сопротивления трубопровода происходит в связи с тем, что нефть контактирует не с неподвижной стенкой, а с движущимся потоком воды.

Рисунок 3. Структурные формы водонефтяного потока при послойной перекачке нефти и воды: а – линзовая; б, в – раздельная с плоской и криволинейной границами; г – кольцевая эксцентричная; д – кольцевая концентричная

Следующий способ – термообработка или тепловая обработка высокопарафинистой нефти. Она представляет собой нагрев нефти до температуры, превышающей температуру плавления парафинов, и дальнейшее охлаждение с заданной скоростью, чтобы улучшить реологические свойства.

Известно, что улучшение реологических свойств нефтей связано с внутренними изменениями в них, происходящими в результате термообработки. При естественном охлаждении парафинистых нефтей образуется кристаллическая парафиновая структура, которая придает нефти твердость. Прочность структуры оказывается тем больше, чем выше концентрация парафина в нефти. При нагреве нефти до температуры, превышающей температуру плавления парафинов, происходит их полное растворение. При последующем охлаждении нефти происходит кристаллизация парафинов.

Реологические параметры термообработанной нефти со времени ухудшаются и получают исходные значения до нагрева. Депрессорные присадки довольно

продолжительное время применяются для понижения температуры застывания масел, но для нефтей они малоэффективны.

Что бы улучшить реологические свойства следует применять специально полученные присадки. Присадки представляют собой парафиннообразную массу, которая подвижна при 50-60 °С. Это беззольные сополимеры этилена и присадки на базе сложных эфиров метакриловой кислоты.

Наиболее распространенным на данный момент способом трубопроводного транспорта ТИЗ нефтей является перекачка с подогревом или так называемая «горячая перекачка».

Для данного способа транспортировки резервуары оборудуются системой подогрева нефти. Нефть нагревают до температуры, при которой допустима ее откачка подпорными насосами. Они прокачивают нефть через дополнительные подогреватели и перекачивают на прием основных насосов. Далее нефть закачивается в магистральный трубопровод. В России подогрев нефти происходит в основном в Северной части страны и, как правило, это головные станции перекачки, где происходит слив и налив товарной нефти при низких температурах воздуха. Трубопроводы, в которых нефть подогревают на всем пути перекачки, называются «горячими».

Рисунок 4. Технологическая схема «горячей» перекачки

Нефть остывает за счет теплообмена с окружающей средой, пока движется по трубопроводу. Для предотвращения застывания необходима установка дополнительных пунктов подогрева через каждые 25–100 км.

Существует интересный способ изменения вязкости нефти – это кавитационное воздействие. Для возникновения кавитации в трубопроводе находится полый цилиндрический корпус переменного сечения. В качестве высокоамплитудных колебаний в жидкости выступают кавитационные пузырьки с высокой скоростью. За счет пузырьков происходит снижение вязкости нефти. Экспериментальными данными показано, что вязкость нефти была снижена на 35%.

Главным недостатком данной системы является интенсивный кавитационный износ его рабочих поверхностей, которые создают кавитационные пузырьки. Регулировать интенсивность кавитационной обработки крайне сложно. Размеры пузырьков, образующихся в таких устройствах, слабо поддаются регулированию.

«Горячая перекачка» является наиболее распространенным и изученным способом по ряду причин: наиболее простая и отработанная технология. У данного способа также есть свои недостатки. Одним из главных является высокая энергоемкость. Это связано с тем, что в качестве топлива при подогреве используется сама же транспортируемая жидкость – химсырье и топливо (нефть, мазут).

Строительство и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти в районах с многолетнемерзлыми грунтами затруднено и требует огромных затрат. Также существуют проблемы с обеспечения надежности конструкции.

1. Алиев Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа: учеб. для вузов / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров, В.А. Юфин, Е.И. Яковлев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 368 с.: ил.
2. Коршак, А.А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов / А.А. Коршак, А.М. Нечваль. – СПб.:Недра, 2008. – 488 с.

Зверев Л.О., Злобин В.Г.

Использование триботехнических составов для повышения эффективности работы турбокомпрессора

*Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского
Государственного Университета Промышленных Технологий и Дизайна
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-18

idsp: sciencepublic-12-05-2020-18

Аннотация

В процессе эксплуатации надежность оборудования снижается вследствие изнашивания деталей, коррозии, усталости и старения материала и других вредных процессов, протекающих в технике. Эти процессы вызывают появление различных неисправностей и дефектов, которые необходимо устранять. Обозначены способы устранения данных дефектов и изучены новые технологии.

Ключевые слова: оборудование, дефект, материал, обработка, триботехнический состав, турбокомпрессор.

Abstract

During operation, the reliability of the equipment is reduced due to wear of parts, corrosion, fatigue and aging of the material and other harmful processes occurring in the technique. These processes cause various malfunctions and defects that need to be addressed. The methods of eliminating these defects are indicated and new technologies are studied.

Keywords: equipment, defect, material, processing, tribological composition, turbocharger.

В процессе эксплуатации надежность оборудования снижается вследствие изнашивания деталей, коррозии, усталости, старения материала и других вредных процессов, протекающих в технике. Данные процессы вызывают появление различных неисправностей и дефектов, которые необходимо своевременно устранять. Поэтому в процессе эксплуатации необходимы техническое обслуживание и ремонт.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов необходимо снижать затраты на эксплуатационные расходы и ремонт оборудования. Снижение затрат осуществляется по двум направлениям [1, с.123-126]:

1. Значительное применение ремонтных работ с восстановлением изношенных деталей для вторичного использования энергетического и технологического оборудования.
2. Упрочнение деталей различных агрегатов и механизмов в процессе эксплуатации.

Прочностные свойства деталей зависят от физико-механических свойств материала. Для создания поверхностных слоев с требуемыми характеристиками (состав, структура, толщина, пористость, микротвердость, маслоудерживающая

способность) используют различные способы обработки — механические, термические, электрофизические, электрохимические и их сочетание. В последнее время часто используют нанотехнологическую обработку поверхности детали, в результате чего формируются поверхностные слои толщиной от нескольких микрометров до 1 мм и более, с улучшенными характеристиками и противостоящие истиранию, повышенной температуре, коррозии и другим факторам, способствующим изнашиванию рабочих поверхностей деталей [2, с.113-115].

Износ деталей связан с изменением их геометрической формы и номинальных размеров. Восстановление деталей возможно тремя основными способами [3, с.73-74]:

1. Способ индивидуальной подгонки: заключается в том, что из двух сопряженных деталей одна деталь подвергается механической обработке, другая деталь заменяется на новую, или на ее поверхности наращивается слой металла, который обрабатывается потом под размеры первой части. Метод дорогостоящий и применяется в редких случаях.
2. Способ стандартных ремонтных размеров: заключается в механической обработке дорогостоящей детали под определенный установленный размер. При этом более дешевая деталь изготавливается заново под этот же установленный размер, а затем без подгонки устанавливается в сопряжении.
3. Способ восстановления первоначальных размеров: метод позволяет восстанавливать первоначальные размеры без замены самих деталей [4, с. 37-41].

Достигается это наращиванием металла электролитическим способом; наплавлением металла газопламенными или электродуговыми аппаратами; пластической деформацией материалов деталей; формированием новой структуры поверхности трения на основе кристаллической решетки металла.

Для оценки эффективности формирования новой структуры поверхности трения были проведены опытно-промышленные испытания триботехнических составов (ТС) «СУПРОТЕК» и разработана методика их применения на турбокомпрессоре ЦК-135/8. Турбокомпрессор ЦК-135/8 предназначен для подачи воздуха в блоки разделения кислородных установок, а также для сжатия атмосферного воздуха, используемого для пневмооборудования, пневмоинструмента и в технологических процессах в различных отраслях промышленности, при работе в условиях, соответствующих характеристикам установки.

Проведенные рабочие испытания на ЦК-135/8 показали, что в процессе обкатки на поверхностях трения формируется новый слой, отличающийся от исходной поверхности и типичной приработанной поверхности. Коэффициент трения после добавления ТС снижался на порядок и более (с 0,1 до 0,005), а скорость изнашивания уменьшалась в 3-5 раз. Новый слой формируется самой системой трения. Смазочная композиция «СУПРОТЕК» выполняет функцию инициатора качественного перехода системы трения в новое равновесное энергетическое состояние.

Триботехнические составы «СУПРОТЕК», предназначены для восстановления изношенных поверхностей трения и оптимизации зазоров в сопряженных парах (узлах трения) различных механизмов оборудования и применяются в режиме штатной эксплуатации машин и механизмов. Эта система способствует формированию новой структуры поверхности трения на основе кристаллической решетки металла. В процессе работы узла трения в присутствии ТС «СУПРОТЕК» происходит последовательное постепенное наращивание слоев на атомном уровне. Именно поэтому технологию «СУПРОТЕК» относят к нанотехнологиям [5].

Способы внесения триботехнических составов «СУПРОТЕК» выбираются из следующих операций:

- заливка ТС «СУПРОТЕК» в маслозаливную горловину агрегата (заливное отверстие, люк и т.д.);
- нанесение концентрата ТС «СУПРОТЕК» на поверхности трения при разборке – сборке механизма;
- нанесение ТС «СУПРОТЕК» спреем на основе спирта с последующим его испарением;
- пробивка шприцом концентрата ТС «СУПРОТЕК» подшипниковых и других узлов с пластичной смазкой.

На первом этапе происходит удаление верхней части дефектного слоя, окислов и отложений с поверхности металла. На этом этапе ТС работает как мягкий абразив, твердость которого выше прочности дефектного поверхностного слоя узла трения. Попадая в зону трения, частицы ТС «СУПРОТЕК» с крупностью, превышающей удвоенную среднюю шероховатость контртел, разрушаются между микровыступами в зоне фактического контакта поверхностей трения.

На втором этапе на очищенной поверхности за счет резкого увеличения числа не скомпенсированных наружных связей решетки металла формируется новая трибоструктура.

В дальнейшем работа узла трения приводит к формированию слоя, толщина которого не превышает 15 мкм, но он отличается высокой адгезией, повышенной микротвердостью и маслоудерживающей способностью. Локально образуется новый металлический монокристалл (поликристалл), способный прочно удерживать у поверхности углеводородные цепочки смазочного масла, тонкодисперсные продукты изнашивания, горения топлива и частиц смазочной композиции «СУПРОТЕК». Этот третий масляный слой, толщиной от 5 до 100 мкм, позволяет эффективно восстанавливать геометрические размеры деталей трения, снижать зазоры до номинальных значений.

На третьем этапе наращивание слоев происходит с характеристиками, наиболее выгодными трибосистеме при данном режиме трения. Входными характеристиками являются скорость скольжения, нагрузка, материал, смазка, цикличность, температура, шероховатость, адгезия, выходными характеристиками: толщина сформированного слоя, пористость, шероховатость, волнистость, микротвердость, упругость. При обработке поршневых компрессоров происходит восстановление газоплотности узла ЦПГ, подшипников качения и скольжения, увеличение ресурса компрессора. При обработке винтовых «сухих» компрессоров восстанавливаются поверхности трения, качения подшипников, снижаются потери на трение и увеличивается ресурс этих узлов.

По результатам, полученным в ходе выполнения программ опытно-промышленных испытаний ТС «СУПРОТЕК» и методики их применения на турбокомпрессоре ЦК-135/8 сделаны следующие выводы:

1. ТС «СУПРОТЕК» и методики их применения не оказали на компрессорную технику отрицательного воздействия.
2. В результате обработки турбокомпрессора ЦК-135/8 ТС «СУПРОТЕК» произошло снижение коэффициента трения в тракте передачи энергии турбокомпрессорной установки, при этом удельное потребление снизилось с 121,5 до 120,5 Вт/м³, что при нагрузках в 7000 м³/час и режиме работы 8700 час/год даст экономию 60,9 тыс. кВт·ч в год.
3. Общий уровень вибрации по турбокомпрессорной установке ЦК-135/8 после обработки снизился на 17,14%, что свидетельствует о создании определенного защитного слоя на подшипниках скольжения элементов и в зацеплениях зубчатых пар мультипликатора, приведшего к улучшению состояния уровня вибрации по агрегату.
4. Несмотря на то, что после обработки турбокомпрессорная установка работала в условиях более высокой входной температуры воздуха и при большей

производительности, температура на поверхности агрегатов либо незначительно поднималась, либо снизилась на 0,5 – 1%.

Таким образом, согласно результатам, полученным в ходе выполнения программ опытно-промышленных испытаний триботехнических составов «СУПРОТЕК» и методики их применения на турбокомпрессоре ЦК-135/8 доказана высокая эффективность восстановления деталей энергетического оборудования, что, несомненно, заинтересует специалистов промышленности и теплоэнергетики.

1. Черноиванов В.И., Организация и технология восстановления деталей машин /В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин. - М.: ГОСНИТИ, 2003. - 488 с.
2. Чичинадзе А.В., Трение износ и смазка (трибология и триботехника) /А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун, Н.А. Буше [и др.]. - М.: Машиностроение, 2003. - 576 с.
3. Хмелевская В.Б., Технологии восстановления и упрочнения деталей и триботехнические характеристики покрытий /В.Б. Хмелевская, Л.Б. Леонтьев, Ю.Г. Лавров. - СПб.: СПГУВК, 2002. - 309 с.
4. Радин Ю.А., Суслов Л.Г., Безизносность деталей машин при трении. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989. - 229 с.
5. [Электронный ресурс] URL: <https://suprotec.ru/suprotek-stati/chto-takoe-suprotek/> (дата обращения 23.03.2020).

[illegible]

Научное издание

**Научный диалог:
Вопросы точных и технических наук**

Сборник научных трудов по материалам
XXVII международной научно-практической конференции
12 мая 2020 г.

SPLN 001-000001-0612-TT

Подписано в печать 16.05.2020. Тираж 400 экз.
Формат. 60x84 1/16. Объем уч.-изд. л. 2,07
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Отпечатано в типографии НИЦ «Л-Журнал»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович