ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Елена Мидхатовна Абуталипова

Докт.тех.наук, доцент ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г.Стерлитамак

Попова Елена Викторовна

Канд.техн.наук, доцент ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г.Стерлитамак

Методология исследования заключается в поэтапном изучении проникающей способности СВЧ излучения в полимеры различной природы, влияния различных параметров энергетического потока на структуру полимеров, особенностей формирования физико-механических и эксплуатационных свойств полимеров в ходе проведения данного вида обработки. Для реализации процесса обработки полимерных материалов СВЧ излучением необходимо исследовать глубину проникновения излучения в материал. Расчетные методы здесь неприменимы, так как не получены аналитические выражения для описания действительных и мнимых частей диэлектрической и магнитной проницаемости полимеров, а также для их поглощающей способности в зависимости от частоты излучения и температуры в соответствующий период технологического цикла. Для исследования глубины проникновения СВЧ излучения в полимерные материалы при участии автора разработана универсальная лабораторная СВЧ установка, позволяющая не только определять глубину проникновения электромагнитного излучения в полимерные материалы, но и обрабатывать их СВЧ излучением (рисунок 1).

Влияние энергетического потока СВЧ излучения на эволюцию строения полимерных изоляционных материалов проводили по изображениям их структуры, полученным при помощи зондового сканирующего микроскопа высокого разрешения типа NT-MDT Integra Prima в атомно-силовом режиме с использованием зондов типа NSG 11.

Оценку эффективности воздействия СВЧ излучения на изменение адгезии изоляционного покрытия на основе ПВХ осуществляли в ходе визуального наблюдения с помощью оптического микроскопа (× 100), а также количественной оценки величины адгезии пленки методом отрыва (ГОСТ 25812-83).

Глубину проникновения излучения определяли на полимерах, широко применяемых при производстве изоляционных покрытий.

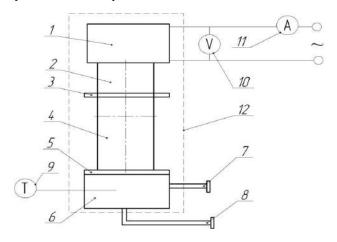


Рисунок 1. Схема лабораторной СВЧ установки

В ходе экспериментов были определены значения глубины проникновения СВЧ излучения в гранулы полиэтилена, полиэтилена, полиэтилена, кабельного пластиката на основе ПВХ и ПВХ пленку (таблица 1).

Таблица 1. Глубина проникновения СВЧ излучения в полимерные материалы

1 лучна пропикновения СВ 1 излучения в полимерные материалы					
Виды полимерных материалов	Глубина проникновения, м				
Гранулы полиэтилена	0,412				
Гранулы полиэтилентерефталата	0,281				
Гранулы полипропилена	0,345				
Гранулы кабельного пластиката					
на основе ПВХ	0,195				
Гранулы ПВХ	0,191				
ПВХ пленка	0.102				

Влияние диапазона энергии СВЧ излучения и продолжительности обработкина изменение строения, а также физико-механических свойств полимерных матери-

алов на основе ПВХ исследовали с применением лабораторной установки (рисунок 1), варьируя уровень излучаемой энергии в пределах от 50 до 400 кДж/кг и продолжительность обработки - от 30 до 300 с.

Таблица 2. Экспериментальные значения максимальной разрывной нагрузки для различных полимерных материалов

Удельная энергия, кДж/кг	Максимальная разрывная нагрузка, МПа				
	ПВХ пленка	Полиэтиленовая пленка			
без СВЧ обработки	20,70	11,60			
51,0	20,71	11,69			
75,8	25,48	11,75			
102,5	29,60	11,86			
126,8	35,30	12,04			
154,2	38,19	12,33			
205,8	38,35	15,43			
258,0	33,82	12,32			
360,0	14,12	12,10			

Экспериментально показано, что увеличение в два раза разрывной нагрузки у материалов на основе ПВХ (таблица 2) происходит в диапазоне допустимой удельной энергии СВЧ излучения 102,5...205,8 кДж/кг при обработке в течение 1-3 мин.Дальнейшее увеличение мощности излучения приводит к резкому снижению прочностных свойств пленки.

Установлено также, что в аналогичных условиях водопоглощение материалов на основе ПВХ уменьшается примерно в три раза, что свидетельствует об образовании поперечных связей в полимере, приводящих к увеличению плотности пространственной сетки. Кроме того, дальнейшее исследование термостабильности ПВХ и покрытий на его основе с помощью метода «конгокрасный» показало, что в установленном ранее диапазоне значений удельной теплоты СВЧ излучения время термостабильности ПВХ увеличивается в среднем на 6 мин. Следовательно, повышение механической прочности образцов ПВХ пленки происходит в результате трансформации структуры, инициируемой СВЧ излучением. И, наконец, косвенным подтверждением конформационных измене-

ний молекулярной структуры ПВХ пленки является существенный (примерно в 2,7 раза) рост ее удельного электросопротивления [8].

Подтверждением значительной термостабильности обработанных СВЧ излучением образцов ПВХ пленки является их высокая температура стеклования. Следует отметить, что у образцов ПВХС-70С пик частичного плавления смещен в область более высоких температур. При этом температура их стеклования (85...89°С) (таблица 3)несколько превышает величину, характерную для ПВХ (82...83 °С). Данное явление объясняется уменьшением гибкости цепи макромолекул ПВХ и образованием поперечных связей вследствие высокой поляризационной способности молекул [10].

Таким образом, значения температур начала и завершения процесса стеклования (таблица 3) подтверждают, что воздействие СВЧ излучения на ПВХ приводит к увеличению степени его кристалличности, в результате чего происходит рост прочности полимерной пленки. При этом не наблюдается сшивки макромолекул полимера, которая происходит при более высокой энергии СВЧ излучения, что препятствует потере пленкой эластичности.

Таблица 3. Влияние энергии СВЧ излучения на значения температуры различных стадий стеклования

Излученная энергия,	Температура	Температура	Температура
кДж/кг	начала стеклования, С	стеклования, °С	завершения стеклования, °С
без СВЧ обработки	81,73	82,30	85,44
102,5	81,99	85,06	88,81
205,8	83,44	89,28	93,32
258,0	83,23	88,76	92,11
309,0	82,50	84,47	89,93

В результате увеличения температуры стеклования ПВХ под воздействием СВЧ излучения повышается теплостойкость полимерных материалов, тем самым значительно увеличивается верхний температурный предел их эксплуатации, что существенно расширяет практическое использование ПВХ при переработке и эксплуатации готовых изделий.

Изображения структуры ПВХ пленки получены в контактном режиме с помощью атомного силового микроскопа типа NT-MDT Integra Prima. У необработанной СВЧ излучением ПВХ пленки преобладает аморфная структура. Под воздействием СВЧ излучения в ПВХ изменяется ориентация боковых ответвлений его макромолекул, что

способствует росту числа центров кристаллизации, упорядочению структуры и уменьшению областей свободного объема в ней. В результате уменьшается общая площадь аморфных областей структуры в пользу вновь образующейся кристаллической фазы, что сопровождается повышением степени упорядоченности в расположении макромолекул полимера. Молекулы ПВХ начинают перестраиваться в параллельные строчки, что является признаком роста его кристалличности, обеспечивающего улучшение физико-механических свойств ПВХ пленки.

Таким образом, экспериментально доказана принципиальная возможность использования СВЧ излучения

для проведения целенаправленного перестроения структуры полярных полимеров, обеспечивающего улучшение их физико-механических свойств. Для ее практической реализации разработаны конструкции СВЧ агрегатов [6,9,11], дающих возможность изготавливать основные виды изоляционных материалов, находящих широкое применение в нефтегазовой отрасли.

Список литературы:

- 1. Гринько В.С. Горин А.С. Техническое состояние линейной части магистральных нефтепроводов и резервуарных парков. Планы их приведения к нормативному состоянию.// Трубопроводный транспорт нефти, 2001, № 6, с. 17-20.
- 2. Черкасов Н.М., Гладких И.Ф., Гумеров К.М., Субаев И.У. Асмол и новые изоляционные материалы для подземных трубопроводов. М.: Недра, 2005. 155 с.
- 1. Prospects of microwave processing: An overview. S. Das, A.K. Mukhopadhyay, S. Datta and D Basu. Bull. Mater. Sci., Indian Academy of Sciences., Vol.31, №7, 2008, pp. 943–956.
- Microwave synthesis of polymeric materials. Scale up and commercial aspects. Dariusz Bogdal, Aleksander Prociak, Chemistry Today, Vol 25 №3, 2007, p.30-33
- 3. Колганова С.Г. «Электротехнология нетепловой модификации полимерных материалов в СВЧ электромагнитном поле» Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Саратов, 2010 г.
- Патент РФ №118818 Сверхвысокочастотная электромагнитная установка для модификации поли-

- мерных пленок. Абакачева Е.М., Киреев К.А., Маликов Р.М., Сулейманов Д.Ф., Шулаев Н.С. Опубликовано: 27.07.2012 Бюл. № 21
- Патент РФ № 2461586 Способ производства полимерной пленки Абакачева Е.М., Иванов С.П., Маликов Р.М., Сулейманов Д.Ф., Шулаев Н.С. Опубликовано: 20.09.2012 Бюл. № 26
- 6. Абакачева (Абуталипова) Е.М.,Н.С. Шулаев, Д.Ф. Сулейманов / Исследование физико-механических свойств полимерных материалов, модифицированных в электромагнитном поле СВЧ-диапазона // Бутлеровские сообщения.2011. Т.24. №1. С. 95-98.
- 7. Абакачева (Абуталипова) Е.М., И.Г. Ибрагимов, Д.Ф. Сулейманов, А.Р. Фахразов / Мобильная сверхвысокочастотная установка для модификации полимерных материалов // Научно-технический журнал "Нефтегазовое дело". 2012. Том 10, №2. С. 73-74.
- 8. Абакачева (Абуталипова) Е.М., И.Р. Кузеев, Р.Ф. Нафикова, Н.С. Шулаев, Д.Ф. Сулейманов/Исследование термостабильности поливинилхлорида, модифицированного в электромагнитном поле СВЧ- диапазона// Научно-технический журнал "Нефтегазовое дело". 2012. -Том 10, №2. С. 79-81
- 9. Шулаев Н.С., Абакачева (Абуталипова) Е.М., Попова Е.В., Сулейманов Д.Ф., Жулаев А.В./ Методика расчета установок для нетепловой модификации полимеров в электромагнитном поле сверхвысокочастотного диапазона// Электронный науч. журнал «Нефтегазовое дело». 2013. № 3. С. 471-478.

УДК 338.24(075.8)+614.8.084

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ

Алекина Елена Викторовна, Мельникова Дарья Александровна, Яговкин Николай Германович

к.х.н., доцент; аспирант; д.т.н, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности», Самарский государственный технический университет, г. Самара

Любые решения, связанные с управлением профессиональными рисками принимаются при наличии значительного количества разноплановой информации (об объектах). Факторы, влияющие на правильность принятия управленческого решения в значительной мере находятся в состоянии неопределенности.

Поэтому создание эффективной автоматизированной системы обработки информации (АСОИ) по управлению профессиональными рисками представляет собой сложную, наукоемкую проблему, решение которой требует анализа широкого круга вопросов, начиная от правильного определения целевого предназначения системы и выработки требований к качеству ее функционирования и заканчивая вопросами синтеза составных частей и системы в целом на основе единого методологического подхода [1,2,5].

АСОИ обладают свойством целенаправленности функционирования. Поэтому цель функционирования является основным понятием, от корректности определения

которого зависит эффективность работы системы. В большинстве случаев она определяется требованиями системы (органа) более высокого уровня, в интересах которой (которого) функционирует АСОИ.

В общем смысле под целью функционирования АСОИ следует понимать желаемый результат конечной деятельности системы при заданных материальных и временных ограничениях, т.е. обеспечение требуемого уровня профессионального риска. Временные ограничения могут носить различный по продолжительности характер. Недостатком такого определения цели является ее размытость, которая не позволяет корректно формализовать цель. Для исключения этого, необходимо раскрыть понятие «желаемый результат». Применительно к системам, выходным результатом которых являются информационные сообщения различной природы, «желаемый результат» может быть определен с позиций качества выходной информации: ее достоверностью (точностью), своевременностью и полнотой. Данные свойства оценива-

ются количественными и качественными характеристиками в зависимости от требований потребителей информации и решаемых ими задач.

Под достоверностью (точностью) информации следует понимать соответствие полученной информации реальной ситуации. Достоверность определяет вероятность отсутствия ошибок в информации (документах, схемах, данных и т.п.) [5]. Она достигается:

- обозначением времени свершения событий, сведения о которых передаются;
- тщательным изучением и сопоставлением данных, полученных из различных источников;
- проверкой сомнительных сведений;
- исключением из процесса обработки искаженной информации и другими способами.

Полнота информации определяется требуемым объемом достоверных сведений, достаточных для принятия обоснованного, «правильного» решения, адекватной оценки ситуации и т.п. Для информационных систем по управлению профессиональными рисками полнота информации, в общем виде, может быть определена требуемым относительным числом (процентом) контролируемых факторов, оказывающих влияние на качество принимаемого решения. Степень полноты определяется потребностями потребителя информации в необходимом ее объеме для решения задач.

Требования к своевременности информации (сбор, обработка и доведение информации до потребителей) определяются скоростью потери актуальности обрабатываемых данных с течением времени.

Временные рамки, характеризующие своевременность, могут колебаться в достаточно широком диапазоне, так как они зависят от множества факторов, в том числе и целевого предназначения АСОИ. При определении требований потребителей, предъявляемых к своевременности информации, следует исходить из минимальных предельно допустимых показателей временной задержки данных.

Та или иная цель функционирования АСОИ как правило обеспечивается посредством решения некоторого множества задач, обеспечивающего достижения требуемого выходного результата.

Важнейшим принципом построения АСОИ по управлению профессиональніми рисками является всесторонний учет и системный анализ внешних и внутренних факторов для определения ее роли, места и задач, предъявляемых к ней требований, а также перспектив развития и технологии применения в производственном цикле.

Внешние факторы включают: состояние, уровень и тенденции развития системі управления профессиональніми рисками в отрасли, стране.

К внутренним факторам относятся: состав, структура и возможности предприятия; наличие и уровень автоматизации процессов управления профессиональными рисками.

В основу построения и функционирования АСОИ должны быть положены следующие основные взаимоувязанные принципы.

1. Преемственность АСОИ в использовании опыта обработки информации в существующем производстве, который предполагает максимальное использование в разрабатываемой системе существующих структур и методов сбора и обработки информации, создание на первом этапе только необходимых новых элементов системы (локальных АСОИ) в сочетании с формированием требований к

участкам, включаемым в систему. Дальнейшее плановое развитие системы с учетом внедрения более масштабных систем автоматизации, связи и передачи данных.

- 2. Принцип «новых задач», который предполагает абсолютную приоритетность решения задач внешнего и внутреннего проектирования сложной системы по отношению к задачам автоматизации ее основных процессов. Автоматизации уже существующей системы обработки информации должна предшествовать оптимизация ее структуры и состава, сложившихся в ней процессов функционирования. Автоматизация существующего беспорядка может дать только автоматизированный беспорядок.
- 3. Возможность поэтапной реализации АСОИ, который тесно увязан с предыдущими. Важность его возрастает при ограничении ресурсов, выделяемых на создание системы, прежде всего финансовых и научно-технических. Облик системы должен быть разработан так, чтобы обеспечить прирост эффективности системы (системный эффект) уже после первого этапа ее внедрения, а также обеспечить возможность комплексного программного планирования совершенствования информационной системы и ее составных частей на последующих этапах построения АСОИ с учетом требований унификации и стандартизации технических и программных средств.
- 4. Открытость АСОИ. В соответствии со свойством внешней иерархичности организационных систем, АСОИ должна иметь системные взаимосвязи, обеспечивающие ее взаимодействие с системами вышестоящего уровня (например, система отраслевого управления), а также интеграцию с системами нижних и одноименных уровней. Принцип открытости усиливает свойство внешней иерархичности системы и означает, что АСОИ при необходимости должна обеспечить подключение любых, как предусмотренных на этапе проектирования, так и вновь появившихся потребителей (источников) информации.
- 5. Комплексная обработка информации, под которой понимается совместный анализ, сопоставление, интерпретация и обобщение отдельных, порой отрывочных, низко достоверных, малоинформативных сведений.
- 6. Автоматизация наиболее важных, трудоемких и быстротечных процессов цикла при рациональном сочетании автоматизации информационных процессов с расчетами и моделированием по различным вариантам прогнозов.
- 7. Сохранение ведущей роли руководителя в принятии решений, правильное сочетание творческой деятельности человека с работой средств автоматизации, создание удобства для работы должностных лиц АСОИ.

Можно привести и другие принципы создания АСОИ: автоматизация документооборота, защита информации, комплексность задач, согласованность отдельных частей системы и др. Многообразие принципов свидетельствует о большой сложности процесса разработки АСОИ.

Процесс оценивания качества информационной системы состоит из трех стадий:

- установления (определение) требований к качеству функционирования АСОИ;
- выбора показателей и критериев оценки эффективности;
- определения процедуры оценивания (расчета) показателей [3, 4].

Показатели эффективности должны отвечать следующим требованиям:

- представительность показатель должен отражать целевое назначение и задачи (задачу) системы;
- чувствительность значение показателя должно изменяться при изменении значимых характеристик оцениваемой системы;
- однозначность показатель должен иметь ясный физический смысл, одинаково понимаемый заказчиками и исполнителями оцениваемой системы;
- вычислимость затраты на расчет требуемого количества оценок показателя аналитическим, аналитико-имитационным или иным способом не должны превышать выделенных для этого ресурсов.

Показатель оценки качества АСОИ должен содержать количественную оценку приращения качества получаемой на выходе информации, выраженную в общем случае через изменение эффекта вышестоящей системы, использующей эту информацию для принятия управленческих решений. Кроме того, показатель должен учитывать: все виды дополнительных расходов, связанных с повышением качества; экономический эффект, получаемый в результате создания (усовершенствования) информационной системы, эффект от снижения затрат на ее эксплуатацию; экономический эффект от уменьшения стоимости выполнения задачи в связи с усовершенствованием образца АСОИ.

Информационная система по управлению профессиональніми рисками должна решать следующие основные задачи:

- хранение и систематизация законов и иных нормативных правовых актов по охране труда и промішленной безопасности, содержащих государственные нормативные требования, распространяющиеся на организацию;
- выявление факторов профессионального риска, вытекающих из прошлых, настоящих или планируемых видов деятельности организации, с тем, чтобы определить наиболее существенные воздействия на его уровень;
- определение политики организации в области профессионального риска;
- определение целей и задач в области управления профессиональными рисками, установка приоритетов:
- разработка организационной схемы и программы для реализации политики и достижений ее целей, выполнения поставленных задач.

Информационная система управления профессиональными рисками должна предусматривать:

- планирование показателей, определяющих риск;
- контроль выполнения этих показателей;
- выдачу рекомендаций по возможности осуществления корректирующих и предупредительных действий;

- внутренний аудит системы управления и анализ ее функционирования с тем, чтобы обеспечивать ее соответствие принятой политике и ее последовательное совершенствование;
- возможность адаптации к изменяющимся обстоятельствам;
- возможность интеграции в общую информационную систему управления организации в виде отдельной подсистемы.

В соответствии с требованиями и функциями информационной системы управления профессиональными рисками в организации, она должна включать в свой состав следующие базы данных:

- нормативно-технической документации;
- оперативных данных;
- результаты специальной оценки условий труда;
- по єффективности проводимых и планируемых мероприятий;
- по финансированию мероприятий;
- с информацией для идентификации и расчета рисков;
- по результатам контроля и самоконтроля системы управления профессиональными рисками;
- по обеспеченности и срокам годности средств индивидуальной защиты;
- по контролю выполнения решений по управления профессиональными рисками;
- по обучению персонала правилам и нормам охраны труда и промышленной безопасности;
- по авариям, травматизму и профзаболеваемости;
- ряд других.

В то же время информационная система управления, как АСОИ, должна выполнять функции не только сбора и систематизации информации, но также и содействовать руководителю в принятии решений.

Разработанные теоретические основы были учтены при проектировании информационной системы для управления профессиональными рисками крупного нефтегазодобывающего предприятия Самарской области.

Список литературы

- 1. Арсентьев Ю.Н., Шелобаев С.И., Давыдова Т.Ю. Принятие решений. Интегрированные интеллектуальные системы. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 270с.
- 2. Емельянова Н.З., Партыка Т.Л., Попов И.И. Информационные системы в экономике. М.: «Форум ИНФРА-М», 2006. 464с.
- 3. Орлов А.И., Федосеев В.Н. Менеджмент в техносфере. – М.: «Академия», 2003. – 384с.
- Сорокина Л.В., Яговкин Н.Г., Яговкин П.Г. Математическое моделирование процесса обучения безопасности жизнедеятельности. Самара: Российская Академия наук, Самарский научный центр, 2009. 126с.
- 5. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: СИНТЕГ, 1998. 376с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРУБЧАТОГО РЕЗОНАТОРА ВИБРАЦИОННОГО ПЛОТНОМЕРА ЖИДКОСТИ РАБОТАЮЩЕГО В РЕЖИМЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Тургай Клим оглы Гусейнов

Канд. технических наук, доцент кафедры Электромеханики Сумгаитского Государственного Университета,г. Сумгаит Бахруз Курбан оглы Амирасланов

Старший преп.кафедры информационные технологии и программирование Сумгаитского Государственного Университета, г. Сумгаит,

ственного Университета, г. Сумгаит, **Шалала Мехти кызы Джафарова**

Старший преп.кафедры информационные технологии и программирование Сумгаитского Государственного Университета, г. Сумгаит,

Гюльшан Элшад кызы Оруджева

Ассистент кафедры информационные технологии и программирование Сумгаитского Государственного Университета, г.Сумгаит

Для измерения плотности жидких сред наряду с другими плотномерами находят применение и вибрационные [1, с.613]. В общем случае эти приборы состоят из чувствительного элемента, выполненного в виде закрепленной на концах трубки, по которой организован поток исследуемой среды и системы возбуждения. Последняя, как правило, состоит из электромагнитных возбудителя и приемника колебаний, а также электронного усилителя. В зависимости от реализуемого режима колебаний между усилителем и приемником колебаний отсутствует или присутствует положительная обратная связь. В первом случае имеет место режим вынужденных колебаний. Здесь плотность измеряемой среды определяется по величине амплитуды колебаний трубки. Второй случай соответствует режиму автоколебаний. В данном случае о плотности судят по частоте автоколебаний трубки, величина которой близка к ее собственным колебаниям. В то же время, в работе [2] указывается на возможность использования в вибрационных плотномерах режима свободных колебаний. Как показал проведенный анализ известных на сегодняшний день литературных источников, содержащих информацию о вибрационных измерителях плотности, в них отсутствуют какие-либо сведения о теории работы плотномеров, использующих режим свободных колебаний. С целью устранения данного пробела в настоящей работе разрабатывается и исследуется математическая модель вибрационного плотномера жидкости работающего в режиме свободных колебаний.

Дифференциальное уравнение малых колебаний трубчатого резонатора с жидкостью при рассмотрении последнего в виде системы с сосредоточенными параметрами имеет вид

$$m x + \alpha x + kx = 0, \tag{1}$$

где \mathcal{X} - отклонение оси резонатора от положения равновесия; $m=m_p+m_{\mathcal{H}}$ - масса резонатора с жидкостью; m_p - масса пустого резонатора; $m_{\mathcal{H}}=\rho v$ - масса жидкости в резонаторе; ρ - плотность жидкости; v - внутренний объем резонатора; α - коэффициент затухания системы; k - коэффициент упругости системы.

Представим (1) в следующем удобном для анализа виде

$$x + 2n x + \omega^{2} x = 0,$$

$$n = \frac{\alpha}{2(m_{p} + v\rho)},$$

$$\omega^{2} = \frac{k}{m_{p} + v\rho};$$
(2)

где n - декремент затухания; ω - собственная частота колебаний. Из (2) следует, что контролируемая плотность может быть определена из следующего соотношения:

$$\rho = \left\lceil \frac{n_0}{n} - 1 \right\rceil \frac{m_p}{v} \tag{3}$$

где $n_0=rac{lpha}{2m_p}$ - декремент затухания пустого резона-

тора.

Запишем (3) в следующем удобном для последующих расчетов виде:

$$n = \frac{n_0}{\frac{v\rho}{m_0} + 1} \tag{4}$$

 $m_{\ p}$ Из (4) определим выражение чувствительности как

$$\frac{\partial n}{\partial \rho} = -\frac{n_0 v}{m_p (v \frac{\rho}{m_p} + 1)^2}$$
 (5)

Взяв частные дифференциалы от (3) по v, ρ и n_0 , перейдя к конечным приращениям, получим выражения абсолютных погрешностей соответственно от изменения внутреннего объема резонатор, плотности измеряемой жидкости и декремента затухания пустого резонатора

$$\Delta n_{v} = -\frac{n_{0}}{m(v\frac{\rho}{m} + 1)^{2}} \Delta v;$$

$$\Delta n_{\rho} = -\frac{n_{0}}{m(v\frac{\rho}{m} + 1)^{2}} \Delta \rho;$$

$$\Delta n_{n_{0}} = -\frac{n_{0}}{m(v\frac{\rho}{m} + 1)^{2}} \Delta n_{0}.$$
(6)

Выражения (6) могут быть использованы для приближенной оценки влияния параметров резонатора на характеристики плотномера. В частности, отсюда следует, что точность измерения тем выше, чем меньше декремент затухания резонатора, т.е. чем больше его добротность.

На сегодняшний день наибольшей добротностью (1000 – 3000) обладают камертонные резонаторы. Однако, неприемлемая для серийного производства сложность их изготовления заставляет приборостроителей искать новые формы и конструкции однотрубных резонаторов повышенной добротности. Так, в плотномерах использующих режим автоколебаний хорошо зарекомендовали себя однородные однотрубные резонаторы, работающие на третьей основной гармонике [2]. Для режима свободных колебаний целесообразно использование неоднородных однотрубных резонаторов. В отличии от однородных в неоднородных резонаторах за счет направленного изменения формы колебаний основных гармоник удается снизить рассеяние энергии через места их закрепления, а следовательно повысить их добротность, за счет уменьшения возникающих здесь во время колебаний поперечных реакций [3].

Таким образом, проведенный анализ подтверждает возможность использования режима свободных колебаний в вибрационных плотномерах жидкости. При этом в

качестве чувствительного элемента подобных плотномеров целесообразно использование неоднородных однотрубных резонаторов. По аналогии с другими частотными датчиками, работающими в режиме свободных колебаний [4], рекомендуется применение этих приборов в системах обегающего контроля.

Литература

- 1. Гаузнер С.И. Измерение массы, объема и плотности: учебное пособие/ С.И.Гаузнер, С.С.Кивилис, А.П.Осокина, А.Н.Павловский.- М: Изд-во стандартов, 1972 г., С.613
- 2. Жуков Ю.П. Вибрационные плотномеры.- М: Энергоатомиздат, 1991 г.
- 3. Гусейнов Т.К. Определение собственных частот колебаний трубчатого резонатора для вибрационно-частотного плотномера нефти // Проблемы математического моделирования, управления и информационных технологий в нефтегазовой промышленности: Труды II Международного симпозиума.- Баку: Элм, 1998 г..- С.83-85.
- Проектирование датчиков для измерения механических величин / ссыПод.ред.Е.П.Осадчего.- М: Машиностроение, 1979 г.

РАСЧЁТ МЕМБРАННО-ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ШАГОВЫМ МЕТОДОМ С УЧЕТОМ УПРУГИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА

Амоян Миша Фрикович Алиев Ариз Алихан оглы Студенты 3 курса, института САДИ, СГТУ имени Гагарина Ю.А., г.Саратов Ким Алексей Юрьевич Научный руководитель студентов доктор техн. наук, профессор кафедры ТСК, СГТУ имени Гагарина Ю.А., г.Саратов

Мембранно-пневматические сооружения, в последние три десятилетия получили широкое распространение во всем мире, в том числе и в нашей стране. Авторами статьи исследуется ряд воздухоопорных и линзообразных сооружений, обладающих высокими технико-экономическими показателями. По данным известного российского ученого профессора Московского архитектурного института В. В. Ермолова пневматические сооружения очень эффективны для строителей, МЧС и в виде спортивных сооружений. [1]

В статье описывается итерационный метод последовательных приращений параметров с поэтапным применением метода конечных элементов, с помощью которого авторы рассчитывает линзообразные пневматические и воздухоопорные сооружения.

Прежде чем излагать итерационный метод приращений параметров, напомним историю создания известного шагового метода приращений параметров.

Численный метод приращений параметров, применяемый для решения нелинейных операторных уравнений, получил развитие во второй половине двадцатого века. [2]

В 1953 - 1958 годах «метод приращений параметров» (под названием «метод вариации параметра») был разработан российским математиком Давиденко Д.Ф. для

решения нелинейных операторных уравнений задач прикладной математики. В 1965 - 1980 годах проф. Петров В.В. развивает шаговый метод приращений параметров для решения задач строительной механики (под названием «метод последовательных нагружений») для решения нелинейных уравнений теории пластинок и оболочек, где за варьируемый параметр принимается параметр нагрузки. [2]

В 1967 - 1975 годах ученым Кузнецовым Э.Н. при исследовании вантовых систем за варьируемые параметры приняты жесткостные параметры систем и соответствующая модификация метода вариации параметра получает название «метод последовательных приращений жесткостей».

Феодосьев В.И., Парфёнова Л.Ф., а затем и другие исследователи за варьируемый параметр уравнений принимают время, и эта разновидность метода вариации параметра получает название «метод последовательных приращений времени». Начиная с семидесятых годов данный шаговый метод широко применяется и совершенствуется учёными многих стран и постепенно получает устойчивое название «метод приращений параметров. В известном методе приращений параметров варьируются различные параметры: параметры, характеризующие нагрузочные воздействия, параметры, характеризующие

жёсткость системы и, наконец, параметр времени. Поэтапная линеаризация системы нелинейных уравнений производится по выбираемым параметрам х. Затем варьируемым параметрам последовательно придаются малые приращения Δx . Исходное напряженно-деформированное состояние системы, соответствующее некоторым значениям хі варьируемых параметров х, считается известным. Все последовательные этапы расчета состоят в определении изменения напряженно-деформированного состояния при задаваемых изменениях варьируемых параметров. Для того чтобы на каждом этапе можно было в рамках требуемой точности пренебречь нелинейными членами (с применением на шаге численной процедуры Эйлера), приращения Δx параметров назначаются достаточно малыми.

Метод последовательных приращений параметров с поэтапным применением метода конечных элементов позволяет исследовать на ЭВМ произвольные мембраннопневматические системы при варьировании различных

На конечной стадии монтажа система определена, усилия в её элементах соответствуют равновесному состоянию, система обладает достаточной несущей способностью. На стадии эксплуатации к системе могут быть приложены пневматическая нагрузка, силовая нагрузка, температурное воздействие и кинематическое воздействие в любых сочетаниях. На каждом шаге приращения параметров с помощью матрицы связанности узлов формируется исходная система поэтапно линеаризованных алгебраических уравнений: $[r_{ab}] \eta = (R_a)$

$$[r_{ab}]\eta = (R_a), \tag{1}$$

где rab – глобальная матрица жесткости системы; η - матрица - столбец искомых перемещений; (Ra) - матрица - столбец свободных членов.

Порядок матрицы [rab] равен N= 3K-d, где d - количество заданных опорных связей закрепленных узлов системы.

Вычислив коэффициенты системы уравнений (1) при а = 1, К, в соответствии с номерами узлов системы формируем разрешающую систему уравнений метода конечных элементов

$$[r_{ik}]\vec{x}_k = (R_i), i = \overline{1, K}, k = \overline{1, K},$$
(2)

в соответствии с глобальной нумерацией наложенных на систему связей.

Решая систему уравнений (2), находим искомые перемещения xk и распределяем их по узлам системы, т.е. определяем узловые перемещения una, vna и wna, полученные системой на шаге n по направлению осей x, y и z.

Далее определяем приращение продольного усилия ∆Nab в каждом стержне ab на шаге n. Значения координат узлов системы ха, уа, za в конце n-го шага варьирования параметров определяются по формулам

$$x_{n+1,a} = x_{na} + u_{na}; \quad y_{n+1,a} = y_{na} + v_{na};$$
$$z_{n+1,a} = z_{na} + w_{na}. \tag{3}$$

При расчете мембранно-пневматических систем автором статьи предложено учитывать упругие свойства воздуха, закаченного в герметически замкнутую полость сооружения, т.е. учитывать влияние на давление pn упругих перемещений поясов линзообразного покрытия. При этом приращение объема пневмолинзы ΔV определяется в зависимости от давления Р и температуры Т воздуха в замкнутой полости пневмолинзы.

Известные методики статического расчета простейших мембранно-пневматических систем основаны на применении как линейной, так и нелинейной системы интегро-дифференциальных уравнений равновесия покрытия, но предполагают постоянство давления воздуха в полости при нагружении, т.е. p = const, другими словами, предполагают, что в уравнениях V= const, где V - объем замкнутой полости покрытия. В то же время расчетная величина давления, постоянного в процессе нагружения системы, в необходимых случаях принималась с учетом температуры окружающей среды согласно закону Шарля, который не учитывает объем воздуха. Рассчитать мембранно-пневматическое сооружение с учетом упругих свойств воздуха, можно только используя универсальное состояние газа, которое учитывает объем газа закаченного между линзами. [2]

Из универсального уравнения состояния газа
$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{PV}{T}, \tag{4}$$

объединяющего известные законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, в котором параметры P1, V1, T1 характеризуют систему на конечной стадии монтажа, с учетом зависимостей

$$P=P_1+\Delta P$$
 , $V=V_1+\Delta V$, $T=T_1+\Delta T$ находим, что
$$\Delta P=\frac{P}{T}\Delta T-\frac{P_1}{V}\Delta V \end{tabular}$$

Вычисляем приращение объема ΔV замкнутой полости (помещения, пневмолинзы или нескольких пневмолинз, если они являются сообщающимися сосудами) в зависимости от вертикальных прогибов поясов покрытия на произвольном шаге п нагружения системы.

Полагая

$$\Delta P = p_n, \ \Delta V = \Delta V_n, \ \Delta T = \Delta T_n,$$

$$P = P^0, \ V = V^0, \ T = T^0.$$
(6)

где Po, Vo, To характеризуют невозмущённое состояние системы на текущем шаге n, т.е.

$$P^{0} = P_{1} + \sum_{l=1}^{n-1} p_{r} + 0.5 p_{n}^{(c-1)},$$

$$V^{0} = V_{1} + \sum_{r=1}^{n-1} V_{r} + 0.5 \Delta V_{n}^{(c-1)},$$

$$T^{0} = T_{1} + \sum_{r=1}^{n-1} T_{r} = 0.5 \Delta T_{n}^{(c-1)}.$$
(7)

выражаем приращение давления в замкнутой полости на шаге п через приращения на шаге п температуры ΔTn и объёма ΔVn замкнутой полости

$$\Delta P_n^{(c)} = p_n^{(c)} = \frac{P^0}{T^0} \Delta T_n - \frac{P_1}{V^0} \Delta V_n$$
(8)

Если прежде расчет линзообразной мембраннопневматической системы сводился проектировщиками к условному расчету предельного состояния ее несущего и напрягающего поясов в отдельности, то теперь рассмотрение пневматической системы в целом, т.е. учет сжимаемости пневмолинзы и изменения давления воздуха в пневмолинзе от совокупности всех параметров, позволяет адекватно описать реальную работу системы при действии как статических, так и динамических нагрузок.

Задача, решаемая автором статьи, состоит в численном исследовании итерационным методом приращений параметров комбинированных пневматических сооружений, т.е. пневматических сооружений, усиленных большепролетными стержневыми или предварительно напряженными вантовыми системами.

Цель исследований состоит в создании новых конструктивных форм мембранно-пневматических сооружений, отличающихся экономичностью и простотой возведения. Строительство таких сооружений очень выгодно с экономической точки зрения, т.к. такие сооружения дешевле традиционных в 3-4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Ермолов В.В. Воздухоопорные здания и сооружения/ Ермолов В.В. – М.: Стройиздат, 1980. – 304 с.
- Ким А.Ю. Численное исследование нелинейных мембранно-пневматических систем/ Ким А.Ю. -Саратов: СГАУ, 2001. - 263 с. Монография депонирована в ВИНИТИ РАН 28.04.01 № 1122 -B2001.

СИНТЕЗ МАГНИТОВОСПРИИМЧИВЫХ АДСОРБЕНТОВ АКТИВАЦИЕЙ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ГИДРОКСИДОМ ЖЕЛЕЗА (III)

Архилин Михаил Анатольевич Аспирант каф. химии и химических технологий Богданович Николай Иванович Проф., д.т.н., зав.каф. химии и химических технологий Меньшина Анна Александровна Магистрант Института естественных наук и технологии САФУ имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

В настоящее время в России достаточно остро стоит проблема комплексного использования природного сырья, в частности, древесины. Известно, что отходы механической и химической переработки дерева - опилки, кора, лигнины могут быть использованы для получения ценных продуктов – адсорбентов [2, с. 107]. При этом для получения адсорбентов применяют химические активирующие агенты, такие как ZnCl₂ и гидроксиды щелочных металлов [1, с. 16]. Химический метод активации углеродсодержащего сырья благодаря своим преимуществам постепенно вытесняет физический метод. При использовании химической активации получаются адсорбенты с большим объёмом пор и более узким распределением пор по размерам.

Известно, что гидроксид железа (III) в определённых условиях может являться активирующим агентом [3, с. 142]. При этом образуются адсорбенты, обладающие магнитной восприимчивостью. Преимущество таких адсорбентов заключается в том, что при контактной очистке промышленных растворов процесс существенно упрощается за счёт проведения адсорбции на больших скоростях (скорость потока может быть увеличена в 15-17 раз), и благодаря лёгкости отделения адсорбента от промышленных растворов путём магнитной сепарации.

Нами было получено 2 серии ферромагнитных адсорбентов (ФМА). Для получения адсорбентов серии МС в качестве сырья использовали гидролизный лигнин, для серии МСЕО - еловые опилки. Адсорбенты получали обработкой древесного сырья раствором сульфата железа (III) с последующим осаждением гидроксида железа (III) щёлочью и с последующими отмывкой, сушкой и пиролизом полученной смеси. Магнитная восприимчивость адсорбентов появляется после пиролиза в результате восстановления гидроксида железа (III) до ферромагнитных форм – магнетита и α-формы железа.

Синтез и исследование свойств ФМА проводили методом планированного эксперимента. Так как выходные параметры в условиях опытов должны изменяться по простым функциональным зависимостям не выше второго порядка, в качестве плана был выбран центральный композиционный ротатабельный униформ-план второго порядка. В качестве независимых переменных были выбраны дозировка гидроксида железа в пересчёте на Fe₂O₃, значение рН конечной точки осаждения Fe(OH)3 и температура пиролиза. Значение и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Vиории и интеррети вори инорония фонторов

з робин и интервалы варвирования факторов						
Попомонии во фактории	Шаг варьиро-	Уровни варьирования факторов				
Переменные факторы	вания, λ	-1,682 (-λ)	-1	0	1	1,682 (+λ)
Дозировка Fe_2O_3 , %, X_1 ,	5	21,6	25	30	35	38,4
рН обработки образца, Х2	1,2	6,0	6,8	8,0	9,2	10,0
Температура пиролиза, Х ₃	40	773	800	840	880	907

Выходные параметры являются выход адсорбента, адсорбционная активность по йоду, по метиленовому голубому, по парам воды и гексана, относительная магнитная восприимчивость. Полученные экспериментальные данные использовали для расчета коэффициентов уравнений регрессии и разработки статистических моделей, связывающих значения выходных параметров с условиями их получения. Уравнения регрессии для серии МСЕО:

$$A(M\Gamma) = 526 + 28X_1 - 44X_3 - 41X_1X_2 - 18X_2^2 + 38X_3^2$$

$$A(I_2) = 2074 + 141X_2 - 223X_3 - 136X_2^2 - 191X_3^2$$
(1);
(2);

$$A(\Gamma) = 142, 4 + 7,1X_2 + 7,7X_3 - 15,0X_2^2 - 7,4X_3^2$$

$$A(H,O) = 95, 4 - 11,0X_2 + 5,9X_3 - 8,5X_1X_2 - 6,3X_2^2 + 2,4X_2^2$$
(4):

$$A(H2O) = 95, 4 - 11,0X1 + 5,9X2 - 8,5X1X2 - 6,3X12 + 2,4X32$$
(4);

OMB =
$$16.2 + 3.6X_2 - 2.0X_2X_3 + 3.4X_1^2 - 1.4X_2^2$$
 (5);
B = $32.9 + 0.9X_3 - 1.4X_1X_2 + 0.8X_1X_3 + 2.8X_1^2 + 2.8X_2^2 - 0.7X_3^3$ (6),

где: $A(M\Gamma)$, $A(I_2)$, $A(\Gamma)$, $A(H_2O)$ - адсорбционная активность по метиленовому голубому $(M\Gamma)$, по иоду, по парам гексана и водяному пару соответственно, мг/г;

OMB – относительная магнитная восприимчивость; В – выход адсорбента, % от а.с. сырья.

Из уравнений 2 и 3 видно, что на адсорбционную активность по иоду и по парам гексана у адсорбентов серии МСЕО не влияет дозировка Fe_2O_3 , а зависимость адсорбции данных адсорбтивов от рН и от температуры пиролиза проходит через максимум. Влияние температуры пиролиза на адсорбцию МГ отрицательное. рН и дозировка Fe_2O_3 имеют влияние друг на друга, и максимальная адсорбция МГ достигается либо при низких рН и высоком содержании Fe_2O_3 , либо при низком содержании Fe_2O_3 и высоких рН. Влияние рН на адсорбцию водяного пара положительное, а температура не оказывает влияния на адсорбцию. Повышение дозировки Fe_2O_3 при низких рН

способствует увеличению адсорбции водяных паров, а при высоких рН – снижению.

Зависимости выхода от рН и дозировки Fe_2O_3 проходят через минимум. Температура практически не влияет на выход сорбентов. Зависимость магнитной восприимчивости от дозировки Fe_2O_3 имеет минимум в центре плана, а при увеличении рН магнитная восприимчивость возрастает. Повышение температуры при больших значениях рН приводит к ухудшению магнитных свойств, а при низких – к улучшению.

Уравнения регрессии для серии МС:

$$\begin{array}{ll} A(M\Gamma) = 331 + 41X_1 + 18X_2 + 20X_3 + 13X_1X_3 + 26X_2X_3 - 7,2X_1^2 - 8,7X_2^2 & (7); \\ A(I_2) = 1124 + 184X_1 + 163X_3 + 65X_1X_3 & (8); \\ A(\Gamma) = 210,3 - 70,2X_3 + 13,5X_1X_3 - 7,4X_1^2 + 23,4X_2^2 + 11,7X_3^2 & (9); \\ A(H_2O) = 164,0 + 18,6X_2 - 19,4X_2^2 - 25,9X_3^2 & (10); \\ OMB = 11,5 - 1,1X_1 - 1,4X_2 - 2,3X_1X_2 + 1,3X_1X_3 - X_1^2 + 1,5X_2^2 + 1,6X_3^2 & (11); \\ B = 40,5 - 1,2X_3 + 0,2X_1^2 - 0,5X_2^2 - 0,8X_3^2 & (12). \end{array}$$

Выявлены следующие зависимости. Адсорбция МГ при повышении рН и увеличении дозировки железа возрастает. Температура также оказывает положительное влияние на адсорбцию МГ, однако при повышенных дозировках Fe_2O_3 и низких рН влияние температуры становится ничтожно малым. Адсорбционная активность по иоду линейно увеличивается при повышении температуры пиролиза и при увеличении содержания Fe_2O_3 . рН не влияет на адсорбцию иода.

Адсорбция паров гексана возрастает при увеличении температуры. При высоких температурах снижение дозировки способствует повышению адсорбции гексана, а при низких - наоборот. Зависимость адсорбции гексана от рН проходит через минимум. Адсорбция по парам воды не зависит от дозировки железа. Зависимости от рН и температуры пиролиза проходят через максимум.

Магнитная восприимчивость зависит от pH следующим образом: при низких дозировках железа pH увели-

чивает ОМВ, при высоких - снижает. При высоких pH увеличение дозировки железа снижает ОМВ, при pH около 6 зависимость ферромагнитных свойств от дозировки Fe_2O_3 проходит через максимум.

Для адсорбентов на основе гидролизного лигнина температура пиролиза значительно влияет на выход: при увеличении температуры выход уменьшается. Наблюдается меньший выход адсорбентов при средних дозировках Fe_2O_3 и при крайних значениях pH.

Адсорбенты серии МС были обследованы методом низкотемпературной адсорбции азота на анализаторе площади поверхности и пористости ASAP 2020mp (Micromeritics, USA). Типичный вид изотермы адсорбции азота показан на рисунке 1. Вертикальный участок в начале кривой указывает на наличие микропор, а петля гистерезиса отражает явление капиллярной конденсации, характерное для мезопор.

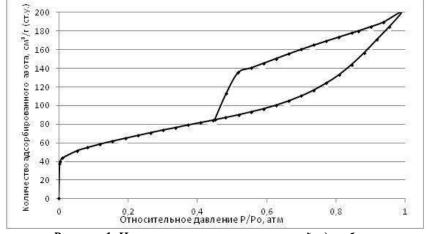


Рисунок 1. Изотерма низкотемпературной адсорбции азота

Среди исследованных образцов МС-10 лидирует по суммарному объёму пор по БЭТ и по объёму мезопор по методу ВЈН (0,49 и 0,41 см 3 /г). Это вызвано наибольшей средней шириной мезопор (7,61 нм). По удельной площади поверхности по БЭТ (315 м 2 /г) и по объёму

микропор лидером является МС-12 с 0,13 см³/г (по Дубинину-Радушкевичу). Таким образом, лучшие образцы ферромагнитных адсорбентов по объёму пор сопоставимы с активным углём на основе скорлупы кокоса, считающимся современным эталоном среди

активных углей. Они имеют невысокую удельную площадь поверхности (на уровне $250-300 \text{ m}^2/\Gamma$), что, однако, не отражается на их адсорбционных свойствах.

Список литературы:

- Viswanathan, B. Methods of activation and specific applications of carbon materials / B. Viswanathan, P. Indra Neel, T.K. Varadarajan // NCCR Internal Bulletin. – Р. 160 [Электронный ресурс].
- 2. URL: http://www.nccr.iitm.ac.in/e%20book-Carbon%20Materials%20final.pdf
- 3. Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов / М.Г. Белецкая, Н.И. Богданович, Н.А. Макаревич, Ю.А. Саврасова // Лесн. журн. Изв. вузов. 2012. № 1. С. 107-112
- Формирование сорбционных и магнитных свойств ферромагнитных адсорбентов при пиролизе отходов переработки древесины в присутствии гидроксида железа (III) / Р.С. Шевченко, Н.И. Богданович, Л.Н. Кузнецова, Г.В. Добеле // Лесн. журн. Изв. вузов. – 1999. - № 2-3. – С. 142-150.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ РАСХОДА ВОДЫ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ В ПОДТОПЛЕННОМ РЕЖИМЕ ИСТЕЧЕНИЯ

Атаманова Ольга Викторовна

Докт. техн. наук, профессор кафедры экологии Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Матвиец Валентина Васильевна

Канд. техн. наук, доцент кафедры гидротехнического строительства и водных ресурсов Кыргызско-Российского Славянского университета, г. Бишкек

Проблема повышения урожаев сельскохозяйственных культур в настоящее время представляет значительный интерес в большинстве регионов мира. В регионах коренного орошения повышение плодородия земель напрямую связано с использованием гидротехнических мелиораций, обеспечиваемых гидромелиоративными системами.

Современные ирригационные системы представляют собой сложные природно-технические комплексы, включающие открытые или закрытые водоводы с размещенными на них линейными гидротехническими сооружениями. При этом гидротехнические сооружения, предназначенные для водораспределения и водоподачи на системе, целесообразно оснащать затворами-автоматами уровней и расходов вод. Для управления процессами распределения отводимых расходов воды в системе целесообразно использовать гидравлические стабилизаторы расхода воды. Эти устройства за счет своих конструктивных особенностей позволяют обеспечивать подачу в отводы заданных расходов воды по запросам потребителей. Обычно конструкции стабилизаторов расхода воды конструктивно не сложны и надежны в работе, поскольку не имеют подвижных в работе элементов. Еще одним достоинством этих устройств является использование ими для стабилизации подачи воды в отводящие каналы гидравлических свойств потока. Таким образом, они не являются электроуправляемыми автоматами и не требуют для выполнения своих функций наличия электроэнергии. Большинство стабилизаторов расхода воды на открытых оросительных системах рассчитаны для работы в условиях свободного истечения из-под стабилизатора.

Наиболее оправданными в работе на каналах открытого типа показали себя стабилизаторы расхода воды типа «коробчатый щит» [1, с.6]. Эти конструкции получили достаточное распространение на ирригационных системах аридной зоны, в частности, в Киргизии, Таджикистане, Узбекистане, на юге Казахстана. Новейшие конструкции стабилизаторов расхода воды позволяют обеспечить постоянство (с погрешностью \pm 5%) расходов воды потребителям при колебаниях уровней воды в каналов старшего порядка, достигающих

 $H_{\rm max}$ / $H_{\rm min}$ = 2,6...2,7 (где $H_{\rm max}$ и $H_{\rm min}$ – максимальная и минимальная глубины воды перед стабилизатором, соответственно).

Для проверки работоспособности гидравлических стабилизаторов расхода воды в подтопленном режиме истечения были проведены лабораторные исследования одной из наиболее совершенных стабилизаторов этого типа – стабилизатора расхода воды с коническим козырьком (СРВКК) [2, с.2].

СРВКК (рис.1) представляет собой, расположенный на водовыпуске 1 и установленный в пазах 2 боковых устоев 3 и имеющий привод 4, управляемый затвор 5. Затвор содержит коробчатую полость, которая образована ломаной по вертикали наружной плоскостью 6 и внутренней плоскостью 7. Коробчатая полость делится на секции 8, причем верхняя часть 9 лицевой грани 6 затвора 5 выполнена наклонной в сторону потока так, что толщина коробчатых секций 8 в верхней части переменна по высоте. В нижней части внутренней поверхности 7 затвора 5 размещен наклонный козырек 10 под углом $\beta_1 = 150^{0} \div 165^{0}$ к потоку. В нижней части передней поверхности 6 затвора 5 размещен конический козырек 11. Стабилизация водоподачи данной конструкцией обеспечивается за счет изменения площади работающего (подщитового) отверстия при увеличении глубины воды перед затвором, за счет переключения истечения с наружной плоскости на внутрен-

Лабораторными исследованиями представлялось необходимым найти параметры ССВКК при несвободном истечении из-под затвора. Исследования выполнялись на базе кафедры гидротехнического строительства и водных ресурсов Кыргызско-Российского Славянского университета. Масштаб модели принимался равным 1:3, что крупнее минимально допустимого, который обеспечивает автомодельность по Рейнольдсу.

Оптимальное планирование экспериментов для установления наиболее рациональных параметров СРВКК в режиме подтопленного истечения в отводящий канал выполнялось методом крутого восхождения, сочетая факторное планирование и движение по градиенту.

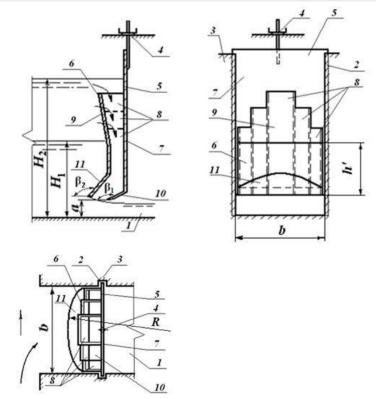


Рисунок 1. Стабилизатор расхода воды с коническим козырьком

На основе ранжирования были выбраны главные факторы, влияющие на оптимизируемый параметр – отклонение отводимого расхода воды от расчетного значения. Поисковыми исследованиями установлены

уровни факторов, интервалы варьирования, и реализован план эксперимента 2^4 . Выбранные уровни варьируемых факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни варьируемых факторов

bobin babbiby embia waktopob							
Уровни	Кодовое обо-	Глубина воды пе-	Открытие,	Глубина воды за	Толщина короб-		
	значение	ред затвором, мм	мм	затвором, мм	чатой секции, мм		
		x_1	x_2	x_3	x_4		
Основной уровень	0	50	20	32	20		
Интервал варьирования	Δx_i	5	5	10	4		
Верхний уровень	+1	55	25	42	24		
Нижний уровень	-1	45	15	22	16		

Реализованный полный факторный эксперимент 24 позволил получить линейную математическую модель:

$$\hat{y} = 2,22 + 0,48x_1 - 0,69x_2 - 0,05x_3 + 0,49x_4 - 0,39x_1x_2 - 0,2x_1x_3 + 0,04x_2x_3 + 0,23x_1x_4 - 0,48x_2x_4 + 0,19x_3x_4 + 0,18x_1x_2x_3 + 0,24x_1x_3x_4 - 0,2x_2x_3x_4 - 0,01x_1x_2x_3x_4.$$
 (1)

На основе анализа коэффициентов регрессии, наблюдаем, что все коэффициенты регрессии, кроме $b_{14}=0.01$, значимы, т.к. по абсолютной величине больше половины доверительного интервала $\Delta b_i=0.03$

. Однако коэффициенты $b_3 = -0.05\,$ и $b_7 = 0.04\,$ также близки по абсолютной величине к значению половины доверительного интервала, поэтому могут быть признаны незначимыми:

$$b_3 = 0.05 \approx b_7 = 0.04 \approx \Delta b_i = 0.03$$
. (2)

Регрессионное уравнение (1) с учетом (2) запишем в следующем виде:

$$\hat{y} = 2,22 + 0,48x_1 - 0,69x_2 + 0,49x_4 - 0,39x_1x_2 - 0,2x_1x_3 + 0,23x_1x_4 - 0,48x_2x_4 + 0,19x_3x_4 + 0,18x_1x_2x_3 + 0,24x_1x_3x_4 - 0,2x_2x_3x_4$$

Проверка адекватности математической модели (3) состояла в следующем:

$$S_{a\delta}^2 = \frac{\sum (\bar{y} - \hat{y})^2}{N - (k+1)} = \frac{1,69}{16 - 11} = 0,338.$$
 (4)

Расчетное значение критерия Фишера определялось по [3, с.91] и было равно при уровне значимости 0,05:

$$f_{pacq} \frac{S_{a\delta}^2}{S_n^2} = \frac{0.338}{0.14} = 2.41.$$
 (5)

Сравнивая полученное расчетное значение (5) с расчетным значением критерия Фишера, получаем

$$f_{pac4} = 2,41 < f_{ma6\pi(0,5;5;32)} = 2,53.$$
 (6)

Выражение (6) подтверждает адекватность математической модели (3).

Далее для оптимизации параметров СРВКК коэффициенты регрессии в выражении (3) были использованы для установления направления «крутого восхождения» по

градиенту. Начальной точкой движения по градиенту являлась точка (\bar{x}_1^0 , \bar{x}_2^0 , ..., \bar{x}_n^0), в окрестности которой получена аппроксимирующая гиперплоскость.

Исходные данные для расчета и его результаты приведены в табл. 2.

Крутое восхождение для оптимизации параметров СРВКК

Таблина 2

	Крутое восхождение для оптимизации параметров СРВКК							
No	Последовательность кру-	Исс	ледуемые ф	акторы	Отклик			
	того восхождения	x_1	x_2	x_4	\mathcal{Y}_{1n}	\mathcal{Y}_{2n}	\mathcal{Y}_{3n}	$\overline{\mathcal{Y}}_n$
1	Коэффициент регрессии, b_i	0,48	-0,69	0,49				
2	Интервал варьирования, Δx_i	5	5	4				
3	$b_i \Delta x_i$	2,4	-3,45	1,96				
4	Сдвиг по базовому фактору, $\lambda_{\rm l} = 1 \big/ \big l_i \big $		1/3,45					
5	Ориентировочный шаг, $\cong \lambda_1(b_i \Delta x_i)$	0,69	-1,0	0,57				
6	Округление	1	1	1				
7	Выбранный шаг, $\lambda(b_i \Delta x_i)$	2	-2	1				
8	Опыты: 1	52	18	21	-	-	-	-
	2	54	16	21	5,1	5,2	5,3	5,2
	3	56	14	22	5,33	5,31	5,29	5,31
	4	58	12	22	4,7	4,72	4,68	4,7
	5	60	10	23	3,0	3,04	3,07	3,04
	6	62	10	23	3, 5	3,7	3,65	3,62
	7	64	10	24	4,14	4,14	4,15	4,14
	8	66	12	24	4,27	4,29	4,29	4,28
	9	66	14	24	4,25	4,25	4,26	4,25
	10	66	16	24	4,38	4,39	4,4	4,39
	11	68	18	24	4,46	4,45	4,44	4,45
	12	68	20	24	4,63	4,6	4,55	4,6
	13	68	22	25	4,66	4,73	4,78	4,72
	14	68	24	25	4,99	4,98	4,99	4,99
	15	68	25	25	5,0	5,1	5,2	5,1

Сдвиг по базовому фактору рассчитывался по рекомендациям [4, с.165].

Реализованный физический эксперимент дал возможность получить отклики при наиболее рациональных сочетаниях выбранных факторов, соответствовавших качеству стабилизации близкому к значению $\pm 5\%$ но не превышающему это значение (в пределах одной секции).

Проведенный эксперимент позволил выявить наиболее рациональные значения факторов СРВКК, работающего в режиме подтопленного истечения изпод затвора. Диапазон колебаний глубин перед стабилизатором расхода в пределах одной секции $\Delta H_i = 68-50=18 \ \textit{мм} \ ; \ \text{максимально допустимое}$ открытие $a_{\text{пках}}=25 \ \textit{мм} \ ; \ \text{толщина коробчатой секции}$ $t=24 \ \textit{мм} \ .$

Принимаем во внимание, что для стабилизаторов расхода воды типа «коробчатый щит» рекомендуемый расчетный напор перед затвором $H_{p} = H_{\min} = 0.65 \div 0.7 \ \mbox{\it M} \ .$

Пересчитав с модели на натуру, получены следующие результаты параметров СРВКК:

• максимальное открытие стабилизатора:

$$a_{\text{max}} = (0.35...0.39)H_{\text{min}},$$
 (7)

где H_{\min} – минимальный напор перед стабилизатором;

• диапазон колебаний напоров перед стабилизатором, при котором обеспечивается стабилизация водоподачи:

$$\Delta H = (2,16...2,25)a_{\text{max}};$$
 (8)

• толщина секции затвора:

$$t = (0.9...0.96)a_{\text{max}};$$
 (9)

• допустимое подтопление:

$$h_n \le H_n \,. \tag{10}$$

Полученные выражения (7)...(10) дополнили методику расчета СРВКК, функционирующего в пдтопленном режиме истечения из-под затвора.

Проведенные гидравлические исследования стабилизатора расхода воды с коническим козырьком в режиме несвободного истечения позволили сделать следующие выводы.

выводы

- Гидравлические стабилизаторы расхода воды могут использоваться на открытых каналах при подтопленном истечении через сооружение, обеспечивая постоянство отводимых расходов воды.
- Функционируя в режиме несвободного истечения изпод затвора, гидравлический стабилизатор расхода воды с коническим козырьком обеспечивает постоянство (с погрешностью не превышающей ±5%) отводимого расхода воды при диапазоне колебаний напоров в канале старшего порядка меньшем по величине, чем при работе в режиме свободного истечения из-под затвора [5, с.284]. Это наблюдается и у других конструкций стабилизаторов расхода типа «коробчатый щит».
- При расчете параметров СРВКК для водовыпускного сооружения, работающего в режиме подтопленного истечения необходимо использовать зависимости (7)...(10). Это позволит обеспечить постоянство водоподачи в отводящий канал с заданной точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атаманова О.В. Систематизация способов и средств стабилизации водоподачи оросительных систем // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2005. № 3. С.6-11.
- 2. Атаманова О.В., Круглова В.В. Патент Кыргызской Республики № 1551 КР МКИ Е02В 13/02. Стабилизатор расхода воды. Опубл. в БИ № 6, КР, 2013. 5 с.: ил.
- 3. Беликов В.Г., Пономарев В.Д., Коковкин-Щербак Н.И. Применение математического планирования и обработка результатов эксперимента в фармации. М.: Медицина, 1973. 232 с.
- 4. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1974. 231 с.
- Атаманова О.В., Круглова В.В. Оптимизация параметров гидравлического стабилизатора расхода воды с коническим козырьком // Вестник КГУСТА №3 (37). Бишкек, 2012. С.279-285.

СИНТЕЗ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОКСИДОВ NA И К

Белецкая Марина Геннадьевна ассистент кафедры химии и химических технологий

Богданович Николай Иванович

Д.т.н., профессор, зав.кафедрой химии и химических технологий

Романенко Кристина Александровна

Магистрант кафедры химии и химических технологий САФУ имени М.В.Ломоносова, г. Архангельск

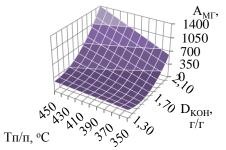
В условиях постоянного нарастания загрязнений в окружающей среде, быстрыми темпами растет потребление различных фильтрующих веществ. Наиболее распространенными и эффективными фильтрами являются фильтры на основе активированного угля. В качестве сырья для получения активных углей (углеродных адсорбентов) с успехом может быть использовано лигноцеплюлозное сырье [1, с 107-112; 2, с 120-132], что было неоднократно подтверждено экспериментально, в том числе и гидролизный лигнин. Для синтеза активированного угля все чаще используются методы термохимической активации, поскольку они позволяют получать адсорбенты с заданными адсорбционными свойствами и параметрами пористой структуры.

Предварительные исследования показали, что использование предварительной термообработки, так называемого предпиролиза, позволяет не только снизить расход активирующего агента, но и увеличить выход получаемых углеродных адсорбентов, а также влияет на адсорбционные свойства [3, с 125-132; 4, с. 717-721]. Для синтеза активированных углей был использован метод

планированного эксперимента для трех факторов. Так температура предпиролиза ($T_{\Pi/\Pi}$) варьировалась в интервале $350-450\,^{\circ}\mathrm{C}$, температура термохимической активации (TXA) $600-750\,^{\circ}\mathrm{C}$, дозировка активирующего агента $1,3-2,1\,^{\circ}\mathrm{r/r}$ к а.с. лигнину. В качестве активирующего агента были использованы гидроксид натрия и гидроксид калия.

Полученные экспериментальные данные были использованы для расчета коэффициентов уравнений регрессии второго порядка. Уравнения со значимыми коэффициентами, адекватно описывающими процесс, являются математическими моделями. Все полученные уравнения регрессии, оказались адекватными экспериментальным данным при доверительной вероятности 95 %, и были использованы для построения поверхностей отклика.

Полученные образцы активированного угля были исследованы по стандартным тест-веществам, используемым для характеристики адсорбентов при адсорбции из жидкой фазы: метиленовый голубой (МГ) и йод.



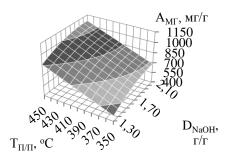
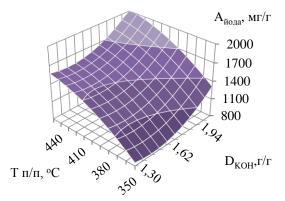


Рисунок 1. Поверхности отклика адсорбционной активности по МГ активированного угля при температуре TXA 675 °C

Осветляющая способность по МГ возрастает при повышении температуры предпиролиза. Дозировка гидроксида натрия и температурные факторы закоррелированны между собой, что видно из рисунка 1. С повышением дозировки активирующего агента осветляющая способность по МГ также возрастает. Следует отметить, что абсолютное значение удельной адсорбции метиленового голубого ($A_{\rm MГ}$)выше для образцов, синтезированных с использованием гидроксида калия, и достигает 1400 мг/г.

Для всех синтезированных образцов активного угля была также исследована адсорбционная активность по йоду ($A_{\rm йода}$). Температура предпиролиза, как и в случае удельной адсорбции МГ, оказывает существенное влияние на адсорбционную активность по йоду: с ее повышением в данном интервале варьирования адсорбционная активность по йоду возрастает как с использованием КОН, так и NaOH в качестве активирующего агента.



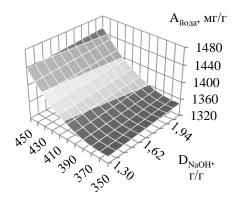
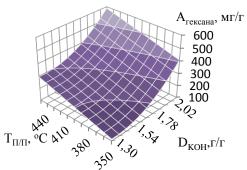


Рисунок 2. Поверхности отклика адсорбционной активности по йоду АУ при температуре ТХА 725 °C

Наилучшие адсорбционные свойства проявляют образцы, синтезированные при максимальной температуре предпиролиза и дозировке активирующего агента. Абсолютное значение удельной адсорбции как МГ, так и йода, почти в 1,3 раза выше в случае использования гидроксида калия.

Для определения способности полученных образцов к поглощению газов, аналогичным образом была исследована адсорбция паров гексана. Поверхности отклика (рисунок 3) представлены ниже.



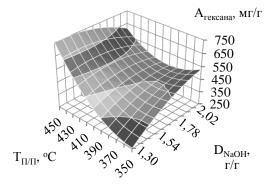


Рисунок 3. Поверхности отклика адсорбции гексана АУ при температуре ТХА 675 °C

Анализ поверхностей отклика показывает, что с повышением температуры предпиролиза адсорбция возрастает. Вместе с тем, дозировка щелочи не оказывает аналогичного эффекта. Наибольшая адсорбция гексана наблюдается при минимальных дозировках NaOH и максимальных температурах предпиролиза, и повышение дозировки гидроксида натрия оказывает отрицательное воздействие на данный выходной параметр. Однако, при использовании КОН наибольшие абсолютные значения удельной адсорбции гексана достигаются при максимальной температуре предпиролиза и дозировке щелочи.

Характеристика активированного угля по адсорбционным свойствам не дает полного представления о формировании его структуры в зависимости от активирующего агента. Однако, это показывает, что его выбор играет ключевую роль в образовании пористой структуры углеродных адсорбентов, поскольку позволяет существенно варьировать его свойства. Поэтому, с целью определения влияния активирующего агента была исследована пористая структура активных углей методом низкотемпературной адсорбции азота (77К). Для определения удельной поверхности и общего объема пор полученные изотермы были обработаны по уравнения БЭТ.

Поверхности отклика показывают, что, при использовании гидроксида натрия, дозировка его влияния на удельную поверхность по БЭТ ($S_{\rm БЭТ}$) практически не оказывает, в то время как повышение дозировки гидроксида калия приводит к существенному повышению данного выходного параметра.

В последнем случае, наибольшая удельная поверхность будет формироваться при максимальной температуре предпиролиза и дозировке КОН. Абсолютное значение удельной поверхности будет практически одинаковым как при использовании NaOH, так и гидроксида калия.

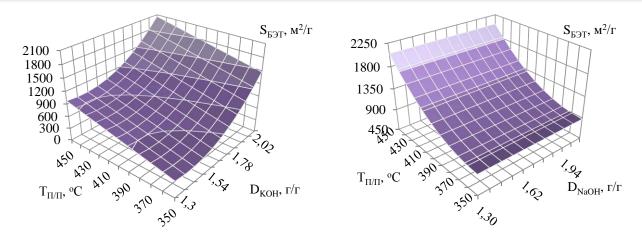


Рисунок 4. Поверхности отклика удельной поверхности по БЭТ при температуре TXA 675 °C

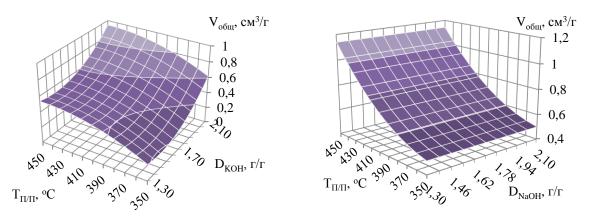


Рисунок 5. Поверхности отклика общего объема пор по БЭТ при температуре TXA 675 °C

Аналогичные зависимости наблюдаются и для общего объема пор, определенного по уравнению БЭТ. При использовании гидроксида натрия в качестве активирующего агента возможно получить адсорбенты с объемом пор на 15-20% выше, чем при использовании калиевого основания, при прочих равных условиях синтеза.

Анализ адсорбционных свойств и пористой структуры углеродных адсорбентов на натриевом и калиевом основании показал, что выбор активирующего агента является одним из определяющих факторов направленного синтеза активного угля с заданными характеристиками.

Список литературы

- 1. Саврасова Ю.А., Белецкая М.Г., Богданович Н.И., Макаревич Н.А. Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов // ИВУЗ: Лесной журнал, 2012. №1.
- Богданович Н.И. Пиролиз технических лигнинов // ИВУЗ: Лесной журнал. 1998. №2-3.
- 3. Белецкая М.Г., Богданович Н.И., Кузнецова Л.Н., Саврасова Ю.А. Методы термохимической активации в синтезе активных углей из технических лигнинов // ИВУЗ: Лесной журнал. 2011. № 6.
- 4. Beletskaya M.G., Bogdanovich N.I. The Formation of Adsorption Properties of Nanoporous Materials by Thermochemical Activation. Russian Journal of Bioorganic Chemistry, 2014, Vol. 40, No. 7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФЕКТА «ИЗЛОМ», ОБРАЗОВАННОГО ПРИ ОТЖИГЕ ХОЛОДНОКАТАНОГО МЕТАЛЛА В РУЛОНАХ, НА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОМ 3D МИКРОСКОПЕ

Белов Валерий Константинович Профессор, канд. физ-мат. наук, МГТУ им Г.И. Носова, г. Магнитогорск Дьякова Мария Викторовна Аспирантка, МГТУ им Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Губарев Евгений Владимирович Ассистент, МГТУ им Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Беглецов Данил Олегович

Старший преподаватель, МГТУ им Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Одним из основных дефектов холоднокатаных полос, возникающим при отжиге в колпаковых печах, является «свариваемость» или «слипание» витков рулона между собой. В результате чего, при размотке такого рулона образуются специфические нарушения плоскостности полос, имеющие вид поперечных «изломов». Анализ показателей качества металла, выпущенных в цехах по производству холоднокатаного листа, выявил, что отсортировка по дефекту «излом» доходит до 3.5% [3,4]. В ряде исследований [3,4] показано, что микротопография поверхности холоднокатаного листа, наряду с режимами и силами натяжения при намотке рулонов, является одним из основных факторов, влияющим на «свариваемость» витков.

Однако до настоящего времени не сделаны локальные исследования микротопографии поверхности листа в области дефекта излом и в области вне этого дефекта. Тем более что сейчас имеются совершенно новые возможности для исследования 3D критериев микротопографии поверхности [1,2,5]. 3D критерии позволяют определять число микровыступов поверхности на единице площади, площади контакта шероховатой поверхности, которые определяют во многом силу, необходимую для разрыва сваренных поверхностей. Используемые ранее профильные 2D параметры (Ra, Pc) могли только опосредовано оценивать вышеуказанные 3D критерии.

На рисунке 1 представлены профили шероховатости с дефектом «излом» по верху и низу полосы. Из рисунков видно, что дефект представляет собой локальное утончение металла шириной 1,84 мм и глубиной 6,4 мкм вдоль направления прокатки, образованное в результате местного растяжения.

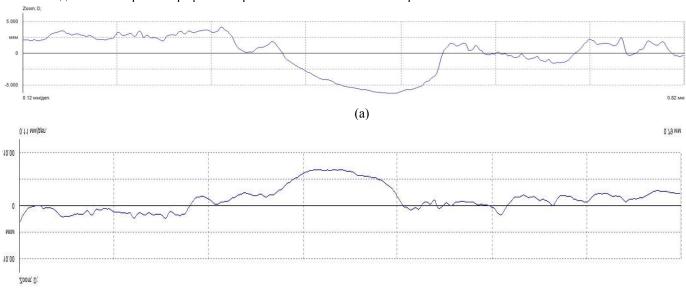


Рисунок 1. Профили микротопографии образцов с дефектом «излом»: (а) – верх полосы, (б) – низ полосы

То есть макротопографию дефекта излом можно упрощённо представить в виде, представленном на рис.2

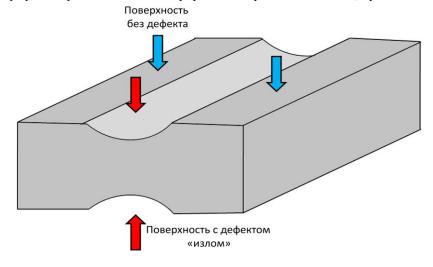


Рисунок 2. Макротопография дефекта «излом»

3D карты микротопографии поверхности (рис. 2), полученные на интерференционном микроскопе, позволили получить общую картину дефекта «излом» по ширине полосы. Из карт видно, что дефект имеет однородное утончения полосы по всей длине дефекта.

Различия микротопографии листа в области с дефектом и в соседней области без дефекта «излом» хорошо видны на 3D картах поверхности (рис. 4.).

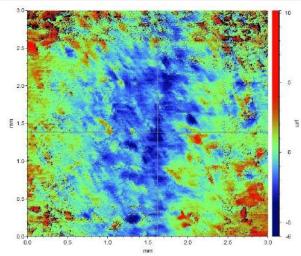


Рисунок 3. Микротопография поверхности образца с дефектом «излом»

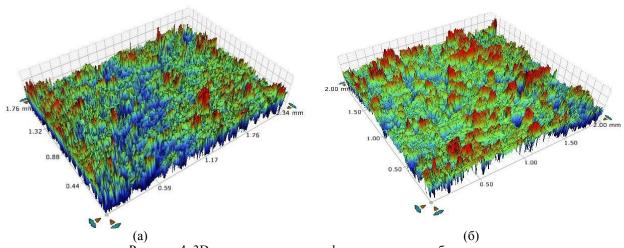


Рисунок 4. 3D карты микротопографии поверхности образцов листа: (a) с дефектом, (б) без дефекта излом

В данной работе было показано, что участок поверхности с дефектом «излом», образованным в результате слипания витков металла в рулоне при отжиге в колпаковых печах, имеет отличную от бездефектного участка топографию как на макро (образование локального утончения), так и на микроуровне (изменения 3D характеристик). Данные исследования позволяют по новому взглянуть на проблему слипания витков рулона при отжиге в колпаковых печах.

Список литературы:

1. Белов В.К, Пономарева М.В. Новое в метрологии: замена 2D параметров микротопографии профиля на 3D параметры микротопографии поверхности // Контроль и диагностика. 2012. №7. С.57-63.

- 2. Белов В.К, Пономарева М.В. Новый подход к регламентации микротопографии поверхности холоднокатаного листа с использованием современных 3D параметров // Бюллетень научно-технической и экономической информации "Черная металлургия". 2012. №5. С.46-55.
- 3. Гарбер Э.А., Дилигенский Е.В. Формирование и контроль шероховатости поверхности прокатных валков и холоднокатаных полос: Учебное пособие. /Москва: Теплотехник. 2009. 120с.
- 4. Мазур В.Л. Производство листа с высококачественной поверхностью / Киев: Техника, 1982. 166 с.
- 5. Blunt L. Advanced techniques for assessment surface topography: development of a basis for 3D surface texture standards "surfstand"/ Blunt L-2003.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АКТИВНОГО УГЛЯ НА АДСОРБЦИЮ КАПРОЛАКТАМА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Краснова Тамара Андреевна

Д.т.н., профессор, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово

Беляева Оксана Владимировна

К.х.н., Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово Соловьева Юлия Викторовна

К.х.н., Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово

Модифицирование активных углей (АУ) проводят с целью изменения их адсорбционных, каталитических, ионообменных и химических свойств. В качестве модификаторов используют растворы кислот, оснований, солей, а также окислителей различного типа. Результатом воздействия модификаторов являются изменения пористой структуры и/или химического состояния поверхности активных углей (АУ), степень которых зависит от типа модификатора и условий модифицирования. С практической точки зрения представляет интерес модифицирование АУ с целью повышения их адсорбционной ёмкости.

Целью работы было исследование влияния модифицирования активного угля кислотой и окислителями различного типа на адсорбцию из водных растворов ε - капролактама.

Объектом исследования выбран активный уголь марки АГ-ОВ-1 (образец \mathbf{I}) (ОАО "Сорбент" г. Пермь). В качестве модификаторов использовались HCl, кислород воздуха при повышенной температуре (термическое окисление), пероксид водорода и озон. Обработка АУ кислотой проводилась раствором HCl с концентрацией 1.5 моль/дм³ (образец \mathbf{II}). При термическом окислении

навеска образца прогревалась в течение 5 ч при температуре 250.0 ± 0.1 °C (образец **III**). Окисление пероксидом водорода проводилось последовательной обработкой навески АУ растворами с концентрацией 36% и 10% (образец **IV**) [3]. Озонирование сорбента осуществлялось при температуре 25 ± 1 °C озоно-кислородной смесью, содержащей 1.0 - 1.5% (объёмных) озона (образец **V**) [2].

Удельная поверхность ($S_{\rm БЭТ}$), объём микро- ($V_{\rm микро}$) и мезопор ($V_{\rm мезо}$) образцов АУ определялись по низкотемпературной адсорбции азота на приборе "Сорбтометр М" (производство ИК СО РАН, г Новосибирск). Изменение состояния поверхности адсорбентов отслеживалось по результатам потенциометрического титрования по Бёму [1, с.145].

Изучение пористой структуры полученных образцов показало (табл. 1), что обработка кислотой и озонирование увеличивают удельную поверхность адсорбента, тогда как термическая обработка и модифицирование пероксидом водорода — уменьшает. Для всех модифицированных АУ происходит перераспределение пор: объём мезопор уменьшается, а микропор — увеличивается, степень изменения зависит от типа модификатора.

Таблица 1.

Характеристики адсорбентов

	пористые характеристики адсоро				1ь-экв./2	
образец	S _{БЭТ} , м ² /г	V _{микро} , см ³ /г	V _{мезо} , см ³ /2	-ОН	-СООН слабокисл.	-СООН сильнокисл.
I	682	0.22	0.24	0.21	0.08	0.03
II	710	0.23	0.18	0.23	0.10	0.17
III	619	0.27	0.15	0.36	0.05	0.06
IV	670	0.32	0.13	0.25	0.09	0.03
V	831	0.40	0.16	0.22	0.18	0.12

Изучение состояния поверхности АУ свидетельствует о принципиальном различии действия модификаторов (табл. 1). Так, при обработке HCl и O_3 резко возрастает содержание поверхностных соединений кислорода (КФГ) в виде карбоксильных групп (особенно сильнокислотных), при этом количество фенольных групп меняется незначительно. Обработка H_2O_2 незначительно повышает

содержание фенольных и слабокислотных групп. При термической обработке растет количество фенольных групп, а также наблюдается конверсия части слабокислотных карбоксильных групп в сильнокислотные.

Адсорбция ϵ - капролактама изучалась в статических условиях в интервале концентраций $0.05-2.0~\mathrm{г/дm^3}$, при соотношении навеска адсорбента: объём анализируемого раствора, равном 1:100. Полученные изотермы адсорбции представлены на рисунке 1.

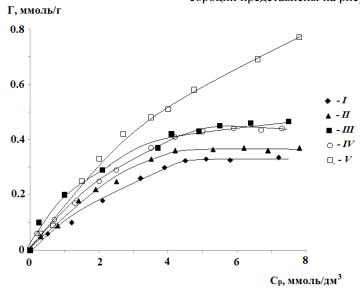


Рисунок 1. Изотермы адсорбции ε - капролактама из водных растворов AV марки AГ-OB-1: I - промышленным; II - обработанным HCl; III - прогретым при 250 °C; IV - обработанным H_2O_2 ; V - окисленным O_3 .

Полученные результаты показали (рис. 1), что все способы модифицирования повышают адсорбционную емкость активного угля марки АГ-ОВ-1 по отношению к исследуемому органическому веществу.

Количественная оценка изменения адсорбционной емкости АУ проводилась с использованием уравнения Дубинина - Радушкевича. Проведенные расчеты свидетельствуют, что наибольшее значение предельной адсорбционной емкости наблюдается для окисленного озоном образца (рис. 2).

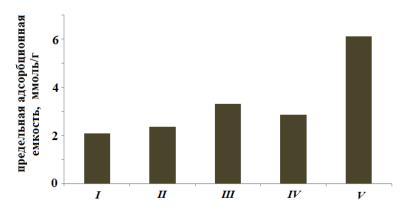


Рисунок 2. Предельная адсорбционная емкость AV марки $A\Gamma$ -OB-1 по отношению к ε – капролактаму: I - промышленного; II - обработанного HCl; III - прогретого при 250 °C; IV - обработанного H_2O_2 ; V - окисленного O_3 .

Высокая эффективность озонирования связана, вероятно, со значительным изменением как пористой структуры, так и состояния поверхности АУ. Увеличение объема микропор способствует повышению количества ϵ - капролактама, адсорбированного за счет дисперсионного взаимодействия, а рост КФГ - доли специфически адсорбированных молекул за счёт образования водородных связей с фенольными и карбоксильными группами.

Полученные результаты позволяют расположить используемые модификаторы в следующий ряд эффективности:

озон > воздух при $250^{\circ}C >$ пероксид водорода > кислота.

Список литературы:

- Boehm H.P. Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment // Carbon, 40 (2002). P.145 – 149.
- 2. Беляева О.В., Юстратов В.П., Краснова Т.А., Патраков Ю.Ф., Семёнова С.А. Способ получения модифицированного активного угля. Патент 2367598. Опубл. 20.09.09. Бюл. №26.
- 3. Юстратов В.П., Краснова Т.А., Беляева О.В., Алексеева О.А. Способ получения модифицированного активного угля. Патент 2240863. Опубл. 27.11.04. Бюл. №33.

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВАЛКИ ПРЕСОВАННОГО МЕТАЛЛОЛОМА В ОАО «ТУАПСИНСКИЙ МОРСКОЙ ТОРГОВЫЙ ПОРТ»

Борисова Марина Александровна

Канд.пед.наук, доцент кафедры Управления транспортными процессами ИВТ им. Г.Я.Седова, г. Ростов-на-Дону
Парасотченко Александр Валерьевич

Старший преподаватель кафедры Управления транспортными процессами ИВТ им. Г.Я.Седова, г. Ростов-на-Дону

ОАО «Туапсинский морской торговый порт» входит в UCL Port – субхолдинг, объединяющий стивидорные активы транспортной группы UCL Holding: Таганрогский морской порт на Юге страны, а также ОАО «Морской порт Санкт-Петербург», ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург», ООО «Универсальный перегрузочный комплекс» на Северо-Западе России.

В настоящее время Морской торговый порт Туапсе является вторым по объему грузооборота портом на Юге России. Пропускная способность порта оценивается в 20 млн. т/год, в т.ч. по нефтеналивным грузам — 14,0 млн. т/год.

На территории и акватории Туапсинского порта функционируют ОАО «Туапсинский Морской Торговый

Порт» (ОАО «ТМТП»), ЗАО «Туапсинский Морской Рыбный Порт», ОАО «Туапсинский Судоремонтный завод» (ТСРЗ) и ООО «Туапсинский Морской Коммерческий Порт» (рис. 1).

В настоящее время ОАО «Туапсинский Морской Торговый Порт» активно участвует в привлечении новых перспективных грузопотоков, в том числе, способствующих развитию порта и грамотному освоению территории ТСРЗ.

На сухогрузном районе порта на причале №13 осуществляется перегрузка сборного металлолома. Судовая грузовая партия накапливается на буферном складе причала (рис. 2).



Рисунок 1. Карта Морского торгового порта Туапсе



Рисунок 2. План причала №13 OAO «ТМТП»

Металлолом предъявляется к приемке партиями. Многие стивидоры осуществляют погрузку судов металлоломом навалом, не интересуясь проблемой неполного использования грузоподъемности судов из-за его невысокой плотности и наличия пустот в штабеле.

В некоторых портах при погрузке сборного металлолома практикуют по согласованию с судовладельцем трамбование груза в трюме посредством погрузчиков. Либо используется метод трамбования металлолома сбрасыванием на штабель в трюме тяжелого металлического изделия, так называемой «трамбовки».

Такие способы уплотнения штабеля металлолома в трюме чреват пробоями корпуса судна из-за превышения допустимых ударных нагрузок на пайол.

Кроме вышеуказанной проблемы, перевозка прессованного металлолома является более рентабельной, чем сборного, так как при этом полностью используется паспортная грузоподъемность судна.

В качестве характерного судна для расчетов рассмотрен теплоход «Сормовский». Класс судна — М-СП Речного Регистра. Тип судна — однопалубный двухвинтовой теплоход с двойным дном и двойными бортами. Назначение судна — перевозка навалочных, зерновых, лесных и генеральных грузов. Грузоподъемность судна 2929 т, грузовместимость всех грузовых помещений 4297 м³.

Технологические показатели груза (удельный погрузочный объем):

- сборного металлолома $1,4-2 \text{ м}^3/\text{т}$;
- прессованного металлолома 0,3-0,5 м³/т.

Сравнение параметров удельного погрузочного объема груза и удельной грузовместимости судна произведено по формуле:

$$\omega_{\rm r} \sim \omega_{\rm c}$$
 (1)

где ω_{Γ} – удельный погрузочный объем металлолома, м 3 /т;

 $\omega_{\rm c}$ – удельная грузовместимость судна, м³/т;

$$\omega_{\rm c} = \frac{W_{\rm c}}{Q_{\rm c}} \tag{2}$$

где $W_{\rm c}$ – вместимость грузовых помещений судна, м³; $Q_{\rm c}$ – паспортная грузоподъемность судна, т.

При погрузке сборного металолома $\omega_r > \omega_c$ (1,8м³/т > 1,47м³/т). Груз является «легким» для данного судна, фактическая загрузка судна сборным металлоломом определяется его грузовместимостью:

$$Q_{\Phi} = W_{c}/\omega_{r} \tag{3}$$

Фактическая загрузка судна составит 2387,22 т при паспортной грузоподъемности т/х «Сормовский» 2929 т.

Недогруз судна при его загрузке сборным металлоломом составил 542 т.

В то же время при загрузке теплохода пресованным металлоломом, имеющим погрузочную плотность гораздо выше, чем сборный металлолом, паспортная грузоподъемность судна (2929 т) будет использована полностью.

При загрузке крупнотоннажных судов разница в массе судовой грузовой партии при погрузке сборного и прессованного металлолома будет еще более существенной.

Произведен расчет некоторых технико-технологических показателей работы причала [2, с. 4]. Для ОАО «ТМТП» принят годовой грузооборот металлолома, равный 60000 т.

Среднемесячный грузооборот причала определяется по формуле:

$$Q_{\text{Mec}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\Gamma}}{T} \tag{4}$$

где Q_{Γ} – годовой грузооборот, т;

 $T_{\rm H}$ – продолжительность навигационного периода, мес.

Среднемесячный грузооборот причала № 13 составит 5000 т.

Грузооборот в наиболее напряженный месяц навигации с учетом коэффициента месячной неравномерности обработки грузов определяется по формуле:

$$Q_{\text{Mec}}^{max} = k_{\text{H}} \cdot Q_{\text{Mec}}^{\text{cp}} \tag{5}$$

где $k_{\rm H}$ - коэффициента месячной неравномерности обра-

ботки грузов.

Грузооборот металлолома в наиболее напряженный месяц навигации составит 6000 т.

Среднесуточный грузооборот причала определяется по формуле:

$$q_C^P = \frac{q_{\text{Mec}}^{max}}{30.5 - t_{\text{un}}} \tag{6}$$

где 30,5 - средняя продолжительность месяца, сут;

 $t_{
m hp}$ - количество нерабочих дней по метеоусловиям в наиболее напряженный месяц, сут.

Среднесуточный грузооборот металлолома составит 341,81 т.

Среднемесячный судопоток определяется по формуле:

$$n_{c} \! = \! \frac{\varrho_{\text{мес}}^{max}}{\varrho_{\varphi}} \hspace{2cm} (7)$$
 Среднемесячный судопоток составит 2 судна в ме-

сяц.

Комплекс по прессованию металлолома в брикеты предлагается разместить на территории ОАО «Туапсинский судоремонтный завод», в районе хозпричала, где имеется свободная территория (рис. 3).

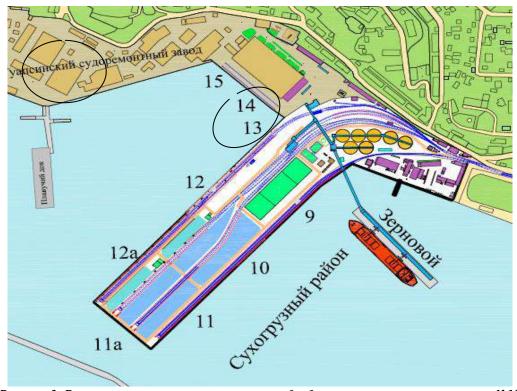


Рисунок 3. Взаиморасположение комплекса по обработке металлолома и причала №13

Груз поступает на территорию СРЗ в бортовых автомашинах (АМ) навалом для последующей разделки, прессования и погрузки в АМ.

На выделенной территории предлагается размещение технических средств по переработке и прессованию металлолома расположить в порядке, показанном на рисунке 4.

Позиции на плане: 1- универсальный погрузчик; 2склад сборного металлолома; 3 -плазморез; 4 - пакетировачный пресс; 5 - склад прессованного металлолома; 6 весы с дозиметром; 7 - арендованное помещение с дополнительным оборудованием плазмореза; 8 - дорожное покрытие; 9 - прочие строения.

Водитель автомобиля въезжает на территорию СРЗ и проезжает к электронным весам, где производится процедура взвешивания груженного автомобиля. После процедуры взвешивания и замера уровня радиации, АМ съезжает с весов и заезжает на открытую складскую площадь, где производится выгрузка.

После выгрузки производится взвешивание порожнего автомобиля.

При помощи манипулятора металлолом перемещают в приемный бункер пресса для изготовления брикетов, которые в дальнейшем загружаются в портовый автомобиль и перевозятся на территорию 13-го причала ОАО «TMT Π ».

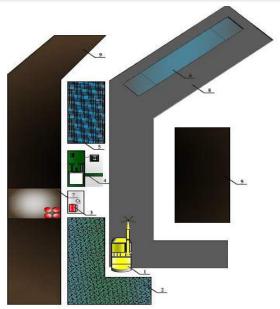


Рисунок 5. Расстановка техники на территории ТСРЗ

Технологические схемы [1, с. 26-27]:

- АМ Кран (грейфер) Склад. АМ Кран (грейфер) Пакетировочный пресс Кран (грейфер) –Склад.
- 3. Склад Кран (грейфер) Пакетировочный пресс Кран (грейфер) -Склад.
- 4. Склад Кран (грейфер) АМ.

Технические средства: кран-манипулятор; грейфер многочелюстной; весы с дозиметром; плазморез; пакетировочный пресс; инструмент и приспособления; средства индивидуальной защиты.

Производительность технологической линии 200 T/CYT.

Прессованный металлолом поступает на территорию ОАО «ТМТП» в автомашинах навалом для последующей погрузки на судно. На 13-ом причале производится непосредственная загрузка судов типа «река-море».

Технические средства: портальный кран; ковш; подвеска; грейфер многочелюстной; автопогрузчик (ковш); инструмент и приспособления; средства индивидуальной защиты.

Технологические схемы:

- 1. Автомобиль Кран (грейфер) Склад.
- 2. Автомобиль (самосвал) Склад АП (ковш) Склад.
- 3. Склад Кран (грейфер) Судно.
- 4. Склад Кран (грейфер) Ковш Кран (подвеска) Судно.
- 5. Склад АП (ковш) Ковш Кран (подвеска) Судно.

На причале №13 располагаются портальные краны №11 № 13.Технические характеристики кранов в сравнении представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика портальных кранов

λαρακτερητίτηκα πορταποίολ κράπου						
Оборудование	№ крана	Скорость по- ворота,	Скорость подъ- ёма, м/мин	Скорость опус- кания, м/мин	Грузо- подъём-	Вылет, м
		об/мин			ность, т	
ПК «Альбатрос»	13	1,6	63	63-90	10-20	16-32
ПК «Сокол»	11	1,6	63	63-90	16-32	16-32

Так как краны имеют равнозначные технические характеристики, то расчет производительности ведущей машины циклического действия (МЦД) произведен для одной из машин по формуле [2, с. 10]: $P = \frac{^{3600}}{^{7}_{1}} G_{11}$

$$P = \frac{3600}{T} G_{\Pi}$$
 (8)

где G_{Π} - вес груза в одном «подъеме», т;

 $T_{\rm ц}$ – время цикла, с.

Средневзвешенная производительность по обработке судна составит $\overline{P_c} = 169,04$ т/ч, а редневзвешенная производительность по обработке автомобиля - $\overline{P_a}$ = 137,1 т/ч.

При реализации проекта рентабельность перегрузочного процесса составит 58,2 %.

Положительные стороны от реализации проекта по перевалке прессованного металлолома в ОАО «Туапсинский морской торговый порт»:

- Задействование малоиспользуемого 13-го причала OAO «TMTП».
- Способствование инвестированию средств на освоение территории ТСРЗ.

- Повышение эффективности использования имеющейся у порта и судоремонтного завода территории, складских площадей и перегрузочной техники.
- Повышение универсальности порта за счет привлечения нового грузопотока.
- Отсутствие ущерба перевалке других грузов.
- Наиболее полное использование паспортной грузоподъемности судов.
- Способствование развитию внутренней инфраструктуры ОАО «ТМТП» и ТСРЗ.

Список литературы:

- 1. Ветренко Л.Д. Ананьина В.З. Степанец А.В. Организация и технология перегрузочных процессов в морских портах: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989. – 270 c.
- 2. Туаршева О.А. Технология и организация перегрузочного процесса: учебное пособие. С-Пб: ГМА им. Адмирала С.О.Макарова, 2001. - 55 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Бригадин Станислав Игоревич

Аспирант кафедры электропривода, автоматики и управления в технических системах Воронежского государственного технического университета

Зайцев Александр Иванович

Профессор кафедры электропривода, автоматики и управления в технических системах Воронежского государственного технического университета, доктор технических наук

Задача комплексной системы управления источниками реактивной мощности заключается в минимизации приведенных затрат в системе электроснабжения промышленного предприятия. Решение задачи оптимизации соответствует минимуму алгебраической суммы затрат от потребления реактивной мощности и затрат от величины напряжения в узле нагрузки.

$$min\{3 = 3_Q + 3_U\}.$$
 (1)

В результате оптимизации согласно выражению (1) должны быть найдены такие значения величины генерируемой РМ системы, при которых соотношение величин

напряжения и реактивной мощности узла нагрузки будут соответствовать минимуму приведенных затрат.

При изменении реактивной мощности, генерируемой выпрямителями с принудительной коммутацией при опережающих или отстающих углах управления ($G_{\rm KII}$) и синхронными двигателями ($Q_{\rm CJ}$) изменяется, с одной стороны, потребляемая системой реактивная мощность Q_0 , а с другой стороны, - полный ток системы электроснабжения I_0 и, вследствие изменения падения напряжения ΔU_0 на входном импедансе Z_0 (рисунк 1), - напряжение U_0 узла нагрузки.

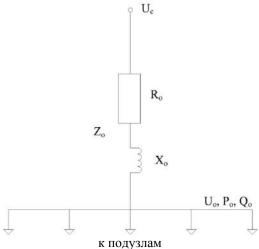


Рисунок 1. Эквивалентная схема электроснабжения предприятия

На рисунке 2 приведены векторные диаграммы эквивалентной схемы электроснабжения при емкостном и индуктивном характере нагрузки.

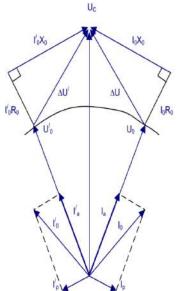


Рисунок 2. Векторная диаграмма эквивалентной схемы электроснабжения при емкостном и индуктивном характере нагрузки

Из векторной диаграммы видно, что при данном значении полного тока системы I_0 и известных величинах входных сопротивлений R_0 и X_0 можно определить значение ΔU_0 :

$$\begin{split} \Delta U_0 &= I_o \, \sqrt{R_0^2 + X_0^{\,2}} \\ \text{или} \\ \Delta U_0 &= \sqrt{(I_{0a}^2 + I_{0p}^2)(R_0^2 + X_0^2)} \,, \end{split} \tag{2}$$

где I_{0a} , I_{0p} - значения активного и реактивного тока системы соответственно.

Значение напряжения U_c до входного импеданса определяется по теореме косинусов с учетом угла $\varphi_c = arctg(X_0/R_0)$:

$$U_C = \sqrt{U_0^2 + \Delta U_0^2 - 2U_0 \Delta U_0 \cos(180 - (\varphi_C - \varphi_0))}$$
 (3)

$$U_C = \sqrt{U_0^2 + \Delta U_0^2 + 2U_0 \Delta U_0 \cos(\varphi_C - \varphi_0)}$$
 (4)

С учетом допущения того, что напряжение U_c , а также распределение и величина нагрузки по подузлам и потребителям электроэнергетической системы предприятия неизменны, можно сделать вывод, что для изменения величины напряжения U_0 до определенной величины $U_0(n)$ необходимо такое изменение величины реактивной мощности $\Delta Q_0(n)$, при котором значение полного тока системы $I_0(n)$, а, следовательно, и падение напряжения на входном импедансе $\Delta U_0(n)$, удовлетворяли бы выражению (4).

Таким образом, задача минимизации затрат сводится к определению и поддержанию в электроэнергетической системе предприятия такого соотношения напряжения и реактивной мощности, при котором имеет место выражение (1).

Указанная задача решается путем перебора значений напряжения узла нагрузки U_0 в пределах $(0,9\text{-}1,1)U_H$. и расчета соответствующих этим напряжениям значений потерь активной мощности в каждом подузле, определяемых отклонением питающего напряжения от номинального значения, и величины реактивной мощности в диапазоне, определяемом пределом возможного изменения реактивной мощности при использовании компенсирующей способности всех источников реактивной мощности системы.

Алгоритм решения данной задачи состоит в последовательном выполнении следующих шагов:

- 1. По измеренным значениям параметров системы P_0 , Q_0 , U_0 с учетом данного нагрузочного режима и соответствующих ему значениях входных сопротивлений R_0 и X_0 по выражению (4) определяется Uc, которое в дальнейшем считается неизменным.
- 2. Определяются значения напряжений узла нагрузки $U_0(n)$ в допустимом диапазоне изменения напряжений $(0.95 1.1)U_{\rm H}$ с шагом 1B, где n индекс данного напряжения узла нагрузки.
- 3. Для каждого значения напряжения узла нагрузки $U_0(n)$ из диапазона рассчитывается значение активного тока системы $I_{0a}(n)$, реактивного тока системы $I_{0p}(n)$, активная мощность системы $Q_{op}(n)$ и суммарные потери активной мощности системы $\sum \Delta P(n)$:

$$P_{0} = \sum \left(\beta_{iAD}P_{iADH} + \beta_{iCD}P_{iCDH} + \beta_{iOCB}P_{iOCBH} + \beta_{iTO}P_{iTOH} + \beta_{i.6binp}P_{iH.6binp}\right), \tag{5}$$

где i - номер подузла (цеха, участка);

 eta_{iAD} - загрузка группы асинхронных двигателей подузла;

 P_{iADH} - суммарная номинальная активная мощность (CHAM) асинхронных двигателей подузла;

 eta_{iCD} - загрузка группы синхронных двигателей подузла;

 P_{iCDH} - CHAM синхронных двигателей подузла;

 eta_{iOCB} - загрузка осветительного оборудования подузла;

 P_{iOCBH} - CHAM осветительного оборудования подузла;

 eta_{iTO} - загрузка технологического оборудования;

 P_{iTOH} - CHAM технологического оборудования;

 $eta_{i.sыnp}$ - загрузка регулируемых электроприводов;

 $P_{iH.\mathit{gbinp}}$ - номинальная мощность электроприводов;

Значения eta_{iAD} и eta_{iCD} зависят от нагрузки на валу двигателей и при расчете принимаются неизменными, значения eta_{iOCB} определяются для ламп накалива-

ния
$$eta_{iOCB} = K_U^{1,58}$$
 для газоразрядных ламп $eta_{iOCB} = 2,\!43K_U - 1,\!43$;

Величина eta_{iTO} определяется конкретно для данного оборудования.

$$Q_{on}(n) = \sum \mu_{iAD}(n)Q_{iADH} + \mu_{iCD}(n)Q_{iCDH} + \mu_{iTO}(n)Q_{iTOH} + \mu_{i.6binp}Q_{i.6binp},$$
(6)

где μ_{iAD} , μ_{iCD} , μ_{iTO} , $\mu_{i.6ыnp}$ - относительная реактивная мощность по группам асинхронных двигателей, синхронных двигателей и технологического оборудования подузла;

 Q_{iADH} , Q_{iCDH} , Q_{iTOH} , $Q_{i.sыnp}$ - CHAM по группам потребителей подузла;

Величина μ_{iTO} определяется для конкретного оборудования по паспортным данным.

$$I_{0a}(n) = \frac{P_0(n)}{\sqrt{3}U_0(n)}. (7)$$

$$I_{0pn}(n) = \frac{Q_{0n}(n)}{\sqrt{3}U_0(n)}.$$
 (8)

Реактивная составляющая тока системы $I_{op}(n)$, рассчитанная по выражению (8), соответствует суммарной реактивной мощности электроэнергетической системы предприятия при напряжении $U_0(n)$ при условии, что ток возбуждения всех синхронных двигателей системы остался неизменным;

Суммарные потери активной мощности узла нагрузки $\sum \Delta P(n)$ определяются сложением потерь активной мощности всех групп потребителей нагрузки по

выражению
$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot f_i (K_U, K_{0i}, \beta_i),$$

где ΔP_i - номинальное значение мощности составляющей потери і-го приемника, кВт;

 K_{U} , K_{0i} , β_{i} - значения относительных величин напряжения, коэффициента одновременности и загрузки электроприемника.

4. Определяется значение дефицита (избытка) реактивной мощности системы ΔQ_0 для поддержания в узле нагрузки напряжения $U_0(n)$ путем определения требуемого значения реактивного тока системы:

$$I_{0p}(n) = I_{0pn}(n) - (I_{0PCD}(n) + I_{0gainp}(n)),$$
 (9)

где I_{0PCD} - величина реактивного тока узла нагрузки при изменении тока возбуждения группы СД;

 $I_{0sыnp}$ - реактивный ток технологического оборулования.

Для определения $I_{0PCD}(n)$, подставим в (4) выражение (2) с учетом (9) и перенесем в правую часть элементы, содержащие $I_{0PCD}(n)$.

$$A + \sqrt{A}\cos(\varphi_{C} - \varphi_{0}) = B \tag{10}$$
 где $A = \left\{I_{0a}^{2}(n) + \left(I_{0pn}(n) + I_{0PCD}(n)\right)^{2}\right\} \cdot \left(R_{0}^{2} + X_{0}^{2}\right),$ $B = \frac{U_{c}^{2} - U_{0}^{2}(n)}{2U_{0}(n)}, \; \varphi_{0} = arctg \left[\frac{\left(I_{0pn}(n) + I_{0PCD}(n)\right)}{I_{0a}(n)}\right].$

Решение нелинейного уравнения (10) относительно $I_{0PCD}(n)$ целесообразно проводить с использованием рекуррентных разностных методов. Это объясняется тем, что классические методы численного интегрирования при той же точности по объему вычислений обычно менее эффективны и не обладают той физической наглядностью, какую имеют методы цифрового моделирования, основанные на замене непрерывных систем системами дискретного действия [1, 2, 3, 4, 5].

По рассчитанному значению $I_{0PCD}(n)$, $I_{0p.sыnp}(n)$ определяется необходимая добавочная реактивная мощность в системе $Q_{oon,p}(n)$ при заданном $U_0(n)$:

$$Q_{\partial onp} = Q_{op}(n) - \sqrt{3} \Big(I_{0PCD}(n) + I_{so36}(n) + I_{sunp}(n) \Big) U_0(n)$$
(11)

5. Определяется полная реактивная мощность электроэнергетической системы предприятия $Q_{oc}(n)$ при напряжении узла нагрузки $U_0(n)$:

$$Q_{0C}(n) = Q_0(n) + \Delta Q_0(n)$$

6. Для каждого значения напряжения узла нагрузки $U_0(n)$ определяется величина приведенных затрат с учетом $\Sigma\Delta P(n)$ и $Q_{oc}(n)$ по выражению

$$3(n) = \mathcal{U}_a \sum \Delta P(n) + \mathcal{U}_P Q_{\partial on}(n),$$

где \mathcal{U}_a - цена активной мощности; \mathcal{U}_p - цена реактивной мощности.

7. Результаты расчетов заносятся в таблицу, из которой методом перебора для данного режима работы узла нагрузки (распределения нагрузки между группами потребителей) находятся строка с минимальным значением приведенных затрат 3(n), соответствующее напряжение узла нагрузки $U_0(n)$ и дефицит (избыток) реактивной мощности $\Delta Q(n)$, который необходимо скомпенсировать имеющимися СД.

8. Приняв решение о том, что генерируемая реактивная мощность преобразователями с принудительной коммутацией при опережающих углах управления[11] практически не зависит от изменения напряжения сети в заданных пределах, решается задача оптимального распределения токов возбуждения имеющихся синхронных двигателей с учетом необходимости компенсации реактивной мощности $\Delta Q_0(n)$, при ограничениях, накладываемых загрузкой СД и допустимыми диапазонами изменения их токов возбуждения[6, 7, 8, 9, 10].

Вывод: Предложенная система допущений и ограничений на конфигурацию эквивалентной схемы электропотребления предприятия позволяет синтезировать алгоритм управления затратами на электроэнергию, а также оптимизировать сумму издержек потребления реактивной мощности и затрат от величины напряжения в узле нагрузки.

Список литературы:

- 1. Голд Б. Цифровая обработка сигналов / Б. Голд, Ч. Рейдер М.: Советское радио, 1973. 386 с.
- 2. Гусев В. Г. Методы исследования точности цифровых автоматических систем / В. Г. Гусев М.: Наука, 1973. 400 с
- 3. Егоров В.Н. Цифровое моделирование систем электропривода / В.Н. Егоров, О.В. Корженевский-Яковлев Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1986. 168 с.
- 4. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / Б. Куо М.: Машиностроение, 1986.
- **5.** Смидт Д.М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Д.М. Смидт М.: Машиностроение, 1980. 271 с.
- 6. Бахвалов Д.И. Численные методы / Д.И. Бахвалов М.: Наука, 1982
- 7. Волков Е.А. Численные методы / Е.А. Волков М.: Наука, 1982. № 7.
- 8. Вавилова А.Л. Имитационное моделирование производственных систем / А.Л. Вавилова М.: Машиностроение, 1983.
- 9. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков М.: Машиностроение, 1976.
- 10. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей М.: Радио и связь, 1988.
- 11. Ежемесячный научный журнал № 3 / 2014 Международный Научный Институт "Educatio" III, часть 6, 2014. 54 с.

УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИЕЙ КОРЫ ЕЛИ

Бубнова Анастасия Ивановна

Аспирант кафедры химии и химических технологий,

Богданович Николай Иванович

Д.т.н., профессор, зав.кафедрой химии и химических технологий

Романенко Кристина Александровна

Магистрант кафедры химии и химических технологий САФУ имени М.В.Ломоносова, г. Архангельск

Термохимическое активирование (ТХА) находит все большее применение как один из способов производства углеродных адсорбентов (УА) с развитой и однородной пористой структурой [1,2]. Для анализа влияния режимных параметров синтеза активных углей (АУ) на формирование их пористой структуры был реализован планированный эксперимент, а именно, центральный композиционный рототабельный униформ - план для трех факторов.

В качестве исходного сырья использовали кору ели, отобранную на одном из лесоперерабатывающих предприятий г. Архангельска.

Образцы АУ получали при различных условиях. На первом этапе провели предпиролиз сырья при температу-

рах ($T_{\text{п/n}}$) от 300 до 500 °C, в результате которой сформировалась первичная пористая структура угля-сырца. В дальнейшем уголь-сырец активировали, используя в качестве активирующего агента гидроксид натрия. ТХА проводили при температурах ($T_{\text{ТХА}}$) от 550 до 750 °C.

Адсорбционные свойства активных углей оценивали по адсорбции йода и метиленового голубого (МГ) из стандартных водных растворов. Полученные экспериментальные данные были использованы для построения поверхностей отклика, которые наглядно демонстрируют влияние режимных параметров на выход, удельную поверхность активных углей, адсорбционную способность по йоду и метиленовому голубому (рисунок 1). В таблице 1 представлены сравнительные данные некоторых образцов углей с требованиями ГОСТ.

Таблица 1.

Сравнительные данные образцов с требованиями ГОСТ

Сравнительные данные образцов с треобваниями т ОС т							
Наим-е образца	Сорбция по йоду, %	Сорбция по МГ, мг/г					
KH-4	254	476					
KH-8	229	606					
KH-14	267	617					
КН-18 Требования ГОСТ	222	575 225					

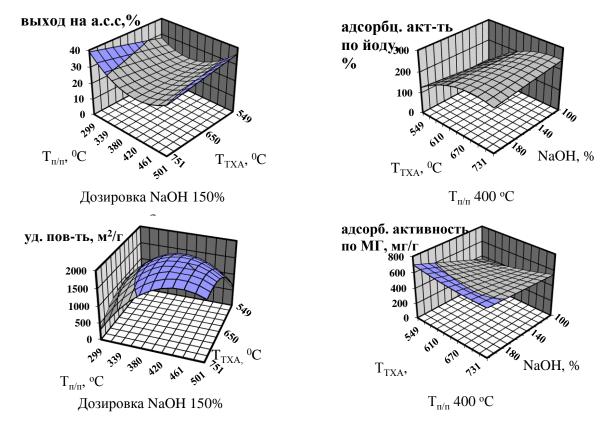


Рисунок 1. Влияние режимных параметров на выход, удельную поверхность, адсорбционную способность по йоду и МГ

Исходя из графиков видно, что дозировка щелочи не оказывает существенного влияния на сорбционные свойства по йоду. Но оказывает положительное влияние на адсорбционную способность по МГ, особенно в области низких температур термохимической активации. Максимальная удельная поверхность рассчитанная по адсорбции йода достигается при наивысшей температуре активации.

Исследования пористой структуры полученных активных углей проводили на приборе ASAP 2020 методом

низкотемпературной адсорбции азота при 77 К и относительном давлении Р/Ро от 0 до 1. С помощью автоматизированной системы был проведен полный анализ объема микро- и мезопор, их распределения по размерам и определена удельная площадь поверхности. Полученные изотермы относятся к I типу изотерм по ИЮПАК, характерной для микропористых твердых тел. Для иллюстрации на рисунке 2 приведены некоторые изотермы адсорбции – десорбции азота, полученные для образцов АУ в различных условиях ТХА.

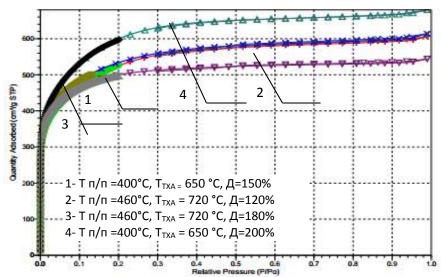


Рисунок 2. Изотермы низкотемпературной адсорбции азота

Исходя из рисунка следует, что пористая структура представлена в основном микропорами. Мезопоры присутствуют в небольшом количестве. Изотермы адсорбции-десорбции азота использовались для расчета параметров пористой структуры следующими методами: удельная поверхность образцов рассчитывалась по известному методу БЭТ в интервале относительных давлений 0,05-0,35; по десорбционной ветви изотермы изотермы определяли объемы мезопор (с размером 1,6-50 нм) и их распределение по размерам методом Barrett-Joyner-Halenda (ВЈН),

объемы и распределение микропор по размерам в исследованных образцах оценивались методами Horvath-Kawazoe (X-K), Dubinin-Astakhov (Д-А). Объем микропор по всем расчетным методам оказался аналогичен.

Для установки взаимосвязи между значениями удельной поверхности (УП), общего объема пор, объема микро- и мезопор, а также полуширины пор (r) АУ с условиями их синтеза были построены экспериментальные зависимости (рисунок 2).

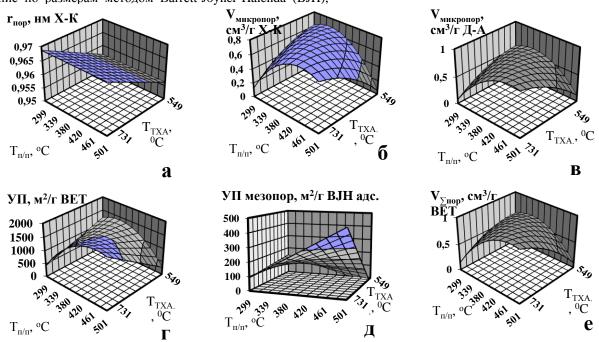


Рисунок 2. Влияние режимных параметров на формирование пористой структуры AY по показателю: a- средняя ширина пор по Horvarth-Kawazoe, нм; $\delta-$ объем микропор по Horvarth-Kawazoe, см³/г; в- объем микропор по Dubinin-Astakhov, см³/г; z- уд.поверхность по БЭТ, м²/г; д- уд.поверхность по ВЈН адс., м²/г; e- суммарный объем пор по БЭТ, см³/г.

По данным низкотемпературной адсорбции азотом выявлено, что оптимальные условия для формирования микропор являются повышенная температура предпиролиза (450-500°С) и средний уровень значений температуры ТХА (500-570°С). При этом увеличение дозировки щелочи оказывает незначительное положительное влияние, а значит, ее можно зафиксировать на уровне 100% к а.с.с. без ущерба для параметров пористой структуры.

Таким образом, методом планированного эксперимента были получены активные угли с достаточно высокими показателями адсорбции по йоду и осветляющей способность по МГ, с высоким значением пористости и удельной площадью поверхности пор. Что доказывает их

возможное применение в различных промышленных производствах, в решении проблем экологии и здоровья человека

Список литературы:

- 1. Beletskaya M.G., Bogdanovich N.I. The Formation of Adsorption Properties of Nanoporous Materials by Thermochemical Activation. Russian Journal of Bioorganic Chemistry, 2014, Vol. 40, No. 7, pp. 717–721.
- 2. Саврасова Ю.А., Богданович Н.И., Макаревич Н.А., Белецкая М.Г. Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов. ИВУЗ Лесной журнал. 2012. №1. Архангельск: С(А)ФУ, 2012, с.107-112.

ДИФРАКЦИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Будагян Ирина Фадеевна

Доктор физ.-мат.наук, профессор кафедры КПРЭС МГТУ МЙРЭА, г. Москва

Становление принципиально новой технологии, особенно в области непосредственной приемопередачи высокочастотного сигнала, происходит не часто. В последние годы появились коммерческие сверхширокополосные системы UWB (UltraWide Band). К достоинствам широкополосной связи технология UWB добавила выдающуюся особенность: изделия на ее основе технически проще большинства аналогичных систем. Суть технологии — передача маломощных кодированных импульсов в очень широкой полосе без несущей частоты. В эфир излучается не гармоническое колебание, а сверхкороткий импульс длительностью порядка наносекунды. Помимо простой передачи информации, интересно применение технологии UWB в области радиолокации.

Представляется целесообразным исследование характеристик рассеяния монохроматических сигналов в широком диапазоне волн и сверхкоротких импульсов на различных объектах. Анализ и исследование волновых процессов проводится с использованием преобразования Фурье-спектра излучаемого сигнала. Рассматриваются наносекундные импульсы единичной амплитуды вида:

1) прямоугольный импульс:

$$s1(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t \le \tau \\ 0, & t < 0, t > \tau \end{cases}$$

2) несимметричный гауссов импульс:

$$s2(t) = \begin{cases} 5e^{-t/\tau} \exp(-5t/\tau), & 0 \le t \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

Преобразование Фурье сигнала s(t) дает спектральную плотность или спектр сигнала

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt$$

Функция $S(\omega) = |S(\omega)|e^{-j\varphi(\omega)}$ в общем случае является комплексной.

Графики исследуемых видеоимпульсов приведены на рис.1 для эффективной длительности импульса $\tau=1$ нс (10^{-9} с) и условно оборваны на какой-то граничной частоте, которая может быть различной в зависимости от решаемой задачи. Понятие граничной частоты $\omega_{\rm rp}$ вводится как значение частоты, на которой отношение модуля спектральной плотности к модулю максимального значения спектральной плотности $|S(\omega_{\rm rp})|/|S_{\rm max}(\omega)| \le 0,01$.

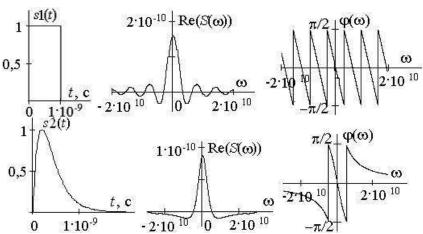


Рисунок 1. Исследуемые импульсы (слева – форма, в центре - действительная часть спектра, справа – фаза)

У всех сверхкоротких импульсов спектры сигналов имеют широкую полосу, а граничная частота приближенно обратно пропорциональна длительности. В дальнейшем основное внимание уделяется прямоугольному и гауссову видеоимпульсам, как импульсам, имеющим соответственно неограниченный и ограниченный частотный спектр.

Рассматривается идеально проводящий бесконечный цилиндр (рис.2) с формой поперечного сечения в виде эллипса и многолистника.

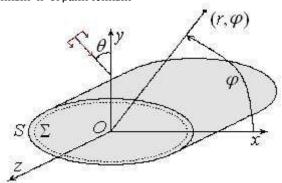


Рисунок 2. Геометрия исследуемого цилиндра

Моделирование процессов рассеяния проводится методом вспомогательных токов (МВТ) [1]. При этом решение задач дифракции производится путем сведения их к решению интегрального уравнения типа

$$\int_{\Sigma} H_0^{(2)}(k|\mathbf{r}_S - \mathbf{r}_{\Sigma}|) I(\mathbf{r}_{\Sigma}) d\sigma = -U^0(\mathbf{r}_S), \quad \mathbf{r}_S \in S, (1)$$

относительно вспомогательного тока $I(\mathbf{r}_{\Sigma})$.

Если граница S и носитель Σ (BT) заданы соответственно параметрическими уравнениями $x=x(t),\ y=y(t),\ t\in[0,2\pi]$ и $x=x_0(t'),\ y=y_0(t'),\ t'\in[0,2\pi],$

$$x = x(t), y = y(t), t \in [0,2\pi]$$
 $x = x_0(t'), y = y_0(t'), t' \in [0,2\pi]$

$$\int_{0}^{2\pi} H_{0}^{(2)}(kR(t,t'))I(t')dt' = -U^{0}(t), R(t,t') = \sqrt{[x(t)-x_{0}(t')]^{2} + [y(t)-y_{0}(t')]^{2}}. (2)$$

Вспомогательный ток

$$I(t') = \frac{N}{2\pi} \left[I_m(t' - t'_{m-1}) + I_{m-1}(t'_m - t') \right], \quad m = 1, 2, ..., N, (3)$$

где $I_m = I(t_m^\prime)$, причем $I_0 = I_N$. При моделировании использовалась линейная аппроксимация.

Диаграмма рассеяния плоской монохроматической электромагнитной волны $U_0 = \exp(-i(w_0 x - v_0 y))$ на идеально проводящем бесконечном цилиндре (образующая которого параллельна оси Oz , а направляющий контур S задан в параметрическом виде) в полярных координатах (r, ϕ) имеет вид:

$$f(\varphi) = \int_{0}^{2\pi} \exp(ikr_0(t')\cos(\varphi_0(t') - \varphi))I(t')dt'.$$
(4)

3десь $w_0=k\sin\theta,\ v_0=k\cos\theta,\ k=2\pi/\lambda$, λ - длина волны, θ - угол падения, $r_0(t'),\phi_0(t')$ - полярные координаты точек, принадлежащих Σ .

Для вычисления диаграммы рассеяния в случае применения наносекундных импульсов в программном алгоритме сначала с помощью прямого Фурье-преобразования вычисляется спектр $S(\omega)$ падающего импульса, а затем с помощью обратного Фурье-преобразования вычисляется дифрагированное поле

$$f(\varphi,\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) f(\varphi,\omega) \exp(j\omega\tau) d\omega.$$
 (5)

С целью ускорения процесса вычисления бесконечные пределы в интегралах заменяются на конечные. Значения пределов выбираются из соображения, что они должны включать, по возможности, максимальную энергию импульса.

В случае эллиптического цилиндра направляющая S задается как

$$x(t) = a\cos t, \ y(t) = b\sin t, \ t \in [0; 2\pi].$$

В качестве вспомогательной поверхности выбирается цилиндрическая поверхность, для которой Σ представима в виде

$$x_0(t') = a_0 \cos t', \ y_0(t') = b_0 \sin t', \ t' \in [0; 2\pi].$$

В случае многолистника уравнение направляющего контура S удобнее задавать в полярных координатах $r(\varphi) = a \cdot (1 + \tau \cdot \cos q \varphi)$, где $a \in 0$, $\tau \in (0;1)$, $q \in N$.

Для вспомогательной поверхности носитель Σ представим как

$$r_0(\varphi) = a_0 \cdot (1 + \tau_0 \cdot \cos q\varphi),$$

где
$$a_0 = \frac{b_0 + c}{1 + \tau_0}$$
; $b_0 = \frac{a \cdot \tau}{2}$ при $q = 1$; $b_0 = aq \cdot \frac{\tau^2 \cdot (q-1) + A}{(q-1) \cdot A} \left(\frac{\tau \cdot (q-1)}{A}\right)^{\frac{1}{q}}$ при $q = 2,3...$,
$$A = 1 + \left[1 + \tau^2 \cdot \left(q^2 - 1\right)\right]^{\frac{1}{2}}, c = \beta \cdot \left[a \cdot (1 + \tau) - b_0\right].$$

Для корректного использования МВТ необходимо, чтобы значения параметра β принадлежали множеству [0;1), поскольку при $\beta \ge 1$ направляющая Σ охватывает S, а при $\beta < 0$ особенности продолжения волнового поля не лежат во внутренней по отношению к Σ области. Поперечные сечения цилиндра в форме эллипса (a=30м, b=12м, a_0 =28м, b_0 =9.8м), двухлистника (τ = τ_0 =0.4, q=2, β =0), трехлистника (τ = τ_0 =0.23, q=3, β =0.2), четырехлистника

 $(\tau=\tau_0=0.2,\ q=4,\ \beta=0.2)$ и пятилистника $(\tau=\tau_0=0.2,\ q=5\ \beta=0)$ изображены на рис.3.

Моделирование диаграмм рассеяния при работе с наносекундными импульсами осуществлялось с использованием формулы (4). После загрузки программы путем нажатия кнопки «Начать работу» можно перейти в главное окно, в котором производятся все исследования процессов дифракции на идеально проводящем цилиндре. Результатом расчетов является диаграмма рассеяния.

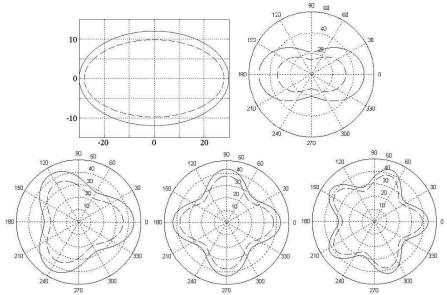


Рисунок 3. Исследуемые контуры поперечного сечения цилиндра

Процессы дифракции исследуются в случае падения на цилиндр плоского монохроматического сигнала с частотой от 50 Γ ц до 50 Γ Гц и наносекундного импульса длительностью ~1 нс. Для нахождения диаграммы рассеяния определяется вспомогательный ток по формуле (3).

Моделирование осуществлено в системе Matlab [2] при помощи разработанного программного алгоритма с интерфейсным окном (рис.4, справа), в котором выбираются исходные параметры. В области слева строится поперечное сечение цилиндра (вверху) и диаграмма рассеяния (внизу).

Для анализа влияния диапазона частот на диаграмму рассеяния в интерфейсном окне можно ввести вместо начального параметра любое другое значение частоты, принадлежащее указанному диапазону. Диаграмма

рассеяния моделируется при разных углах падения, частотах падающей волны и количестве точек коллокации. При выборе углов падения учитывается то обстоятельство, что в силу симметрии облучаемого тела достаточно использования углов падения, лежащих в интервале

 $0 \le \theta_0 \le \pi/2$. При исследовании эллиптического цилиндра дополнительно задаются соотношения полуосей эллипса в случае основного и вспомогательного контуров (рис.5, слева). При моделировании цилиндра с сечением в виде многолистника задаются количество листов контура поперечного сечения (от двух до пяти) и некоторые дополнительные параметры, определяющие основной и вспомогательный контуры (рис.5, справа).

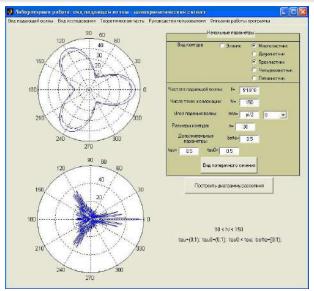


Рисунок 4. Интерфейс программы

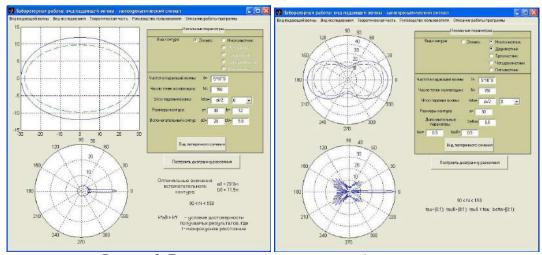


Рисунок 5. Диаграммы рассеяния эллипса и двухлистника

Соответствующие диаграммы рассеяния для частоты падающей волны 500 МГц приведены на тех же рисунках внизу. Если в направлении рассеяния вперед эти диаграммы практически идентичны, то явственно видно, что в направлении рассеяния назад у эллипса диаграмма обладает более оформленным лепестком, чем у двухлистника, где (как это и следовало ожидать) имеет место дифракционная бахрома.

Моделирование диаграмм рассеяния при падении наносекундного импульса осуществляется с использованием преобразования Фурье. При этом дополнительно берется интеграл по частотам от $-\infty$ до $+\infty$.

В программе [3] заложено исследование наносекундных импульсов с формой в виде несимметричного относительно оси ординат гауссова импульса единичной ампитуды и прямоугольного импульса. Для заданных импульсов строились диаграммы рассеяния в полярных координатах, которые представляют собой модуль функции (4), нормировались и спектр, и подынтегральная функция. Диапазон частот брался в диапазоне от -50ГГц и до 50ГГц

Меню главного окна содержит пункты: вид падающей волны, вид исследования, теоретическая

часть, руководство пользователя, описание работы программы.

Диаграммы рассеяния строились для случая эллиптического цилиндра с углами падения: θ =0 и θ = π /2, что соответствует падению волны на эллиптический контур со стороны большей и меньшей оси. Время наблюдения выбиралось t=0,2 τ (где τ – длительность импульса, начало импульса совпадает со временем t=0), когда амплитуда исходного гауссова импульса максимальна. Иной вид имеют диаграммы рассеяния при контуре поперечного сечения в виде четырехлистника. Для гауссова импульса характерен вид диаграммы (рис.6, слева), когда максимальное рассеяние имеет место на вогнутых частях поперечного сечения четырехлистника при падении волны на выпуклую часть (что совпадает с поведением диаграмм рассеяния на больших частотах). Эта особенность не сохраняется при рассеянии прямоугольного импульса (рис.6, справа), а также на других контурах поперечного сечения цилиндра.

Тем самым методами спектрального анализа исследовано поведение наносекундных импульсов различной формы при дифракции на проводящем цилиндре с разными контурами поперечного сечения и выявлены некоторые особенности, которые полезны при построении радиолокационных систем.

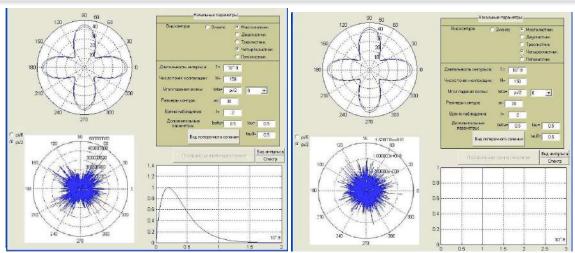


Рисунок 6. Диаграммы рассеяния четырехлистника

Показано, что

- независимо от вида контура поперечного сечения с ростом частоты увеличивается амплитуда диаграммы рассеяния и подавляется главный ее лепесток; чем больше число листов в контуре многолистника, тем больше амплитуда боковых лепестков диаграммы рассеяния;
- при рассеянии наносекундных импульсов из-за поведения диаграммы рассеяния на больших частотах главный лепесток практически подавляется;
- подтверждено, что наносекундные импульсы гауссовой формы предпочтительны по сравнению с импульсами прямоугольной формы.

Список литературы:

 Будагян И.Ф., Полянинов П.А. Моделирование процессов рассеяния сверхширокополосных сигналов на проводящем цилиндре с разной формой поперечного сечения методом вспомогательных токов // Вестник МИРЭА, №1(2), 2007. - c.56.

- 2. Будагян И.Ф., Крючков Д.И., Щучкин Г.Г. Моделирование в МАТLАВ процессов дифракции гармонических сигналов и сверхкоротких импульсов на идеально проводящем цилиндре с контуром поперечного сечения в виде эллипса и многолистника // Труды НТК «Научное программное обеспечение в образовании и научных исследованиях» 30-31 января 2008 года. СПб.: Издательство политехнического университета, 2008. с.244-248.
- 3. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г., Ганжела К.А., Крючков Д.И., Сергеев А.Д., Белов М.С. Мультимедийный программно-методический комплекс «Исследование волновых процессов при распространении и дифракции радиоволн». Свидетельство об отраслевой регистрации разработки в фонде алгоритмов и программ № 9770 от 17.01.2008. Государственная регистрация разработки в «Национальном информационном фонде неопубликованных документов» № 50200800187 от 29.01.2008.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Федотов Виталий Анатольевич

Канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры технологии пищевых производств, г. Оренбург

Курносова Анна Геннадьевна Воякина Ксения Викторовна Овчинникова Мария Сергеевна

На сегодняшний день для оценки потребительских свойств зернопродуктов руководствуются в основном стандартизированными ГОСТ показателями качества. Однако даже комплексный учет этих показателей ввиду недостаточной своей информативности не может однозначно охарактеризовать технологические достоинства зерна, влияющие на качество производимой из него продукции.

На зерноперерабатывающих предприятиях в России для оценки структурно-механических свойств пшеницы используется показатель стекловидности, который обычно тесно связывают с его химическим составом, мукомольными и хлебопекарными свойствами [1, с. 52]. В тоже время практика работы мукомольной промышленности показывает, что показатель стекловидности является

лабильным - при одинаковой стекловидности зерна разные сорта пшеницы характеризуются различными технологическими свойствами [2, с. 87].

Твердозерность является особым показателем структурно-механических свойств зерна, тесно связана с особенностями измельчения эндосперма, представляет собой показатель, комплексно отражающий особенности микроструктуры эндосперма. Оценку твердозерности осуществляют различным образом. Наиболее популярными и широко используемыми являются методы, основанные на анализе гранулометрического состава муки. Дело в том, что при помоле твердозерной пшеницы образуется более крупные и более выровненные по размерам частицы, чем при помоле мягкозерной пшеницы. С помощью данных методов рассчитывают условный средний диаметр частиц

муки, или же находят содержание частиц определенной фракции крупности - индекс размера частиц: количество прохода сита № 0071 муки 70 % выхода мельниц МЛУ-202 [3, с. 118]. Однако данный метод оценивает размер частиц только одним параметром — проходимостью через сито с фиксированным размером отверстий, отсюда низкая точность определения. Принятый в России для оценки муки показатель крупности помола также практически не позволяет идентифицировать различия в ее структурных особенностях [4, с. 52].

Одним из перспективных методов оценки твердозерности является гранулометрический анализ. Гранулометрический состав муки — один из наименее изученных показателей ее качества, поскольку его измерение сопряжено с трудностями применения прямых методов измерения, а также с отсутствием однозначных критериев оценки формы частиц муки [5, с. 12]. Наиболее точным методом определения характеристик частиц муки является микроскопический метод, который позволяет получить количественную оценку не только размеров частиц, но и их формы. Интенсивное развитие компьютерных технологий позволило для проведения микроскопических исследований дисперсных материалов задействовать информационные технологии, тем самым снизив трудоемкость анализа и максимально автоматизируя весь процесс исследований.

Для проведения гранулометрического анализа получали микроскопирования на микроскопе Биолам. Анализ полученных изображений осуществляли с помощью выбранного программного обеспечения: Ореп Source Computer Vision Library - библиотеки алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. В качестве программной среды для разработки компьютерного приложения задействован Borland C++Builder [6, с. 120]. На разработанную программное средство получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011610605 «Программное обеспечение для

прогнозирования технологических качеств пшеницы на основе данных гранулометрического анализа». Разработанная методика определения показателей технологических качеств пшеницы отражена в способе определения хлебопекарных качеств зерна пшеницы (патент №2433398 от 10.11.2011), способе определения твердозерности пшеницы (патент №2442132 от 10.02.2012).

Алгоритм анализа микрофотографий заключался в следующих действиях:

- обработка изображения (сглаживание, фильтрация помех);
- обнаружение объектов частиц муки, построение и прорисовка замкнутых контуров этих объектов (контурный анализ);
- нахождение центра тяжести каждой получившейся фигуры, ограниченной контуром (аппроксимация контура полигонами);
- проведение большого количества отрезков из центра тяжести фигуры к контуру объекта во все стороны;
- определение периметра и площади частицы, среднеарифметическое значение длин получившихся отрезков и коэффициент вариации длин получившихся отрезков коэффициент неровности частицы;
- вычисление среднестатистических значений для всех частиц изображения.

Для работы данной методики на предприятии реализована возможность доступа к получаемой информации из любой точки локальной сети, за счет удаленного хранения ее в базе данных (рисунок 1).

Автоматическое измерительное устройство состоит из заборного устройства, управляемого сервоприводами, за счет которых происходит периодический забор пробы муки, которая попадает в приемную воронку (рисунок 2).



Рисунок 1. Аппаратурная схема контроля потребительских свойств зерна и продуктов его переработки

С помощью вибрационного устройства анализируемый образец движется вдоль желоба, в котором с помощью цифровой камеры происходит измерение гранулометрических параметров частиц размола зерна.

Информационные потоки гранулометрического анализа передаются для анализа в подсистему обработки информации

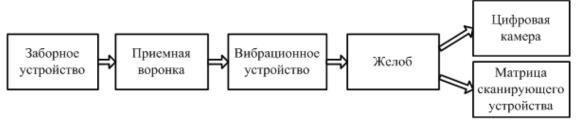


Рисунок 2. Схема автоматического измерительного устройства

На каждом этапе обработки данных оптического микроскопирования, полученных методом гранулометрического анализа (рисунок 3) оценены возникающие погрешности определения технологических качеств зерна [7, с. 252].

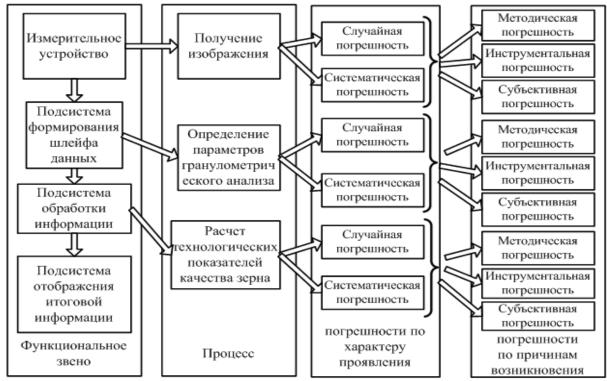


Рисунок 3. Оценка различных видов погрешностей измерения, возникающих в ходе обработки данных оптического микроскопирования

Субъективная погрешность в измерениях не учитывалась на всех этапах проведения гранулометрического анализа ввиду автоматизации процесса измерения и исключения личного фактора влияния на обработку информации.

На этапе производства микроснимков размола зерна наибольший интерес представляет инструментальная погрешность измерений. В случае оптической микроскопии инструментальная погрешность может быть выявлена теоретически на основании оптических характеристик аппаратуры измерения. Основным критерием, влияющим на качество получаемых микрофотографий, является разрешительная способность матрицы цифровой камеры. Значения гранулометрических параметров X и К при повышении разрешающей способности матрицы выше 8000 - 9000 dpi практически не изменяются, свидетельствуя тем самым о том, что при получении микроснимков разрешением выше 9000 dpi позволяет не принимать в расчет инструментальную погрешность измерения.

Результаты наших наблюдений свидетельствуют о возможности, анализируя данные гранулометрического анализа зерна, прогнозировать с большой точностью конечные хлебопекарные качества муки из этого зерна.

Список литературы:

- 1. Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов: учеб. пособие для вузов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.
- 2. Мерко И. Т. Совершенствование технологических процессов сортового помола пшеницы. М.: Колос, 1979. 191 с.
- 3. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирования качества зерна. М.: Росагропромиздат, 1991. 206 с.
- 4. Беркутова Н. С., Швецова И. А. Микроструктура пшеницы. М.: Колос, 1977. 122 с.
- 5. Кругляков Г. Н., Круглякова Г. В. Товароведение продовольственных товаров. Ростов-на-Дону: издательский центр «МарТ», 1999.
- 6. Bradsky G., Kaehler A. Learning OpenCV. O'Reilly, 2008. 571 p.
- 7. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. Издательство: Питер, 2004. 432 с.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

Шеина Светлана Георгиевна

д.т.н, проф., проректор но НРиИД, Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону Федяева Полина Валерьевна

ассистент каф. ГСХ, Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону

Важность проблемы охраны окружающей среды и возможных воздействий, связанных с изготовляемой и потребляемой продукцией, повышает интерес к разработке методов, направленных на снижение этих воздействий. Одним из методов, разрабатываемых для этой цели, является оценка жизненного цикла. В стандарте ГОСТ Р ИСО 14040-99 впервые приведены принципы и структура оценки жизненного цикла продукции, обеспечивающие проведение исследования и представление отчетности, а также некоторые минимальные требования к методу. ГОСТ Р ИСО 14040-99 разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации (ВНИИстандарт) и Всероссийским научно-исследовательским институтом классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству (ВНИИКИ) 22 февраля 1999 г. № 45. [1]

Оценка Жизненного Цикла (англ. Life Cycle Assessment, LCA) – это метод исследования и вычисления воздействия на окружающую среду (environmental footprint), производимого товаром, производством или услугой. Снижение негативного воздействия зданий и сооружений является основным принципом энергосбережения. Наиболее распространенные рейтинговые системы в

строительстве LEED и BREAM уже включили метод «Оценки Жизненного Цикла здания» в свои стратегии.

Основными этапами оценки жизненного цикла здания являются [2]:

- Разработать модель исчерпывающего цикла строительного объекта в окружающей среде.
- Рассчитать, сколько энергии и исходных материалов будет использовано, сколько твердых, жидких, газообразных отходов будет образовано на каждой стадии жизненного цикла здания (проектирования, строительства, эксплуатации, сноса). При этом, есть возможность учесть объемы вторичного загрязнения и расходов: например, энергии, требуемой для переработки отходов.
- 3. Сравнить влияние на окружающую среду применения того или иного материала, компонента, технологии в рамках конкретного проекта.
- 4. Найти эффективные материалы или продукты.
- Оценить допустимые пределы параметров строительных материалов и компонентов для конкретного проекта.
- Выбрать материал, компонент или технологию, использование которых предпочтительнее в силу влияния на окружающую среду.

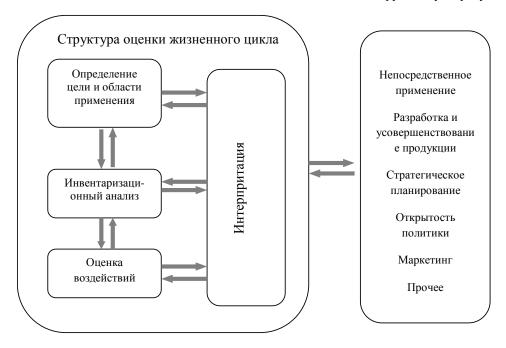


Рисунок 1 - Фазы оценки жизненного цикла

Каждый материал, технологический процесс и прочие ресурсы использованные в здании уточняются по указанным ниже категориям с тем, чтобы оценить суммарное воздействие на окружающую среду:

- изменение климата;
- разрушение озонового слоя;
- истощение ресурсов;
- землепользование;

- использование воды;
- человеческое здоровье (общие выбросы в атмосферу, воду и почву).

Применение метода оценки жизненного цикла зданий позволяет прогнозировать результаты внедрения новых технологий и материалов. В условиях современных масштабов городов такой подход помогает установить

важные причинно-следственные связи в системе «жизненный цикл зданий - окружающая среда», приводит к принятию эффективных с социально-экономической точки зрения решений и улучшению качества жизни будущих поколений.

Важным показателем принятых организационнотехнологических решений является их экономическая эффективность. Внедрение энергосберегающих технологий должно быть обосновано как с точки зрения непосредственного сокращения потребления энергетических ресурсов, так и в экономическом плане. Расчет стоимости жизненного цикла созданного в результате выполнения работы объекта может производиться с учетом методических рекомендаций, предусмотренных частью 20 статьи 22 44-Ф3. Такой расчет позволяет определить основные затраты на создание и использование строительного объекта на всех этапах его жизненного цикла.

Данный метод исходит из того, что энергетическая эффективность здания и экономические аспекты принимаемых мер должны быть сбалансированы. В соответствии с Директивой ЕС 2010/31/ЕС «экономически оптимальный уровень» означает уровень энергетической эффективности здания, приводящий к самой низкой стоимости в течение всего его жизненного цикла. Низкая стоимость определяется с учетом капитальных затрат, технического обслуживания, эксплуатационных расходов, а также расходов на утилизацию.

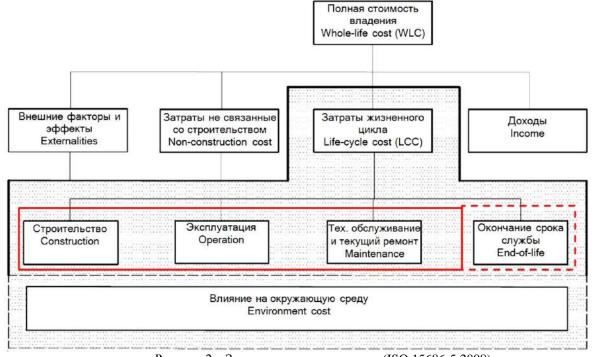


Рисунок 2 – Затраты жизненного цикла (ISO 15686-5:2008)

В таблице приведены расчеты стоимости затрат для энергоэффективных домов по сравнению со стандартным домом без применения энергосберегающих решений. [2]

Сравнение затрат жизненного цикла дома

Таблица 1

	Стандартный дом	12-квартирный жи- лой дом «Экодолье» г.Оренбург	27-квартирный трех- этажный жилой дом г.Егорьевск,
Стоимость строительства 1кв.м., руб.	25 800 p.	34 800 p.	34 000 p.
Сумма единовременных затрат жизненного цикла жилого дома, руб.		+35%	+32%
Стоимость затрат жизненного цикла дома на единицу общей площади в год (Руб./кв.м в год)	6 077 p.	3 247 p.	3 627 p.
Общая экономия эффективного дом по сравнению со стандартным		-47%	-40%

Оценка эффективности энергоэффективных технологических решений на всех стадиях жизненного цикла объекта должна осуществляться с точки зрения трех взаимосвязанных аспектов - баланса экономических, экологических и социальных интересов общества.

Список литературы:

- 1. ГОСТ Р ИСО 14040-99 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. 22.02.1999
- 2. А. Бенуж, В. Казейкин, Д. Подшиваленко Методические рекомендации по расчету стоимости жизненного цикла

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Ильин Александр Николаевич

канд. техн. наук, доцент кафедры стандартизации и сертификации, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Филонина Евгения Александровна

аспирант, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Вопросы обеспечения стабильности изготовления искровых свечей зажигания и эффективного использования их мощности являются актуальными, поскольку от качества изготовления свечи зависят мощность, надежность и топливная экономичность двигателя. Несмотря на тенденцию повышения требований к экологичности выбросов двигателей внутреннего сгорания, в настоящее время наблюдается ослабление требований к искровым свечам зажигания на разных стадиях производства [1, с. 6]. Традиционные технологические схемы изготовления свечных изделий не учитывают современной тенденции повышения качества выпускаемой продукции. На сегодняшний день особенности отечественного производства искровых свечей таковы, что технологический цикл их изготовления является длительным и энергозатратным, а себестоимость изделий – высокой, при этом велика доля ручного труда и степень влияния человеческого фактора. Высоки технологические потери, связанные с браком. В совокупности эти факторы резко снижают конкурентоспособность отечественной продукции. Таким образом, обусловлена необходимость разработки и внедрения новых конструкторских и технологических решений, ориентированных на высокую степень автоматизации и механизации процессов изготовления и контроля искровых свечей зажигания.

Если анализировать свечи, как элемент системы зажигания, обеспечивающий ее надежность и качество на разных стадиях жизненного цикла, возникает необходимость выдерживать характеристики, связанные с обеспечением калильного числа, герметичности и электрического сопротивления.

Предполагается, что в общем случае для решения задач управления качеством должна быть создана иерархическая система, которая объединяет систему верхнего уровня (см. рис. 1), регулирующую конструкторские и технологические решения, и систему нижнего уровня, обеспечивающую стабильность технологического процесса (см. рис. 2). Совмещение систем двух уровней является важной задачей. Проведенные исследования [2, с. 35] показали возможную структуру реализации иерархической системы и определили на текущем этапе состав программных продуктов, которые необходимо связать между собой для решения поставленной задачи, это средство управления базами данных Microsoft Access и «Компас-3D» для решения конструкторских и технологических задач.

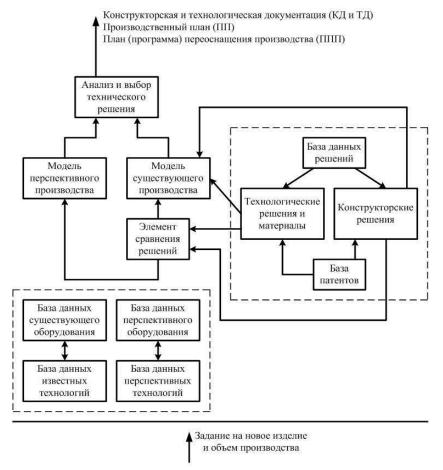


Рисунок 1. Система верхнего уровня

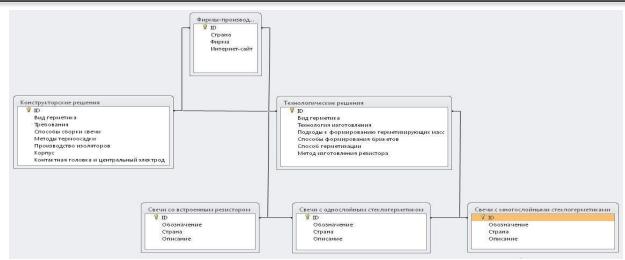


Рисунок 2. Взаимосвязь элементов базы данных

Центральным ядром, объединяющим оба программных продукта, является экспертная система, которая включает построение базы данных конструкторских и технологических решений, применяемых материалов, суще-

ствующих патентов, расчет размерных цепей при проектировании и т.д. Она опирается на взаимосвязь между техническими характеристиками свечи (в виде калильного числа) и параметрами конструкции (см. рис. 3).

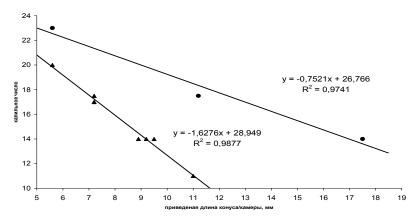


Рисунок 3. Взаимосвязь характеристик свечи зажигания

Результаты проведенных испытаний в виде конструкторских и технологических решений унифицированных изделий позволяют наполнить созданную базу данных. На рис. 4, 5, 6, 7 представлены некоторые разделы ее реализации. Таким образом, появляется возможность сократить количество конструкторской и технологической

документации, т.е. осуществить переход на типовые конструкторские решения и технологические процессы. Это позволяет сократить затраты на подготовку производства и следовательно способствует стабильности процесса, поскольку минимизирует необходимость перестройки технологического цикла.

ID	 Обозначение 	 Страна 	Описание
	I н 01Т13/00 N56-12955	Япония	Герметик содержит легкоплавкое стекло - 30-50%, углерод - 9-16%, карбиды - 0,2-20%, металлы - 0,5-18%
	2 H 01T-13/00, H 01C-7/00 N1646541	Германия	25-35% - боросиликатное стекло, 40-60% - медь, 10-30% - цинк или марганец
	3 H 01C-7/00 N50-37818	Япония	80-60% - рутений-родий, иридий или их окислы и 40-92% - низкоплавкое стекло. Сопротивление свечей - 1-30 кОм
	4 H 01C-7/00 N4460847	Франция	Состав содержит 15-65% углеродистого материала, 0,2-20% карбидов, 0,5-30% окислов металлов, в том числе редкоземельных
	5 H 01T13/00 N 56-19042	Япония	1-40% - окись титана, ниобия или лантана, 35-85% - стеклянный порошок меди, серебра, хрома, железа или его сплава с бором, 0,1-30% - порошек карбида титана
	6 H 01T-13/00 N61444391	Франция	Сопротивление состоит из 35-65% стекла, 2-20% углерода, 25-60% металлов (латуни, железа серебра, никеля, золота, платины), 3-10% углерода, 1,5-10% карбида кремния, бора, титана, хрома, 4-10% высокоомного наполнителя (окиси циркония, циркона, глинозема, кремнезема)
	7 H 01B-1/060 N61-4601848	США	Композиция для получения резистора содержит 100 в. ч. основной смеси, содержащей 30- 70% стекла, неорганического наполнителя, нитрита бора, их смеси, 0,1-30 в. ч. Стабилизаторов электрического сопротивления под нагрузкой (карбиды вольфрама, молибдена, бора, кремния), 5-40% углерода, 2-12% высокоомных наполнителей, 10-25%

Рисунок 4. Пример заполнения раздела базы данных: «Свечи с однослойными герметиками»

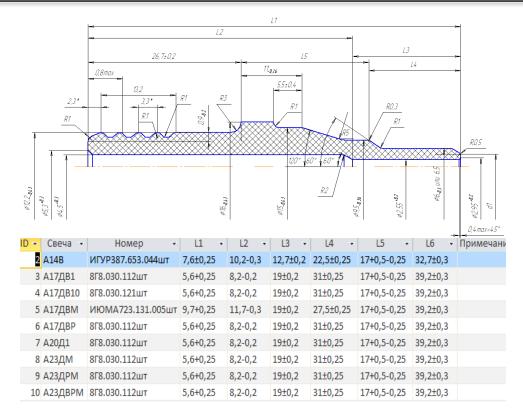


Рисунок 5. Корпус

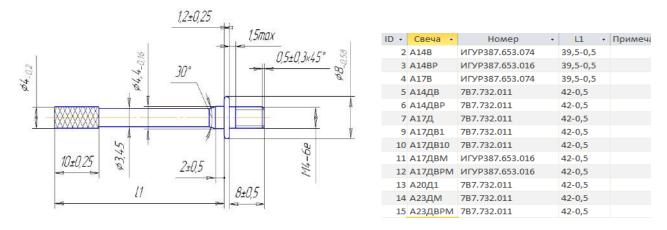
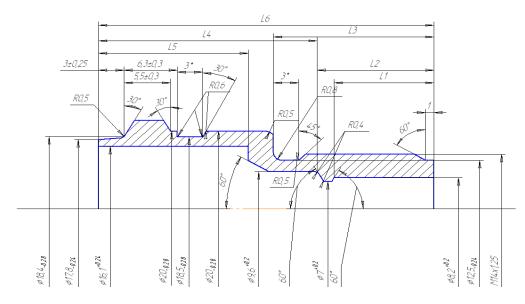


Рисунок 6. Контактная головка



ID +	Свеча 💌	Номер →	L1 униф •	L1 фактич измерен 🕶	L2 •	L3 +	L4 •	L5 +	d1 -
2	A14B	ИГУР387.653.023	65,4±0,3	62,5-0,8-0,78	51,4+0,74	14-0,8	12-0,3	20,2-0,52	5±0,25
3	A14BP	ИГУР387.653.023	65,4±0,3	62,5	51,4+0,74	14-0,8	12-0,3	20,2-0,52	5,5±0,15
4	A17B	ИГУР387.653.028	63,9±0,3	60,5	51,9+0,74	12-0,8	10,5-0,3	23-0,52	5,5±0,15
5	А14ДВ	ИГУР387.653.018	65,4±0,3	67,0	51,4+0,74	14-0,8	12-0,3	26,9-0,52	5,5±0,15
6	А14ДВР	ИГУР387.653.018	65,4±0,3	67,0	51,4+0,74	14-0,8	12-0,3	26,9-0,52	5,5±0,15
7	А17Д	8Г8.890.272	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2+0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	26,9-0,52	5,5±0,2
8	А17ДВ1	8Г8.890.272	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2+0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5,5±0,2
9	А17ДВ10	8F8.890.272-01	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2+0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5,5±0,2
10	А17ДВМ	ИГУР387.653.047	66,9±0,3	65,5-0,8+0,71	49,9+0,74	17-0,8	14-0,3	25-0,52	5,5±0,2
11	А17ДВР	8Г8.890.272	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2+0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5,5±0,2
12	А17ДВРМ	ИГУР387.653.047	66,9±0,3	65,5-0,8+0,17	49,9+0,74	17-0,8	14-0,3	25-0,52	5,4±0,15
13	А20Д1	8Г8.890.265	61,8±0,3	65,7-1,2	49,1+0,74	12,7-1,94	8,4-0,3	28,8-0,52	5,5±0,2
14	А20Д2	8Г8.890.476	61,5±0,3	65,5-0,8+0,74	49,8+0,74	12,7-0,8	8,1-0,3	28,8-0,52	5,4±0,15
15	А23ДМ	8Г8.890.265	61,8±0,3	65,7-1,2	49,1+0,74	12,7-1,94	8,4-0,3	28,8-0,52	5,2±0,15
16	А23ДВРМ	8Г8.890.272-01	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2+0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5±0,2

Рисунок 7. Изолятор

Предложенная структура экспертной системы позволяет решать задачи параметрической идентификации на стадии проектирования и выявлять проблемы, возникающие при технологической эксплуатации изделий. Комплексный подход к управлению качеством свечей зажигания дает возможность управлять качеством изделий на разных стадиях технологического процесса, что позволяет сократить затраты при проектировании и изготовлении и повысить качество и конкурентоспособность продукции. Предложенный алгоритм проектирования при разработке свечей и постановке их на производство опробован на предприятии Уфимское агрегатное производственное объединение (УАПО). Данный подход внедрен в работу конструкторского отдела по проектированию свечей зажигания. В результате удалось сократить сроки от этапа

разработки до серийного выпуска изделия с литерой « O_1 » с двух-трех лет до двух месяцев.

Список литературы:

- 1. ГОСТ Р 53842-2010 Детали автомобильные. Свечи зажигания искровые. Технические требования и методы испытаний. Введ. 2010-09-15. М.: Стандартинформ, 2010. 43 с.
- 2. Ильин А.Н., Филонина Е.А. Автоматизированная система управления качеством изготовления резистивного герметика автомобильных свечей зажигания // Научный журнал «Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета». Т.17, №2 (55). / Уфа: УГАТУ, 2013. 220 с. С. 34-41.

К ВОПРОСУ О МОДИФИКАЦИИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Фурцев Дмитрий Геннадьевич Аспирант НИУ «БелГУ», г. Белгород

«Лучшим алгоритмом для решения задач с большим количеством критериев и сочетанием детерминированных и качественных показателей является метод анализа иерархий (далее «МАИ»)» — математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений, использующий метод парных сравнений в сочетании с методом последовательных сравнений. МАИ не предписывает лицу, принимающему решение, какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению [3, с. 110].

Особенность разработанного метода в возможности применения модифицированного метода анализа иерархий (ММАИ), основанного на механизме «парных сравнений» неявных показателей и рейтинговых оценок числовых показателей. Модифицированный метод анализа иерархий позволяет выявить противоречия, разбить комплексную задачу на составляющие. Данный метод не требует упрощать задачу, позволяет использовать все признаки в целом, либо объединенные в группы. Метод анализа иерархий (МАИ) эффективнее других аналитических

инструментов учитывает влияние всех факторов (качественных и количественных) на выбор решения. Стоит отметить, что при применении ММАИ эксперт может пользоваться не только статистической информацией, но и нерегулярной, разовой, но очень важной информацией, необходимой для разностороннего анализа. Таким образом, для модификации метода анализа иерархий необходимо использовать механизм учета компетенции экспертов, участвующих в проведении экспертизы [1, с. 110].

Для проведения опросов экспертов предполагается использовать метод Дельфи. Это такой инструмент, который позволяет учесть мнение независимых экспертов по обсуждаемой проблеме путем последовательного объединения оценок, идей, выводов и выбрать из предложенных альтернатив лучшую. Анализ с помощью этого метода проводится в несколько этапов, а обработка результатов происходит статистическими методами. Метод основывается на том, что несколько независимых экспертов (не знающих друг о друге) участвуют в оценке, не опираясь на мнение большинства, что приводит к лучшей оценке и предсказыванию результата.

Так как необходимо учитывать вес каждого критерия и каждого эксперта, необходимо провести предварительную работу для повышения быстродействия алгоритма. Так, сначала один человек производит ранжирование критериев степени компетенции экспертов, а потом ранжирование самих экспертов. В процессе работы программы, эксперту остается только оценить критерии по степени важности, а потом произвести парные сравнения необходимых показателей для выбора альтернативы. Таким образом, МАИ в алгоритме применяется дважды, первый раз — на этапе подготовки, а второй — непосредственно в процессе работы экспертов.

Коэффициент компетентности, в отличие от стандартного метода, определяется лицом, поставившим задачу, то есть остается не проблема выбора компетентных экспертов (хотя она все же играет свою роль), а проблема постановки задачи настолько узко, чтобы усреднение мнений экспертов позволило выделить то общее, что есть у всех экспертов, отбросив случайные отклонения в ту или иную сторону.

Так как необходимо учитывать вес каждого критерия и каждого эксперта, необходимо провести предварительную работу для повышения быстродействия алгоритма. Так, сначала один человек производит ранжирование критериев степени компетенции экспертов, а потом ранжирование самих экспертов. В процессе работы программы, эксперту остается только оценить критерии по степени важности, а потом произвести парные сравнения необходимых показателей для выбора альтернативы.

Данный инструмент позволит предприятиям и организациям минимизировать временные и материальные ресурсы при принятии стратегических и тактических решений. Также система увеличит надежность принятия решений, повысит защищенность лиц, ответственных за конечный результат.

МАИ позволяет разбить сложную проблему на ряд простых, выявить противоречия. Метод может быть излишне громоздким для принятия простых решений, потому что необходимо провести большое количество парных сравнений. Метод анализа иерархий не требует упрощения структуры задачи, априорного отбрасывания некоторых признаков. Поэтому он эффективнее других аналитических инструментов позволяет учитывать влияние всевозможных факторов на выбор решения [4, с. 608]. Так как необходимо учитывать вес каждого критерия и каждого эксперта, необходимо провести предварительную работу для повышения быстродействия алгоритма. Так, сначала один человек, назовем его «Председатель», производит ранжирование критериев степени компетенции экспертов, а потом ранжирование самих экспертов. Таким образом, в процессе работы программы, эксперту остается только оценить критерии по степени важности, а потом произвести парные сравнения необходимых показателей для выбора альтернативы. Таким образом, МАИ в данном алгоритме применяется дважды, первый раз - на этапе подготовки, а второй - непосредственно в процессе работы экспертов. Также ЛПР приобретает уверенность, что полученные данные полностью осмыслены, и он может выбирать лучшую альтернативу.

К настоящему времени специалисты по вычислительной технике разработали ряд эффективных методов, которые нередко позволяют получать эффективные алгоритмы решения больших классов задач. Рассмотрим наиболее важные из методов, чтобы выработать алгоритм для нашей будущей компьютерной программы.

Для многих оптимизационных задач есть более

простые и быстрые алгоритмы, чем методом декомпозиции. «Жадный» алгоритм делает на каждом шаге локально оптимальный выбор, - в надежде, что итоговое решение также окажется оптимальным. Это не всегда так — но для многих задач такие алгоритмы действительно дают оптимум.

Такой алгоритм не подходит для нашей системы, так как он будет учитывать сиюминутное лучшее решение и не давать общей картины.

Возможно, самым важным и наиболее широко применимым методом проектирования эффективных алгоритмов является метод, называемый методом декомпозиции (или метод "разделяй и властвуй", или метод разбиения) [3, с. 66].

Этот метод позволяет разбить алгоритм на части (модули), каждая из которых решает самостоятельную (как правило, небольшую) подзадачу. Это дает возможность сосредоточить усилия на решении подзадачи, реализуемой в виде отдельной процедуры или функции. Связи по управлению между модулями осуществляются посредством соответствующих обращений к ним (вызовов), а передача информации от одного модуля к другому производится через параметры и глобальные переменные. Алгоритм очень удобен для использования на компьютере.

Нередко не удается разбить задачу на небольшое число подзадач, объединение решений которых позволяет получить решение исходной задачи. В таких случаях мы можем попытаться разделить задачу на столько подзадач, сколько необходимо, затем каждую подзадачу разделить на еще более мелкие подзадачи и т.д. Если бы весь алгоритм сводился именно к такой последовательности действий, мы бы получили в результате алгоритм с экспоненциальным временем выполнения.

Но зачастую удается получить лишь полиномиальное число подзадач и поэтому ту или иную подзадачу приходится решать многократно. Если бы вместо этого мы отслеживали решения каждой решенной подзадачи и просто отыскивали в случае необходимости соответствующее решение, мы бы получили алгоритм с полиномиальным временем выполнения.

С точки зрения реализации иногда бывает проще создать таблицу решений всех подзадач, которые нам когда-либо придется решать. Мы заполняем эту таблицу независимо от того, нужна ли нам на самом деле конкретная подзадача для получения общего решения. Заполнение таблицы подзадач для получения решения определенполучило название залачи линамического программирования (это название происходит из теории управления). Динамическим программированием наиболее общей форме) называют процесс пошагового решения задач, когда на каждом шаге выбирается одно решение из множества допустимых (на этом шаге) решении, причем такое, которое оптимизирует заданную целевую функцию или функцию критерия. В основе теории динамического программирования лежит принцип оптимальности Беллмана.

Остальные методы разработки алгоритмов, такие как: метод грубой силы, поиск с возвратом, уменьшение размера задачи, преобразование, метод ветвей и границ - не подходят для модификации метода анализа иерархий, применяемого в разрабатываемой СППР.

Таким образом, для модификации метода анализа иерархий будет использоваться метод декомпозиции для разбиения метода на несколько подзадач: выбор экспертов для оценивания альтернатив, шкалирование экспертов лицом, принимающим решения, шкалирование альтернатив

экспертами, шкалирование критериев альтернатив экспертами, принятие лучшей альтернативы ЛПР. Также будет использоваться метод динамического программирования для повторения тех задач, по которым не нужно отдельно рассчитывать показатели сравнения.

Список литературы:

- 1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст]/Томас Саати; перевод с англ. Р.Г. Ванчадзе. Москва.: Радио и связь, 1993. 278 с.
- 2. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с. —

- ISBN 978-5-9221-0812-6.
- 3. Фурцев Д.Г., Коваленко А.Н., Ткаченко Е.А. «Об оптимизации на основе метода анализа иерархий» // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2014. № 1 (172). Вып. 29/1. С. 110-113.
- 4. Фурцев Д.Г., Чикулаева А.А. «Алгоритм выбора лучшего решения в системах поддержки принятия решений» / Международная молодежная конференция "Прикладная математика, управление и информатика". 3-5 октября 2012 г.: Сборник трудов. Белгород: ИД "Белгород", 2012. В 2-х томах. Т. 2. С. 607-609.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Голубенко Ольга Александровна к.т.н., доцент Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов Дедух Антон Антонович к.т.н., доцент Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

В статье предлагается вариант (модель) разработки и внедрения системы менеджмента качества (далее СМК) в испытательной лаборатории (далее лаборатория). Особенностью разработки СМК лаборатории является то обстоятельство, что система разрабатывается на базе основополагающего стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025:2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», а также критериев аккредитации (приказ Минэкономразвития России №682 от 16.10.2012 г. раздел 5), требования которых рассматриваются как дополнительные.

Основополагающий стандарт и критерии аккредитации определяют требования к одному документу СМК — Руководству по качеству. Сопровождение системы после ее внедрения с использованием одного документа СМК затруднительно из-за его большого объема. Поэтому при разработке СМК лаборатории была создана сеть документов: дополнительно к Руководству по качеству, пять обязательных процедур и три процесса.

Характерной особенностью предложенной разработки СМК является измерение всех направлений деятельности организации в рамках СМК (пять обязательных процедур и три процесса) количественными показателями результативности, включая деятельность организации в целом комплексным показателем результативности.

Предлагаемая модель разработки и внедрения СМК лаборатории позволяет проводить предметный мониторинг работы организации при сопровождении системы после ее внедрения, а также оценивать количественными показателями результативность всех направлений деятельности организации.

Нормативной базой разработки системы менеджмента качества (в дальнейшем СМК) являются ГОСТ ИСО/МЭК «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и критериев аккредитации (приказ Минэкономразвития России № 682 от 16.10.2012 г. раздел 5). Критерии аккредитации выходят за рамки требований ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009, поэтому при разработке системы учитывались как дополнительные требования.

Структура ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 существенно отличается от структуры ГОСТ Р ИСО 9001-2008,

что определило существенные изменения в структуре руководства по качеству и другой документации СМК испытательной лаборатории.

ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 и условия аккредитации органа по аккредитации определяют требования к одному документу СМК — «Руководство по качеству».

Создание одного документа и что особенно важно, сопровождение такого документации после внедрения СМК затруднено из-за его большого объема. Поэтому при разработке СМК лаборатории были разработаны сеть документов СМК, в том числе: руководство по качеству;

Пять обязательных процедур:

- 1. Управление документацией.
- 2. Управление записями.
- 3. Управление несоответствующей продукцией.
- 4. Корректирующие и предупреждающие действия.
- 5. Внутренний аудит.

Три процесса:

- 1. Управление персоналом.
- Управление ресурсами, в составе трех подпроцессов:
- Реализация требований к помещениям и производственной среде.
- 2.2 Управление испытательным оборудованием
- 2.3 Управление измерительным оборудованием (средства измерений)
- 3. Подготовка и проведение испытаний, в составе пяти подпроцессов:
- 3.1 Взаимоотношения с потребителями (маркетинговые исследования)
- 3.2 Приобретение услуг и запасов
- 3.3 Идентификация и разработка методик проведения испытаний и оценка их пригодности.
- 3.4 Проведение испытаний
- 3.5 Отчетность по результатам проведения испытаний.

Определяющими требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 и критериев аккредитации испытательных лабораторий являются требования оценки результативности всех видов деятельности лаборатории, поэтому при разработке документации, все документированные процедуры

и процессы измерены (разработаны количественные показатели результативности, а также комплексные показатель, оценивающий результативность работы лаборатории в целом).

По оценкам результативности работы лаборатории разработаны следующие показатели.

Процесс подготовки и проведения испытаний:

Уровень удовлетворенности заказчиков (потребителей):

$$R_1 = 1 - H_H/H, (1)$$

где $И_{\rm H}$ – число испытаний, по которым заказчиками были предъявлены претензии (замечания) за отчетный период; И – общее количество проведенных испытаний за отчетный период.

Результативность подпроцесса приобретения запасов (закупки):

$$R_2 = M_H/M$$
, (2)

где $M_{\scriptscriptstyle H}$ – количество позиций расходных материалов не соответствующих требованиям за отчетный период; M – общее количество позиций расходных материалов приобретенных за отчетный период.

3. Коэффициент качества проведения испытаний: $R_3 = 1 - M_{cH}/M_c$, (3)

где $\rm M_{ch}-$ количество испытаний всех видов проведенных с отклонением от требований за отчетный период; $\rm M_c-$ общее количество испытаний всех видов проведенных за отчетный период.

 Комплексный коэффициент результативности процесса:

$$R_{\text{IIIII}} = 0.2R_1 + 0.3R_2 + 0.5R_3$$
. (4)

Процесс управления персоналом.

1. Коэффициент текучести персонала:

$$R_1 = 1 - \Pi_y/\Pi$$
, (5)

где Π_y – число уволенных сотрудников по собственному желанию за отчетный период; Π – общее количество сотрудников за отчетный период.

2. Уровень мотивации персонала:

$$R_2 = 3_{cp}/3_{cp.p}$$
, (6)

где 3_{cp} — средняя зарплата персонала в отчетный период, $3_{cp,p}$ — средняя зарплата по региону в отчетный период.

3. Уровень повышения квалификации персонала:

$$R_3 = Q_{\scriptscriptstyle \Pi H}/Q,\,(7)$$

где $Q_{\text{пн}}$ – средства выделенные лаборатории на повышений квалификации (обучение, переобучение сотрудников) за отчетный период; Q – фонд оплаты труда лаборатории за отчетный период.

 Комплексный коэффициент результативности процесса:

$$R_{\text{nep}} = 0.3R_1 + 0.3R_2 + 0.4R_3$$
. (8)

Процесс управления ресурсами

1. Результативность подпроцесса управление производственной средой:

$$R_1 = H_H/H$$
, (9)

где $И_{\rm H}$ — количество несоответствий, выявленных при контроле требований по содержанию помещений и параметров производственной среды за отчетный период; И — общее количество проведенных проверок за отчетный период.

- 2. Результативность подпроцесса управления средствами измерений.
- 2.1 Коэффициент готовности испытательного оборудования:

$$R_2 = Q_H/Q$$
, (10)

где $Q_{\rm H}$ – число единиц оборудования неисправного (не проверенного), за исключением оборудования выведенного из эксплуатации по графику ремонта за отчетный период; Q – общее количество оборудования.

2.2 Коэффициент готовности средств измерений:

$$R_3 = 1 - Cи_H/Cи_+(11)$$

где $Cи_H$ – количество средств измерений (СИ) не готовых к работе (не исправных, с истекшим сроком поверки; за исключением СИ выведенных из эксплуатации по графику поверки) за отчетный период; Си – общее количество СИ за отчетный период.

Комплексный коэффициент результативности процесса:

$$R = 0.3R_1 + 0.3R_2 + 0.4R_3$$
. (12)

Процедура Управление документацией

1. Коэффициент результативности разработки документации:

$$R_1 = 1 - Д_H/Д, (13)$$

где $Д_{\text{н}}$ – количество документов разработанных с отклонениями от требований за отчетный период; Д – общее количество разработанных документов за отчетный период.

2. Коэффициент результативности управленческих решений:

$$R_2 = 1 - Y_H/Y$$
, (14)

где $V_{\rm H}$ – не выполненные или выполненные со срывом сроков управленческих решений за отчетный период; V – общее количество управленческий решений принятых за отчетный период.

3. Комплексный коэффициент результативности процедуры:

$$R_{yz} = 0.6R_1 + 0.4R_2.$$
 (15)

Процедура управление записями

1. Коэффициент качества ведения записей:

$$R_{y_3} = 1 - 3_H/3, (16)$$

где $3_{\rm H}$ — количество записей несоответствующих требованиям за отчетный период; 3 — общее количество записей за отчетный период.

Процедура управление несоответствующей продукцией

1. Оценка результативности по управлению несоответствующей продукцией:

$$R_{HII} = 1 - Q_{IIH}/Q, (17)$$

где $Q_{\text{пн}}$ – все виды затрат на исправление, коррекцию и др. несоответствующую продукцию за отчетный период; Q – объем выполненных работ за отчетный период.

Оценка результативности по управлению несоответствующими работами:

$$R_{Hp} = 1 - Q_{Hp}/Q$$
, (18)

где $Q_{\rm нp}$ – все виды затрат на несоответствующие работы за отчетный период; Q – объем выполненных работ лаборатории за отчетный период.

 Комплексный коэффициент результативности процедуры:

$$R_{H\Pi} = 0.4R_{H\Pi} + 0.6R_{Hp}$$
. (19)

Процедура корректирующие и предупреждающие действия

 Оценка результативности корректирующих действий:

$$R_{KZ} = 1 - H_{II}/H, (20)$$

- где H_{π} количество повторяющихся несоответствий за отчетный период; H общее количество выявленных несоответствий за отчетный период.
- Оценка результативности предупреждающих действий:

$$R_{\Pi \pi} = 1 - \Pi_H / \Pi$$
, (21)

где $\Pi_{\rm H}$ – количество не выполненных предупреждающих мероприятий за отчетный период; Π – общее количество предупреждающих мероприятий за отчетный период.

 Комплексный коэффициент результативности процедуры:

$$R_{\text{кпд}} = 0.5 R_{\text{кд}} + 0.5 R_{\text{пд}}.$$
 (22)

Процедура внутренний аудит

1. Коэффициент качества проведения аудита $R_{\text{ва}} = H_{\text{ва}}/H$, (23)

где $H_{\mbox{\tiny Ba}}$ — количество несоответствий выявленных по результатам внутреннего аудита за отчетный период; H — общее количество несоответствий выявленных в организации за отчетный период.

Комплексный показатель результативности работ лаборатории в условиях функционирования СМК:

$$R=0.1R_{\mbox{\tiny HII}}+0.1R_{\mbox{\tiny Ba}}+0.1R_{\mbox{\tiny Y3}}+0.1R_{\mbox{\tiny YJ}}+0.1R_{\mbox{\tiny KIIД}}+0.15R_{\mbox{\tiny YII}}+0.15R_{\mbox{\tiny YII}}+0.2R_{\mbox{\tiny IIIII}}.$$
 (24)

Предлагаемый вариант разработки и внедрения СМК в специфических условиях работы лаборатории позволяет обеспечить эффективное сопровождение системы после ее внедрения, проводить предметный мониторинг СМК по отдельным направлениям деятельности и оценивать результативность работы организации в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Качанов В.А. Системы менеджмента на основе ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007 и ILO – OSH 2001. М.: Издат, 2009. – 688 с.
- 2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025:2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Минск: МГС, 2009. 62 с.
- 3. ГОСТ Р ИСО 9000-2005. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Издательство стандартов, 2005. 19 с.
- 4. ГОСТ Р ИСО 9001-2008. Система менеджмента качества. Требования. М.: Издательство стандартов. 2008. 21с.

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ ФОСФОГИПСА С РАЗРАБОТКОЙ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НОВЫХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ С СООТВЕТСТВУЮЩИМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Гончаров Валерий Михайлович

Канд. тех. наук, доцент кафедры технологии машиностроения и технологического оборудования, г. Ставрополь **Скориков Савва Викторович**

Канд. тех. наук, доцент кафедры строительства, г. Ставрополь

Для всех производителей фосфорсодержащих минеральных удобрений, актуальной является проблема обращения с крупнотоннажным сульфатным отходом производства - фосфогипсом.

Фосфогипс является экологически вредным отходом производство минеральных удобрений и фосфорной кислоты, который отправляется в отвалы. При переработке 1 тонны исходного сырья образуется до 1,6 тонн фосфогипса. Мировой годовой выход фосфогипса в год составляет более 150 млн.тонн. В России годовой выход достигает ~ 14 млн.тонн. На отдельных российских предприятиях выход фосфогипса составляет ~ 4 млн. тонн в год.) В России в отвалах накопилось более 300 млн.тн. По данным ООН в мире перерабатывается до 4% фосфогипса.

Имеющийся отечественный и зарубежный опыт определил следующие возможные направления использования фосфогипса:

В промышленности строительных материалов: производство практически всех типов гипсовых вяжущих (строительный β -гипс, высокопрочные автоклавные вяжущие, высокопрочные ангидритовые вяжущие и др.); производство тампонажного цемента.

В цементной промышленности: в качестве минерализатора в процессе обжига сырьевой смеси; в качестве регулятора срока схватывания цемента.

В сельском хозяйстве: мелиорация солонцовых почв; мелиорация кислых почв в смеси с известковыми материалами. В автодорожном строительстве: для строительства оснований автомобильных дорог. В химической

промышленности: для производства серной кислоты с попутным получением цемента или извести; для производства удобрений и солей (сульфат аммония, мел) [1-5].

В настоящее время в большинстве зарубежных стран и в России в силу сложившихся производственно-экономических условий переработка фосфогипса не рентабельна и он практически весь направляется на хранение на специально спроектированные объекты размещения.

Негативное влияние отвалов фосфогипса на окружающую среду проявляется в загрязнении атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенно-растительного покрова вредными веществами в результате пыления и размывания их атмосферными водами. Так при сухом складировании (без предварительной нейтрализации) в газовую фазу выделяется в среднем 0,1 % фтора в перерасчете на сухое вещество, содержавшегося в фосфогипсе. В пыли, поднимающейся над отвалами содержится в среднем до 10 г фтора на 1 тн. фосфогипса (радиус распространения пыли до 1, 5 км.). Примерно 10 % фтора вымывается осадками [1].

Проблема утилизации фосфогипса носит сложный и комплексный характер и требует знаний стыке наук: химии неорганических материалов, химии и технологии выскомолекулярных и полимерных материалов, стройматериалов и изделий, экологии и охране окружающей среды.

Проблемы использования фосфогипса становятся все более актуальными по многим причинам: длительное время проблеме утилизации фосфогипса не уделялось должного внимания, что привело к образованию огромных запасов лежалого фосфогипса; транспортирование

фосфогипса в отвалы и его хранение в них связаны с большими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами; для создания отвалов фосфогипса приходится отчуждать большие площади земель, ресурсы которых к настоящему времени исчерпаны; хранение фосфогипса в старых отвалах, даже при правильной эксплуатации отвала, наносит вред окружающей среде.

При сухом складировании фосфогипса (без предварительной нейтрализации) в газовую фазу выделяется в среднем 10 г фтора на 1 т фосфогипса; примерно 10% фтора вымывается атмосферными осадками.

Одним из основных свойств, определяющих возможность широкого использования фосфогипса, является уровень его радиоактивности. Для большинства зарубежных стран данный параметр является определяющим, т.к. получаемый в этих странах фосфогипс запрещен к использованию из-за превышения допустимого уровня радиоактивности. По этой причине в США практически весь фосфогипс (более 30 млн. тонн в год) направляется в отвалы на длительное хранение. В России данной проблемы не существует. Фосфогипс, получаемый при переработке отечественного сырья (апатитовый концентрат), не имеет ограничений в использовании по уровню радиоактивности.

В настоящее время в большинстве зарубежных стран и в России в силу сложившихся производственно-экономических условий переработка фосфогипса не рентабельна и он практически весь направляется на хранение на специально спроектированные объекты размещения. Фосфогипс относится к отходам IV кл. опасности и должно платить 248,4 руб. за тн. хранения в отвалах (согласно постановления правительства РФ от 12.06.2003г. № 344 и от 01.07.2005г. № 410.). В большинстве западных стран фосфогипс хранится в подземных шахтах (предприятия оплачиваю от 15 до 30 евро за тонну в год). [1]. ОАО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» до 2015 г. планирует инвестировать 32 млн. долларов в природоохранную деятельность завода «Фосфорит» в Ленинградской области.

Недостатком всех способов утилизации и переработки фосфогипса связан с предварительными технологическими процессами (сушка, нейтрализация, выпаривание, измельчение, термообработка, кислотная или щелочная обработка и др.), которые требуют не только значительных технических, технологических и финансовых затрат, но и создают новые экологические проблемы по охране окружающей среды. В этой связи проблема переработки фосфогипса остается актуальной до сих пор. Наряду с этим немаловажной проблемой является высокое потребление энергетических ресурсов на отопление зданий различного назначения. Энергопотребление зданий составляет около 43% от всей вырабатываемой тепловой энергии, из которой 90% идет на отопление. Затраты на отопление в нашей стране в 2-2,5 раза выше чем в западноевропейских странах. Огромное количество тепловой энергии, ежегодно поставляемой на обогрев зданий различного назначения, расходуется на теплопотери, т.е. по сути, на отопление улицы, что наносит не только значительный экономический урон, но и внушительный экологический ущерб.

Одним из перспективных направлений переработки фосфогипса является разработка новых теплоизоляционных материалов и эффективных энергосберегающих технологий на основе реакционно-способных олигомеров. Использование теплоизоляционных материалов ряд существенных преимуществ: низкий коэффициент теплопроводности обеспечивает многократное снижение теплопотерь в 10- 20 раз по сравнению с минеральноватной изоляцией; теплопровод, проложенный в канале изолированный минеральной ватой теряет в первый год до 20% тепла, а последующее годы до 70%; низкое влаго-водопоглощение при эксплуатации, которое не превышает 2-5%; сохранение тепловой энергии в широком диапазоне температур 100-150 С; высокая долговечность (до 50 лет) при неизменных теплоизоляционных характеристиках, не подвергается разложению и гниению; высокая адгезионная прочность; высокое звукопоглащение.

Строительство требует значительных затрат материальных ресурсов. Вопросы экологии, ресурсосбережения и энергосбережения, в настоящее время выходят на первый план. В промышленности строительных материалов они особенно актуальны. Непрерывно возрастающая потребность в различных вяжущих и заполнителях для бетонов и растворов многократно обостряет актуальность этих вопросов и требует новых подходов в их разрешении. Для решения этих задач необходимо более полное и комплексное использование таких резервов минерального сырья, к которым относятся различные отходы промышленности. Современный опыт промышленности строительных материалов показывает технико-экономическую целесообразность использования техногенных отходов предприятий различных отраслей [2-4]. При этом к традиционным проблемам строительного материаловедения добавляются не менее важные вопросы, связанные со снижением энергоемкости производств, решением вопросов экологии и некоторых других [5].

Таблица 1 Сравнительные характеристики различных теплоизоляционных мятериалов

Материал	Срок эксплуатации, лет	Коэффициент тепло-проводности Вт/м°К	Плотность	Сравнитель-ная толщина, см
Пенополиуретан	25-50	0,022-0,035	25-70	4,1
Пенофенолопласт	40-50	0,034-0,038	37-120	4,5
Пенополистирол	15	0,043-0,064	15-35	-
Минеральвая вата	5	0,056	100	8,4
Дерево	-	0,18	500	27
Пенобетон	10	0,153	350-500	34
Силикатный кирпич	-	0,64	1500	96

Предлагаемый способ утилизации экологически вредных отходов производства минеральных удобрений и фосфорной кислоты предназначен: для улучшения

экологической обстановки среды обитания человека; повышения охраны окружающей среды; снижение теплои энергозатрат при внутренней отделки стен зданий, сооружений, устройства кровли, теплотрасс, трубопроводов, в авиационной, автомобильной промышленности и т.д. снижение стоимости строительных работ за счет уменьшения толщины стеновых конструкций и применения отопления меньшей мощности; снижение трудоемкости и трудозатрат при ремонте кровли зданий и сооружений без снятия старого покрытия с одновременным повышением его надежности и долговечности.

Существенными отличиями предлагаемого способа утилизации экологически вредных отходов производства минеральных удобрений и фосфорной кислоты являются: разработка технологии утилизации фосфогипса дополнительной предварительной его обработки (сушки, обезвоживания, дробления, измельчения, кислотной или щелочной обработки и др.); создание условий образования в процессе поликонденсации тепло-звукоизоляционных пороматериалов новых взаимопроникающих структур между наполнителем и полимерной смолой; использование фосфогипса в качестве активного наполнителя в различных тепло-звукоизоляционных строительных пеноматериалов; разработка новых тепло-звукоизоляционных пороматериалов с соответствующими прочностными, теплофизическими, экологическими, потребительскими свойствами, высокой стойкостью к горению и влагопоглощению; разработка непрерывной технологии утилизации фосфогипса с изготовлением профильных длинномерных изделий; разработка технологии проведения теплоизоляционных работ заливочным методом по месту их проведения; разработка технологии строительных материалов в виде блоков и плит.

«Ноу-хау» предлагаемого способа заключается в том, что в нем заложен принцип «токсичное утилизируется с токсичным». Предлагается процесс поликонденсации тепло-звукоизоляционных пороматериалов, содержащих вяжущее на основе водорастворимых фенолформальдегидных полимеров проводить совместно с экологически опасным промышленным отходом (фосфогипсом).

Технико-экономическая эффективность от реализации способа утилизация экологически опасных отходов производства минеральных удобрений (фосфогипса) с разработкой эффективных технологий и новых стройматериалов с соответствующими потребительскими характеристиками имеет комплексный характер:

У **производителя** снижения экологического налога: организация безотходной технологии; снижение

затрат по охране окружающей среды; снижение себестоимости минеральных удобрений.

У изготовителя: тепло-звукоизоляционных пороматериалов: снижение себестоимости тепло-звукоизоляционных пороматериалов в зависимости от содержания фосфогипса; изготовление экологически чистых теплозвукоизоляционных пороматериалов; снижение энергоемкости технологии производства тепло-звукоизоляционных пороматериалов; повышение производительности труда 2-3 раза; снижение отходов производства в 3-4 раза.

У потребителя: снижение тепло-энергопотерь на эксплуатацию зданий, сооружений, трубопроводов, теплотрасс, вентеляционных воздуховодов и т.д; использование экологически чистых тепло-звукоизоляционных пороматериалов; снижение материалоемкости энергоемкости и трудоемкости проведения строительных работ; увеличением сроков службы; улучшением условий проживания и комфортабельностью.

В научно-исследовательском центре «Надежности и прочности материалов» Северо-Кавказского федерального университета разработаны опытные образцы строительных материалов на основе фосфогипса (пенопласт, газобетон, смесь для производства кирпича, перекрытий и т.д. По пенопласту на основе фосфогипса получено решение о выдаче патента на изобретение (Заявка № 2013112230/05 (018177) от 01.08.2014г.)

Работы в этом направлении продолжаются.

Список литературы:

- 1. Ахметов А.С., Дмитриева Н.В. Применение фосфогипса в дорожном строительстве // Технология минеральных удобрений. Ленинград, 1992. с. 113-115
- 2. Баженов Ю.М., Шубейкин П.Ф., Дворник Л.И. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1986. 54 с.
- 3. Воробьев Х.С. Состояние и перспективы использования вторичных продуктов и отходов промышленности в производстве строительных материалов // Строительные материалы, 1985. № 10. с. 6-7.
- 4. Гордашевский П.Ф., Долгарев Л.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов. М.: Стройиздат, 1987. 105 с.
- Кержнер А.М Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ№ 8 (353) 2008 г.)

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ДУГОВОЙ СВАРКИ НА ЕГО СЛУЖЕБНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Гришанова Василиса Федоровна

Студент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа Соавторы: Файрушин А.М., Хафизова О.Ф., Латыпов А.А.

Основными задачами современного машиностроительного комплекса в целом, и нефтегазового машиностроения в частности является повышение работоспособности оборудования при одновременной экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

На сегодняшний день с помощью сварки изготавливается и производится монтаж большей часть всех конструкций, применяемых в нефтегазовой отрасли. Это объясняется невозможностью или высокой стоимостью

получения этих конструкций при помощи других технологических процессов. Однако, совокупность механических и других свойств сварных соединений редко достигает 80...90% свойств основного металла. Сварное соединение, как правило, является концентратором напряжений, местом расположения различных дефектов и нежелательных структурных изменений. Основным методом по улучшению качества сварных соединений является применение различных типов операций термической об-

работки. В качестве общего недостатка данного типа операций можно выделить существенную энерго- и трудоемкость процесса, невозможность применения при сварке труднодоступных узлов и деталей.

В последнее время большое внимание стало уделяться ресурсосберегающим технологиям изготовления различных изделий. Одной из таких технологий является виброобработка в процессе сварки, которая позволяет повысить механические и коррозионные свойства сварных соединений ещё во время самой сварки изделия, что может в ряде случаев может снижать трудоемкость, сокращать затраты и повышать механические свойства сварных соединений.

Вибрационная обработка сварных соединений является сравнительно новым методом. По агрегатному состоянию объекта обработки (сварного шва) методы вибрационной обработки можно разделить на два типа: обработка расплавленного и кристаллизующегося металла; обработка затвердевшего металла.

Более эффективным и экономически выгодным по нашему мнению является метод сопутствующей вибрационной обработки соединений в процессе сварки, таким образом, вибрационное воздействие воспринимает не только затвердевший металл сварного соединения, но и расплавленный и кристаллизующийся металл сварочной ванны.

Проведенный литературный обзор источников, посвященных исследованию влияния упругих колебаний на расплавленный и кристаллизующийся металл, показал, что на сегодняшний день не существует общепринятого мнения о механизме сопутствующего вибрационного воздействия, который позволял бы объяснить весь спектр достигаемых эффектов с позиции одной или нескольких взамосвязанных гипотез.

В связи со сложностью и недостаточной изученностью процесса кристаллизации, эффекты от воздействия упругих колебаний на расплавленный и кристаллизующийся металл авторами, вышеназванных работ, рассматриваются отдельно друг от друга. Но по нашему мнению, такие особенности сварочной ванны, как сравнительно малый объём расплавленного металла и высокая скорость охлаждения, позволяют получить как эффекты от воздействия упругих колебаний на расплавленный металл, так и эффекты от воздействия упругих колебаний на кристаллизующийся металл сварочной ванны.

В работах [4, 7, 8], доказано, что вибрационные воздействия могут вызывать протекание в расплавленном металле следующих процессов:

- перемешивание жидкой фазы, за счёт создания разности давлений упругими волнами, что увеличивает теплопроводность в жидкой фазе, и более равномерно распределяет входящие в состав расплавленного металла включения;
- вывод растворенных в жидкости газовых включений в процессе кавитации, возникающей по причине возникновения ультразвуковых колебаний от различных элементов конструкции, что снижает вероятность образования пор, снижает активность протекания коррозионных процессов;
- повышение теплоотдачи с окружающей расплавленный металл твердой поверхности, что несколько увеличивает скорость охлаждения (рисунок 1).

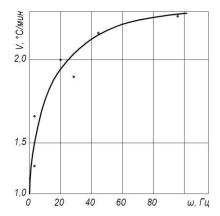


Рисунок 1 - Зависимость скорости охлаждения расплава от частоты упругих колебаний (для слитка салола и амплитуды 1мм) [12]

В работах [4, 7] установлено, что для крупных отливок эти условия обеспечиваются при частоте вибрации 50..60 Гц с амплитудой 10 мм. Однако для расплавленных объемов меньшего размера, таких как сварочная ванна, оптимальная частота для обработки в расплавленном состоянии по различным данным находится в диапазоне от 50 до 300 Гц [2, 3].

Многочисленные исследования формирования кристаллических структур, показали, что применение вибрации затвердевающих отливок и слитков сопровождается образованием на границе затвердевания огромного количества обломков ветвей дендритов, и возникновением в расплаве множества центров кристаллизации. По существу, технология вибрационной обработки стали и сплавов это не что иное, как введение в расплав дополнительной энергии упругих волн. Увеличению вибрационной энергии способствуют увеличение частоты и амплитуды

вибрации, а также плотности среды. А с увеличением мощности вводимых упругих колебаний происходит увеличение свободной энергии. Значение вибрационной энергии при формировании кристаллических структур заключается в том, что она расходуется на обламывание ветвей дендритов и создание в системе дополнительных центров кристаллизации. Выделение при этом объемов переохлажденного металла вокруг каждого из них и дальнейший их рост происходит за счет внутренней энергии системы. Здесь также необходимо отметить и то, что значительное увеличение свободной энергии системы может негативно отразиться на свойствах кристаллизующегося металла, привести к различным дефектам.

В работах [4, 12] указывается, что вибрации могут приводить к измельчению кристаллического зерна по двум причинам. Первая – это формирование вибрацион-

ных потоков жидкости, что в свою очередь вызывает смывание кристаллических зародышей от фронта кристаллизации и разброс их по всему объему. Вторая — кавитационное разрушение кристаллического фронта при больших энергиях колебаний.

В работе [6] Капустин Л. П. считает, что колебания способствуют интенсивному и равномерному переохлаждению расплава по всему объему, в результате чего происходит одновременно объемная кристаллизация. Этот эффект позволяет использовать сопутствующую вибрационную обработку, как метод снижения остаточных сварочных напряжений.

Проведенные нами исследования, прямым или косвенным образом подтверждают, представленные выше, факты и гипотезы о влиянии упругих колебаний на расплавленный и кристаллизующийся металл [5, 11]. Для этого нами была проведена серия опытов по оценке влияния параметров сопутствующего вибрационного воздействия на сварной шов в процессе сварки. В качестве материалов для исследования были выбраны наиболее распространённые в нефтегазовом и нефтехимическом машиностроении стали.

Первоначально нами была экспериментально определена максимальная величина амплитуды колебаний, при которой возможен сам процесс сварки. Значительные колебания свариваемой детали делают процесс сварки практически невозможным: при ручной дуговой сварке затрудняют формирование шва, ухудшают защиту сварочной дуги, а при сварке под слоем флюса приводят к уменьшению слоя последнего. Так при амплитудах вибрации 2...2,5 мм сварной шов имел визуально обнаруживаемые дефекты.

В сварном шве возникают горячие трещины по всей длине шва, так как сталь ВСт3сп обладает хорошей свариваемостью в нормальных условиях, то они вероятнее всего образуются из-за больших высокотемпературных деформаций [10]. Поэтому нами были проведены эксперименты по сварке пластин при меньшей амплитуде вибрации 1,2...1,8 мм. Горячих трещин в сварном шве не наблюдалось, однако 30% длины сварного шва имели дефекты в виде пор (рис. 2).

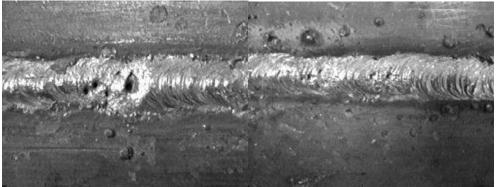


Рис. 2. Дефект сварного шва (поры, свищи, амплитуда вибрации 1,2...1,8 мм, частота 50Гц)

При дальнейшем снижении амплитуды вибрации до 1,0 мм при частоте 50 Гц дефекты сварного шва визуально не наблюдаются. Проведенный ультразвуковой контроль сварных соединений также показал отсутствие дефектов.

Далее были проведены металлографические исследования металла сварного шва и зоны термического влияния

Микроструктурные исследования проводились на оптическом микроскопе МИМ-8М с увеличением в 200

раз. Результаты микроструктурного анализа металла сварных швов, полученных при сварке с сопутствующей вибрационной обработкой, показаны на рис. 3.

Из снимков микроструктуры сварного шва видно, что при вибрационной обработке в интервале амплитуд от 0,4 до 0,8 мм строение имеет мелкодисперсную и более однородную структуру, по сравнению со сваркой без обработки.

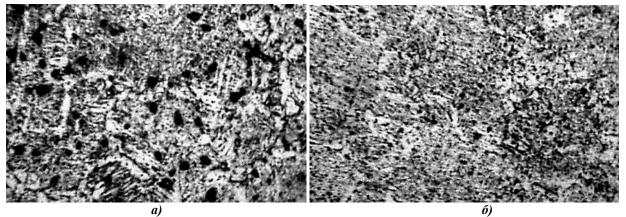


Рис. 3. Микроструктура металла сварного шва, х200: а) без вибрации; б) амплитуда вибрации 0,4...0,8 мм, частота 50 Гц

Результаты микроструктурного анализа в зоне термического влияния при сварке с различными режимами вибрационной обработки показаны на рис. 4.

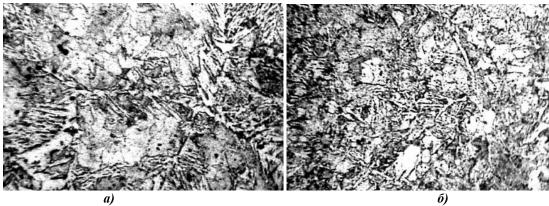


Рис. 4. Микроструктура металла в зоне термического влияния, x200: а) без вибрации; б) амплитуда вибрации 0,4...0,8 мм;

Результаты микроструктурного анализа металла в зоне, представленные на рис. 4, показывают, что с применением вибрации в процессе сварки величина зерна в этой зоне монотонно снижается, происходит его квазидробление.

Помимо технологии ручной сварки покрытыми электродами были проведены исследования и при использовании автоматической сварки под слоем флюса. Данная технология сварки даёт более качественный шов с минимальным количеством примесей и газовых включений. Режимы вибрационной обработки оставили без изменений: амплитуда вибрации 0,4..0,8 мм, частота — 50 Гц.

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют сделать вывод об эффективности сопутствующей вибрационной обработки сварного шва и прямым или косвенным образом подтвердить гипотезы о механизмах воздействия упругих колебаний на расплавленный и кристаллизующийся металл сварочной ванны.

К отрицательным факторам, появляющимся при чрезмерном превышении энергии упругих колебаний (амплитуда вибрации выше 1 мм), можно отнести появление трещин, выплесков, кристаллизацию с появлением различного рода поверхностных дефектов, пористости и др.

Список литературы:

1. Бакши О.А., Зайнуллин Р.С. О снятии сварочных напряжений в сварных соединениях с механической неоднородностью приложением внешней нагрузки. // Сварочное производство. — 1973. - № 7. - С. 10-11

- 2. Гаврилин И. В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов/Владим. гос. ун-т.-Владимир, 2000-260c.
- 3. Голиков И. Н., Маслеников С. Б. Дендритная ликвация в стали и сплавах. М.: Металлургия, 1977-218 с
- 4. Ефимов В. А., Эльдарханов А. С. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов М.: Металлургия, 1995 272 с. (11)
- Зарипов М.З. Модернизация технологии изготовления сварных аппаратов из стали 12X18H10T с применением вибрационной обработки: Дис. Кандидата технических наук. Уфа, 2010. 132 с.
- 6. Капустин Л. П. //Известия АН СССР. Серия физическая. -1950. Т.14 С.357-365.
- 7. Кубенко В. Д., Кузьма В. М., Лунка Г. Н. Динамика сферических тел в жидкости при вибрации. Киев: Наукова думка, 1989 152 с. (13)
- 8. Марков, А. И. Ультразвуковая обработка материалов. М: Машиностроение, 1980. 500с.
- 9. Рагульские К.М., Стульпинас Б.Б., Толутис К.Н. Вибрационное старение. Л.: Машиностроение, 1987. 72 с.
- Сагалевич В. М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений, М.: Машиностроение, 1974-248 с.
- 11. Файрушин А.М. Совершенствование технологического процесса изготовления корпусов аппаратов с применением вибрационной обработки: Дис. Кандидата технических наук. Уфа, 2003. 121 с.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ АБРАМОВА ДЛЯ АНАЛИЗА КОНФЛИКТА СИСТЕМ СВЯЗИ

Игнатченко Сергей Григорьевич

кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-Воздушных Сил «Военно-Воздушная академия им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» г. Воронеж

В настоящее время исследование функционирования систем связи в условиях конфликта приобретает все большую актуальность. Разветвленность структуры сетей и значительный объем передаваемого трафика требуют адекватной оценки возможностей подобных систем с целью минимизации риска потери информации.

Модели, построенные на основе классических методов исследования операций, например марковские модели, подчас могут не вполне удовлетворять требованию

адекватности. Например, одним из важнейших аспектов, как показано в [1,2], является учет последействия в потоках событий, определяющих динамику системы. Для моделирования динамики систем с учетом рекуррентного характера потоков успешно применяются полумарковские модели. Они хорошо обоснованы в известных трудах, например [4,6]. Тем не менее, даже с учетом возможностей современной вычислительной техники разработать полумарковскую модель с количеством состояний больше десяти и получить на этой основе расчетные оценки весьма затруднительно.

Получить стационарные значения вероятностей состояний для немарковского процесса более простым, чем полумарковская модель способом можно на основе подхода, предложенного и обоснованного П.Б.Абрамовым [3]. Он предусматривает пересчет интенсивностей рекуррентных потоков с целью их замены эквивалентными простейшими, с последующим проведением расчетов на основе марковских моделей.

Для каждого отдельно взятого потока событий

$$\lambda_{_{\mathfrak{I}KB}} = \Lambda_{nm} \cdot K_{\kappa opp}, \tag{1}$$

где Λ_{nm} - интенсивность рекуррентного потока;

 $\lambda_{\scriptscriptstyle {
m ЭКВ}}$ - интенсивность эквивалентного простейшего потока.

В настоящее время получены коэффициенты пересчета в предположении, что временные интервалы в потоке имеют гамма-распределение порядка $K_{n\partial}$ [3]. В таблице 1 приведены некоторые из них. Столбцы соответствуют различному порядку гамма-распределения, а строки – различным отношениям интенсивности исходящих из данного состояния простейших и рекуррентных потоков.

После определения эквивалентных интенсивностей для каждого из состояний модели появляется возможность составить марковскую модель и определить стационарные значения вероятностей состояний.

Таблица 1

	Десятичные мантиссы коэффициентов пересчета $K_{\kappa opp}$										
Knδ λ/ Λ _{nm}	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,20	9524	9362	9280	9231	9199	9175	9157	9144	9133	9124	9116
0,40	9091	8778	8619	8523	8459	8412	8378	8351	8329	8311	8297
0,60	8696	8242	8011	7870	7776	7709	7658	7619	7587	7561	7539
0,80	8333	7750	7452	7270	7149	7061	6996	6944	6903	6869	6841
1,00	8000	7297	6938	6719	6572	6466	6387	6324	6275	6234	6199
2,00	6667	5510	4923	4568	4330	4160	4032	3932	3852	3787	3732
3,00	5714	4286	3580	3163	2887	2692	2547	2435	2346	2274	2214
4,00	5000	3418	2667	2235	1958	1765	1624	1517	1432	1364	1309
5,00	4444	2784	2030	1613	1352	1176	1050	0955	0882	0824	0777

Рассмотрим возможности анализа информационного конфликта на основе моделей Абрамова. Граф состояний конфликта приведен на рисунке 1.

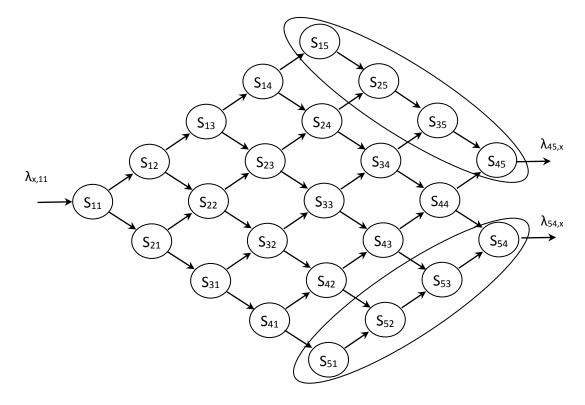


Рисунок 1. Граф состояний конфликта двух систем связи

Аналогично примеру, рассмотренному в [5], анализируется простейший конфликт двух систем связи, каждая

из которых выполняет операции по обнаружению, распознаванию и измерению объекта другой стороны, а также

передачу данных. Окончание каждой из операций характеризует новое состояние данного элемента. Подмножество состояний S_{15} - S_{45} соответствует выигрышу одной из сторон (A), так как в этом подмножестве данная сторона закончила все этапы своей работы, а сторона В продолжает их выполнять. И наоборот, подмножество состояний S_{51} - S_{54} соответствует выигрышу стороны В. Отметим также, что состояние S_{11} определяет еще не начавшийся конфликт.

Будем полагать, что в конфликт вступает, участвует в нем и выходит из него не одна, а множество конфликтных пар. Поэтому граф дополнен внешними потоками событий

Как и в моделях динамики средних, динамика элементов конфликтующего множества с каждой из сторон предполагается одинаковой, а сами элементы независимыми друг от друга. Интенсивность потока $\lambda_{x,II}$ равна

среднему количеству пар, вступающих в конфликт в единицу времени. Интенсивности $\lambda_{45,x}$ и $\lambda_{54,x}$ определяются как величины, обратные среднему времени завершения финальных этапов каждой из сторон, после чего соответствующая пара выходит из конфликта. Интенсивности прочих переходов определяются аналогично.

Теперь можно полагать, что процесс является марковским, а потоки событий – простейшими (после пересчета интенсивностей).

Как показано в [3], в подобной модели обязательно с течением времени установится стационарный режим, независимо от значений интенсивностей внутренних и внешних потоков. Математические ожидания m_{ij} численностей состояний могут быть рассчитаны путем решения системы линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases}
-(\lambda_{11,12} + \lambda_{11,21}) \cdot m_{11} = -\lambda_{x,11} \\
-(\lambda_{ij,i(j+1)} + \lambda_{ij,(i+1)j}) \cdot m_{ij} + \lambda_{(i-1)j,ij} \cdot m_{(i-1)j} + \lambda_{i(j-1),ij} \cdot m_{i(j-1)} = 0 \\
-\lambda_{45,x} \cdot m_{45} + \lambda_{35,45} \cdot m_{35} + \lambda_{44,45} \cdot m_{44} = 0 \\
-\lambda_{54,x} \cdot m_{54} + \lambda_{53,54} \cdot m_{53} + \lambda_{44,54} \cdot m_{44} = 0.
\end{cases}$$
(2)

П.Б.Абрамов доказал, что замечательным свойством рассматриваемого стационарного режима является то, что отношения любых математических ожиданий, а также их сумм не зависят от интенсивности входящего в марковскую форму потока $\lambda_{x,II}$. Тогда в качестве вероятностной меры выигрыша той или иной стороны в конфликте, с учетом нормировки на выбранном подмножестве выигрышных состояний, могут быть приняты отношения

$$P_{A} = \frac{\sum_{i} m_{i5}}{\sum_{i} m_{i5} + \sum_{j} m_{5j}};$$

$$P_{B} = \frac{\sum_{j} m_{5j}}{\sum_{i} m_{i5} + \sum_{j} m_{5j}}.$$
(3)

Данная вероятностная мера приближена по смыслу к статистическому определению вероятности. Итог конфликта для каждой пары можно считать исходом очередного эксперимента, а количество пар, завершивших конфликт – количеством проведенных опытов. Оценки (3) в стационарном режиме не зависят от количества пар, участвующих в конфликте. Поэтому переход к бесконечному пределу в (3) сводится к вычислению этих же отношений для конечных значений сумм m_{ij} .

Таким образом, предложенный подход, основанный на методе и моделях П.Б.Абрамова, позволяет, с одной стороны, учесть немарковский характер процесса, а с другой стороны — достаточно легко получить вероятностные оценки исхода динамики конфликта.

Модель позволяет оценивать вероятности пребывания сторон в тех или иных промежуточных состояниях конфликта. Для этого достаточно в (3) модифицировать

условие нормировки в знаменателе, а в числителе подставить суммы математических ожиданий оцениваемых состояний.

Кроме того, предлагая процедуру вариации интенсивностей потоков событий, можно оценивать влияние, которое окажет какое-либо изменение параметров системы на исход конфликта. Если при этом состояниям присвоить весовые (штрафные) показатели, то имеется принципиальная возможность определения целевого функционала в аддитивной форме и решения на этой основе оптимизационных задач.

Список литературы:

- Абрамов П.Б., Леньшин А.В. Оценка параметров систем массового обслуживания при аппроксимации дисциплины обслуживания потоками Эрланга // Вестник Воронежского института МВД России, 2012, № 2. – С.13-18.
- 2. Абрамов П.Б., Леньшин А.В. Оценка параметров многоканальных систем массового обслуживания с учетом последействия в потоках обслуженных заявок // Вестник воронежского института МВД России, 2013, №2. С.130-135.
- 3. Абрамов П.Б. Основы теории марковских форм с внешними потоками событий: монография. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. 185 с.
- 4. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1987. 336с.
- Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: монография / Колл.авт. под ред. Ю.Л.Козирацкого. М.: Высшая школа, 2013. – 232 с.
- 6. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М.: Сов.радио, 1977. 488 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ СНИЖАЮЩИХ ВИБРАЦИИ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Истоцкий Владислав Владимирович

к.т.н., г. Тула

Известно, что процесс фрезерования представляет собой прерывистое резание и сопровождается колебаниями инструмента и заготовки, которые приводят к увеличению абсолютного значения параметров шероховатости, снижению точности обработки и отрицательно влияют на стойкость инструмента.

Особенностью современных процессов фрезерования в машиностроении является увеличение частот вращения режущего инструмента с целью увеличения производительности при обработке деталей.

Высокие скорости резания сопровождаются изменением физико - механических процессов в зоне резания и динамических процессов в станочной системе. Поэтому снижение вынужденных колебаний (вибраций) при фрезеровании на высоких скоростях (более 150 м/мин) является актуальной задачей современной инструментальной промышленности.

Современная мировая индустрия по производству режущего инструмента с приходом на рынок современного многокоординатного шлифовально-заточного оборудования находится в условиях жесткой конкуренции. Вышеуказанное оборудование позволяет без значительных знаний и пониманий процессов проектирования и производства выпускать режущий инструмент стандартных позиций, таких как концевые фрезы.

Такое оборудование на 99% выпускается вне границ России и предполагает применение зарубежного специализированного программного обеспечения, которое не позволяет в полной мере управлять всеми геометрическими параметрами проектируемого и изготавливаемого инструмента[1]. Это обусловлено тем, что сами западные фирмы активно импортируют режущий инструмент на территорию РФ и на этом зарабатывают хорошие деньги.

Так некоторое время назад на машиностроительные предприятия (в том числе и оборонно – промышленного комплекса) стали поставляться и активно внедрятся в технологические процессы концевые фрезы со специаль-

ной геометрией режущей части, позволяющей, по заявлению производителей, снизить вибрации при работе и повысить производительность.

Основными конкурентами на этом направлении были фирмы ISCAR (с названием геометрии VariMill), Guhrind (с названием геометрии RF10VA), SGS (с названием геометрии Z-CARB).

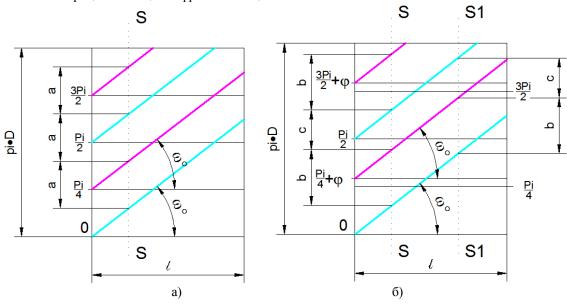
Остальные производители инструментов концевые фрезы с такой геометрией не поставляли. Это связано с тем, что установленное на шлифовально-заточных станках с ЧПУ программное обеспечение не позволяло выпускать такие инструменты, а фирмы поставщики программного обеспечения не торопились его продавать.

Рассмотрим подробнее конструктивные отличия обычных концевых фрез и концевых фрез, названных автором как инструменты с модернизированной режущей кромкой (MPK, латинское название Variable Cutting Edge – VaCutEdge. Указанные названия проходят процедуру патентирования).

На рис. 1 показаны развертки режущей части концевой фрезы с различными способами нарезки зубьев.

На рис. 1а показана развертка рабочей части длиной l традиционной четырёхзубой концевой фрезы с углом подъёма спирали ω ° на каждом зубе. Из рисунка понятно, что каждый последующий зуб производит резание с периодом а, относительно предыдущего.

На рис. 1б показана развертка рабочей части длиной l четырёхзубой концевой фрезы с постоянным углом подъёма ω° для каждого зуба, но со смещением окружного шага зубьев на величину φ . Значения смещения окружного шага могут быть регламентированы [4], или определены экспериментально для обработки специального материала. Из рисунка понятно, что периодичность врезания зубьев (сечения S-S и S1-S1) инструмента в обрабатываемый материал имеет периодичность b и с (соответственно для каждой пары зубьев).



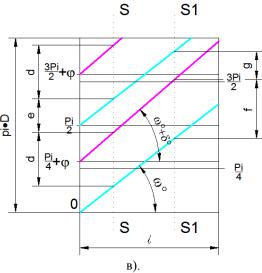


Рис. 1. Развертка рабочей части концевой фрезы.

В СССР такие инструменты назывались концевыми фрезами с неравномерным окружным шагом.

На рис. 1в показана развертка рабочей части длиной l четырёхзубой концевой фрезы типа VaCutEdge.

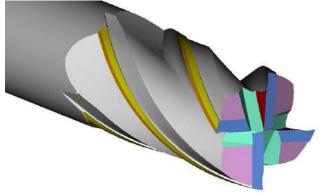
Основным отличием фрез типа VaCutEdge от фрез с переменным окружным шагом является то, что каждая пара зубьев (для инструментов с четным числом зубьев) имеет угол подъёма режущей кромки ω° и $\omega^{\circ}+\delta^{\circ}$ соответсвенно (сечения S-S и S1-S1), что в свою очередь обеспечивает периодичность d, e, f, g. Для инструментов с нечетным числом зубьев каждая режущая кромка имеет свое смещение δ° . Величины смещения окружного шага ϕ и угла подъёма δ° представляют "know how" любого производителя и определяются исходя из геометрической состоятельности режущей части (применением виртуальных аналогов шлифовально-заточных станков с ЧПУ) [3] и эмпирическими зависимостями справедливыми для различных материалов. В СССР такие фрезы в 60х...70х годах прошлого века изучались в Тульском политехническом институте под руководством проф. В.Ф. Боброва. Они получили название фрез с переменным наклоном режущей кромки.

Проектирование фрез с геометрией VaCutEdge представляет определенную сложность и возможно только с применением виртуального аналога шлифовально-заточного станка с ЧПУ [2]. 3D модель инструмента, спроектированного с применением разработанного автором статьи отечественного программно- методического комплекса, показана на рис. 2a.

На рис. 2б показано фото изготовленного и подвергнутого сравнительным испытаниям инструмента.

До проведения сравнительных испытаниях для обработки ряда **легированных сталей** были проведены работы по подбору величин смещения окружного шага и угла подъёма режущей кромки.

В качестве оборудования применялся вертикальнофрезерный станок с ЧПУ с мощностью шпинделя 7,5 кВт и максимальной частотой вращения шпинделя 15000 мин В качестве измерительной аппаратуры применялись специальные датчики вибрации с частотным диапазоном 0,5...30000 Гц, специализированное программное обеспечение фирмы National Instrument и персональный компьютер для обработки полученной информации.





В качестве режущего инструмента применялась концевая фреза $\oslash 10$ мм, числом зубьев Z=4 производства ООО НПП "РИТ-Инжиниринг" с технологией нарезки режущей части VaCutEdge. Скорость резания при обработке составляла 160 м/мин, подача на зуб Sz=0,07 мм, глубина резания t=2мм, ширина резания B=20 мм.

Проведение измерений сил резания, при работе вышеуказанной фрезой, позволило зафиксировать их снижение до 14%.

Известно, что при фрезеровании имеет место упругое смещение (отжатие) режущего инструмента от обрабатываемой поверхности, что представляет собой

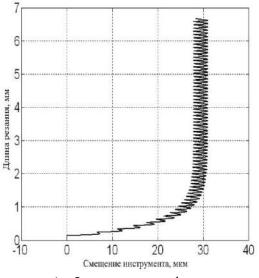
размерную погрешность обработки. По результатам проведения измерений оказалось, что концевые фрезы VaCutEdge снижают усилия резания и уменьшают размерные погрешности при высокоскоростном фрезеровании почти на 18% (см. графики на рис. 2).

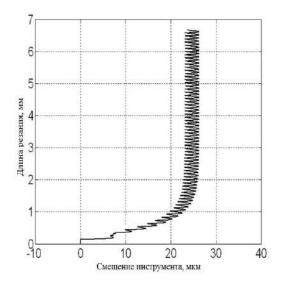
Таким образом, практически доказано, что применение концевых фрез с переменной режущей кромкой целесообразно применять при высокоскоростном фрезеровании.

Выпуск такого инструмента требует более тщательной подготовки производства (получение параметров

смещения исходя из геометрической состоятельности инструмента), и несколько усложняет настройку технологического оборудования на выпуск партии, а также усложняет контроль качества изготовленного инструмента, но это с лихвой окупается в процессе его эксплуатации.

Подводя итог вышесказанному можно сказать, что отечественный производитель режущего инструмента в лице ООО НПП "РИТ-Инжиниринг", создал конкурентно-способный современный аналог, отвечающий последним требованиям, предъявляемых к режущим инструментам для высокоскоростной обработки.





а). обычная концевая фреза.

б). фреза с геометрией VaCutEdge.

Рис. 2. Траектория смещения (отжим) концевой фрезы при обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Истоцкий В.В. Формирование режущей части фасонных борфрез с применением шлифовально-заточных станков с ЧПУ: Дис. канд. техн. наук: 05.03.01: Тула, 2005 124 с., 61:05-5/4083.
- 2. Истоцкий В.В., Протасьев В.Б. Проектирование режущей части фасонных инструментов с использованием виртуальных аналогов шлифовально-заточных станков с ЧПУ, основанных на положениях булевой алгебры// Известия ТулГУ. Вып.2: Труды Междунар. юбил. научн.-техн. конф. "Проблемы
- формообразования деталей при обработке резанием", посвящ. 90-летию со дня рождения С.И. Лашнева, 29-30 января 2007 г. Тула: Изд-во ТулГУ, 2006.-(Инструментальные и метрологические системы). с. 170-174.
- 3. Протасьев В.Б., Истоцкий В.В. Проектирование фасонных инструментов, изготавливаемых с использованием шлифовально-заточных станков с ЧПУ. М.: ИНФРА –М. 2011 128с. –(Научная мысль).
- 4. Фрезы концевые твердосплавные. Технические условия. ГОСТ 18372-73

АНАЛИЗ ЭФФЕКТА СИНЕРГИЗМА В КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ Ni-B-ПОКРЫТИЯХ

Балакай Владимир Ильич Д-р техн. наук, профессор Иванов Валерий Владимирович Канд. хим. наук, доцент

Южно-Российского государственного политехнического университета им. М.И. Платова, Новочеркасск

ANALYSIS OF SYNERGIC EFFECT IN COMPOSITIONAL ELECTROLITIC Ni-B-COATINGS

 $Balakai\ V.I.,\ D\ in\ Technique,\ professor,\ Platov\ South-Russian\ state\ polytechnic\ university\ (Novocherkassk\ polytechnic\ institute),\ Novocherkassk$

Ivanov V.V., PhD in Chemistry, associate professor, Platov South-Russian state polytechnic university (Novocherkassk polytechnic institute), Novocherkassk

The velocity of linear wear and the friction coefficient of the compositional coatings (CC) may be presented in following forms

$$I_{lin}=\alpha < I_{lin,\;sol}> + (1-\alpha) < I_{lin,\;lub}> + \Delta\alpha \;(< I_{lin,\;sol}> - < I_{lin,\;lub}>) \;and$$

$$f = \alpha <\!\!f_{sol}\!\!> + (1-\alpha) <\!\!f_{lub}\!\!> -\Delta\alpha \;(<\!\!f_{sol}\!\!> - <\!\!f_{lub}\!\!>).$$

In formulae the symbol $\alpha=\alpha_{sol}$ is denotes the volume share of solid CC component, the value $\Delta\alpha=4~(1-\alpha)~\alpha^2~(1-k~(1+k_n))$ is the relative synergic effect of the corresponding property, the parameter k is the dimensional factor, which determined the relationship between particle size of solid CC component r_{sol} and the "width" of the "concentration wave" Δx , i.e. $k=[r_{sol}/(\Delta x+r_{sol})]$, where $0,5\leq k<1$, and the symbol k_n is the parameter, which denotes the volume share of the possible nano-fragments with definite (spherical or cylindrical) form for solid CC component $(r_{sol}\cong\Delta x$ by $k\cong0,5$; $0\leq k_n\leq1$) [1-3].

The main calculation problem of those CC diagnostic properties is the definition of the volume share α and the mean value of $I_{\rm lin}$ and f for both solid and lubricant CC components. The basic causes of approximate information only about phase CC composition under friction and wear are the accompanying processes (the chemical composition change which is limited by the formation of new possible phases, the pounding and formation of phase's micro-particles which make difficult the solution of experimental phase analysis problem). Taking into account those causes the theoretical way of the phase problem decision is the only way of the dates receiving which may be the base for the possible forecasting of CC diagnostic properties.

The technique of the CC receipt is defines the phase composition of cover [1]. After thermal processing of CC the Ni, Ni₂B and Ni₃B phases of solid component and the teflon as the phase of lubricant component were obtained [1]. The NiB phases were discover into surface layers under dry friction condition and by specific loading 3 MPa (and by the friction velocity V = 0.048 m/s) [1].

The possible chemical transformations as a probable cause of the Ni_3B , Ni_2B and NiB phase formation are the next: $Ni_3B \rightarrow Ni_2B + Ni \rightarrow NiB + 2Ni$,

 $6Ni+6B\rightarrow 2Ni_3B+4B\rightarrow 3Ni_2B+3B\rightarrow 6NiB$. It's necessary to note the first chain of transformations are will be accompanied by partial extraction of the atoms Ni from positions of Ni₃B crystal structure (after that from positions of Ni₂B structure) and the deformational reconstruction of the Ni-nets and the B-layers (in Ni₃B) or B-layers only (in Ni₂B). Taking into account the possible mechanism of the electrochemical joint of nickel and phosphorus-containing components from electrolyte, the possible capture's variants of teflon microparticles by these components under CC formation, and the possible chemical transformations processes were received the dates for determination of probable phase composition of the solid and lubricant CC components and the corresponding values of α .

The certain average values of the $<\!I_{lin}\!>$ under dry friction condition for the phases of solid CC component Ni, Ni $_2B$ and Ni $_3B$ (1,1 $\mu m/h$), NiB (1,0 $\mu m/h$) and for the phase of lubricant CC component teflon (7,5 $\mu m/h$) were evaluated. For corresponding values of $\Delta\alpha$ (by k=0,5 and $k_n=0,17$) the values $<\!I_{lin}\!>^{calc}$ were calculated (table 1).

Table 1.

The properties of the compositional Ni-B-covers

Coating	Δα	The velocity o	f the linear wear	The friction coefficient		
		<i<sub>lin>^{exp}, μm/h</i<sub>	<i<sub>lin>^{calc}, μm/h</i<sub>	<f>exp</f>	<f>calc</f>	
Ni-B	0	1,100	1,10	0,25	0,25	
Ni-B (teflon)(1)	0,098	0,767	0,74	0,218	0,21	
Ni-B (teflon)(2)	0.192	0,530	0,56	0,185	0,17	
Ni-B (teflon)(3))	0,269	0,434	0,42	0,155	0,15	

If take into account the certain average values of <f> under dry friction condition for the phases of solid CC component Ni, Ni₂B and Ni₃B (\cong 0,25), NiB (\cong 0,30) and for the phase of lubricant CC component teflon (\cong 0,03), then the values <f>^{calc} may be calculated for corresponding values of $\Delta\alpha$ ($k\cong 0,5$; $k_n=0,17$). Obviously, that the obtained values <f>^{calc} are corresponds to experimental dates <f>^{exp} [1-3] satisfactorily, too (table 1).

Thus, the experimental dates about the velocity of linear wear and the friction coefficient of the compositional Ni-B-covers were interpretive by "concentration wave" model with parameters k=0,5 and $k_{\rm n}=0,17$ very satisfactorily [4, 5]. If the parameter $k_{\rm n}$ is more or less then values 0,17, then it is the begin of the essential divergence between calculated and experimental dates. It's designed that the micro-particles of the solid CC component phases are very small and some of them are the nano-fragments with definite (spherical or cylindrical) form. The possible nano-particles of the Ni₃B, Ni₂B and NiB phases may be described by n-layers fragments of its structures with characteristic dimensions (in particular diameter) about $1.2-2.5\,{\rm nm}$.

Thus, the possible synergic effect under friction and wear in receiving by electrochemical precipitation compositional Ni-B- coatings was analyzed. The results of

diagnostic properties calculation by "concentration wave" model and the corresponding experimental dates were discussed.

References

- 1. Balakai V.I., Ivanov V.V., Balakai I.V., Arzumanova A.V. Analysis of the phase disorder in electroplated nickel-boron coatings // Rus. J. Appl. Chem., 2009. T.82. № 5. C.851-856.
- 2. Ivanov V.V., Balakai V.I., Ivanov A.V., Arzumanova A.V. Synergism in composite electrolytic nickel-boron-fluoroplastic coatings // Rus. J. Appl. Chem., 2006. T.79. № 4. C.610-613.
- 3. Ivanov V.V., Balakai V.I., Kurnakova N.Yu. et al. Synergetic effect in nickel-teflon composite electrolytic coatings // Rus. J. Appl. Chem., 2008. T.81. № 12. C.2169-2171.
- 4. Ivanov V.V. «Concentration waves» model for the tribologic system CM1/□/CM2 // International journal of experimental education, 2014. № 4. Part 2. P. 58-59.
- 5. Ivanov V.V. «Concentration waves» model for the tribologic system CM1/LL,□/CM2 // International journal of experimental education, 2014. №4.- Part 2. P. 59-60.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ СОРТИМЕНТОВ В ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛУЩЕНОГО ШПОНА

Калугин Юрий Константинович

Канд. техн. наук, доцент кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей, г. Гродно **Лещик Сергей Дмитриевич**

Канд. техн. наук, заведующий кафедрой машиноведения и технической эксплуатации автомобилей, г. Гродно Серенко Михаил Юрьевич

Ст. преподаватель кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей, г. Гродно

Разработка механизмов и устройств, повышающих надежность и экономичность оборудования — важная задача современного производства. Приоритетным направлением в решении этой задачи является создание современного оборудования на основе компьютерных систем. Применение такого оборудования позволит значительно увеличить точность подготовительных операций при обработке древесины, производстве шпона и фанеры

Оборудование, установленное в лущильных цехах, как правило, требует модернизации. Входящие в состав лущильных станков центровочно - загрузочные устройства (ЦЗУ) осуществляют эффективное базирование сортиментов, имеющих незначительные отклонения формы ствола. Применение базирующих устройств с прецизионным механизмом позиционирования позволит добиться не только повышения объемного выхода шпона, надежности и устойчивости характеристик различных механизмов станка. Уменьшение вибрационной динамической нагрузки на опорные и базирующие устройства станка позволит увеличить долговечность его работы и повысить качество продукции. По этой причине проблема сбалансированности вращающихся сортиментов, зависящая от точности базирования, является актуальной. Решение данной проблемы может быть достигнуто при усовершенствовании существующего оборудования, внедрения компонентов информационных систем или путем создания новых технологий, основанных на современных средствах преобразования и передачи информации. В частности, при модернизации оборудования для лущения шпона - наиболее сложным вопросом является определение оптимальной оси сортимента при закреплении его в рабочих шпинделях станка (базирование). От этого зависит экономия сырья, потребление электрической энергии, объемный выход полезной продукции, и другие факторы. Устройства для базирования сортиментов относятся к категории технически сложных механизированных и автоматизированных устройств, состоящих из нескольких узлов и системы управления.

Исследования процесса базирования сортиментов и ресурсосберегающих свойств оборудования проводились совместно с ФТИ НАНБ в Белорусском технологическом университете с 2004 года, а в настоящее время в Гродненском государственном университете имени Янки Купалы. Для решения этой задачи были проведены теоретические исследования, на основе которых был спроектирован и разработан специализированный комплекс оборудования.

В процессе исследования был проведен анализ математических моделей, описывающих поверхность круглых лесоматериалов, применяемых в фанерном производстве. На начальном этапе в формировании математической модели поверхности сортимента учитывались усредненные параметры, которые определялись аналитическим путем или по специальным таблицам. Например,

модель бревна строилась по эмпирическим коэффициентам кривизны, овальности и сбежистости. В соответствии с классическими методами интерполяции, рассмотренными в работах Н. П. Анучина и М. С. Розенблита [1, 2], была сформирована на основе следующих уравнений:

$$a(z) = d_{0.5} \sqrt{2(1 - z/L_x)} + \sum_{i=0}^{4} q_i (z/L_x)^i$$

$$b(z) = d_{0.5} \sqrt{2(1 - z/L_x)} + \sum_{i=0}^{4} p_i (z/L_x)^i$$

где a=a(z) — горизонтальная полуось эллипса, т. е. полуось, параллельная ОХ; $d_{0,5}$ — диаметр хлыста на высоте, равной половине его длины; L_x — длина сортимента; q_i , p_i — коэффициенты; b=b(z) — вертикальная полуось, параллельная оси ОҮ; z=00 ординаты точки $0 \le z \le L_x$.

С учетом этих уравнений поверхность круглого лесоматериала описывается уравнением

$$\left(\frac{x-f_1(z)}{a(z)}\right)^2 + \left(\frac{y-f_2(z)}{b(z)}\right)^2 = 1.$$

Функции, описывающие кривизну в сортиментах f(z), обычно являются многоэкстремальными, так как сортимент может иметь несколько волн кривизны. Подобным требованиям удовлетворяют многочлены достаточно высокой степени:

$$f(z) = (c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + c_3 z^3) \cdot \sin[w(z) + \alpha]$$

где, $\sin[w(z) + \alpha]$ — функция, определяющая изменение кривизны ствола.

Анализируя приведенный метод, можно сделать вывод о существенных ограничениях его использования, так как изменения геометрической формы ствола строго индивидуальны для каждого сортимента.

С учетом теоретических исследований для программной реализации был выбран метод математического моделирования на основе кусочно-многочленных сплайновых функций, который используется в задачах интерполяции. Основные преимущества таких составных функций при моделировании: гибкость и простота алгоритмической реализации. В практике наиболее часто используются кубические сплайны, которые обеспечивают заданную гладкость всей интерполируемой кривой. Такой кубический сплайн на каждом участке имеет вид:

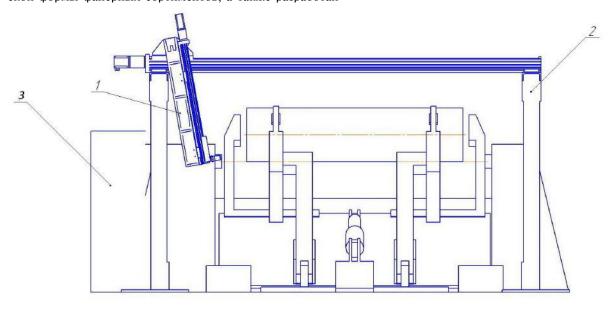
$$S^{i}(t) = \sum_{j=0}^{3} \alpha'_{k} (t - t_{i})^{k},$$

где $i = 0, ..., N-1, \alpha'_{k}$ — параметры, которые

вычисляются с привлечением дополнительных условий гладкости сплайн-функции. Рассмотрение математических моделей, позволяющих с наибольшей точностью описать поверхность сортиментов, способствовало выбору наиболее эффективного программного обеспечения, для практической реализации метода [4]. В процессе исследований была разработана твердотельная параметрическая модель, учитывающая особенности геометрической формы фанерных сортиментов, а также разработан

алгоритм измерения координат поверхности сортиментов с высокой степенью точности.

Для реализации алгоритма измерений и формирования параметрической модели был создан комплекс оборудования для сканирования и прецизионного базирования сортиментов. Одним из основных элементов комплекса, является координатно-сканирующее устройство. Функционирование разработанного сканирующего устройства основано на взаимодействии подвижной рамы с установленными оптическими датчиками и измеряемого сортимента (рисунок 1).



1— узел сканирования, 2— стойки измерительного устройства, 3— станок для лущения шпона с координатным устройством позиционирования

Рисунок 1. Комплекс для измерения геометрических параметров и базирования сортиментов

Конструкция спроектированного узла сканирования состоит из следующих элементов: шарико-винтовая пара; крышки шариково-винтовой пары; направляющие привода узла сканирования; двигатель привода узла сканирования; основание узла сканирования; рама узла сканирования; крышка рамы; датчики рамы узла сканирования [3]. Особенностью разработанного сканирующего устройства является возможность измерения геометрических параметров сортиментов при помощи двух лазерных датчиков. Достоинства измерителя: легкость и надежность конструкции, высокая точность сканирования, компактность, простота монтажа, низкий уровень шума, большой срок службы. Результаты измерения, в виде закодированного импульсного сигнала, передаются непосредственно в цифровое позиционирующее устройство. Разработанный комплекс позволяет в автоматическом режиме производить точную установку и измерение объемных параметров сортиментов. Проведенные исследования [4, 5] показывают значительное увеличение объемного выхода шпона при использовании высокоточных средств измерения координат поверхности и позиционирования сортимента

На основании опубликованных результатов [4], можно сделать вывод, что применение комплекса прецизионного базирования, существенно повысит объемный выход форматного и кускового шпона (в отдельных случаях суммарное увеличение объемного выхода шпона для

одного сортимента может достигать 12...15% и выше), повысит его качество и снизит энергопотребление при обработке сортиментов.

Перечисленные факторы подтверждают необходимость проведения дальнейшей работы по внедрению в производственный процесс специального оборудования и технологий, охватывающих комплекс задач, для уменьшения потерь сырья и затрат энергетических ресурсов.

Список литературы:

- 1. Калитеевский, Р. Е. Математическое моделирование производственных процессов на складах сырья лесозаводов / Р.Е. Калитеевский, Д.Л. Мороз, С.Б.Залегаллер // Механизация и автоматизация производства. 1976, № 10, с
- 2. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., 1977. 512 с
- 3. Бунаков Б.Ю. Сквозное проектирование в T-Flex: ДМК Пресс, 2011. 352с.
- 4. Калугин Ю.К. Комплексная система ресурсосбережения в производстве лущеного шпона: монография. Барановичи: РИО БарГУ. 2011. 233с.
- Калугин Ю.К. Сравнительный анализ способов базирования фанерных чураков / Ю. К. Калугин, А. В. Петров // Деревообрабатывающая промышленность, Москва, 2004. – № 5. – С. 16-17.

ЛАЗЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ

Капустин Владимир Корнелиевич

Канд. тех. наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью, ЮЗГУ, г. Курск

Воронцова Елена Сергеевна,

Магистр группы ЭН-41м, ЮЗГУ, г. Курск

Мезенцева Алёна Григорьевна,

Студентка группы КД -31б, ЮЗГУ, г. Курск

Применение лазерных технологий в геодезических работах обладает рядом преимуществ, в числе которых быстрота и точность измерений. Учитывая тот факт, что учебная практика проходит на открытой местности и, зачастую, выполнение некоторых задач представляется невозможным для осуществления стандартными способами. Так, например, прохождение учебной практики на территории студгородка ЮЗГУ осложняется передвижением по территории транспортных средств, что осложняет задачу по измерению горизонтальных проложений между пунктами полигона и требует применения лазерного оборудования.

Так, лазерная рулетка DISTO D5 представляет собой небольшой прибор, весом всего около 200 г и размерами около 150х55х30 мм.

Источник лазерного излучения направляет модулированное лазерное излучение оптического диапазона на предмет, до которого измеряется расстояние.

Отражённый сигнал улавливается приёмником и обрабатывается микропроцессором прибора. После вычислительной обработки результат измерения высвечивается на дисплее. В качестве отражателя может использоваться, как специальные пластины, так и естественная поверхность местных предметов. Применяя отражательные пластины, можно измерять расстояния до 200 метров.

Геодезические штативы максимально приспособлены для проведения геодезических съемок, как на застроенных территориях, так и на строительных площадках и в условиях пересеченной местности в различных климатических условиях.

Штативы бывают как металлические, так и деревянные. Три ноги штатива шарнирно соединенные с плоской головкой, как правило, раздвижные, двухсекционные.

Фиксация общей длины секций производится с помощью закрепительных винтов, либо зажимных клипс. Нижние концы ног имеют острые наконечники и упорные консоли для вдавливания в рыхлый грунт. Крепление геодезического прибора к головке штатива 3 (рис. 1) производится с помощью станового винта 4

К сожалению, зарубежные штативы не совместимы с отечественными приборами, поскольку они отличаются шагом резьбы становых винтов.

Становой винт в нижней своей части имеет проволочную скобу для крепления нитяного отвеса. С помощью отвеса нитяного или оптического производится центрирование прибора, то есть вертикальной оси « z - z» с центром геодезического пункта.

Когда речь идет о центрировании, то обычно подразумевается использование угломерного прибора - теодолита. То есть основная ось прибора должна быть совмещена с вершиной измеряемого угла [2]. При использовании лазерного дальномера горизонтальные углы не измеряются, тем не менее, операция центрирования сохраняется. Для проведения этой операции помощь может оказать как сам теодолит, так и трегер (подставка) от него, снабженный двумя цилиндрическими уровнями (либо одним цилиндрическим перекладным или круглым уровнем). Трегеры зарубежных моделей теодолитов иногда снабжаются собственными уровнями [1].

Оптимальная высота лазерного прибора несколько отличается от оптимальной высоты теодолита, она меньше примерно на 15-20 см. Это обусловлено необходимостью использования цифрового видоискателя лазерного прибора.

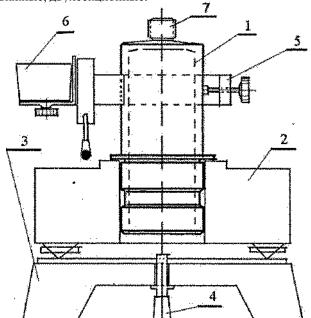


Рисунок 1. Схема крепления лазерного дальномера к геодезическому штативу

Трегер 2 (рис 1) снабжается специальными вкладышем 1, к которому через адаптер 5 крепится лазерный прибор 6. Помимо этого, вкладыш 1 имеет резьбовое соединение для крепления спутниковой антенны.

Учитывая совокупность всех факторов, данный способ центрирования лазерного прибора делает возможным его применение для учебной практики студентов. Первый опыт внедрения лазерной геодезической системы

для учебной практики студентов - строителей Юго-Западного государственного университета состоялся в июле 2014 года.

Практика проходила на территории студгородка ЮЗГУ. Помимо основного задания, предусмотренного програмой практики, студентом четырех бригад было предложено измерить расстояния между вершинами полигона с применением стальной рулетки (длина 30 м) и при помощи лазерного прибора DISTO D5. Схема полигона представлена на Рисунке 2.

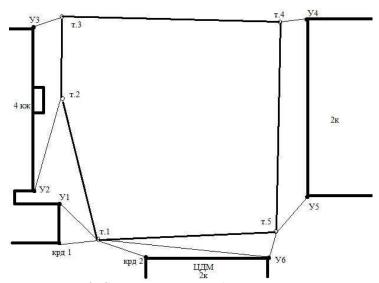


Рисунок 2. Схема полигона учебной практики

При обработке результатов измерения стала очевидна разница в точности.

В сводную таблицу результатов в графы длины линий вносятся средние значения длин линий, измеренных в прямом и обратном направлениях [2].

Абсолютная погрешность Δ измерения определяется как разница между длиной горизонтального проложения, измеренного стальной рулеткой $d_{\text{ст.рул,}}$ и лазерным дальномером DISTO D5 d $_{D5.}$

$$\Delta = \mathbf{d}_{\text{cr.py}\pi} - \mathbf{d}_{D5} \tag{1}$$

Относительная погрешность ε определяется через отношение абсолютной погрешности к результату измерения лазерным дальномером DISTO D5

$$\epsilon = \frac{\Delta}{d_{D5}} \tag{2}$$

По результатам работы групп в сводную таблицу внесено среднее значение погрешностей измерений результатов

Результаты работы бригад представлены в Таблице 1.

Таблица 1

	Таолица 1							
!			Длины	линий, м	Абсолют. по-	Относи	т. погреш-	
Пиния			Номер бригады				но	сть, ε
Линия	Инструмент	1	2	3	4	ность,		
		1	2		4	Δ	%	1/x
1 - 2	Ст.рулетка	47.96	50.65	48.81	48.51	0,033	0,068	1/633
1 - 2	DISTO D5	47.857	50.659	48.733	48.477			
2-3	Ст.рулетка	40.39	39.94	38.91	39.67	0,0,53	0,133	1/360
2-3	DISTO D5	40.401	39.895	38.807	39,617			
3 – 4	Ст.рулетка	82.26	80.13	80.73	82,33	0,206	0,250	1/296
3-4	DISTO D5	82.462	79.978	80.462	82,124			
1 5	Ст.рулетка	75.46	76.37	73.235	74,34	0,195	0,262	1/870
4 - 5	DISTO D5	75.189	76.298	73.320	74,145			
5 1	Ст.рулетка	75.48	74.52	77.45	78,31	0,1275	0,048	1/2083
5 - 1	DISTO D5	75.461	74.322	77.412	78,182			

Таким образом, применение лазерной геодезической системы для учебной практики положительно сказывается на результативность работы, повышает уровень подготовки студентов и делает работу безопасной и увлекательной.

Список литературы:

 Теодолитная съемка: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Юго-Зап. гос.ун-

- т.; сост: А.П. Дубяга, В.К. Капустин, П.В. Мальцев. Курс, 2012, 20с., ил.2, Библиогр.:14
- 2. Угловые измерения отптическим теодолитом 4Т30П: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Юго-Зап. гос.ун-т.; сост: А.П. Дубяга, В.К. Капустин, П.В. Мальцев. Курс, 2012, 21с.,ил.2, таб.2. Библиогр.: с.18

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО РЫНКА ЖИЛЬЯ ГОРОДА РОСТОВА-НА-ДОНУ

Хамавова Альбина Ахмедовна к.т.н., старший преподаватель каф. ГСиХ, РГСУ, г. Ростов-на-Дону. Сердюкова Анастасия Александровна Яровая Анастасия Сергеевна Ст. гр. ЭУН-427, РГСУ, г. Ростов-на-Дону.

Прогнозирование и исследование строительного рынка жилой недвижимости в Ростове-на-Дону дают оценку роста экономики региона и стабильности развития города.

Расширение строительного рынка жилья остается одной из главных проблем в социально-экономической сфере любого субъекта РФ. В Ростове-на-Дону увеличение объемов жилищного строительства является приоритетным направлением в деятельности строительного комплекса.

Отсутствие эффективных методов оценки развития строительного рынка жилья, а также необходимость его анализа для успешного роста экономики и повышения социального положения населения в г. Ростове-на-Дону обусловили актуальность данной темы. Целью исследования является развитие методов анализа строительного

рынка жилой недвижимости Ростова-на-Дону на основе рассмотрения различных сегментов жилья, а также прогнозирования развития рынка.

Строительный рынок жилья — это сектор национальной рыночной экономики, имеющий регулируемый на законодательном уровне характер и представляющий собой с одной стороны, совокупность объектов, предназначенных для проживания, а с другой, — систему экономико-правовых и маркетинговых отношений субъектов рынка, участвующих в процессе создания жилых объектов.

В течение последних двух лет наблюдается стабильная положительная динамика развития жилищного фонда в результате реализации целевых программ государства, региона и муниципалитета. Перечень программ, реализуемых в Ростове-на-Дону, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Перечень реализуемых целевых программ в Ростове-на-Дону

Название программы	Описание программы			
	альные программы			
"Жилище" на 2011-2015 годы	Условием участия г. Ростова-на-Дону в реализации подпро-			
,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	граммы «Обеспечение жильем молодых семей» является нали-			
	чие в бюджете г. Ростова-на-Дону средств на предоставление			
	социальных выплат молодым семьям в планируемом году.			
«Государственные жилищные сертификаты»	Обеспечение граждан жильем, увольняемых и уволенных с во-			
	енной службы.			
Федеральная целевая программа по обеспечению	Обеспечение жильем участников ликвидации последствий			
жильем участников ликвидации последствий аварии	аварии на Чернобыльской АЭС.			
на Чернобыльской АЭС				
Обеспечение отдельных категорий граждан, уста-	Обеспечение жильем ветеранов Великой Отечественной			
новленных Федеральным законом от 12.01.1995	войны 1941-1945 годов и приравненных к ним лиц и инвали-			
№5-ФЗ «О ветеранах»	дов.			
	льные программы			
Обеспечение жильем лиц из числа детей сирот,	Приобретение и предоставление на условиях социального			
граждан, в составе семьи которых имеется трое или	найма жилых помещений для соответствующих категорий			
более детей-близнецов, граждан, в составе семьи ко-	граждан.			
торых имеются десять или более несовершеннолет-				
них детей	0.5			
Обеспечением жильем отдельных категорий граж-	Обеспечением жильем семей инвалидов и погибших (пропав-			
дан	ших без вести) военнослужащих, участвовавших в разоруже-			
	нии на тер. Чеченской республики и прилегающих к ней райо-			
M	нов Северного Кавказа.			
	пальные программы			
Жилищное строительство	Развитие жилищного строительства в разных районах города.			
«Стимулирование жилищного строительства в це-	Создание условий для увеличения объемов жилищного строи-			
лях улучшения жилищных условий населения и	тельства, строительства социального жилья.			
обеспечения жильем льготных категорий граждан в				
городе Ростове-на-Дону в 2014-2016 годах»				

Жилищное строительство ведется во всех районах города — в 1 полугодии 2014 г. наибольшее количество жилья введено на территориях Октябрьского (199,0 тыс. м²), Железнодорожного (96,7 тыс. м²) и Ворошиловского районов (83 тыс. м²), значительно возрос объем ввода жилья в Кировском районе. Распределение строящихся объектов жилья по районам г. Ростова-на-Дону представлено на рисунке 1.

В соответствии с Генеральным планом города проводится целенаправленная жилищная и градостроительная политика по развитию и комплексному освоению новых жилых районов - «Левенцовский», «Суворовский», «Декоративные культуры», «Норд», ДОСААФ, мкр. 6А СЖР, «Орбитальная», «Нива».

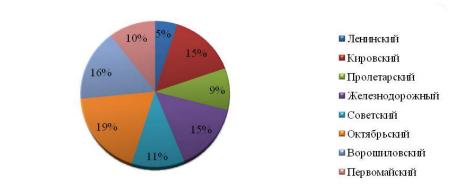


Рисунок 1. Строящиеся объекты жилья в г. Ростове-на-Дону

Общая площадь строительства и краткое описание районов застройки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика районов строительства в г. Ростове -на-Дону на 2014 г.

Район (квартал)	Общая пло-	Примечание (описание)
строительства	щадь строи-	
1	тельства	
1	2	3
«Левенцовский»	Свыше	На территории района ведется строительство панельных жилых домов новых се-
	2,5 млн. м ²	рий. Застройка района осуществляется комплексно - одновременно с жилищным
		строительством в районе предусматривается строительство объектов социальной инфраструктуры.
		Начато освоение новых жилых микрорайонов № 5,6 градостроительной емко-
		стью около 700 тыс.м ² .
МКР 6 «А» в СЖР	60 тыс. м ²	В микрорайоне предусматривается строительство квартир эконом-класса.
		Начато строительство первого и второго жилого комплекса, для строительства 3
		комплекса разработана проектная документация. В настоящее время в строи-
		тельство инвестировано свыше 119 млн. рублей. Строительство жилых помеще-
		ний осуществляется с «отделкой под ключ».
«Декоративные	90 тыс. м ²	На территории района предполагается строительство высотных жилых домов с
культуры»		квартирами эконом-класса, коттеджей и объектов социальной инфраструктуры.
«Суворовский»	1,2 млн. м ²	На территории района ведется строительство жилого фонда эконом-класса, а
***	00 2	также коммерческих объектов.
«Норд»	80 тыс. м ²	Жилой район расположен на площади 4,14 га севернее ул. Орбитальная. Проек-
		тируемый жилой фонд предполагает население - 3,1 тыс. человек. В 2013 году
	20 2	введен в эксплуатацию жилой дом на 160 квартир общей площадью 8,7 тыс. м ² .
Территория	28 тыс.м ²	По ул. Скачкова предполагается ввод 2 жилых домов, застройщиком которых
бывшего		является ЗАО «Патриот-Девелопмент».
завода ГПЗ-10		
Жилой район ДО-	Свыше 65	В западной части города ведется застройка территории бывшего вертолетного
СААФ	тыс.м2	поля ДОСААФ. В настоящее время здесь сформирован новый жилой многоэтаж-
		ный квартал «Европейский» и в 2013 году введен в эксплуатацию 1-й многоэтаж-
		ный жилой дом - 7-8 этажный на 247 квартир (ООО «Донстрой») по ул. 2-я Во-
		лодарского,166/6 (п.29). В 2014 году на территории квартала «Европейский»
		намечено к вводу 8 жилых домов.

Лидерами среди компаний на строительном рынке в 2014 г. по возведению жилых зданий являются: ЗАО «ПАТРИОТ-Девелопмент» (127, 2 тыс.м²), ЗАО «Кубанская марка» (238, 19 тыс.м²), ОАО «Ростовское» (120, 82 тыс. м²). К менее крупным компаниям относятся: ООО «Донстрой» (63,4 тыс.м²), ООО «Югжилстрой» (36,2 тыс.м²), ООО «Мастерстрой» (65,57 тыс.м²), ООО «Мария» (48,89 тыс.м²). На рисунке 2 представлены компании, лидирующие на строительном рынке в г. Ростове-на-Дону в 2014 г.

Фирмы ЗАО «Кубанская марка» и ОАО «Ростовское» осуществляют строительство жилищного комплекса «Суворовский». Также ОАО «Ростовское» занимается строительством жилых зданий в жилом районе «Декоративные культуры». ЗАО «ПАТРИОТ-Девелопмент» ведет строительные работы в жилом районе «Левенцовский» и на ул. Скачкова. ООО «Донстрой» осуществляют строительство жилых зданий в многоэтажном квартале «Европейский» в районе ДОСААФ.

В 2013 году в городе были достигнуты высокие показатели по уровню вводимого в эксплуатацию жилья - 1025,1 тыс. м². Это составляет 109,2% к уровню 2012 года.

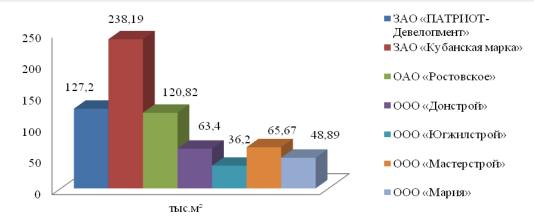


Рисунок 2. Компании-лидеры на строительном рынке

За 1 полугодие 2014 года на территории города было введено 570 тыс. $\rm M^2$ жилья, в том числе около 290 тыс. $\rm M^2$ в многоэтажных многоквартирных жилых домах. Данный уровень составляет 144% к соответствующим показателям 2013 года. За весь 2014 год в городе будет введено не менее 1100 тыс. $\rm M^2$.

В период с 2014 по 2016 год планируется ввести на территории города не менее 3,4 млн. m^2 жилья.

Жилищная обеспеченность в городе в 2014 году составила 23,87 м²/чел, что превышает значение этого по-казателя в ряде крупнейших городов РФ. По сравнению с 2011 годом средняя жилобеспеченность в Ростове-на-Дону выросла на 4,6%. К 2016 году прогнозируется увеличить данный показатель по городу до 26,3 м²/чел.

Список литературы:

- 1. Соколов И.В. Анализ рынка жилой недвижимости Санкт Петербурга и основные тенденции его развития: автореферат дис. ... канд. эконом. наук. / И. В. Соколов Санкт Петербург, 2008. 21 с.
- 2. Шеина С.Г., Матвейко Р.Б. Концептуальная модель оценки уровня социально-экономического развития территорий и формирование стратегий развития инвестиционной политики // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3 (21). С. 818-821.
- 3. Шеина С.Г., Хамавова А.А. Разработка информационно-аналитического обеспечения инвестиционноградостроительных программ // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 111-113.
- 4. Электронный ресурс в режиме доступа. http://www.rostov-gorod.ru/.

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЛАВА С ЭЛЕМЕНТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ПРИ КРЕПЛЕНИИ МНОГОСТВОЛЬНЫХ СКВАЖИН

Киекбаев Айтуган Аюпович

Магистр Уфимского Государственного Нефтяного Технического Университета г. Уфа

Сплавы с памятью формы относятся к группе так называемых «умных» (smart) функциональных материалов, поскольку позволяют управлять своим поведением и в какой-то мере программировать их. Сплавы с памятью формы являются перспективными материалами для использования в креплении боковых стволов. Экспериментальному исследованию уникальных термомеханических свойств сплавов с памятью формы посвящены работы В.А. Лихачева, С. Абдрахманова, Е.З. Винтайкина, В.Н. Хачина, В.Г. Пушина, О.И. Крахина, И.Н. Андронова, С.П. Беляева, С.Д. Прокошкина, JI.М. Капуткиной, Н.Ю. Хмелевской, К. Otsuka, F. Nishimura, N. Watanabe Y. Liu, Q.P. Sun, W.M. Huang, J.A. Shaw, S. Kyriakides и др.

Материалы на основе сплавов с памятью формы имеют преимущество перед известными на сегодняшний день конструкциями используемых в скважинах:

- Отсутствие движущихся частей, отсутствие механических и гидравлических механизмов активации;
- Функции всех элементов соединения могут исполняться одним объемом одного интеллектуального материала;
- Проявление высоких эластичных свойств, способность изменять свою форму при изменении температуры и не разрушаться в условиях знакопеременной нагрузки.

- 4. Уровень реактивных напряжений некоторых материалов с ЭПФ может составлять до 1000-1300 МПа. Силовой элемент с наружным диаметром 14 мм и толщиной стенки 1 мм развивает усилие до 2 т.
- Восстановление структуры запрограммированной формы при нагрузке.
- С целью экономии полезного пространства можно использовать комбинированные конструкции, в которых все рабочие элементы являются активными.
- 7. Обладают наивысшей ударной прочностью и другими полезными свойствами, такими как упругость, ковкость и усталостная прочность.
- 8. Высокие коррозионные свойства в месте со способностью восстанавливать форму при определенной температуре, что позволяют использовать в конструкциях глубоких скважин.
- 9. Преимуществом сплавов с памятью формы, помимо их высокой надежности, является отсутствие высокотемпературного нагрева (в отличие от сварки). Поэтому свойства материалов вблизи соединения не ухудшаются.

Феноменология эффекта памяти заключается в следующем. Материл обладающий эффектом запоминания формы, пластически деформируют при температуре

Тд выше температуры прямого мартенситного превращения Мя с целью придания ему определенной формы, затем охлаждают до температур, обеспечивающих протекание мартенситного превращения и деформируют в этой температурной области до получения нужной формы. При нагреве в местах соединения стволов выше температуры обратного мартенситного превращения Ак образец вновь восстанавливает форму, которая была ему придана при температуре Тд>Мя.

Проектный расчет устройства на примере многоствольной скважины 14056 Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения

Многоствольная скважина 14056 пробурена на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении Оренбургской области буровым подрядчиком ООО «Газпром бурение», скважина состоит из трех стволов материнского и двух боковых стволов диаметром 152,4 мм.

На примере этой скважины мы проводим проектирование сочленения для крепления боковых стволов. В качестве исполнительного органа как было сказано выше используем втулку из сплава TiNi (47-50,5 % Ni), с температурой аустенитного перехода 80°C на расширение и 100 °C на сжатие с деформацией восстановления 8%. Данная конструкция представляет собой втулку (см. рис. 1 и 2) с размерами L=750мм, R=163,3 мм.

Внутренний диаметр с пущенной обсадной колонны 177,5 мм (см. рис. 3), при нагреве втулки с 80 °C происходит вспоминание запрограммированной формы и расширение цилиндрической части до 177,5 мм, т.е. восстановления формы до 8 %. Коэффициент линейного расширения сплава ТіNі αNiTi=11·10-6 1/K, сплава АмГ6 - αNiTi=24·10-6 1/K. Модуль упругости сплавов ТіNі и АмГ6 – Е=70·109 Н/м2. Уравнение равновесия деформированных состояний втулки и колонны в зоне контакта втулки и колонны имеет вид:

Лвт=Лкл

В процессе аустенитного перехода уравнение деформированного состояния втулки имеет вид:

 $\Delta_{BT} = \Delta_{\Pi} \varphi + \Delta t^{BT} - \Delta N^{BT}$

Где $\Delta п \phi$ - деформации восстановления формы,

 $\Delta_{\rm t}^{\rm \scriptscriptstyle BT}$ – температурные деформации втулки,

 $\Delta_{\rm t}$ — температурные деформации втулки $\Delta_{\rm N}^{\rm BT}$ — деформации от реакции колонны.

 $\Delta_{BT} = \Delta_{\Pi} \phi + \alpha_{Ni} Ti^* L \Delta t - \frac{N*L}{ENiTi*FBT}$

 Γ де α NiTi – коэффициент линейного расширения сплава TiNi,

L – длина втулки,

t – температура нагрева втулки,

N – реакция колонны,

ENiTi – модуль упругости материала втулки.

Уравнение деформированного состояния колонны в зоне контакта со втулкой

$$\Delta Tp = \alpha_{Tp} L^* \Delta t_{Tp} + \frac{N*L \kappa a H}{E Tp*F \kappa a H} + p + \frac{N(L - l \kappa a H)}{E Tp*F Tp}$$

где α тр – коэффициент линейного расширения материала колонны,

Датр – температура нагрева колонны в зоне контакта с втулкой,

Lкан – длина контакта,

Fтр и Fкан – соответственно площади сечения колонны и контакта,

Етр – модуль упругости материала колонны.

При проектных расчетах температурные деформации составных частей устройства можно не учитывать. Погрешность расчетов при этом составит не более 1,6%.

1. Расчет необходимой теплоты срабатывания устройства

При проектировании втулки необходимо информация об уровне температуры в скважине на месте установки со-

членения. На месте установок сочленения стволов в интервале 1540 – 1576 м температура ствола скважины 14056 ОНГКМ составляет 50-51 °C. Для предотвращения самопроизвольного срабатывания закалываем втулку до температуры аустенитного перехода 80°C при которой происходит расширение рабочих органов 1 и 2 см. рис.1 и на температуру аустенитного перехода 100 °C при которой произойдет сжатие рабочего органа 3 см. рис 1.

Рассмотрим необходимое тепло для нагрева втулки на расширения при температуре с 50 °C до 80 °C

 $Q=c*m*\Delta t$

где с –удельная теплоемкость TiNi;

т – масса втулки при толщине стенки 3 мм 1,8 кг;

 $\Delta t = 80-50=30$ °C.

Для сплава TiNi; c=469 Дж/кг·К; удельный вес p=6,5·10⁻³кг/м3.

Для устройства, указанными выше размерами для нагрева втулки с 50°C до 80°C необходимо 25326 Дж.

Теперь рассмотри необходимое тепло нагрева рабочего органа 3 втулки см. рис 1 на сжатие при температуре с 80 °C до 100 °C

 $Q=c*m*\Delta t$

где с -удельная теплоемкость TiNi;

т – масса втулки при толщине стенки 3 мм 0,09 кг;

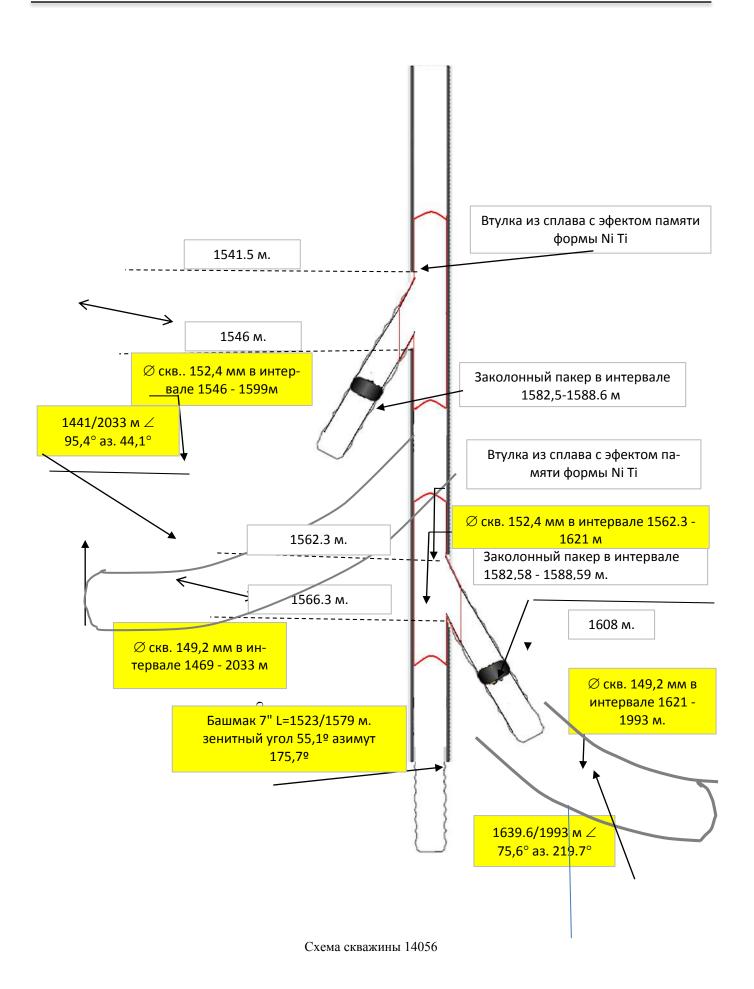
 $\Delta t = 100-80=20$ °C.

Для сплава TiNi; c=469 Дж/кг·К; удельный вес p=6,5· 10^{-3} кг/м3.

Для устройства, указанными выше размерами для нагрева рабочего органа 3 втулки см. рис 1, с температуры 80°С до 100°С необходимо 844,2 Дж.

Список использованной литературы

- 1. Материалы с эффектом памяти формы: Справочник. Т. 3 / под. ред. В.А. Лихачева. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998. 474 с.
- 2. Материалы с эффектом памяти формы: Справочник. Т. 4 / под. ред. В.А. Лихачева. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998. 268 с.
- 3. Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. Л.: Изд-во Ле-нингр. ун-та, 1987. 218 с.
- 4. Шишкин С.В., Махутов Н.А. Расчёт и проектирование силовых конструкций на сплавах с эффектом памяти формы. Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. 412 с.
- 5. Воронов В.К., Подоплелов А.В. Физика на переломе тысячелетий: конденсированное состояние. 2-е изд. М.: ЛКИ, 2012. 336 с.
- 6. Оцука К., Симидзу К. и др. Сплавы с эффектом памяти формы: пер. с японск. М.: Металлургия, 1990. 224 с.
- 7. Тихонов А.С., Герасимов А.П., Прохорова И.И. Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении. М.: Машиностроение, 1981. 81 с.
- 8. Сильченко Л.Г., Мовчан И.А. Устойчивость цилиндрической пластины из сплава с памятью формы при термоупругих мартенситных превращениях в условиях сжатия и сдвига // Механика композиционных материалов и конструкций. 2009. Т. 15. №2. С. 221—241.
- 9. Flores Zuniga H., Rios Jara D., Belkahla S., NikaV. and Guenin G. The Training and Re-Training Procedures for the Two Way Memory Effect and Its Degradation in a Cu-Al-Be Alloy. Scripta Materialia.-Vol. 34. No.12. pp.1899-1904, 1996.
- Garby B., Lexcellent C., No V.N., Miuazaki S. Thermodynamic modeling of the recovery strains of sputter-deposited shape memory alloys Ti-Ni and Ti-Ni-Cu thin film. Thin Solids Films. 2000. No. 372. P. 118-133.



КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЧ-ЭКСТРАГИРОВАНИЯ БЕРЕСТЫ

Коптелова Елена Николаевна

Канд. техн. наук, ст. преп. кафедры химии и химических технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В Ломоносова, г. Архангельск;

Третьяков Сергей Иванович

Канд. техн. наук, проф. кафедры химии и химических технологий, г. Архангельск;

Кутакова Наталья Алексеевна

Канд. техн. наук, проф. кафедры химии и химических технологий, г. Архангельск

В составе березовой коры (бересты) содержится бетулин – ценное биологически активное вещество, которое находит самое разнообразное применение. На его основе синтезируют перспективные фармацевтические препараты с противоопухолевой и антивирусной активностями [1, с. 3], [2, с. 1]

Одним из эффективных способов экстракции бересты с целью выделения бетулина и других экстрактивных веществ (ЭВ) является микроволновая обработка в сверхвысокочастотном (СВЧ) поле. В результате данного процесса скорость экстрагирования повышается в 10-15 раз [3, с. 23].

Береста имеет сложную анизотропную структуру — разветвленную сеть сообщающихся друг с другом капилляров и пор. СВЧ-экстракция бересты является массообменным процессом, протекающим по механизму молекулярной диффузии, термо - и бародиффузии.

Для исследования кинетических закономерностей СВЧ-экстрагирования бересты использован вычислительный алгоритм расчета кинетики процессов массообмена в системе твердое тело-жидкость в материалах с капиллярно-пористой структурой [4, с. 112]. Кинетику переноса

вещества в системе твердое тело – жидкость описывают следующим уравнением

 $(X_{\rm H}-X)/(X_{\rm H}-y_{\rm o})=f$ (Fo_д, Bi, Γ , b), (1) где $X_{\rm H}$, X, $y_{\rm o}$ — концентрация распределяемого вещества начальная и текущая в твердом теле и жидкой фазе; Fo_д = $D\tau/l^2$ — диффузионный критерий Фурье; Bi = $\beta l/D$ — критерий Био; Γ — симплекс геометрического подобия, характеризующий форму и размеры частиц; b — отношение суммарного объема твердых частиц к объему жидкой фазы; β — коэффициент массоотдачи в жидкой фазе; l — определяющий линейный размер (для пластины — половина толщины, для шара и цилиндра — радиус R); D — коэффициент внутренней диффузии (массопроводности); τ — продолжительность процесса экстрагирования.

Наиболее доступным способом экспериментального исследования кинетики процесса массообмена в системе «твердое тело – жидкость» является проведение периодического процесса, в котором определенные количества твердого вещества и жидкости загружаются в аппарат с мешалкой и прослеживается изменение концентрации раствора во времени. Уравнение (1) имеет вид

$$\frac{X_{H} - X}{X_{H} - y_{0}} = \frac{1}{1+b} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4(\nu+1)\exp(-\mu_{n}^{2}Fo_{\pi})}{\left(1 + \frac{2}{Bi}\right)\mu_{n}^{2} - 2(\nu+1)\left[\frac{\mu_{n}^{2}}{Bi} - 2(\nu+1)b\right] + \left[\frac{\mu_{n}^{2}}{Bi} - 2(\nu+1)b\right]^{2}},$$
 (2)

где $v = \frac{1}{2}$ ($\Gamma - 1$), для пластины $v = -\frac{1}{2}$, для цилиндра v = 0 и для сферы $v = \frac{1}{2}$; n - числа натурального ряда; $\mu_n -$ корни характеристического уравнения.

Кинетику процесса, если лимитирующей стадией является внутренняя диффузия ($\mathrm{Bi} \to \infty$), можно выразить следующим уравнением:

$$\frac{X_{H} - X}{X_{H} - y_{0}} = \frac{1}{1 + b} - \sum_{n=1}^{\infty} A_{n} \exp(-\mu_{n}^{2} Fo_{\mu}).$$
 (3)

Кинетическое уравнение может быть без большой потери точности представлено в удобном для анализа виде:

$$\frac{y_{p} - y}{X_{H} - y_{0}} = B_{1} \exp(-\mu_{1}^{2} Fo_{\pi}),$$

или при его логарифмировании

$$\ln \frac{y_{p} - y}{X_{H} - y_{0}} = \ln B_{1} - \mu_{1}^{2} \frac{D\tau}{l^{2}}, (4)$$

где $B_1 = bA_1$; y_p , y_o , y — средняя, начальная и текущая концентрация раствора.

В соответствии с уравнением (4) строится графическая зависимость логарифма симплекса концентрации от продолжительности экстракции τ . Так как условия, при которых выведено данное уравнение, соблюдались, то при не очень малых значениях τ на графике получается прямая

линия, которая характеризует область регулярного режима извлечения. Экстраполяцией прямой линии $\ln [(y_p - y)/(X_H - y_o)] = f(\tau)$ до $\tau = 0$ определяли значение B_1 в уравнении (4), а по тангенсу угла наклона прямой tg α находили величину коэффициента внутренней диффузии

$$D = -\frac{l^2 \operatorname{tg} \alpha}{\mu_1^2}.$$

Экспериментально установили, что μ_1 и A_1 соответствуют теоретическим значениям для шара (μ_1 = π и A_1 = $6/\pi^2$).

Опыты по исследованию кинетических закономерностей СВЧ-экстрагирования бересты проводили в СВЧ-экстракторе, описание которого приведено в работе [5, с. 159]. Модельные образцы готовили из технической бересты, полученной при окорке фанерного кряжа на Архангельском фанерном заводе. После отделения луба бересту размалывали на лабораторной дробилке истирающего (лущильного) действия типа dr. Коегпег, mode II и на мельнице роторной ножевой РМ 120 режущего действия.

Геометрические характеристики бересты и экспериментальные значения коэффициентов внутренней диффузии приведены в таблице.

Таблица 1

Геометрические характеристики бересты и экспериментальные значения коэффициентов внутренней ди	ффузии
--	--------

Образец	Средние размеры частиц бересты в тангенциальном, продольном и радиальном направлениях (из 100 замеров), мм	Эквивалентный радиус частиц бересты, R , м	Коэффициент внутренней диффузии ЭВ $D.10^{10},\mathrm{m}^2/\mathrm{c}$	Коэффициент внутренней диффузии бетулин $D.10^{10}$, m^2/c
Б1	7,0×3,0×0,03	0,00024	0,29	0,49
Б2	1,5×1,0×0,5	0,00051	1,94	0,64
Б3	7,6×1,0×1,4	0,00165	15,10	10,23
Б4	2,5×2,6×1,5	0,00087	3,42	1,74
Б5	5,1×2,5×1,6	0,00169	14,00	12,57
Б6	7,5×2,5×1,5	0,00233	34,10	24,10
Б7	10,0×2,6×1,5	0,00289	36,60	29,60
Б8	7,6×7,5×1,5	0,00259	24,20	26,12
Б9	5,1×7,5×1,6	0,00252	34,00	25,13

Геометрические характеристики бересты и экспериментальные значения коэффициентов внутренней диффузии

Модельные образцы бересты с фиксированными размерами в тангенциальном, продольном и радиальном направлениях путем разрезания — Б3-Б9. Образец Б1 — береста, размолотая на дробилке истирающего действия; Б2 — на измельчителе режущего действия. В качестве растворителя использовали 86 %-ный этиловый спирт — универсальный растворитель, широко применяемый в практике получения продуктов, содержащих биологически активные вещества. За нарастанием концентрации ЭВ следили с помощью весового метода, а

содержание бетулина в экстракте определяли с помощью метода ВЭЖХ.

На представленных кривых (рис. 1) видно, что концентрация ЭВ в растворе при СВЧ-экстракции из бересты, размолотой на дробилке истирающего действия, выше, чем из бересты, размолотой на дробилке режущего действия и из модельных образцов с фиксированными размерами. С увеличением размеров бересты по длине и по ширине, происходит незначительное снижение скорости процесса экстракции и уменьшение степени извлечения ЭВ.

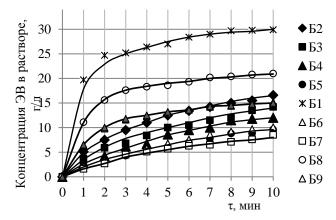


Рисунок 1. Изменение концентрации ЭВ в зависимости от степени и способа измельчения бересты

Логарифмическая зависимость симплекса концентрации ЭВ и бетулина от τ при СВЧ-экстракции образца бересты Б1 этиловым спиртом показана на рис. 2.

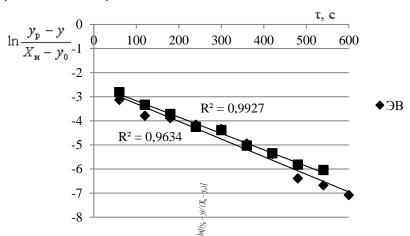


Рисунок 2. Зависимость $ln[(y_p - y)/(X_H - y_0)] = f(\tau)$ при извлечении ЭВ и бетулина для образца БI

На основе экспериментальных данных и расчетных кривых построены корреляционные графики для ЭВ и бетулина для образцов Б1–Б9 (рис. 3).

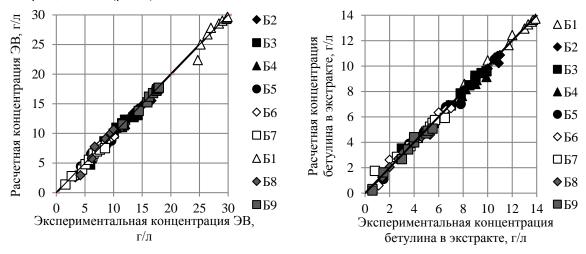


Рисунок 3. Корреляционные графики для ЭВ и бетулина

Анализируя полученные данные, можно отметить, что коэффициенты внутренней диффузии при СВЧ-экстрагировании бересты ($D=(0,3-34,1)\cdot 10^{-10}$, м²/с) на порядок выше, чем при экстрагировании без СВЧ-обработки ($D=(1,3-12,4)\cdot 10^{-11}$, м²/с) [3, с. 24].

Как видно из рисунка 3, расчетные концентрации ЭВ и бетулина в экстракте сопоставимы с экспериментальными данными, среднее квадратичное отклонение (СКО) не превышает 0,15 г/л, что подтверждает правильность выбора данного алгоритма для расчета кинетики процесса СВЧ-экстрагирования бересты этиловым спиртом.

На основе предложенного вычислительного алгоритма расчета кинетики процессов массообмена в системе твердое тело-жидкость в материалах с капиллярно-пористой структурой определены коэффициенты внутренней диффузии при СВЧ-экстрагировании бересты из измельченной березовой коры. Расчетные значения концентрации экстрактов достаточно близки к экспериментальным, что позволяет использовать полученые коэффициенты для расчета кинетики процесса СВЧ-экстрагирования бересты при получении бетулина.

Список литературы:

- 1. Кислицын А.Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, применение // Химия древесины. 1994. № 3. 58 с.
- 2. Толстиков Г.А., Флехтер О.Б., Шульц Э.Э. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. №13. 45 с.
- 3. Коптелова Е.Н., Кузнецова Л.Н., Кутакова Н.А., Третьяков С.И. Интенсификация процесса выделения бетулина из бересты с использованием СВЧ-поля // Лесной журнал. 2013. № 5. 56 с.
- 4. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой М.: «Химия», 1980. 248 с.
- 5. Коптелова Е.Н., Кутакова Н.А., Третьяков С.И. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии СВЧ-поля // Химия растительного сырья. 2013. № 4. 62 с.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ДИСКОВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СИЛУ И ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ РАЗРУШЕНИИ ЛЬДА

Ковалевич Павел Васильевич Старший преподаватель кафедры ТОиГСМ ИНиГ СФУ, г. Красноярск Ганжа Владимир Александрович Канд. техн. наук, доцент кафедры ТОиГСМ ИНиГ СФУ, г. Красноярск Каптюк Иван Викторович Старший преподаватель кафедры ТОиГСМ ИНиГ СФУ, г. Красноярск

Наиболее ответственным и сложным этапом сезонной эксплуатации автомобильных дорог является зимнее содержание покрытий. Основные показатели качества различных дорожных покрытий - коэффициент сцепления, ровность, чистота и др. [1] оказывают решающее влияние на уровень безопасности дорожного движения, аварийности на автодорогах, качество обслуживания

пассажиров и травматизм участников дорожного движения

Значительную трудоемкость работ зимнего содержания автомобильных дорог составляют мероприятия по предотвращению и устранению снежно-ледяных и гололедных образований, которые в настоящее время выпол-

няются химико-механическим, тепловым, комбинированным и фрикционным методами. Данные методы оперативны и высокоэффективны, но имеют ряд существенных недостатков, как то: необходимость приобретения и содержания специальных машин для распределения жидких или гранулированных антигололедных реагентов (АГР), большой сезонный расход АГР и их высокая стоимость, строительство и содержание складских помещений, вредное влияние АГР на покрытия, и окружающую среду и др.

Механический способ зимнего содержания дорог, являющийся более экономичным и экологически чистым, широко используется при очистке покрытий от свежевыпавшего и уплотненного снега посредством использования на спецмашинах отвальных (плужных), щеточных, шнекороторных, фрезерно-роторных и др. рабочих органов. Однако при разрушении прочных снежно-ледяных и гололедных образований значительной толщины использование механического способа ограничено в силу конструктивной неприспособленности рабочих органов существующих спецмашин к данному виду работ.

Область применения механического способа может быть расширена путем создания высокоэффективного рабочего оборудования для разрушения прочных снежноледяных образований, оснащаемого режущим инструментом в виде заостренных дисковых резцов с односторонним непрерывным клиновым ободом [2, 6].

Инструмент такого типа широко применяется в проходческих комбайнах при разработке горных пород [3, 4], а также в рабочих органах буровых, землеройных машин и на бульдозерных рыхлительных агрегатах [5] при разработке мерзлых грунтов. Однако, конструктивные параметры такого инструмента и режимы его работы, обеспечивающие эффективное разрушение указанных сред не могут быть использованы при разработке устройств разрушающих прочные снежно-ледяные образования без дополнительных исследований, так как физико-механические свойства горных пород и мерзлых грунтов отличаются физико-механических существенно OT свойств льда.

При создании оснащаемого дисковым инструментом высокоэффективного оборудования для разрушения прочных снежно-ледяных образований важнейшим вопросом является зависимость усилий, возникающих на рабочем органе от геометрических параметров режущего инструмента, углов его установки, скорости перемещения оси, несущей дисковый резец, скорости подачи рабочего органа на забой, параметров среза, физико-механических свойств разрушаемой среды, и т. д.

Изучение влияния каждого из перечисленных факторов на силовые и энергетические показатели процесса механического разрушения прочных снежно-ледяных образований дисковым режущим инструментом является сложным многоэтапным процессом, требующим последовательного выполнения большого объема исследовательских работ.

К первому этапу работ данного направления можно отнести теоретические и экспериментальные исследования процесса взаимодействия дискового режущего инструмента со льдом, проведенные в Сибирском федеральном университете (СФУ) в рамках работы [2]. Основной целью исследований являлось определение рациональных, с позиции минимизации энергозатрат, параметров дискового режущего инструмента и оценки влияния этих параметров, а также физико-механических свойств льда и параметров среза на силовые показатели процесса резания льда таким инструментом.

В качестве режущего инструмента использовался заостренный дисковый резец с односторонним непрерывным клиновым ободом диаметром D=0,2 м и углом заострения δ , изменявшимся в диапазоне от 15 до 60° с интервалом 15° . Резание ледового массива осуществлялось на глубину h=60 мм. Шаг резания t (толщина срезаемой стружки), составил: 10, 20, 30 и 40 мм, а угол γ установки резца относительно плоскости резания (задний угол) составил 5° . Прочность льда на сжатие $\sigma_{cm}=1,8\div2,3$ МПа при температуре в диапазоне от минус 2 до минус $6^{\circ}C$.

Исследованиями установлено, что наименьшие усилия резания льда в полублокированном режиме, а также, наименьшая энергоемкость процесса, обеспечиваются при использовании дисковых резцов с углом заострения $\delta=30^\circ$ [2, 6].

При постановке эксперимента скорость движения оси вращения резца (скорость резания) устанавливалась постоянной и составляла 0,51 м/с. Это условие на данном этапе исследовательской работы считалось достаточным, так как, значение скорости резания выбиралось в диапазоне от 0,1 до 1,5 м/с. Известно, что изменение скорости резания в указанном диапазоне значений не оказывает существенного влияния на значения составляющих усилия резания [3]. Однако отсутствие сведений о степени влияния скорости резания на силовые показатели процесса разрушения льда дисковым инструментом ограничивает возможность выбора рациональных с точки зрения минимизации энергозатрат и повышения производительности режимов работы оборудования, оснащаемого таким инструментом.

С целью определения рациональных значений скорости резания, при которых обеспечивается наиболее эффективное разрушение прочных снежно-ледяных образований дисковым инструментом и оценки влияния этого параметра, а также физико-механических свойств льда и параметров среза на силовые показатели процесса резания льда таким инструментом в СФУ проведены экспериментальные исследования, которые могут быть отнесены ко второму этапу работ по изучению процесса взаимодействия дискового режущего инструмента со льдом при его механическом разрушении.

Условия проведения эксперимента выбирались максимально приближенными к условиям первого этапа исследований. Так температура окружающего воздуха при испытаниях находилась в диапазоне от минус 2 до минус 6 °C, что соответствует условиям наиболее вероятного льдообразования на дорожных и аэродромных покрытиях. Прочность льда на сжатие при той же температуре $\sigma_{cж}=1,8\div2,3$ МПа.

В качестве режущего инструмента принят заостренный дисковый резец с односторонним непрерывным клиновым ободом. Такая форма инструмента допускает расположение его в пространстве под различными углами, по отношению к поверхности разрабатываемого массива.

Диаметр дискового резца, использовавшегося в работе, D=0.2 м. При таком диаметре исключается громоздкость конструкции и необходимость установки массивных опор, несущих дисковые резцы на исполнительном органе, обеспечивается необходимая глубина резания.

Угол заострения резца δ = 30°. Дисковыми резцами с таким углом заострения обеспечивается разрушение льда с наименьшей энергоемкостью процесса [2, 6].

Значение заднего угла: $\gamma = 5^{\circ}$. Установкой дискового резца даже со столь малым значением заднего угла обеспечивается существенное уменьшение площади трения большего основания резца об массив разрушаемого материала.

Резание осуществлялось на глубину h=60 мм. Данное значение соответствует допустимой толщине стружки, срезаемой отвальными рабочими органами, оснащенными системами автоматизированного управления

Шаг резания t (толщина срезаемой стружки), составил: 10, 20, 30, 40, 50 и 60 мм. При этом соблюдалось условие $t \le h$, так как предполагается что резцами, размещаемыми на рабочих органах, будет обеспечиваться разрушение льда по полублокированной схеме, требующей меньших затрат энергии. В случае, когда ширина резания превышает его глубину, имеет место более энергоемкая блокированная схема резания.

Исследования по резанию льда проводились на лабораторном стенде [2], схема которого представлена на рис. 1. Чувствительным элементом стенда является тензометрическая головка 6, представляющая собой полую балку с размещенными на ней тензометрическими датчиками сопротивления, при помощи которых определялись горизонтальная, вертикальная и боковая составляющие усилия резания. Для автоматической записи, хранения и обработки значений этих составляющих использовался информационно-измерительный комплекс, включающий

персональный компьютер с монитором, плату аналогоцифрового преобразователя (АЦП) *L*-154, программу *Power Graph*, предназначенную для регистрации, обработки и хранения аналоговых сигналов, записанных с помощью **АЦП, а также,** тензометрический усилитель УТ1-10.

Для проведения испытаний на лабораторном стенде блоки размерами использовались ледяные 260x300x510мм., закреплявшиеся на несущей плите 3 стенда. Вращением рукоятки 4 механизма поперечной подачи устанавливался шаг резания t (толщина срезаемой стружки). При включении привода кнопочной станцией 5, крутящий момент от электрического двигателя 19 через редуктор 20 и выходной вал 21 редуктора, приводную звездочку 22 цепью 24 передается звездочке 23, закрепленной на валу 25 цепной передачи. На другом конце вала 25 закреплена звездочка 12, передающая крутящий момент посредством тяговой цепи 15 звездочке 16. Захватом 14, установленным на одном из звеньев тяговой цепи 15 тензометрическая головка 6 с закрепленным на ней режущим инструментом 7 перемещается из крайнего правого положения в крайнее левое, совершая рез.

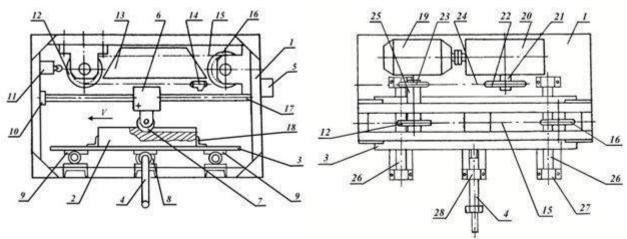


Рисунок 1. Схема лабораторного стенда: 1 — опорная рама; 2 — ледяной блок; 3 — несущая плита; 4 — поворотная рукоятка; 5 — кнопочная станция; 6 — тензометрическая головка; 7 — режущий инструмент; 8 — ходовой механизм; 9 — опоры несущей плиты; 10 — демпферы; 11 — конечный выключатель; 12, 16 — звездочки тяговой цепи; 13 — шина; 14 — захват; 15 — тяговая цепь привода; 17 — направляющие тензометрической головки; 18 — упоры; 19 — электрический двигатель; 20 — редуктор; 21 — выходной вал редуктора; 22 — приводная звездочка; 23 — звездочка ведущего вала цепной передачи; 24 — цепь; 25 — ведущий вал цепной передачи; 26 — направляющие механизма поперечной подачи; 27 — опоры направляющих механизма поперечной подачи; 27 — опора поворотной рукоятки; V — направление движения тензометрической головки

Резание ледяных блоков осуществлялось на различных скоростных режимах. При этом на каждом из этих режимов производилось последовательное изменение шага резания во всем исследуемом диапазоне его значений. Скорость резания при испытаниях составила 0.5; 0.9; 1.3; 1.9; и 2.2 м/с. В рамках данной работы это условие можно считать достаточным, так как известно, что наиболее эффективная и качественная очистка дорожных покрытий от прочных снежно-ледяных образований или уплотненного снега отвальными рабочими органами спецмашин, например, автогрейдеров, обеспечивается в диапазоне рабочих скоростей $1.7 \div 2.8$ м/с $6 \div 10$ км/ч) [7].

Изменение значений скорости резания осуществлялось установкой на лабораторный стенд в качестве приводной звездочки 22 и звездочки 23 ведущего вала цепной передачи, звездочек с различным числом зубьев в различных комбинациях.

На основе статистически обработанных результатов всех испытаний, предусмотренных программой эксперимента, построены графики зависимости составляющих усилия резания от скорости резания и шага резания при разрушении льда дисковым инструментом, выполнен расчет энергоемкости процесса резания ледяного массива дисковым резцом для различных значений скорости резания и шага резания в соответствии с выражением (1), построены графики зависимости энергоемкости исследуемого процесса от скорости резания.

$$E = 0.000272 \frac{P_{\Gamma}}{S_{CP}}, \kappa Bm \cdot u / M^3, \qquad (1)$$

где P_{Γ} — значение горизонтальной составляющей усилия резания, кH; S_{CP} — площадь среза, определяемая следующим выражением:

$$S_{CP} = h \cdot t, M^2, \tag{2}$$

где h – глубина резания, м; t – шаг резания, м.

Важным этапом экспериментальных исследований являлся анализ характера изменения величины горизонтальной P_{Γ} составляющей усилия резания в зависимости от скорости резания льда дисковым резцом и параметров среза, так как значения P_{Γ} определяют величину удельной

энергоемкости процесса резания льда дисковым режущим инструментом.

Графики зависимости горизонтальной P_{Γ} составляющей усилия резания от скорости V резания льда дисковым резцом при полублокированном резании в исследуемом диапазоне шага t резания представлены на рис. 2.

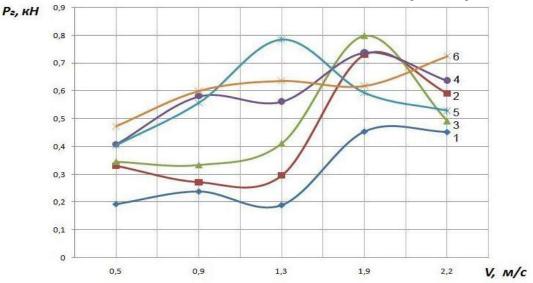


Рисунок 2. Зависимость горизонтальной составляющей усилия резания от скорости резания: 1 — шаг резания 10 мм; 2— шаг резания 20 мм; 3 — шаг резания 30 мм; 4 — шаг резания 40 мм; 5 — шаг резания 50 мм; 6 — шаг резания 60 мм

При анализе данных графиков необходимо учитывать такой параметр как производительность, значения которого изменяются пропорционально изменению скорости резания, что следует из выражения (3)

$$\Pi_p = 3600 F_p V_p, M^3/q$$
 (3)

где: $\Pi_{\rm p}$ — теоретическая (расчетная) производительность машины непрерывного действия, м³/ч;

 $F_{\rm p}$ — расчетное поперечное сечение срезаемой стружки, м²;

 $V_{\rm p}$ – расчетная скорость резания, м/сек.

Результаты анализа графиков свидетельствуют о том, что наиболее благоприятные (по сочетанию параметров усилие — производительность) условия разрушения льда дисковым инструментом обеспечиваются при резании со скоростью 1,3 м/с с шагом 10, 20, 30 и 40 мм, при резании со скоростью 2,2 м/с с шагом 50 мм, а также, при скорости резания 1,9 м/с с шагом 60 мм.

На основании результатов расчета удельных затрат энергии на резание льда дисковым резцом диаметром $D=0,2\,\mathrm{M}$ при различных значениях скорости V резания во всем рассматриваемом диапазоне шага t резания построены графические зависимости энергоемкости исследуемого процесса от скорости резания (рис. 3).



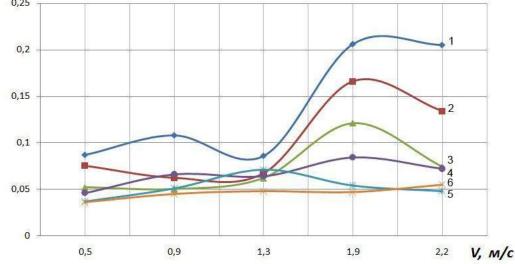


Рисунок 3. Зависимость удельной энергоемкости процесса резания от скорости резания: 1— шаг резания 10 мм; 2— шаг резания 20 мм; 3— шаг резания 30 мм; 4— шаг резания 40 мм; 5— шаг резания 50 мм; 6— шаг резания 60 мм

Анализ полученных графиков показал, что разрушение льда дисковым инструментом при малых затратах энергии и с высокой производительностью обеспечивается при резании льда со скоростью 1,3 м/с и шагом 10, 20, 30 и 40 мм, при резании со скоростью 2,2 м/с с шагом 50 мм, а также, при скорости резания 1,9 м/с с шагом 60 мм, т. е. на тех же скоростных режимах, при которых обеспечиваются позитивные по сочетанию параметров усилие — производительность условия разрушения льда дисковым инструментом (рис. 4).

Повышение значений удельной энергоемкости процесса резания с малыми шагами объясняется следующими причинами. Результатами эксперимента установлено, что периодичность сколов при резании льда дисковым инструментом на различных скоростных режимах непостоянна и в частности, при значениях шага 10 и 20 мм достигает максимума на скорости 1,9 м/с. Каждый скол реализуется при малых разрушающих напряжениях, но суммарное разрушающее усилие за опыт и, следовательно, среднее значение каждого ряда наблюдений оказываются достаточно высокими (рис. 4). Резание ледового массива с малым шагом осуществляется при малой площади контакта разрушаемого материала с боковой поверхностью резца, что способствует увеличению удельной нагрузки, приходящейся на единицу площади боковой поверхности инструмента взаимодействующей со льдом. Следовательно, для обеспечения сдвига элементарных базисных пластин кристаллов льда, приводящего к растрескиванию и разрушению ледового массива, требуются большие затраты энергии (рис. 5).

Таким образом, результатами теоретических и экспериментальных исследований определены рациональные с точки зрения минимизации энергозатрат и повышения производительности, значения скорости резания льда дисковым инструментом при различных параметрах среза.

Полученные данные позволяют устанавливать шаг дискового режущего инструмента при разработке схем его

размещения на рабочих органах спецмашин, а также назначать режимные параметры работы такого оборудования, обеспечивающие наиболее эффективное разрушение прочных сежно-ледяных образований на дорожных покрытиях.

Список литературы:

- 1. ГОСТ Р 50597 93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Введ. 01.07.94. М.: Изд-во стандартов, 1994. 11 с.
- 2. Ганжа, В.А. Обоснование конструкции и основных параметров дискового режущего инструмента для разрушения снежно-ледяных образований: автореф. дис. канд. техн. наук / В.А. Ганжа; СФУ. Красноярск, 2011. 24 с.
- 3. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение тангенциальным инструментом / под ред. Л.И. Барона. М.: Наука, 1973. 172 с.
- 4. Хорешок, А.А. Распределение напряжений в узлах крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / А.А. Хорешок [и др.] // Вестник КузГТУ. 2012. № 6. С. 34 40.
- 5. Желукевич, Р. Б. Разработка мерзлых грунтов землеройными машинами с дисковым инструментом: монография / Р.Б. Желукевич. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. 196 с.
- 6. Ганжа, В.А. Дисковый режущий инструмент для разрушения снежно-ледяных образований / В.А. Ганжа, Ю.Н. Безбородов, Р.Б. Желукевич, Н.Н. Малышева, П.В. Ковалевич // Наука и техника в дорожной отрасли. 2012. №2. С. 34 37.
- 7. Ронинсон, Э. Г. Автогрейдеры / Э. Г. Ронинсон. 3е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 223

ОЦЕНКА МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА КОМПРИМИРОВАННОМ ГАЗЕ В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

Мосикян Карапет Акопович

к.т.н., доцент, национальный аграрный университет Армении, г.Ереван

Койчев Владимир Сагидович

к.т.н., доцент, Ставропольский Государственный Аграрный Университет, г.Ставрополь

Джинян Артур Мартинович

к.т.н., доцент, национальный аграрный университет Армении, г.Ереван

Режим движения автомобиля в условиях горной и пересеченной местности, а также на улично-дорожной сети больших городов (с населением более 1,0 млн. чел.), происходит при постоянном изменении скорости движения и в основном при неустановившемся режиме работы двигателя (разгон, дросселирование). Существуют разные толкования в отношении неустановившегося режима работы ДВС.

Так, Н. Х. Дьяченко [1] под неустановившимся режимом понимает любой режим, отличающийся от нормального. Д.А. Рубец [2] к основному виду неустановившихся режимов относит работу двигателя при разгоне автомобиля. Другие авторы к неустановившемуся режиму

работы двигателя относят снижение частоты вращения коленчатого вала как при открытии, так и при закрытии дроссельной заслонки.

По мнению В.М. Архангельского [3] в основу классификации неустановившихся режимов должны быть положены изменения положения органа, регулирующего подачу топлива, частоты вращения коленчатого вала, а также тепловое состояние двигателя. Характеризируя работу двигателя, при установившемся режиме, автор выделяет условия, при которых должны быть соблюдены следующие равенства:

$$\frac{dM_{\rm Kp}}{d\tau} = 0, \frac{dn}{d\tau} = 0, \frac{dQ}{d\tau} = 0 \tag{1}$$

То есть параметры, определяющие режим работы двигателя, остаются в течение времени постоянными. Для установившегося режима характерны следующие соотношения:

$$M_{\rm Kp} - M_{\rm c} = 0, Q_{\rm B} - Q_{\rm OT} = 0,$$
 (2)

где $M_{\rm KD}$ – среднее значение крутящего момента за цикл;

 $M_{\rm c}$ – внешние и внутренние моменты сопротивления без учета затрат на инерционные нагрузки;

n – число оборотов коленчатого вала двигателя;

 $Q_{\mathtt{E}}$ – суммарное количество теплоты выделяется за единицу времени;

 $Q_{\text{от}}$ – количество теплоты, расходуемое двигателем на полезную работу и передаваемое в окружающую среду;

 τ — время работы двигателя.

Отметим, что условия (1) и (2) являются чисто теоретическими предположениями, причем с очень низкой уровню адекватности, в связи с чем не могут быть приняты за основу при оценке неустановившегося режима работы двигателя. Рассматривая условия определения внешней скоростной и нагрузочной характеристик, а также характеристики холостого хода, выведенных согласно ГОСТ 14846-81, определяем, что равенства (1) в практических условиях нереально, а соотношение (2) не может существовать в практических условиях движения автомобиля и его эксплуатации в целом.

В терминологии оценки «неустановившийся режим» работы двигателя существует такое понятие как приемистость двигателя. Первое и более точное определение данной характеристики формулировал А.С. Орлин [4]. Приемистость двигателя это ее способность быстро менять количество оборотов коленчатого вала при изменении положения дроссельной заслонки.

Проф. Ховах М.С., Ленин И.М., Архангельский В.М. и ряд других авторов, приемистость двигателя характеризуют как отношение приращения частоты вращения коленчатого вала ко времени разгона. То, что при разгоне двигателя в условиях подъема на склоне дороги двигатель может перейти в режим постоянного количества оборотов коленчатого вала, авторы считают как неустановившийся режим работы, что не приемлемо в принципе.

По нашему мнению за основу классификации неустановившегося режима работы двигателя необходимо принять любой его режим работы, при котором изменяется коэффициент избытка воздуха в цилиндре, в следствие чего нарушается процесс сгорания топливовоздушной смеси, нарушается тепловой баланс сгорания заряда.

Основное условие резкого изменения количества оборотов коленчатого вала, это быстрая адаптация состава горючей смеси при переходном режиме работы двигателя, т.е. обеспечение необходимого значения коэффициента избытка воздуха и получение богатой рабочей смеси для резкого повышения мощности двигателя. Для карбюраторных двигателей данный процесс обеспечивает ускорительный насос, и надо сказать достаточно успешно.

По мере развития конструкции двигателя, в частности системы питания на основе принудительного впрыска топлива, появилась новая характеристика оценки неустановившегося режима — мультипликативная активность двигателя.

Под мультипликативной активностью двигателя понимается адаптация и оптимизация состава горючей смеси при резком изменении положения дроссельной заслонки для всех режимов его работы, кроме холостого хода двигателя.

Мультипликативная активность двигателя оценивается временем запаздывания наращивания оборотов коленчатого вала при резком изменении положения дроссельной заслонки. В открытой печати нормативные значения данной характеристики не оговариваются. Данная характеристика для газотурбинных самолетных двигателей равна 3...9 с, а для поршневых автомобильных двигателей этот показатель меньше в 2...3 раза. По всей вероятности она составляет около 1,5...3 сек. [5].

Исследование в реальных условиях эксплуатации показывают, что мультипликативная активность двигателя работающего на природном газе в большой мере зависит от скорости движения автомобиля, номера передачи на КПП и среднего числа оборотов двигателя. Экспериментальные исследования этих трех характерных условий эксплуатации показали, что время неустановившегося режима работы двигателя затягивается (таблица 1) при ухудшении условий эксплуатации (подъемы, внутригородская езда и т.д.), и соответственно езда на низких скоростях движения при высоких оборотах коленчатого вала двигателя

Таблица 1

Режим движения автомобиля и время неустановившегося работы двигателя.

	Попольно	Время неустановившейся работы ДВС, с		Количество оборотов двигателя, об/мин			Средняя скорость движения при переводе скорости на	
	Переключение передач КПП	Ере- ван- Севан	Ереван- Арма- вир	внутр и Ере- вана	Ереван- Севан	Ереван - Армавир	внутри Еревана	КПП, км/ч
До 20	I-II	3,68	2,81	3,1	3790	3430	2700	17
20-50	II-III	2,7	2,11	2,3	2960	2980	2490	38
50 и более	III-IV	2,2	1,65	1,7	2750	2300	2210	56

Согласно результатам исследований, при переходе с первой передачи на вторую, на маршруте Ереван-Севан, время неустановившегося режима работы двигателя достигает значения 3,68 сек.

Характеристика изменения времени неустановившейся работы двигателя показана на диаграмме рис.1.

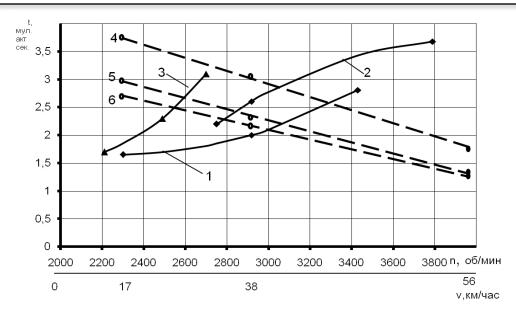


Рис.1 Характеристика изменения времени мультипликативной активности двигателя работающего на компримированном газе в зависимости от числа оборотов коленчатого вала (1,2,3) и от скорости движения (4,5,6) на маршруте Ереван-Армавир (1,6) Ереван-Севан (2,4) и внутригородские Еревана (3,5).

Из диаграммы видно, что время неустановившейся работы двигателя имеет прямолинейную зависимость от скорости движения автомобиля, а с числом оборотов двигателя криволинейную зависимость во всех условиях эксплуатации.

Данные рисунка 1 получены в реальных условиях эксплуатации автобусов семейства ГАЗель, занятых на внутригородских (г. Ереван), пригородных (Ереван-Армавир) и междугородных перевозках, а также в горных условиях (Ереван-Севан). Время неустановившейся работы двигателя определено органолептическим методом с использованием секундомера, тахометра (число оборотов) и показаний спидометра автомобиля. На каждом маршруте замеры проводились по 3 раза и определены средние значение величин. Отметим, что по сравнению с результатами испытаний автобусов при работе на бензине время неустановившийся работы в тех же условиях эксплуатации составило 1,5...3,0 сек., что в среднем на 16,4% меньше чем при компримированном газе.

При диагностировании технического состояния двигателя оценка мультипликативной активности производится световым сигнализатором «ОК» или обозначением цифры О с знаком + или -, что означает адаптированность и состав топливовоздушной смеси. Кроме того мультипликативная активность двигателя, то есть адаптация топливовоздушной смеси контролируется системой ДК (датчик кислорода), т.е. лямбда зондом.

Таким образом, приемистость двигателя, или адаптация топливовоздушной смеси к неустановившимся режимам работы, что выражается мультипликативной активностью ДВС, во многом определяет плавность хода автомобиля в условиях горной и пересеченной местности, а также в улично-дорожной сети крупных городов и мегаполисов.

Если мультипликативная активность для бензиновых двигателей рассмотрено достаточно глубоко, то для двигателей, работающих на компримированном газе, вопрос не исследован вообще.

Рассмотрим изменение в процессе горения природного газа в переходных режимах работы двигателя, ее приемистость и мультипликативная активность.

Известно, что скорость распространения пламени газовоздушного заряда значительно ниже, чем для бензинового. Кроме того гомогенизация природного газа (более 92% метан) с воздухом не очень высокая, что приводит к очаговым концентрациям, особенно при сжатии, а при рабочем ходе происходит турбулентное горение. Такое состояние процесса горения снижает эффективность тепловыделения горючей смеси, тем самым снижая среднее индикаторное давление в цилиндре и брутто мощности двигателя.

Исходя из этого, можно подтвердить, что двигатель, переоборудованный на сжатый природный газ, при изменении положения дроссельной заслонки «вяло» набирает обороты, время разгона автомобиля увеличивается. Основная причина тому неудовлетворительная адаптация горючей смеси к переходному режиму работы двигателя. Весь период такого неустановившийся режима работы двигателя можно назвать избыточным периодом мультипликативной активности двигателя.

Очевидно, что увеличение периода мультипликативной активности двигателя, т.е. снижение приемистости двигателя непосредственно влияет на режим движения автомобиля, особенно при преодолении подъема.

Нами проведены исследования по улучшению мультипликативной активности двигателя работающего на природном газе.

Мероприятия, разработанные в ходе исследований сводятся к тому, что повышение степени сжатия на 1...2 единицы, увеличения угла опережения зажигания с 28 до 36 градусов, создание вихревого движения газовоздушной смеси в впускном коллекторе во время процесса сжатия в цилиндре за счет полусферической формы камеры сгорания, обеспечивающие процесс кумулятивного или гетерогенного горения заряда и повышение температуры искры при разряде на электродах свечи зажигания, создают наилучшие условия сгорания газовоздушного заряда, эффективное тепловыделение при наиболее выгодном положении поршня относительно В.М.Т.

Выводы:

1. Период неустановившегося режима двигателя, работающего на компримированном газе, обусловлен номером передачи на КПП, числом обо-

ротов коленчатого вала, скоростью движения автомобиля и колеблется в пределах 1,7...3,68 с и зависит от условий эксплуатации. По мере увеличения скорости движения автомобиля, мультипликативная активность двигателя улучшается и наоборот.

- Мультипликативная активность двигателя и адаптация газовоздушной смеси в переходных режимах работы синхронизируются с периодом неустановившегося режима работы двигателя и имеет прямолинейную зависимость от скорости движения автомобиля и криволинейную зависимость от числа оборотов двигателя.
- 3. Период неустановившегося работы двигателя на компримированном газе в среднем на 16,4% больше, чем при работе на бензине.
- Разработанные и предложенные мероприятия по улучшению внешней скоростной и тяговой характеристик, полученных в соответствии с ГОСТ

14846-81, обеспечивают сокращение периода неустановившегося работы двигателя.

Литература:

- 1. Дьяченко Н. Х. Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме /H.Х.Дьяченко// М.Машгиз, 1960 г., 154 стр.
- Рубец Д.А. Особенности смесеобразования и состава отработавших газов на режимах разгона/Д.А.Рубец//Автомоб. пром-сть. -1976. -№6. -76-78 стр.
- Архангельский В.М. Автомобильные двигатели/В.М.Архангельский// М.: Машиностроение, 1977.-436с.
- Орлин А.С. Двигатели боевых машин/А.С.Орлин// М.Л., 1946.-436с.
- 5. Интернет pecypc http://www.carried.ru/

ОСОБЕННОСТИ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКИ В ВАКУУМЕ ФЕРРИТОВ С МЕТАЛЛАМИ

Котина Наталия Макаровна

Канд. тех. наук, доцент кафедры «Сварка и металлургия» СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов Сальников Александр Николаевич

Док. тех. наук, профессор кафедры «Физика» СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Куц Любовь Евгеньевна

Канд. тех. наук, доцент кафедры «Сварка и металлургия» СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Кочнев Алексей Сергеевич

Магистр направления «Машиностроения» СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Технологические возможности диффузионной сварки в вакууме (ДСВ) позволяют широко использовать этот процесс в электронной, приборостроительной, авиационно-космической, судостроительной, двигателестроительной и других отраслях промышленности. В этих отраслях техники ДСВ находит применение для соединения сотен разнородных металлов, в том числе ферритовых материалов с металлами.

Ферриты относятся к оксидным магнитным керамикам и имеют сложный химический состав и кристаллическую структуру (гранат, шпинель и др.). Одной из особенностей соединения ферритов с металлами является необходимость сохранения определенных магнитных и электрических свойств данных материалов, в частности, намагниченности насыщения $4\pi I_{\rm S}$, тангенса угла магнитопотерь $tg\delta_\mu$, ширины линии ферромагнитного резонанса ΔH , температуры Кюри точки T_c , удельного электрического сопротивления ρ , тангенса угла диэлектрических потерь $tg\delta_\varepsilon$. В общем случае данные свойства зависят от изменений микроструктуры, фазового и химического состава ферритового материала и напряженного состояния.

Металлографические и рентгеноструктурные исследования иттрий-гадолиниевых феррогранатов [1] и магний-хромовых феррошпинелей показали, что в интервале значений параметров сварки (температуры 800— 1030^{0} С, времени изотермической выдержки τ = $5\div60$ мин, давления сжатия p= $10\div25$ Па, разрежения B= $10^{-2}\div10^{-3}$ Па, скоростей нагрева и охлаждения ν = $0.08\div0.3$ K· ε -1) изменения микроструктуры среднего размера зерна и появление новых фаз в ферритовых материалах (даже при моделиро-

вании процесса ДСВ на порошках) не наблюдаются. Изменения магнитных свойств иттриевых феррогранатов после указанной обработки несущественны и близки к значениям погрешностей измерительного оборудования.

Данные факты могут быть связаны с выделением примесей по границам зерен и восстановлением ферритового материала, а также изменением степени обращенности шпинели. Наиболее существенными параметрами ДСВ являются: длительность пребывания ферритов при повышенных (800—1000°С) температурах; парциальное давление кислорода в вакуумной камере; скорость охлаждения феррита после сварки.

Как показывают термодинамические расчеты, в условиях ДСВ принципиально возможно восстановление ферритов и появление новых фаз и твердых растворов замещения на их основе. В определенном случае восстановительные процессы контролируются с помощью коэффициента самодиффузии кислорода в кристаллической решетке феррита при малых значениях температуры и общей длительности сварки.

Рентгеноструктурные исследования порошков магний-хромовых шпинелей, отожженных при 1000° С в течение 1 ч при давлении воздуха в камере 10^{-3} Па, выявили изменение параметра кристаллической решетки шпинели порядка 0,0013 нм. Данный факт можно объяснить восстановлением шпинели, которое, как и в случае иттриевых феррогранатов [2], наиболее существенно в поверхностных слоях материала и не вызывает изменений магнитных свойств во всем объеме. В то же время возможно изменение степени обращенности шпинели [3]. В этом случае изменения магнитных свойств происходят во всем объеме материала и контролируются они с помощью скорости

остывания от температуры сварки. Чтобы выявить основные процессы, влияющие на изменение рассматриваемых свойств, необходимо провести дальнейшие исследования.

Результаты экспериментальных исследований по-казали, что скорости нагрева и охлаждения 0.25—0.3 К·с¹ для конструкционных керамик пригодны лишь для небольших ферритометаллических узлов (порядка $10\times10\times3$ мм). Для узлов больших размеров (порядка $30\times30\times6$ мм) допустимые скорости нагрева и охлаждения понижаются до значений 0.08—0.12 К·с¹. В этой связи ручное регулирование температурного режима нагрева и охлаждения, исключающего растрескивание феррита (особенно при сварке шпинелей), оказалось затруднительным. Лишь применение автоматических программных регуляторов позволило предотвратить возникновение трещин.

Одна из особенностей ДСВ ферритов с металлами – это необходимость учета разности температурных коэффициентов линейного расширения материалов. Значения α для ферритов и конструкционных керамик близки, но меньшая прочность первых может привести к разрушению ферритометаллических узлов при напряжениях, кото-

рые не являются критическими для керамико-металлических узлов. Данная проблема решена путем использования «частично компенсированных» узлов. В качестве компенсатора напряжений применяли молибденовые псевдосплавы МД50, МД40Н, МД15Н. Теоретические расчеты напряженного состояния данных узлов и экспериментальные исследования показали, что оптимальные соотношения толщин феррита и металлической прокладки 10:1, феррита и компенсатора от 10:3 до 10:5.

Применение указанных соотношений при ДСВ иттрий-гадолиниевых феррогранатов и магний-хромовых феррошпинелей с использованием медной прокладки позволило обеспечить требуемый уровень прочности сварных ферритометаллических узлов: В зависимости от конкретных требований к узлам, кроме меди, можно применять алюминий, никель, титан. Высокотемпературное сопротивление деформированию последнего при T>800°С ниже, чем у меди [5], а коэффициент а близок к его значениям для ферритов.

Качество сварки ферритов зависит от характера их металлургического взаимодействия с металлами.

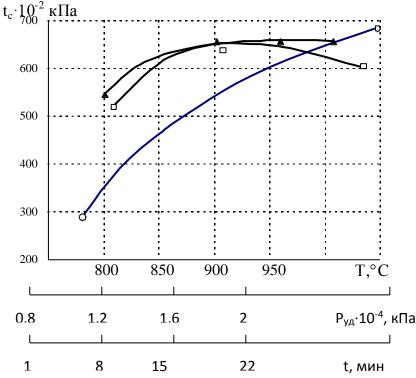


Рисунок 1. Зависимость прочности на сдвиг соеоинений феррограната 30С чо с меоью от параметров сварки:

1. -температуры (p= 18 МПа, $\tau = 18$ мин); 2 — давления сжатия ($T=1020^{\circ}C$, $\tau = 18$ мин); 3. -времени ($T=1020^{\circ}C$, p=18 МПа).

Если при сварке конструкционных керамик и стекол с металлами переходную зону взаимодействия во многих случаях не удается обнаружить ни микроструктурными, ни иными физическими методами исследования [6], то при ДСВ феррит обнаружение переходной зоны взаимодействия обычно вызывает затруднения. В соединениях иттрий-гадолниевых феррогранатов и магний-хромовых феррошпинелей с медью наблюдается односторонняя диффузия атомов меди феррит, причем в последнем случае образуется хорошо выраженный слой продуктов взаимодействия металла с ферритом (предположительно растворы на основе CuO, CuFe₂O₄). Для рассматриваемых шпинелей качество сварных узлов определяется толщи-

ной слоя продуктов взаимодействия вероятностью зарождения микротрещин в указанном слое, о чем свидетельствует характер разрушения сварных узлов при термоциклировании.

Для рассматриваемых гранатов разрушение происходит сохранением большого количества частичек феррита в металле, свидетельствующее о распространении микротрещин в приконтактном слое феррита. Данный факт может быть объяснен преимущественной диффузией атомов меди по границам зерен феррита. При этом образуется своеобразный «каркас», что способствует возникновению микронапряжений и приводит к растрескиванию поверхностного слоев феррита при термических нагруз-

ках. Результаты кинетических исследований формирования соединений феррита 30СЧ6 с медью, представленные на рис. 1, показывают уменьшение прочности соединений с увеличением значений технологических параметров процесса ДСВ выше оптимальных, что связано с рассмотренным характером взаимодействия.

Список литературы:

- 1. Конюшков, Г. В. Специальные методы сварки давлением: учеб. пособие / Г. В. Конюшков, Р. А. Мусин. Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2009. 632 с.
- 2. Конюшков Г. В., Зотов Б. М., Меркин Э. И. Ферриты и их соединения **с** металлами и керамикой. М.: Энергия, 1979. 232 с.
- 3. Статика и кинетика процесса диссоциации феррогранатов при высокотемпературной вакуумной пайке/А. С. Бакштаев, В. Ф.. Балакирев, В. П. Бархотов и др. Электронная техника, 1979, сер. 6, вып. 11, с. 44—47.
- 4. Левин Б. Е., Третьяков Ю. Д., Летюк Л. М. Физикохимические основы получения, свойства и применение ферритов. М.: Металлургия, 1979. 466 с.
- 5. Диффузионная сварка титана/Э. С. Каракозов, Л. М. Орлова, В. В. Пешков, В. И. Григорьевский. М.: Металлургия, 1977. 272 с.
- 6. Метелкин И. И., Павлова М. А., Поздеева Н. В. Сварка керамики с металлами. М.: Металлургия, 1977. 160 с.

ОБНАРУЖЕНИЕ МАЛОЗАМЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ¹

Лаговский Борис Андреевич

доктор технических наук, профессор, Московский государственный технический университет радиот хники, электроники и автоматики МГТУ МТРЭА, Москва

ULTRA-WIDEBAND SIGNALS in RADIO-LOCATION

Lagovsky Boris, Doctor of Science, professor, Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation, Moscow

АННОТАЦИЯ

Решена задача поиска спектрального состава импульса, обеспечивающего максимальное значение принимаемого сигнала при фиксированной точности измерения угловых координат цели. Показано, что использование СКИ потенциально позволяет решать задачу обнаружения и измерения с необходимой точностью координат малозаметных радиолокационных целей.

ABSTRACT

The problem of search of spectral structure of the UWB signals providing the maximal value of the locked-on signal at fixed accuracy of angular coordinate measurement of the radar targets is solved. It is shown, that UWB signals potentially allow solving a problem of detection and coordinating measuring with necessary accuracy the hardly noticeable radar-tracking targets.

Ключевые слова: сверхкороткий импульс, радиолокационная цель. Keywords: UWB signals, radar-tracking target.

В настоящее время актуальной задачей радиолокации является обнаружение и измерение координат малозаметных радиолокационных целей, особенно целей, засверхширокополосными радиопоглощающими покрытиями. Один из предложенных путей решения - использование в качестве зондирующих сигналов сверхкоротких импульсов (СКИ) с длительностью порядка наносекунды [1-6]. Обнаружение радиолокационных объектов в этом случае становится возможным за счёт включения в спектр СКИ низкочастотных составляющих, которые относительно мало поглощаются покрытиями [4]. Увеличение доли низкочастотных составляющих в спектре резко улучшает характеристики обнаружения, но при этом возрастает ширина диаграммы направленности (ДН), что приводит к снижению точности угловых измерений и угловой разрешающей способности РЛС [5,6].

Возникает практически важная задача формирования зондирующих СКИ с максимально возможно содержанием низкочастотных составляющих при дополнительном ограничении: ширина получающейся ДН должна позволять проводить измерения угловых координат объектов с необходимой точностью.

Постановка задачи. Пусть функция $U_r(t)$ описывает зависимость от времени принимаемого сигнала в

виде СКИ. Одним из важнейших параметров обнаружения импульса является максимальное (пиковое) значение сигнала:

$$U_{M} = \underbrace{\max_{t}}(U_{r}(t)) \tag{1}$$

Требуется найти спектральный состав СКИ, включая значения наибольшей и наименьшей частот спектра ω_{max} и ω_{min} , обеспечивающий максимальное значение (1) при дополнительных условиях:

1) ширина полученной ДН не должна превышать заданную ширину $\theta_{0.5}$;

2) энергия всех исследуемых СКИ одинакова, т.е.

$$\int_{0}^{\tau} U^{2}(t)dt = \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} V(\omega)V^{*}(\omega)d\omega = const$$
(2)

Введены обозначения: U(t) - временная зависимость генерируемого СКИ, τ - длительность импульса, $V(\omega)$ - подлежащий определению комплексный спектр генерируемого СКИ, $V^*(\omega)$ - комплексно сопряжённая функция.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ

Метод решения. Будем считать форму ДН игольчатой, симметричной и описывать только с помощью угла отклонения от максимума θ .

ДН антенной системы при работе соответственно на передачу и приём обозначим $f_e(\theta, \omega)$ и $f_r(\theta, \omega)$.

Комплексный спектр, а, следовательно, и форма СКИ, претерпевают значительные изменения при излучении, отражении от объекта и приёме сигнала. Спектр СКИ в направлении θ : $V_e(\theta,\omega)=V(\omega)f_e(\theta,\omega)$, спектр СКИ, отражённого в обратном направлении на РЛС $V_R(\theta,\omega)=V_e(\omega)R(\omega)$, где $R(\omega)$ — заданная комплексная

функция, описывающая частотные характеристики отражения цели, спектр принимаемый с направления θ $V_r(\theta,\omega)=V_R(\omega)f_r(\theta,\omega)$.

Зависимость функции R от частоты может быть представлена в виде:

$$R(\omega) = \sqrt{\sigma(\omega)} \exp(i\varphi(\omega)),$$
 (3)

где $\sigma(\omega)$ — частотная зависимость ЭПР; $\varphi(\omega)$ — фазочастотная характеристика.

В итоге, максимальное значение сигнала, принимаемого с направления θ , может быть представлено как:

$$U_{M}(\theta) = \underbrace{\max_{t}}(U_{r}(\theta, t)) = \underbrace{\max_{t}} \begin{pmatrix} \omega_{\max} \\ \int V(\omega) f_{e}(\theta, \omega) R(\omega) f_{r}(\theta, \omega) \exp(i\omega t) d\omega \\ \omega_{\min} \end{pmatrix}$$
(4)

Ширина ДН при использовании СКИ оказывается различной при излучении и при приёме СКИ. Ширина и форма ДН определяются не только частотными свойствами антенны, но также шириной и формой спектра

СКИ и, кроме того, частотной зависимостью коэффициента отражения цели $R(\omega)$.

В итоге представим первое дополнительное условие поставленной задачи в формализованном виде:

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \underbrace{\max_{t}}_{t} (\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} V(\omega) f_{e}(0, \omega) R(\omega) f_{r}(0, \omega) \exp(i\omega t) d\omega) = \\
\underbrace{\max_{t}}_{t} (\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} V(\omega) f_{e}(\theta_{0}, \omega) R(\omega) f_{r}(\theta_{0}, \omega) \exp(i\omega t) d\omega)$$
(5)

Характеристики отражения в виде $R(\omega)$ считаются известными. При отсутствии такой информации следует использовать какую-либо математическую модель частотной зависимости ЭПР малозаметной цели.

Таким образом, приходим к математической формулировке поставленной задачи: найти спектр генерируемого сигнала $V(\omega)$, включая значения ω_{\max} и ω_{\min} , обеспечивающий при $\theta=0$ максимум функционала (4) по заданным частотным зависимостям ДН $f(\omega,\theta)$ и характеристикам отражения $R(\omega)$ с дополнительными условиями (2) и (5).

На первом этапе решения строится алгоритм поиска спектра генерируемого сигнала $V(\omega)$ для задаваемых фиксированных значений ω_{\max} и ω_{\min} . На втором этапе проводится сравнение полученных результатов, и из рассмотренного множества [ω_{\min} , ω_{\max}] определяются значения наибольшей и наименьшей частот и соответствующий им спектр СКИ $V(\omega)$, обеспечивающий максимально возможное значение $U_{\rm M}(0)$ из (4).

Первый этап сводится к решению вариационной задачи поиска спектра $V(\omega)$. Введя неопределённые множители Лагранжа λ_1 и λ_2 , приходим к системе уравнений:

$$R(\omega) f^{2}(0,\omega) \exp(i\omega t_{0}) - \lambda_{1} R(\omega) \left\{ f^{2}(0,\omega) \exp(i\omega t_{0}) - \sqrt{2} f^{2}(\theta_{0},\omega) \exp(i\omega t_{1}) \right\} = \lambda_{2} V^{*}(\omega)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \left\{ \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} V(\omega) f^{2}(0,\omega) R(\omega) \exp(i\omega t_{0}) d\omega \right\} = \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} V(\omega) f^{2}(\theta_{0},\omega) R(\omega) \exp(i\omega t_{1}) d\omega$$

$$\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} V(\omega) V^{*}(\omega) d\omega = 1$$

$$(6)$$

где t_0 и t_1 – время прихода максимумов СКИ, принимаемых с направлений $\theta = 0$ и $\theta = \theta_0$. В общем случае значения t_0 и t_1 могут различаться. Из (6):

$$\lambda_{1} = \frac{0.5 \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} R(\omega) R^{*}(\omega) \left\{ f^{2*}(0, \omega) \exp(-i\omega t_{0}) \Phi(\omega) + f^{2}(0, \omega) \exp(i\omega t_{0}) \Phi^{*}(\omega) \right\} d\omega}{\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} R(\omega) R^{*}(\omega) \Phi(\omega) \Phi^{*}(\omega) d\omega}$$
(7)

где введено обозначение:

$$\Phi(\omega) = \frac{\sqrt{2}}{2} f^2(0, \omega) \exp(i\omega t_0) - f^2(\theta_0, \omega) \exp(i\omega t_1)$$
(8)

В итоге, спектр СКИ, обеспечивающий максимальное пиковое значение принимаемого сигнала, определяется выражением:

$$V_{opt}(\omega) = \frac{1}{\lambda_2} R^*(\omega) \left\{ f^{2*}(0,\omega) - \lambda_1 \left[f^{2*}(0,\omega) - \sqrt{2} f^{2*}(\theta_0,\omega) \exp(-i\omega\Delta t) \right] \right\}$$
(9)

где Δt – разность времени прихода максимумов сигналов с направлений $\theta = 0$ и θ_0 , легко определяемое численно.

На втором этапе решения вначале определяем частоту ω_0 , на которой полуширина ДН $f(\omega_0,\theta)$ равна заданной полуширине $0.5\,\theta_0$. Далее вводим значения $\omega_{\max}>\omega_0$ и $\omega_{\min}<\omega_0$, которые в итоге перекрывают либо весь частотный диапазон, используемый в радиолокации, либо достигают границ допустимой полосы частот, если она дополнительно задана при постановке задачи. Для каждой пары значений ω_{\max} и ω_{\min} находится свой оптимальный спектральный состав СКИ и своё значение максимума принимаемого сигнала $U_{\rm M}(0)$ из (1). Сравнивая полученные значения, находим максимальное $U_{\rm M}(0)$, соответствующие этому значению граничные частоты ω_{\max} и ω_{\min} и оптимальный спектр генерируемого импульса $V_{opt}(\omega)$ в виде (9).

Пример. Рассмотрим задачу обнаружения цели, защищённой сверхширокополосным радиопоглощающим

покрытием. Тип зависимости выбран близким к частотной зависимости $R(\omega)$ радиопоглощающего покрытия.

Заданы максимально допустимая ширина ДН - $2\theta_0$ = 3° и форма ДН на каждой из используемых частот. Частота f и длительность импульса τ выражались в относительных единицах, так, чтобы выполнялось условие: f τ = 1, т.е. если частота f задаётся в ГГц, то τ - в наносекундах. Расчёты представлены в безразмерных величинах. За f_0 = 1 выбрано значение частоты, на которой ширина ДН равна $2\theta_0$, т.е. 3°. На этой частоте размер антенны составляет $\sim 20\lambda_0$.

На рис.1 приведён найденный амплитудный спектр генерируемого обеспечивающего максимальное значение принимаемого сигнала На этом же рисунке показаны спектры излучаемого и принимаемого сигналов.

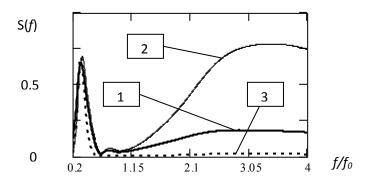


Рис.1. Амплитудно-частотные спектры. 1 – генерируемый, 2 – излучаемый, 3 – принимаемый сигналы.

Характерными особенностями найденного оптимального спектрального состава являются: - использование всей заданной полосы частот; - резкое увеличение доли низкочастотных составляющих в области, где эффективность поглощающего покрытия снижается; - резкое снижение составляющих непосредственно прилегающих к нижней границе спектра.

Найденные значения максимумов $U_{\rm M}$ для различных частотных диапазонов приведены на рис.2 в нормированном виде. Показаны изменения $U_{\rm M}$ при расширении спектра за счёт высокочастотной границы при различных фиксированных значениях низкочастотной границы $f_{\rm min}$. При увеличении полосы для полученных зависимостей характерно резкое начальное возрастание максимальных значений и дальнейшая их стабилизация.

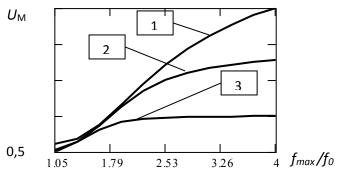


Рис.2. Зависимость максимальных значений принимаемых СКИ от высокочастотной границы спектра при различных значениях низкочастотной границы: $1 - f_{min} = 0.2 f_0$; $2 - f_{min} = 0.35 f_0$; $3 - f_{min} = 0.43 f_0$.

Таким образом, хотя максимум $U_{\rm M}$ достигается при самой широкой полосе частот: $0.2\,f_0 \le f \le 4\,f_0$, сужение полосы до $0.3\,f_0 \le f \le 3\,f_0$ снижает $U_{\rm M}$ лишь незначительно.

Генерация СКИ с заданной формой сигнала представляет собой сложную техническую задачу. Здесь следует отметить важное полезное обстоятельство, облегчающее создание импульсов, обеспечивающих максимальное пиковое значение принимаемого сигнала. Не обязательно генерировать сигнал в виде оптимального

(9). К его фазочастотному спектру может быть добавлена произвольная функция, если при приёме использовать фильтр с фазочастотной характеристикой, описываемой той же функцией, но с обратным знаком. Изменяя фазочастотный спектр, можно подбирать наиболее удобную для практической реализации форму импульса. Итоговые характеристики принимаемых сигналов оказываются в этом случае тождественными. Примеры подобных СКИ приведены на рис. 3.

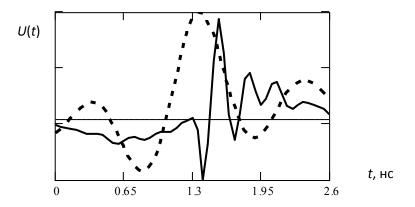


Рис.3. Модификации генерируемых СКИ, обеспечивающих одно и то же максимальное значение принимаемого сигнала

Полученные результаты моделирования свидетельствуют, что найденные решения являются устойчивыми.

Заключение. Оптимизация спектрального состава (или формы) СКИ позволяет получать хорошие результаты при использовании приближённых данных об ЭПР цели. Применение СКИ при измерении координат малозаметных целей позволяет резко повысить отношение сигнал/шум в принимаемом сигнале по сравнению с узкополосными РЛС.

Полученные теоретические результаты и результаты численных экспериментов на математической модели показывают: применение СКИ потенциально позволяет решать задачи радиолокационного обнаружения и измерения с необходимой точностью координат малозаметных целей, защищённых широкополосными поглощающими покрытиями, в том числе покрытиями типа «Стеллс».

Список литературы:

- 1. Бахрах Л. Д., Литвинов А. С., Морозов Н. Я. Перспективы разработок антенн, излучающих сверхкороткие импульсы. // Антенны. -2006, № 7 (110), с. 85-91.
- 2. Lagovsky B.A. Superresolution: Data Mining. Progress

- In Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2012-Moscow) // PIERS Proceedings 2012. P. 1309 1312.
- Lagovsky B. A., Samokhin A. B. Image Restoration of Two-dimensional Signal Sources with Superresolution //Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings (PIERS 2013 - Stockholm). PIERS Proceedings 2013. – P. 315-319.
- Lagovsky B.A. Pulse characteristics of antenna array radiates ultra-wideband signals. 24th Int. Crimean Conference "Microwave and Telecommunication Technology". Conference Proceedings 2014. IEEE Catalog Number CFP14788; ISBN 978-966-335-412-5. pp. 503-506.
- 5. Лаговский Б.А. Сверхразрешение на основе синтеза апертуры антенными решетками. // Антенны. 2013. № 6. С. 9 -16.
- Lagovsky B.A. Creating two-dimensional images of objects with high angular resolution. 24th Int. Crimean Conference "Microwave and Telecommunication Technology". Conference Proceedings 2014. IEEE Catalog Number CFP14788; ISBN 978-966-335-412-5. pp. 1191-1192.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ НА ПРОЦЕСС ПИРОЛИЗА ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА

Лагунова Екатерина Анатольевна

Аспирант, ассистент кафедры химии и химических технологий

Богданович Николай Иванович

Докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой химии и химических технологий **Кузнецова Лидия Николаевна**

Тузнецова Лиоих Пиколаевна

Канд. техн. наук, доцент кафедры химии и химических технологий САФУ имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

300 % является наиболее целесообразной при обработке

органических материалов с невысокой начальной зольно-

стью. Черный щелок отличается высоким содержанием

зольных элементов, причем в составе золы преобладают

соли натрия. Подобная специфика черного щелока позво-

лила предположить, что дозировку гидроксида натрия

можно несколько снизить, что и являлось одной из задач

ных параметрах: температура 600°C, продолжительность

пиролиза 1 час. По окончании процесса сухой продукт

термообработки выгружали из реторты и промывали 3

раза дистиллированной водой. Остаток после промывки

высушивали и исследовали. Этот остаток представляет со-

бой активный уголь с высокими адсорбционными свой-

Эксперимент проводили при следующих режим-

Промышленность химической переработки древесины отличается сравнительно невысоким коэффициентом использования сырья и является одним из агрессивных нарушителей экологического равновесия. Основную часть отходов, накапливающихся в огромных количествах, составляют так называемые технические лигнины.

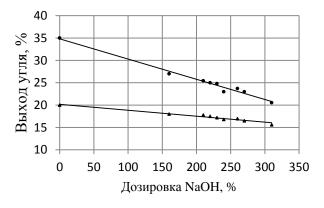
В отличие от других видов сульфатный лигнин не является производственным отходом. На сульфат-целлюлозных заводах отработанные черные щелока, как правило, после упаривания и съема сульфатного мыла сжигают в содорегенерационных агрегатах с целью регенерации щелочи и серы, а также утилизации тепла от сжигания органической части [5]. Доказана техническая возможность и экономическая целесообразность частичного отбора сульфатного щелока, идущего на регенерацию, с целью выделения отдельных составляющих его компонентов [4]. Одним из способов переработки черного щелока с получением углеродных адсорбентов является пиролиз[1, 3].

На формирование сорбционных свойств и регенерацию реагентов при пиролизе черного щелока большое влияние имеют режимные параметры, такие как температура, продолжительность пиролиза, дозировка гидроксида натрия [2]. В данной работе основное внимание было уделено влиянию расхода NaOH на свойства углей и на состав Na-продуктов в промывных водах. На основе имеющихся данных границы экспериментального исследования были ограничены верхним пределом дозировок в 300 % по отношению к сухим веществам черного щелока. Дозировка

ствами. Одним из способов переработки черного инием углеродных адсорбентов является при пиролизе черного щелока большое жимные параметры, такие как температысьность пиролиза, дозировка гидроксида натрия, с некоторым приближению работе основное внимание было удением долуски при пиролиза, дозировка гидроксида натрия, с некоторым приближением можно считать линейной. На рисунке 2 представлена зависимость дозировки и долуски да натрия, с некоторым приближением можно считать линейной.

данного исследования.

На рисунке 2 представлена зависимость дозировки гидроксида натрия на адсорбционные свойства активного угля. Сорбционные свойства активных углей по йоду и метиленовому голубому (МГ) возрастают с увеличением дозировок щелочи вплоть до 160~% по отношению к сухим веществам черного щелока.



- на сухие вещества черного щелока
- на органическую массу черного щелока

Рисунок 1 Влияние дозировки гидроксида натрия на выход угля

Дальнейший ввод гидроксида натрия в реакционную массу можно считать нецелесообразным, так как свойства активных углей стабилизируются. Таким образом, дозировку щелочи при условии получения активных углей с высокими сорбционными свойствами в первом приближении следует поддерживать на уровне 160 % к сухим веществам черного щелока

На основании зависимостей представленных на рисунке 3, можно заключить, что гидроксид натрия в значительной мере подвергается карбонизации за счет реакции с выделяющимся при пиролизе CO₂. Особенно заметно этот процесс протекает при расходах NaOH до 250 % на активирование углеродной матрицы. При больших расхо-

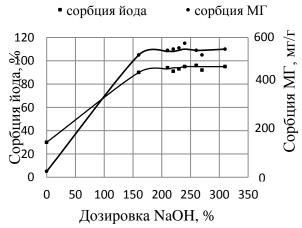


Рисунок 2 Влияние дозировки гидроксида натрия на адсорбционные свойства активного угля

дах указанного реагента процесс химического взаимодействия щелочи с углем ослабевает. Образование серосодержащих натриевых соединений весьма незначительно, несмотря на высокое их содержание в исходном щелоке. Это можно объяснить высоким расходом щелочи на процесс термохимического активирования.

Следовательно, можно утверждать, что пиролиз черного щелока в избытке NaOH приводит к получению активных углей с высокими сорбционными свойствами. Для формирования максимальных сорбционных свойств активного угля расход щелочи можно существенно снизить (до 160 %) по сравнению с аналогичными процессами, осуществляемыми с техническими лигнинами другого происхождения. Объяснение отмеченной

особенности по нашему мнению, заключается в высоком содержании в исходном щелоке натриевых соединений, которые могут выступать самостоятельными реагентами термохимической активации.

Один из образцов полученных активных углей был исследован на приборе ASAP 2020 фирмы Micromeritics

(США) для изучения формирования удельной поверхности и характера пористой структуры методом низкотемпературной адсорбции азота (рисунок 4). Полученная изотерма относится к I типу по классификации Брунауэра, характерная для микропористых твердых тел, содержащих в значительном количестве мезопоры.

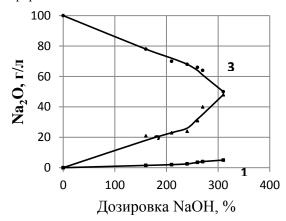


Рисунок 3. Влияние дозировки гидроксида натрия на состав Na-продуктов в промывных водах

1 – сумма сульфида, сульфита и тиосульфата натрия; 2 – гидроксид натрия; 3 – карбонат натрия

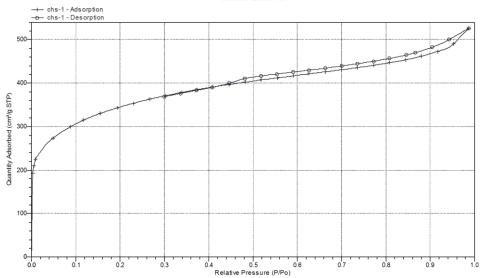


Рисунок 4 Изотерма адсорбции-десорбции азота активированным углем

Изотерма была использована для расчета параметров пористой структуры угля.

Уд. площадь поверх- ности по БЭТ, м ² /г	Уд. площадь поверхности по Ленгиюру, м²/г	Уд. площадь поверхности мезо- и макропор, м ² /г	Общий объем пор/ объем микропор, см ³ /г	Средний размер пор, нм
1085,94	1996,78	415,18	0,81/0,36	3,00

Список литературы:

- 1. Богданович Н.И. Пиролиз технических лигнинов / ИВУЗ Лесной журнал, 1998, № 2, С. 120-132
- 2. Богданович Н.И., Лагунова Е.А. и др. Особенности термохимической активации лигноцеллюлозных материалов гидроксидами щелочных металлов / Физикохимия лигнина: материалы III Междунар. конф., Архангельск,: АГТУ,2009 С.100-104
- 3. Лагунова Е.А. Богданович Н.И., Кузнецова Л.Н., Цаплина С.А. Получение углеродных адсорбентов из черного щелока в присутствии сульфата
- натрия / Системы и технологии жизнеобеспечения, индикации, химической разведки и защиты человека от негативных факторов химической природы: мат-лы Международной научно-практической конф., г. Тамбов 9 окт. 2013 г С. 130-135
- 4. Мосягин В.И. Вторичные ресурсы целлюлознобумажной и гидролизной промышленности / М.: Лесная промышленность, 1987, 200 с.
- 5. Технология целлюлозы. В 3-х томах; Т.2. Непенин Ю.Н. Производство сульфатной целлюлозы. / М.: Лесная промышленность, 1990, 600 с.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ПРОГРАММ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСЛЯЦИИ

Лебедев Артем Сергеевич

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, Рыбинск

Современные вычислительные архитектуры обладают значительным параллелизмом, и его степень только увеличивается со временем. Наряду с традиционными универсальными многоядерными процессорами для высокопроизводительных вычислений используются так называемые ускорители – графические процессоры (GPU) и со-Intel Xeon PHI. Программирование процессоры параллельных архитектур никогда не было тривиальной задачей, и с увеличением разнообразия аппаратных платформ эта задача усложняется. Сложившаяся ситуация требует развития инструментов программирования парал-ДЛЯ повышения оптимизирующей трансляции кода и абстрагирования от целевой аппаратной платформы. Большинство вычислительно емких научных и инженерных приложений тратят значительную часть процессорного времени на вложенности циклов. Зачастую такие участки удовлетворяют критериям линейности программ. Модель многогранников [8] предоставляет развитый математический аппарат для осуществления анализа и трансформации таких программ с целью их распараллеливания и оптимизации локальности данных. Она широко используется в статической компиляции [1, 5–7]. Однако, существуют программы с сильной параметризацией, к которым модель многогранников не может быть применена непосредственно, так как не все параметры модели известны статически или выводимы во время компиляции.

В работе предложен подход JIT (Just-In-Time) компиляции для автоматического распараллеливания программ методами модели многогранников, направленный на достижение двух целей:

- расширить границы применимости модели многогранников в случае, когда не все параметры модели известны во время статической компиляции;
- достичь переносимости автоматически распараллеливаемого кода между параллельными архитектурами.

Все параметры модели (технически, значения переменных) становятся известными во время выполнения программы, и ее параметризация ослабляется. Существует класс программ с сильной параметризацией, сводимых таким образом к линейным, и модель многогранников может быть применена.

Переносимость автоматически распараллеливаемого кода обеспечивается самой идеей ЛТ-компиляции достаточно поддержать требуемое множество целевых архитектур на фазе кодогенерации.

Автором выбрана среда Java Virtual Machine 1.7u60 [9] для разработки и интеграции распараллеливающего модуля. В качестве целевых параллельных архитектур рассматриваются графические ускорители с поддержкой OpenCL (NVIDIA и AMD), сопроцессор Intel Xeon Phi, универсальные многоядерные процессоры и кластерные системы на основе архитектуры x86.

На рисунке 1 проиллюстрировано положение распараллеливающего модуля в общем тракте трансляции байткода Java.



Рисунок 1. Распараллеливающий модуль в ЈІТ-компиляции

Промежуточный код (Java IR) инструментируется различными вызовами в зависимости от целевой архитектуры:

- графический процессор вызовы OpenCL C функпий:
- системы с распределенной памятью МРІ-вызовы;
- многоядерный процессор вызовы функций из библиотеки POSIX Threads;
- Intel Xeon Phi вызовы динамической библиотеки, сформированной в результате кодогенерации (компилятор ICC – единственное на момент исследования средство, с помощью которого может быть получен машинный код для архитектуры Intel MIC).

Поиск функции расписания осуществляется для многомерного случая по алгоритму [3, с. 9]. Поиск функции размещения основывается на правиле «вычислитель – владелец» (значение принадлежит тому процессору, который его вычислил) и выполняется по алгоритму dependence-driven placements [4, с. 91]. Пусть имеет место зависимость по данным $d_{X \to Y}$ между инструкциями X и Y, где $R_{d_{X \to Y}}$ — многогранник зависимости (n — вектор внешних параметров программы):

$$d_{X \to Y} : \left\{ \langle x, n, X \rangle \to \langle y, n, Y \rangle : R_{d_{X \to Y}} \begin{pmatrix} x \\ y \\ n \end{pmatrix} \ge 0 \right\}.$$

Для нахождения FCO-размещения формируется система ограничений вида:

$$\forall x, y, n : R_{d_{X \to Y}} \begin{pmatrix} x \\ y \\ n \end{pmatrix} \ge 0 \Rightarrow \Pi_Y \begin{pmatrix} y \\ n \end{pmatrix} - \Pi_X \begin{pmatrix} x \\ n \end{pmatrix} \ge 0$$

В случае кластерной системы применяется эвристика, позволяющая оптимизировать локальность данных и снизить стоимость коммуникаций. Для каждой зависимости по данным $d_{X \to Y}$ устанавливается дополнительное ограничение: индексы виртуальных процессоров двух операций X и Y, ее определяющих, не отличаются больше,

чем на заданное положительное число
$$\rho_{d_{X o Y}} = \left\lfloor \frac{C+1}{2} \right\rfloor$$
:

$$\forall x, y, n: R_{d_{X \to Y}} \begin{pmatrix} x \\ y \\ n \end{pmatrix} \ge 0 \Rightarrow 0 \le \prod_{Y} \begin{pmatrix} y \\ n \end{pmatrix} - \prod_{X} \begin{pmatrix} x \\ n \end{pmatrix} \le \rho_{d_{X \to Y}}.$$

Такое ограничение позволяет управлять расстоянием использования данных в пространстве физических процессоров благодаря зафиксированному разбиению: $N(V) = V \mod MSC$, где V – номер виртуального процессора, N – номер физического процессора (в терминах модели многогранников), N = mSC + sC + c – глобальный номер ядра, где $m = 0 \dots (M-1)$ – номер узла, $s = 0 \dots (S-1)$ – номер процессора внутри узла, $c = 0 \dots (C-1)$ – номер ядра процессора, M – количество узлов в кластере, доступных для проведения вычислений, S – количество процессоров в каждом узле, C – количество ядер в каждом процессоре.

В качестве тестовой программы для распараллеивания рассматривается LU-разложение квадратной матрицы А порядка N, линеаризованной по строкам:

$$\begin{aligned} & \text{for (int } k = 0; k < N; k++) \ \{ \\ & \text{for (int } l = k+1; l < N; l++) \\ & A[l*N+k] /= A[k*N+k]; \\ & \text{for (int } i = k+1; i < N; i++) \\ & \text{for (int } j = k+1; j < N; j++) \end{aligned}$$

$$A[i * N + j] = A[i * N + k] * A[k * N + j];$$

Индексы массива А в программе не являются аффинными по отношению к внешним параметрам программы и индексам циклов, обрамляющих инструкции доступа. Модель многогранников может быть применена только во время исполнения приложения, когда значение N станет известным и выражения примут требуемый аффинный вид.

Испытания проводились на двух машинах с акселераторами, где ускорение оценивалось относительно однопоточного исполнения программы на центральном процессоре:

- CPU Intel Xeon-E5 2690, 64Gb RAM, Intel Xeon Phi 3100 (оценка ускорения при выгрузке вычислений на сопроцессор);
- CPU Intel Core i7 920, 24Gb RAM, NVIDIA GeForce GTX480 (оценка ускорения при выгрузке вычислений на видеокарту и при многопоточном исполнении на центральном процессоре).

Также были проведены испытания на трех двухпроцессорных узлах кластера IBM РГАТУ [10], оценивалось ускорение от распараллеливания на 6 параллельных процессов относительно запуска вычислений в одном пропессе.

Для всех экспериментов $N=2^{13}$, тип элементов матрицы — float. Диаграмма ускорения вычислений после распараллеливания приведена на рисунке 2.



Рисунок 2. Ускорение вычислений после распараллеливания

Алгоритм LU-разложения показал значительное ускорение при параллельном выполнении, оправдывая накладные расходы на распараллеливание. Подход JIТ-компиляции позволяет применить анализ и трансформацию методами модели многогранников к нелинейным программам с сильной параметризацией (если они сводимы к линейным во время их выполнения при подстановке значений параметров модели), тем самым расширяя границы применимости модели многогранников и улучшая переносимость автоматически распараллеливаемого кода.

Список литературы:

- Bondhugula U. et al. Automatic transformations for communication-minimized parallelization and locality optimization in the polyhedral model //Compiler Construction. – Springer Berlin Heidelberg, 2008. – C. 132-146.
- Feautrier P. Some efficient solutions to the affine scheduling problem. I. One-dimensional time //International journal of parallel programming. – 1992. – T. 21. – №. 5. – C. 313-347.
- 3. Feautrier P. Some efficient solutions to the affine scheduling problem. Part II. Multidimensional time //International journal of parallel programming. − 1992. − T. 21. − №. 6. − C. 389-420.

- Griebl M. Automatic parallelization of loop programs for distributed memory architectures. – Univ. Passau, 2004.
- Griebl M., Lengauer C. The loop parallelizer LooPo //Proc. Sixth Workshop on Compilers for Parallel Computers. – Konferenzen des Forschungszentrums Jülich, 1996. – T. 21. – C. 311-320.
- Irigoin F., Jouvelot P., Triolet R. Semantical interprocedural parallelization: An overview of the PIPS project //Proceedings of the 5th international conference on Supercomputing. – ACM, 1991. – C. 244-251.
- Lee S. I., Johnson T. A., Eigenmann R. Cetus—an extensible compiler infrastructure for source-to-source transformation //Languages and Compilers for Parallel Computing. – Springer Berlin Heidelberg, 2004. – C. 539-553.
- Lengauer C. Loop parallelization in the polytope model //CONCUR'93. – Springer Berlin Heidelberg, 1993. – C. 398-416.
- 9. URL: http://download.java.net/openjdk/jdk7/ (дата обращения: 21.10.2014).
- 10. URL: http://kbit.rsatu.ru/ibmcluster (дата обращения: 21.10.2014).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИСПОЛНЕНИЕ И КОНТРОЛЬ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЛАТЕНТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Лебедев Денис Витальевич программист ООО «Регул+», Санкт-Петербург Шведенко Валерия Валерьевна

кандидат экономических наук, системный аналитик ООО «Регул+», Санкт-Петербург

В процессе эксплуатации информационной системы управления промышленным предприятием возможна смена стратегии поведении производителя на рынке товаров. Это порождает изменения в системе оценки всех сторон деятельности предприятия. Прежде всего, это интегральные показатели бизнеса. Как правило, первичная информация, хранящаяся в базе данных недостаточна, так как на момент ее проектирования при проектировании структуры базы данных закладывается только те показатели, которые на тот период времени считались актуальными. В настоящей работе предлагается в информационную систему встраивать блок, содержащий метаданные на большинство известных показателей, которые учитываются при оценки состояния предприятия, которые названы системой латентных показателей. Латентные (невостребованные на текущий момент времени) показатели в хранилище данных представляют собой лишь информацию по факту исполнения этапов бизнес-процессов, без последующей их обработки. При изменении статуса показателя он из категории латентного может перемещаться в категорию активного. При этом встроенная функция в блоке обработки показателей интегрированной

информационной системы (ИУС) производит развертку всех его данных, то есть расчет план-фактных отклонений, агрегирование и интегрирование данных, а также осуществляет адресацию их на прикрепленные центры ответственности

Такая процедура свертки показателя с активного на латентный, предусматривает следующие два варианта работы с данными в ИУС. Первый вариант — развернутая информация по показателю сохраняется в хранилище данных, в дальнейшем в хранилище данных поступают лишь первичные значения показателя без последующей их обработки. Второй вариант — в хранилище данных остаются лишь первичные данные, а имеющаяся в ней развернутая информация передается на слот отработанной информации, где консервируется или утилизируется в соответствии с решением руководства организации. При необходимости, процедура разворачивая данных осуществляется оргавтоматом ИУС заново.

Соотношение разворачиваемых бизнес-процессов в организации и используемых показателей показаны на рис.1.



Периоды развития организации T_{i}

Рис. 3 Изменение структуры данных в зависимости от этапов ЖЦО где A_i - количество активных показателей ИУС, Π_i — количество латентных (спящих) показателей ИУС.

Рассматриваются следующие варианты причин активизации латентных показателей

- смена ответственного исполнителя;
- изменение формы отчета;
- изменение набора показателей;
- изменение формата запроса;
- изменение регламента бизнес-процесса;
- изменение шаблона бизнес-процесса;
- изменение структуры информационного объекта;
- комбинированное изменение.

Для получения оценки адаптивной настройки ИУС производится агрегирование полученных значений настроек параметров системы по каждому из критериев.

Для оценки эффективности адаптивной настройки системы и/или параметра ИУС можно воспользоваться следующими коэффициентами: временной коэффициент

адаптивной настройки показателя. (показывает отношение величины коррекционной настройки параметра к заданному отрезку времени на осуществление данной корректировки); стоимостной коэффициент адаптивной настройки показателя. (показывает отношение величины коррекционной настройки параметра к размеру выделенных средств на осуществление данной корректировки).

Расчет временного и стоимостного коэффициента адаптивной настройки системы производится как совокупность значений показателей отдельных ее параметров, если имеют место линейные процессы настройки системы.

Если настройка системы предполагает некую совокупность последовательно и параллельно производимых работ для расчета итоговых значений, используется теория графов.

Формально представление показателей адаптивных изменений можно выразить следующим образом (см. рис. 2).

Параметр	Nº1	Nº2	 Nºn
Исходное значение показателя	A ₁	B ₁	
Заданное (целевое) значение показателя	A ₂	B ₂	
Достигнутое фактическое значение показателя	Ad	B₫	
Заданное время достижения значения показателя	ta12	tb12	
Потраченное время на достижение фактического	tda12	tdb12	
значения показателя			
Стоимость ресурсов выделенных на достижение	sa12	sb12	
заданного значения показателя			
Стоимость ресурсов затраченных на достижение	sda12	sdb12	
фактического значения показателя			
Отклонение по времени (план/факт)	∆ ta	Δ tb	
Отклонение по ресурсам (план/факт)	Δsa	Δsb	
Отклонение целевого значения показателя	Δa	Δb	
(план/факт)			

Рис. 2 Таблица адаптивных изменений параметров ИУС

На основе данных по полученным отклонениям в системе, анализу полученных ошибок, принимаются решения о внесении корректировок. Устанавливается целевое значение коррекционной настройки. Оно может быть равно отклонению системы или назначено самостоятельно исходя из соображений целесообразности. Для достижения данного целевого показателя разрабатываются мероприятия адаптивной настройки ИУС организации, ее структура и степень развернутости напрямую зависит от того, на какой стадии жизненного цикла находится сама организация, какие задачи решает, насколько глубоко проводится в ней анализ составляющих ее деятельности.

Версия ИУС с возможностями адаптивных настроек построенная на принципах объектно-процессной технологии КОБРА++, которая позволяет разворачивать сверху вниз от первого лица организации в виде совокупности бизнес-процессов (БП) и связанных с ними набору показателей. По мере того, как расширяется функционал решаемых задач в организации и происходит их совершенствование по центрам ответственности, увеличивается количество БП, и соответственно объем фиксируемой и первичные данные системы. ИУС накапливает в своем хранилище данных проектируемые БП, показатели промежуточной и итоговой оценки деятельности организации, агрегирует первичные данные по заданным параметрам и направляет их по закрепленным центрам ответственности в соответствии с установленными сценариями развития событий, выработанным для алгоритмов принятия управленческих решений.

ИУС, созданные по технологии КОБРА++, сохраняет историю системы, что позволяет сохранять версии БП, процедуру исполнения и др. что дает возможность быстрой ее перенастройки в соответствии с изменяемой

организационной и технологической структурой принятия решений организации.

Все БП, а также показатели ИУС имеют несколько состояний: проектируемые (П), активные (А) и латентные (Л).

Значения активных и латентных показателей ИУС фиксируются в хранилище данных. При этом по активным показателям в хранилище данных размещаются первичные данные, снятые по факту исполнения этапов БП, агрегированные их значения, значения по отклонениям от установленных нормативов, интегрированные значения по уровням принимаемых решений.

Соотношение активных и латентных показателей ИУС, удельный вес активных показателей ИУС – (1), а также показатель ее информационной активности – (2) характеризует степень использования данных ИУС специалистами организации для выработки и принятия решений.

$$Kaij = Aij \div (Aij + Lij) \text{ (1)}$$

$$Ki j = (Aij - Lij) \div Aij \rightarrow 1 \text{ (2)}$$

где i – номер этапа измерения состояния параметров ИУС;

Aij – количество активных показателей БПj на этапе i;

Lij – количество латентных показателей БПj на этапе i;

Таким образом, формируются исходные данные к проектированию системы показателей, которые включают как активные ее элементы, так и латентные, но которые можно активизировать и пересчитать на основе первичной информации для передачи их в систему поддержки и принятия управленческих решений. Такой метод позволяет повысить свойство адаптивности ИУС.

РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЙ АППАРАТНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Ляшов Максим Васильевич

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы и радиотехника» ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты Алексеенко Юлия Вячеславовна

Студент кафедры «Информационные системы и радиотехника» ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты

Микропроцессоры общего назначения являются универсальной вычислительной платформой для решения большого класса задач. Решение поставленной задачи сводится к описанию алгоритма ее работы набором инструкций, поддерживаемых процессором. Эта универсальность

достигается за счет снижения производительности при решении сложных задач. Реконфигурируемая архитектура дает возможность выбора между производительностью и

универсальностью. При использовании такой системы архитектура подстраивается под определенную задачу, что обеспечивает значительное увеличение быстродействия.

Решение поставленной задачи на реконфигурируемой платформе требует вычислительные модели, отличающиеся от обычных моделей. Использование реконфигурируемой архитектуры совместно с универсальным микропроцессором позволяет значительно увеличить быстродействие. Вычисления, которые имеют сложную структуру данных и управления выполняются на универсальном микропроцессоре, а такие задачи как генетические алгоритмы, нейронные сети и т.п. будут решаться на реконфигурируемой платформе [1, 2]. Разделение вычислений между процессором и реконфигурируемой платформой может выполняться вручную либо используя специальное программное обеспечение.

Использование программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в аппаратных ускорителях позволяет создавать гибкие вычислительные платформы с возможностью их многократного реконфигурирования, внутренняя архитектура которых, а также взаимосвязи могут меняться в соответствии с решаемой задачей [4].

ПЛИС состоят из множества конфигурационных логических блоков и матрицы соединений. Логические блоки и матрица соединений могут быть многократно реконфигурируемы. Конфигурационный логический блок

состоит из таблицы перекодировки, триггера, дополнительной комбинационной логики и ячейки SRAM памяти для хранения конфигурационных данных. Матрица соединений может быть повторно реконфигурируема, при этом изменяя связи между конфигурационными логическими блоками. Современные ПЛИС поддерживают режим частичной реконфигурации, который позволяет изменить конфигурацию части устройства, в то время как конфигурация другой части сохраняется [4].

Основная проблема в использовании ПЛИС для ускорения вычислений — это процесс создания проекта. Стандартный подход автоматизированного проектирования цифровых устройств представлен на рисунке 1[4].

Функциональные возможности устройства определяются на высоком уровне абстракций через язык описания аппаратных устройств (VHDL/Verilog) или в виде схемы [5]. Синтез проектируемого устройства для его физической реализации в ПЛИС обычно выполняется поэтапно, несколькими компиляторами, синтезирующими программами, каждая из которых выполняет свой этап перевода с одного уровня представления проекта на другой. Компиляция проекта занимает слишком много времени, поэтому неприемлемо использование стандартного подхода проектирования для динамического реконфигурирования.



Рисунок 1. Этапы разработки цифровых устройств на ПЛИС

Наиболее подходящий подход для реконфигурируемых ускорителей — это использование откомпилированных параметризируемых моделей, которые выполняют узкий круг задач. Эти заранее созданные модели могут храниться во внешней памяти и загружаться в ПЛИС во время функционирования ускорителя.

Существует два подхода в создании реконфигурируемых спецвычислителей [1]: статические и динамические конфигурируемые вычисления. Процесс статического конфигурационного вычисления показан на рисунке 2.

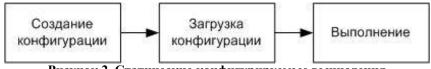


Рисунок 2. Статические конфигурируемые вычисления

Для решаемой задачи проектируется цифровое устройство, предназначенное для ускорения вычислений. Затем выполняется конфигурация вычислительной платформы. В процессе функционирования устройства конфигурация не меняется.

Концепция динамического реконфигурируемого вычисления показана на рисунке 3.



Рисунок 3. Динамические конфигурируемые вычисления

Реконфигурируемые ресурсы многократно изменяются во время вычислительного процесса, согласно алгоритму функционирования. Этот подход позволяет получить более высокую скорость вычислений за счет адаптации архитектуры к решаемой задаче.

Разработанный реконфигурируемый аппаратный ускоритель предназначен для работы в составе IBM-совместимого персонального компьютера и выполнен в виде платы расширения для шины РСІ. В основу архитектуры аппаратного ускорителя положена способность частичной реконфигурации ПЛИС [4, 5]. Концепция модульного

проектирования позволяет одной части ПЛИС держать ядро шины PCI, в то время как в реконфигурируемую часть независимо по шине PCI можно передавать конфигурационные данные требуемого алгоритма работы. Высокая скорость передачи данных по шине PCI (132 Мбайт/с для 33 МГц) позволяет быстро загружать конфигурационные данные в реконфигурируемую часть ПЛИС.

На рисунке 4 приведена структурная схема реконфигурируемого аппаратного ускорителя, оптимизированная для интеллектуальных проблемно-ориентированных систем, основанных на знаниях и эволюции.

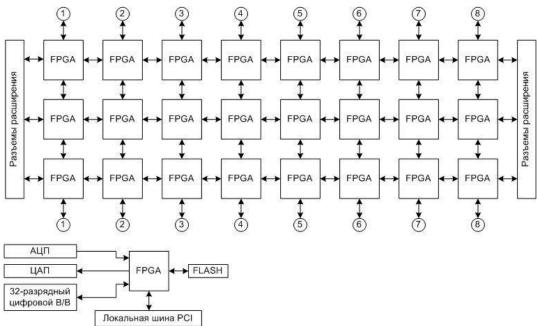


Рисунок 4. Структурная схема реконфигурируемого аппаратного ускорителя

Ускоритель представляет собой матрицу из 24 ПЛИС, выполненных по технологии FPGA и связанных максимальным числом межсоединений. Суммарное количество вентилей будет зависеть от семейства используемых ПЛИС. Модуль выполнен в виде платы расширения, которая вставляется в свободный слот локальной шины PCI. Разъемы расширения позволяют наращивать общее количество вентилей в многоплатовой конфигурации.

Центральная ПЛИС модуля выполняет функцию управления матрицей посредством интерфейса PCI 32 бита, а также конфигурацию матрицы ПЛИС из общего

банка FLASH-памяти. Хранение конфигурационной информации матрицы ПЛИС во FLASH-памяти позволяет быстро изменять структуру и хранить в памяти сразу несколько файлов конфигурации. Для связи с внешним миром в модуле предусмотрены АЦП, ЦАП и 32-разрядный цифровой ввод/вывод.

Разработанный аппаратный ускоритель был протестирован на промышленных тестовых задачах синтеза цифровых логических схем MCNC [6]. В таблице 1 приведены временные характеристики аппаратно и программно реализованного генетического алгоритма кодирования состояний конечного автомата [3].

Таблица 1.

Результаты экспериментальных исследований Временные характеристики Аппаратная реализация Программная реализация 300 МГц 3 ГГц (Р4) Тактовая частота 0.25 мкс Генерация популяции 0.64 мкс 163,8 мкс 7,2 мс Оценка решений 77,4 мкс Применение операторов ГА 4,5 мс 0,15 c 9,2 c Общее время

Как видно из приведенной таблицы разработанный аппаратный ускоритель позволяет сократить время поиска решения более чем в 60 раз, что позволяет значительно увеличить производительность и решать более масштабные задачи.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 14-07-00816).

Список литературы:

1. Бегляров В.В. Берёза А.Н., Ляшов М.В. Аналитический обзор реконфигурируемых гибридных эволюционных аппаратных систем. Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск - Интеллектуальные САПР № 12, 2009. – 27-33 с.

- 2. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И. Теория эволюционных вычислений. М.: Физматлит, 2012. 310 с.
- Bereza A.N., Lyashov M.V., Blanko L.M.L Finite State Machine Synthesis for Evolutionary Hardware. Proceedings of 11th IEEE east-west design & test symposium (EWDTS 2013). – 352-355 pp.
 Kilts S. Advanced FPGA Design: Architecture,
- 4. Kilts S. Advanced FPGA Design: Architecture, Implementation, and Optimization. Wiley-IEEE Press. 2007. 352 p.
- 5. Pong P. Chu. FPGA Prototyping by VHDL Examples. Wiley-IEEE Press. 2011. 468 p.
- 6. Yang S. Logic synthesis and optimization benchmark user guide version 3.0, MCNC 1991. 320 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ИЗНАШИВАНИЕ КОНТАКТНЫХ ПАР УСТРОЙСТВ ТОКОСЪЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Ступаков Сергей Анатольевич

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» Омского государственного университета путей сообщения, Омск

Манохина Татьяна Витальевна

Преподаватель кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» Омского государственного университета путей сообщения, Омск

Калинина Екатерина Сергеевна

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» Омского государственного университета путей сообщения, Омск

высокоскоростного Создание электрического транспорта является одним из путей повышения провозной и пропускной способности железнодорожных магистралей. Для обеспечения бесперебойной работы электроподвижного состава нового поколения необходимо создание устройств токосъема, которые должны отвечать требованиям надежной и качественной передачи электроэнергии, а также отличаться от существующих повышенным сроком службы. В связи с этим при проектировании устройств токосъема необходимо учитывать возможные параметры их эксплуатации и факторы, влияющие на качество токосъема. Контактная пара устройства токосъема обеспечивает передачу подвижному составу тягового тока, что вызывает усиленный электромеханический износ ее элементов. Одним из факторов, существенно ускоряющих процесс изнашивания элементов контактной пары, является термическое действие электрического тока.

Экспериментальные исследования по оценке износа контактных вставок (КВ) выполняются на специализированных установках, созданных в Омском государственном университете путей сообщения, методика выполнения которых приведена в работе [5]. Однако реализация методики экспериментальных исследований изнашивания требует значительных затрат времени и ресурсов. Для сокращения объема экспериментальных исследований создана математическая модель, позволяющая выполнять оценку влияния на износ КВ параметров эксплуатации (в т. ч. термического действия электрического тока), а также факторов окружающей среды.

Формирование математической модели выполнялось по двум направлениям [4]: модель механического изнашивания КВ (от контактного нажатия) и модель электрического изнашивания (от электрического тока).

Созданная модель позволяет учитывать влияние на электромеханический износ контактных элементов электроэрозии, изменения физико-механических свойств материалов контактной пары, а также шероховатости поверхностей элементов [3]. Входными данными для моделирования являются сведения о физико-механических и химических свойствах материалов, о геометрических размерах и форме элементов, а также об условиях эксплуатации устройств токосъема.

 Φ ункциональная зависимость между механической составляющей $I_{\rm M}$ модели изнашивания и факторами модели описана в работе [1] и имеет вид:

 $I_M = \psi_2(p,v,t,r,Cu,H_1/H_2,\lambda_1,c_2),$ (1) где p – контактное нажатие; v – скорость скольжения; t – время испытаний; r – характерный линейный размер; Cu – содержание меди в элементе контактной пары; H_1/H_2 – безразмерный симплекс (отношение твердостей); λ_1 – теплопроводность материала контактного элемента; c_2 – удельная теплоемкость токопровода.

Анализ результатов экспериментальных исследований, выполненных при различных параметрах окружающей среды, подтвердил необходимость внесения в модель критериев, учитывающих состояние окружающей среды – влажности и запыленности, а также критерия, учитывающего влияния силы трения в скользящем контакте. Кроме этого, необходимо учитывать влияние температуры элементов контактной пары на фактическую площадь контакта и на их твердость.

В уравнении (1) в соответствии с положениями теории подобия в соответствующие критерии были объединены следующие факторы:

контактное нажатие, удельная теплоемкость, теплопроводность;

- скорость скольжения, время испытания.

В качестве симплексов использованы твердости элементов пары трения, содержание меди в материале элемента пары, влажность и запыленность окружающей среды.

Согласно π -теоремы число безразмерных комбинаций комплексов и симплексов равно разности между количеством физических величин и основных единиц размерности, т. е. $k=\Phi-n=11-4=7$. Таким образом, получено уравнение (2):

$$I_{M}(P) = a_{0} \cdot Me \cdot \left(\frac{ptc_{2}}{r(T_{I_{h}})^{2} \rho_{1}c_{1}(T_{i}, T_{n})\chi}\right)^{\alpha_{m}} \left(\frac{vt}{r(T_{I_{h}})}\right)^{\beta_{m}} \left(Cu\right)^{\gamma_{m}} \left(\frac{H_{1}(T_{I_{h}})}{H_{2}(T_{I_{h}})}\right)^{\varepsilon_{m}} \left(\frac{\varphi_{0}}{\varphi_{1}}\right)^{\lambda_{m}} \left(\frac{\kappa_{0}}{\kappa_{1}}\right)^{\omega_{m}}, \quad (2)$$

где a_0 — постоянная, отражающая влияние на процесс неучтенных факторов; α_m , β_m , χ_m , ϵ_m , λ_m , ω_m — коэффициенты, определяемые экспериментально; $ptc_2/(r^2)$ $\rho_1 C_1 \chi$) — комплекс (мера отношения удельной мощности трения к способности токопровода накапливать, а контактного элемента — передавать тепло); c_2 — удельная теплоемкость токопровода; vt/r — отношение пути трения к коэффициенту поверхности контактного элемента; $T_{I_h} = a \cdot T_i^{\alpha_T} + b \cdot (\partial T_i / \partial z)^{\beta_T}$ — коэффициент влияния температурного градиента на интенсивность изнашивания (a, b) — экспериментальные коэффициенты, α_T , β_T — критерии, характеризующие тепловые процессы при взаимодействии элементов контактной пары); $\partial T_i / \partial z$ — градиент температуры элемента контактной пары по нормали z к его поверхности; T_n — температура n-

го тела;
$$T_i$$
 – температура i -го тела; $Me \equiv \frac{T_i \lambda_1}{r f_{_{\rm T}} p v}$ – кри-

терий Мейера (pv – мощность трения (с учетом коэффициента распределения тепловых потоков), $f_{\rm T}$ – коэффициент трения); ϕ_0 / ϕ_1 – отношение среднего значения относи-

тельной влажности окружающей среды за пять лет к значению относительной влажности на момент исследований, $\mathbf{K}_0 / \mathbf{K}_1$ – отношение среднего значения запыленности окружающей среды за пять лет к значению ее запыленности на момент исследований.

Тепловые процессы в элементах контактной пары устройства токосъема описываются математически системой дифференциальных уравнений Пуассона в частных производных. Тепловое состояние *n*-го тела описывается следующим дифференциальным уравнением теплового баланса [2]:

$$c_n \frac{dT_n}{dt} = \left(-\sum_{i=1}^{q(i\neq n)} \Lambda_{in}\right) T_n + \sum_{i=1}^{q(i\neq n)} (\Lambda_{in} T_i) + \sum \Delta U I_n, \quad (3)$$

где c_n — теплоемкость n-го тела;

n – количество тел, связанных в тепловом отношении с телом n;

 Λ_{in} — теплоотдача от i-го тела к n-му телу;

 $\sum \Delta U I_n$ — потери мощности n-го тела от протекания электрического тока; t — время.

Для КВ изменение теплоемкости в переходном процессе при движении подвижного состава описывается формулой:

$$c_{1} = \frac{1}{T_{1B}} \left(\Lambda_{13} + \Lambda_{3B} \right) \int T_{1} dt + \frac{1}{T_{1B}} \int \sum \left(\Lambda_{13} + \Lambda_{3B} \right) T_{3} dt + \frac{\Delta UIt}{T_{10}}, \tag{4}$$

где $\Lambda_{in}=lpha(T_n-T_i)$; α — коэффициент теплоотдачи, $\alpha=\frac{m_1}{m_1}+m_2v^{1/2};\ v$ — скорость встречного воздуш-

ного потока; v — скорость относительного перемещения контактного провода и контактной вставке по горизонтали, перпендикулярно оси пути; m_1 , m_2 — коэффициенты, определяемые экспериментально. В уравнении (4) приняты следующие обозначения: 1 — KB, 3 — полоз токоприемника, 8 — воздушный поток.

Изнашивание контактных пар устройств токосъема от воздействия электрического тока можно представить с помощью функциональной зависимости между такими факторами как дугостойкость материала; количество электричества, прошедшее через дугу; длина пути трения; контактное нажатие; комплекс, учитывающий изменение шероховатости поверхностей; комплекс, учитывающий износ при токовой нагрузке без искрения [6]:

$$I_E = \Psi_2(\gamma, Q, s, p, g, W_0, W_1, j)$$
(5)

где γ — коэффициент дугостойкости материала, зависящий от рода тока, времени его протекания через контакт и

полярности элемента контактной пары; Q — количество электричества, которое определяется средним значением тока дуги I, количеством искрений n и временем горения t; s — длина пути трения; p — контактное нажатие; g — коэффициент, характеризующий изнашивание материала вследствие повышения шероховатости поверхностей; W_0 — коэффициент износа от механической нагрузки (без тока); W_1 — коэффициент износа при токовой нагрузке без искрения; j — плотность тока.

Взаимодействие элементов контактной пары представляет собой динамический процесс, при котором возможны кратковременные потери контакта. Это приводит к возникновению дуги между элементами, термическое действие которой приводит к увеличению интенсивности изнашивания — возникает испарение материала с поверхностей контакта и увеличивается их шероховатость. Процесс изнашивания контактных пар при протекании через контакт электрического тока заключается во фриттинге пленок поверхностей и электролизе. При этом изменение шероховатости поверхностей является функцией Q/s.

Окончательно с учетом влияния температуры элемента контактной пары от токовой нагрузки и параметров внешней среды запишем уравнение для определения электрической составляющей износа I_E :

$$I_{E}(P) = \left[\zeta_{1} \cdot Bi \cdot \xi(\gamma, Q, T_{I_{h}}) + \zeta_{2} \cdot (X_{1} \cdot Me)^{k_{1}} \left(W_{1}(p, k_{1}, k_{2})j^{k_{3}} + \zeta_{3} \cdot g(p, X_{3}, X_{4}, T_{I_{h}}, k_{4})\sqrt{\frac{Q}{s}}\right)\right] \times \\ \times 9(F_{0i}, \varphi, \kappa), \tag{6}$$

где
$$Bi = rac{r
abla T_i}{\Delta T_i}$$
 – критерий Био; $r
abla T_i$ – перепад тем-

пературы по толщине контактного элемента; ΔT_i – температурный напор (разности температур материала КВ и окружающей среды); $\xi(\gamma,Q,T_{I_h})$ – интенсивность электроэрозионного износа, нелинейно зависящая от дугостойкости материала с учетом температурного градиента элемента контактной пары; ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 – масштаб-

ные коэффициенты;
$$X_1 = \left(\frac{ptc_2}{(r(T_{I_1}))^2 \rho_1 c_1 \chi}\right)$$
 –

комплекс,
$$X_3 = (Cu)^{\gamma_m}$$
, $X_4 = \left(\frac{H_1(T_{I_h})}{H_2(T_{I_h})}\right)^{\varepsilon_m}$ –

симплексы (см. уравнение (2); k_1 — функционал, прямо пропорциональный по модулю величине контактного нажатия и логарифмически зависящий от рода тока и поляризации KB; k_2 — функционал, обратно пропорциональ-

ный величине контактного нажатия и логарифмически зависящий от рода тока и поляризации КВ; k_3 – критерий, учитывающий род тока (переменный или постоянный) и полярность контактного элемента (анодно- или катодно- поляризованный); k_4 – критерий, учитывающий содержание графита в материале; $9(F_{0i}, \varphi, \chi)$ – функционал, характеризующий состояние окружающей среды (температуру, влажность, запыленность);

 $F_{0i}=\alpha t_i/(r(T_{I_h}))^2$ – критерий Фурье (α – коэффициент температуропроводности, t_i – время изменения внешних условий), устанавливающий соответствие между темпом изменения условий в окружающей среде и темпом перестройки температурного поля внутри элемента контактной пары).

Таким образом, с учетом уравнений (2) и (6) можно получить итоговую зависимость изнашивания контактных пар с учетов влияния температуры:

$$\boldsymbol{I}_h = \boldsymbol{I}_M + \boldsymbol{I}_E. \tag{7}$$

На основании уравнения (7) можно построить зависимости величины износа от контактного нажатия и температуры. На рис. 1 приведена такая зависимость для металлокерамических контактных вставок на железной основе ВЖЗП.

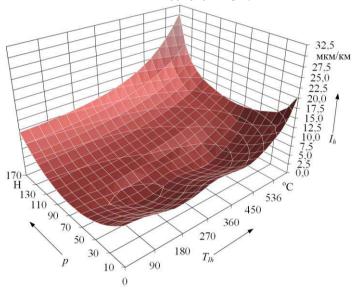


Рисунок 1. Зависимость величины износа от контактного нажатия и температуры для КВ ВЖЗП

Список литературы:

- 1. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Моделирование трения и изнашивания в машинах. М.: Машиностроение, 1982. 191 с.
- 2. Григорьев В. Л. Тепловые процессы в устройствах тягового электроснабжения: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. /
 - В. Л. Григорьев, В.В. Игнатьев. М.: Изд-во ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. 182 с.
- 3. Кончиц В. В. Триботехника электрических контактов / В. В. Кончиц,

- В. В. Мешков, Н. К. Мышкин. Минск: Нука и техника, 1986. 255 с.
- Мышкин Н. К. Электрические контакты / Н. К. Мышкин, В. В. Кончиц,
 М. Браунович. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. 560 с.
- Сидоров О. А. Вопросы прогнозирования износа контактных пар устройств токосъема монорельсового электрического транспорта / О. А. Сидоров, С. А. Ступаков // Трение и смазка в машинах и механизмах. Машиностроение. №2. 2012. С. 37 – 47.
- 6. Хольм Р. Электрические контакты / Р. Хольм. М.: Иностранная литература, 1961. 480 с.

НАДЕЖНОСТЬ ОПЕРАТОРА И СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК—МАШИНА»

Манзин Максим Юрьевич

Адъюнкт кафедры боевых гусеничных, колесных машин и военных автомобилей, г. Омск

Масляков Владимир Анатольевич

Начальник цикла - старший преподаватель УВЦ при ОмГТУ, г. Омск

Винник Анатолий Игоревич

Адъюнкт кафедры двигателей, г. Омск

Смирнов Антон Михайлович

Адъюнкт кафедры двигателей, г. Омск

Разработка и создание механизма или машины уже на стадии проектирования закладывают потенциальные возможности выполнениями конкретных задач. При этом предполагается, что их функционирование не ограничивается физическими, умственными, эмоциональными или другими качествами человека, так как это может приводить к недоиспользованию потенциальных возможностей спроектированного образца. Указанные обстоятельства особенно остро проявляются там, где человек управляет сложной динамической системой, то есть является задающим и исполнительным элементом системы «человек- машина»

При определении надежности СЧМ необходимо учитывать следующее: показатели надежности должны быть едиными для всех звеньев СЧМ. Поэтому создаваемые методики оценки надежности СЧМ должны максимально использовать показатели, математический аппарат и методы расчета, разработанные в существующей теории надежности технических устройств. При этом показатели надежности СЧМ должны по возможности включать в себя в явном виде показатели надежности ее отдельных звеньев - человека и машины.

Под надежностью оператора понимается его свойство качественно выполнять трудовую деятельность в течение определенного времени при заданных условиях. В основе оценки надежности оператора лежит понятие ошибки, под которой понимается любое нарушение предписанного оператору алгоритма деятельности. В общем случае ошибками являются: невыполнение требуемого или выполнение лишнего (несанкционированного) действия, нарушение последовательности выполнения действий, неправильное или несвоевременное выполнение требуемого действия. Совершаемые оператором ошибки различаются по своим последствиям. Они могут быть разными для человека, техники и системы в целом (рис. 1). В зависимости от этого ошибки могут быть неаварийными и Последние непосредственно снижают аварийными. надежность оператора и системы «человек-машина». Надежность оператора характеризуется показателями безошибочности, готовности, восстанавливаемости и своевременности.

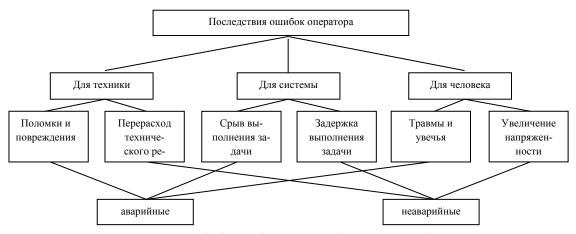


Рисунок 1. Классификация ошибок по их последствиям.

Основным показателем безошибочности является вероятность безошибочной работы. Эта вероятность может вычисляться как на уровне отдельной операции, так и на уровне алгоритма в целом.

Для типовых, часто повторяющихся операций в качестве показателя безошибочности может использоваться также интенсивность ошибок. Эти показатели вычисляются, как правило, в расчете на одну выполненную операцию (алгоритм). По статистическим данным они могут быть вычислены следующим образом:

$$P_j = \frac{N_{j-n_j}}{N_j} \tag{1}$$

$$P_{j} = \frac{N_{j-n_{j}}}{N_{j}}$$

$$\lambda_{j} = \frac{n_{j}}{N_{j}T_{j}}$$

$$(1)$$

где Р_і - вероятность безошибочного выполнения операций ј-го типа;

 λ_j - интенсивность ошибок j-го вида;

N_i, n_i - общее число выполненных операций j-го вида и допущенное при этом число ошибок; Т_і — среднее время выполнения операции ј-го вида.

Необходимо отметить, что формула (2) справедлива лишь для участка устойчивой работоспособности оператора. В этом случае, зная интенсивность ошибок λ_i при выполнении различных операций и алгоритм работы оператора, можно найти вероятность безошибочного вы-

полнения этого алгоритма:
$$P_{on} = \prod_{j=1}^{r} P_{j}^{k_{j}} \cong e^{-\sum_{j=1}^{r} (1-P_{j})K_{j}} = e^{-\sum_{j=1}^{r} \lambda_{j} T_{j} k_{j}} \qquad (3)$$
 где k_{j} – число выполненных операций j-го вида, r -

число различных типов операций (j=1, 2... r).

Важным показателем надежности является и коэффициент готовности оператора, представляющий собой вероятность включения оператора в работу в любой произвольный момент времени. Коэффициент готовности определяется выражением

$$K_{on} = 1 - \frac{T_0}{\pi} \tag{4}$$

 $K_{on}=1-\frac{T_0}{T}$ (4) где T_o — время, в течение которого оператор по тем или иным причинам не находится на рабочем месте (и потому не может принять поступившую информацию); Т общее время работы оператора.

Введение показателей восстанавливаемости связано с возможностью самоконтроля оператором своих действий и исправления допущенных ошибок. Вероятность исправления оператором допущенной ошибки равна

$$P_{\text{исп}} = P_{\text{K}} P_{\text{обн}} P_{\text{и}} \tag{5}$$

 $P_{\text{исп}} = P_{\text{к}} P_{\text{обн}} P_{\text{и}}$ (5) где $P_{\text{к}}$ — вероятность выдачи сигнала схемой контроля; Робн — вероят-ность обнаружения оператором сигнала контроля; Ри — вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении алгоритма.

Показатели своевременности действия оператора вводятся потому, что правильные, но несвоевременные действия не приводят к достижению цели, т. е. дают тот же результат, что и совершенная ошибка. Потому, как правило, на выполнение определенных задач в системе «человек-машина» отводится определенный лимит времени t_л, превышение которого рассматривается как ошибка.

Основным показателем своевременности является вероятность выполнения задачи в течение времени т<т_л. Эта вероятность равна

$$P_{\rm CB} = P\{ \tau < t_{\scriptscriptstyle \Pi} \} = \int_0^{t_k} {\rm f}(\tau) d\, \tau$$
 (6) где ${\rm f}(\tau)$ — функция распределения времени реше-

ния задачи оператором.

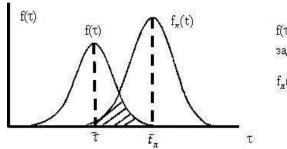
Время t_{π} может быть как постоянной, так и случайной величиной. В первом случае вероятность Р_{св} определяется выражением (6). Во втором случае вычисление Р_{св} довольно сложно. Оно упрощается, если т и t_{π} подчинены нормальному распределению с параметрами τ , σ и, t_{π} σ_t соответственно (рис.2). Введем новую величину $\Delta t = t_{\pi} - \tau$. Поскольку t_{π} и τ обычно независимы, Δt тоже распределена по нормальному закону с параметрами

$$\Delta \tau = t_{\pi} - \tau, \qquad \qquad \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_t^2}$$

 $\Delta au = t_{\pi} - au,$ $\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_{ au}^2}$ На основании известных положений теории вероятности величина Рсв равна

$$P_{\text{CB}} = P\{\Delta t \ge 0\} = \int_{-\infty}^{\Delta t} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 0.5 + \Phi_0 \left(\frac{\Delta t}{\sigma_\Delta}\right)$$
 (7)

где $\Phi_0 = \frac{\Delta t}{\sigma_\Delta}$ - интеграл Лапласа, значения которого приводятся в литературе по теории вероятности [3, с. 128].



f(т) - время рещения задачи оператором;

f_#(t)-лимит времени

Рисунок 2. Законы распределения

Несвоевременное решение задачи может иметь место также при исправлении допущенных ошибок. Очень часто такие ошибки обнаруживаются с помощью инструментального самоконтроля. Существует большое количество способов исправления ошибок. Нами будет принята одна из возможных схем, когда ошибка обнаруживается только после выполнения всех действий и для ее исправления все действия по решению задачи повторяются заново. Будем считать, что первое решение задачи и все ее последующие повторения независимы. Следовательно, вероятность безошибочного решения при каждом повторении равняется Роп.

Среднее значение времени исправления ошибки равно

$$\tau_{\nu} = \sum_{k=1}^{\infty} \bar{\tau} P_k \tag{8}$$

 $\tau_u = \sum_{k=1}^\infty \bar{\tau} P_k \tag{8}$ где — $\bar{\tau_k}$ среднее значение времени исправления ошибки с k-й попытки; P_k — вероятность исправления ошибки с k-й попытки. Вероятность Pk есть вероятность исправления ошибки в k-й попытке при условии, что в предыдущих k-1 попытках имела место ошибка. Такая вероятность подчинена геометрическому распределению

$$P_k = P_{on}(1 - P_{on})^k$$
 (9)

 $P_k = P_{on}(1-P_{on})^k$ (9) Подставляя (9) в (8), имея в виду, что и $\tau_u = K\tau_{on}$, и опуская промежуточные преобразования, получим $\tau_u = \frac{\tau_{on}}{P_{on}}$ (10) Среднее значение времени решения задачи с уче-

$$\tau_u = \frac{con}{P_{on}} (10)$$

том времени исправления ошибки равно
$$\overline{\tau_p} = \overline{\tau_{on}} + \overline{\tau_u} = \overline{\tau_{on}} \left(1 + \frac{1}{P_{on}} \right) = \overline{\tau_{on}} \cdot \frac{P_{on} + 1}{P_{on}}$$
(11)

Аналогичным образом можно получить, что дисперсия времени решения задачи с учетом времени исправления ошибки равна

$$\sigma_p = \sigma_{\tau}^2 (\frac{P_{on}+1}{P_{on}})^2$$
 (12) Предположительно можно считать, что время

 τ_n подчинено нормальному закону с параметрами, определяемыми выражениями (11) и (12). Вероятность своевременного исправления ошибки

$$P_{\scriptscriptstyle \rm M}(t_{\scriptscriptstyle \rm J}) = P\{\tau_p < t_{\scriptscriptstyle \rm J}\}$$

определяется в зависимости от характера величины t_{π} либо выражением (6), либо выражением (7). Общая вероятность исправления ошибки, согласно (5), равна

$$P_{\text{исп}} = P_k P_{\text{обн}} P_{\text{н}(t_{\pi})} \tag{13}$$

Надежность деятельности оператора не остается величиной постоянной, а меняется с течением времени. Это изменение обусловлено как изменением условий деятельности, так и колебаниями состояния оператора. Поэтому при определении надежности оператора в каждом конкретном случае приходится выбирать те или иные факторы, наиболее характерные для данного вида деятельности. С каждым из этих факторов связывается определенное состояние СЧМ, и для каждого из этих состояний определяется конкретное значение изучаемого показателя надежности оператора.

При такой постановке показатель надежности оператора представляет собой дискретную случайную величину, неявным образом зависящую от времени через выбранные условия деятельности (факторы надежности). На рис. 3 показана динамика изменения состояний СЧМ во времени.

Система может принимать состояния i=1, 2, 3... В каждом из этих состояний надежность оператора принимает значения соответственно $P_{on1}, P_{on2}, P_{on3}$ — Например, в промежутки времени 0-t1, t1-t2, t2-t3 СЧМ находится в состоянии, условно обозначенном i=4. Это состояние обусловлено действием определенных факторов, влияющих на надежность работы оператора, которая в данном случае равна P_{on4} . При действии других факторов система находится в других состояниях, каждому из них соответствует определенное значение надежности работы оператора.

С учетом рассмотренных положений среднее значение вероятности безошибочной работы оператора равно

$$\overline{P_{on}} = \sum_{i=1}^{m} P_i P_{on/i} \tag{14}$$

где P_i — вероятность наступления і-го состояния СЧМ, $P_{\text{оп/i}}$ —условная вероятность безошибочной работы оператора в і-м состоянии, т — число рассматриваемых состояний СЧМ.

Вероятности P_i в ряде случаев могут быть определены методами теории массового обслуживания.

Для этого прежде всего необходимо определить те состояния, которые являются наиболее характерными для изучаемой СЧМ. Положим для определенности, что основным переменным фактором, от которого зависят результаты деятельности оператора, является поток сигналов и вызываемые им состояния информационной перегрузки. Под ней понимается такая ситуация, когда в течение некоторого промежутка времени поступающее количество информации превосходит возможности человека. При этом с точки зрения анализа надежности его работы возможны два вида проявления перегрузки: переполнение оперативной памяти и дефицит времени. В первом случае общее время, отводимое на решение задачи, может быть достаточным, однако часть информации теряется или искажается из-за того, что ее количество превышает объем оперативной памяти человека. Во втором случае общее количество информации может и не превышать объем памяти, однако время, реально имеющееся у оператора, меньше требуемого. В этом случае также возможны потери информации, так как оператор не успевает обработать ее в заданное время.

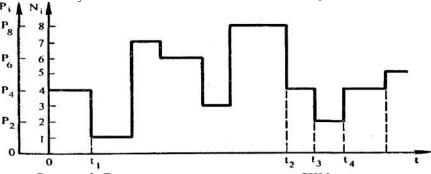


Рисунок 3. Динамика изменения состояния СЧМ во времени

Для определения вероятностей P_i предварительно нужно найти вероятность P_k наличия в очереди k сообщений и вероятность P_{τ} того, что время ожидания $\tau_{\rm ож}$ превысит некоторую допустимую величину τ_0 . Тогда вероятность переполнения оперативной памяти равна

$$P_1 = P\{k > k_0\} = \sum_{k=k_0+1}^{\infty} P_k = 1 - \sum_{k=0}^{k_0} P_k$$

где k_o — объем оперативной памяти.

Дефицит времени возникает всякий раз, когда $\tau_{\text{ож}} > \tau_0$. Вероятность его возникновения при отсутствии переполнения оперативной памяти равна $P_2 = (1-P_1)P_\tau$. Вероятность отсутствия информационной перегрузки равна $P_3 = (1-P_1)(1-P_2)$.

Вероятности P_1 , P_2 , P_3 характеризуют полную группу несовместных событий. Однако их определение проведено при целом ряде ограничений, накладываемых на вид законов распределения входящего потока и времени обслуживания. В более сложных случаях для определения этих вероятностей нужно использовать имитационные методы.

Для каждого из анализируемых состояний СЧМ определяются вероятности $P_{\text{оп/i}}$ (в рассматриваемом случае i=1,2,3). Эти вероятности могут быть получены в результате анализа деятельности оператора по формуле (3) или экспериментально.

Повышению надежности деятельности оператора способствует контроль за его работой со стороны другого оператора. Функции контролирующего оператора может выполнять оператор высшего уровня управления. Контролирующий оператор может подключаться на контроль не всегда, а лишь с некоторой вероятностью P_{pes} . В первом

приближении она равна P_{pes} =1- η , где η — коэффициент загруженности контролирующего оператора.

Одной из возможных схем контроля является такая, в которой контролирующий оператор наблюдает за действиями N операторов. В случае ошибки в работе коголибо из них контролирующий оператор с вероятностью $P_{\text{оп}}$ исправляет ее. Для расчета надежности работы оператора с учетом результатов контроля его действий могут быть использованы формулы скользящего резервирования, применяемые в существующей теории надежности.

Как показано, вероятность безошибочной работы в этом случае равна

$$P_{\text{опк}} = (N+1)P_{on}^N - NP_{on}^{N+1}$$

Поскольку контролирующий оператор подключается на контроль не всегда, а лишь с вероятностью $P_{\text{peз}}$ (в остальных случаях надежность оператора равна P_{on}), то окончательно выражение для оценки надежности работы оператора примет вид

$$P_{on}^{1} = P_{pes}^{1}[(N+1)P_{on}^{N} - NP_{on}^{N+1}] + (1 - P_{pes})P_{on}$$
 (15)

В таком виде формула может применяться в практических расчетах надежности при скользящем резервировании его работы.

Для определения рассмотренных показателей надежности необходимо знать характеристики безошибочности и времени выполнения отдельных действий, входящих в структуру деятельности оператора. Их значения приведены в специальной справочной литературе [2, с. 100]. При использовании данных следует иметь в виду, что они могут быть получены для различных условий работы оператора — с установкой на точность или с установкой на скорость работы.

В качестве примера в табл. 1 приведен ряд характеристик безошибочности (P_i) и скорости (τ_i , δ_i) выполнения отдельных действий при работе с установкой на скорость. При необходимости получения характеристик с установкой на точность работы следует воспользоваться следующими приближенными формулами пересчета:

приолиженными формулами пересчета.
$$P_{j\delta} = P_{jc} \frac{1 - 2P_{jc}}{1 - P_{jc}(1 - P_{jc})}$$

$$\bar{\tau}_{j\delta} \approx 2.3 \overline{\tau_{jc}}$$

$$\sigma_{j\delta}^2 \approx 2.3 \sigma_{jc}^2 + 0.5 \tau_{jc}^{-2} \ (16)$$
 где $P_{j\delta}$, P_{jc} — вероятности безошибочного выполне-

ния ј-го действия при установке на точность (безошибочность) и скорость работы; $\overline{ au_{J\delta}},\overline{ au_{Jc}}$ - среднее значение времени выполнения j-го действия для тех же условий; $\sigma_{i\delta}$, σ_{ic} - среднеквадратические отклонения времени выполнения ј-го действия.

Точные формулы пересчета приведены в работе. Приведенные в литературе [2, с. 100-108] и табл. 1 данные получены для нормальных условий работы. В случае, если условия работы оператора отличаются от нормальных, в расчетные формулы для определения показателей надежности вводятся поправочные коэффициенты. Так, например, влияние факторов рабочей среды учитывается в соответствии с данными табл. 2. Виды рабочей среды приводятся, здесь в соответствии с ГОСТ 21035—75.

Расчетные формулы для оценки влияния сложности алгоритма (количество логических условий К_{лс} в алгоритме), коэффициента загрузки К₃, условий работы (коэффициента комфорта) Кк приведены в справочной литературе [2, с. 100-108]. Величина прироста вероятности ошибок при действии указанных факторов апроксимировалась полиномом второй или третьей степени:

 $\Delta P_{\text{oiii}1} = 0.0001(0.739 + 3.173K_{,\text{IC}} + 6.27K_{,\text{IC}}^2);$ $\Delta P_{\text{oiii}2} = 0.0001(162 - 577K_{_3} + 558K_{_3}^2);$ $\Delta P_{\text{oiii}3} = 0.0001(304 - 953K_{_K} + 1085K^2 - 438K_{_K}^3) (17)$ С помощью приведенных формул и данных табл. 2 возможно прогнозирование изменений характеристик Р_ј при действии отдельных факторов. Прогнозирование надежности оператора при одновременном действии нескольких факторов существенно усложняется. В простейших случаях принимается гипотеза об аддитивности влияния разных факторов. Тогда вероятность ошибки Рошф при их одновременном действии вычисляется по формуле

$$P_{\text{ош}\Phi} = P_{\text{ош}} + \sum_{i} \Delta P_{\text{ош}i}$$

 $P_{
m om \varphi} = P_{
m om} + \sum \Delta P_{
m om} i$ В общем же случае действие различных факторов носит неаддитивный характер. Тогда при суммировании величин $\Delta P_{\text{оші}}$ вводятся весовые коэффициенты, общий подход к определению которых приведен в работе.

Таблица 1

Значения времени $(au, \sigma_{ au})$ и безошибочности (P_j) выполнения операторо				
Выполняемые действия	τ _j , c	σ _τ , c	P_{j} .	
Считывание показаний знаковых индикаторов:				
газоразрядный индикатор ИН-1	0,73	0,26	0,950	
электролюминесцентный индикатор	0,64	0,25	0,985	
декатронный счетчик	3,80	0,76	0,983	
Считывание показаний стрелочных приборов:			·	
одношкального	1,5	0,6	0,993	
двухшкального	2,5	0,8	0,987	
Восприятие показаний приборов, высве-	1,2-1,4	0,6	0,95	
чиваемых на экране трубки		ļ		
Выполнение арифметических действий				
с записью результатов:				
сложение однозначных чисел	1,55		0,991	
сложение двухзначных чисел	4,39		0,960	
умножение двухзначных на одно-	4,59		0,966	
значные				
умножение двухзначных на двух- значные	15,5		0,901	
Принятие решения при числе логических			1	
условий:)		ì	
1	3,5	0,17	0,996	
2	4,5	0,30	0,995	
3	6,75	0,42	0,994	
Выполнение логических умозаключений:		·		
с двухпосылочными силлогизмами	19,8	1,0	0,85	
с трехпосылочными силлогизмами	39,4	4,0	0,80	
Сохранение информации в кратковре-	i		ì	
менной памяти:	ì			
при $t\leqslant 3$ с	l —	l —	1,0	
» t≤18 c	_		0,5	
» t>18 c			0,1	
Выполнение управляющих действий:	1)	
тумблером, кнопкой	0,2 0,7	0,1	0,999	
поворотным выключателем	0,7	0,1	0,998	
	I	1	ļ	

Таблица 2

Поправочные коэффициенты для учета влияния факторов рабочей среды на характеристики надежности и скорости работы оператора

	Рабочая среда			
	комфортная	Относи-тельно	Экстре-	Сверх-экс-
характеристики		диском-фортная	мальная	тремальная
Математическое ожидание времени выполнения	1,0	1,1-1,2	1,2-1,5	1,5-2,5
операции $\overline{ au_j}$				
Среднеквадратичное отклонение времени вы-	$(0,15 \div 0,3)\bar{\tau}_j$	$(0,3 \div 0,5) \bar{\tau}_j$	$(0,5 \div 0,7) \; \bar{\tau}_j$	$(0,7 \div 1,3) \ \bar{\tau}_j$
полнения операции σ_j				
Вероятность безошибочного выполнения опера-	1,0	0,95-0,9	0,9-0,7	Менее 0,7
ции <i>P_j</i>				
Ошибка рассогласования (по точности) б, %	-	10-30	30-50	50-80
Вероятность своевременного выполнения опера-				
ции $R = P(\bar{\tau}_i < t_n)$	1.0	0.05.00	0.0.0.6	0.2
, .	1,0	0,95-0,8	0,8-0,6	0,3

На основании всего сказанного может быть рекомендован следующий порядок расчета характеристик надежности оператора. При работе оператора в нормальных условиях в качестве исходных данных используются характеристики безошибочности и скорости выполнения отдельных действий, полученные при работе с установкой на точность. Если же все или ряд действий должны выполняться в условиях дефицита времени, для них берутся характеристики надежности, полученные при работе с установкой на скорость. При необходимости используются приведенные выше формулы пересчета (16). В случае дей-

ствия тех или иных факторов характеристики P_6 , P_c и другие вычисляются с учетом поправочных коэффициентов, определяемых по табл. 2 или формулам (17).

Список литературы:

- 1. Большаков В.Д. Теория ошибок наблюдений: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1983. 223 с.
- 2. Ломова Б.Ф. Справочник по инженерной психологии. М.: Машиностроение, 1982 368 с., ил.
- 3. Пугачев В.С. Теория вероятности и математическая статистика. М., 1979, 496 с. с илл.

ПОЛУЧЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ОЦЕНОК В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Мартемьянов Сергей Васильевич

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры Математики и естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, Институт водного транспорта им. Г. Я. Седова, г. Ростов-на-Дону

Ольшанский Владимир Владимирович

Доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой Математики и естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, Институт водного транспорта им. Г. Я. Седова, г. Ростов-на-Дону

Богданов Алексей Евгеньевич

Доцент, канд. физ.мат. наук, доцент кафедры Математики и естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, Институт водного транспорта им. Г. Я. Седова, г. Ростов-на-Дону

Принятие решений в условиях дефицита исходных данных задача однозначно непростая. Ситуации подобного рода нередки и первопричины этого явления лежат на поверхности:

- дороговизна получения статистических результатов:
- невозможность проведения натурного эксперимента для получения данных;
- ограниченное число экспертов предметной области

Точечные прогнозы в условиях «скудости» исходной информации могут обладать существенными погрешностями, при оценивании для искомых условий влияющих факторов. Более информативным представляется подход, основанный на получении интервальных оценок.

В этом случае не лишено смысла двухстороннее решение данной проблемы. Первый вариант решения основан на получении оценок методом классического регрессионного анализа, с последующим вычислением гарантированных оценок, а второй на основе решения оптимизационной задачи линейного программирования, связанной с поиском минимальных интервальных оценок.

Суть его поясним далее. Вначале же приведем общую математическую постановку.

Для исходных данных в виде матрицы входных параметров X и соответствующему вектор столбцу Y выходных параметров

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}, \tag{1}$$

построить статистическую модель

$$Y^* = f(x_1, x_2, ..., x_n), (2)$$

и определить интервальную оценку

$$Y_{\text{инт}}^*(Y_{min}^*, Y_{\text{max}}^*).$$
 (3)

Вид модели определяется исследователем и зависит характера данных. В дальнейшем для простоты изложения будем использовать линейную модель типа:

$$Y^* = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n. \tag{4}$$

Решение при помощи классического регрессионного анализа предполагает определение коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , ..., a_n , методом наименьших квадратов, с последующим вычислением величины интервальной оценки

$$Y_{min}^* = Y^* - \Delta, Y_{max}^* = Y^* + \Delta,$$
 (5)

где: Δ – ширина интервала, определяемая как

$$\Delta = k\sigma,$$
 (6)

где: k – коэффициент зависящий от принятой надежности; σ – среднеквадратическое отклонение [1. с. 39].

В дальнейшем выражения (4,5,6) будем именовать – модель 1.

Такой подход не дает обстоятельного анализа в условиях отсутствия статистической устойчивости результатов (имеет место, в подавляющем большинстве случаев, при небольшом объеме статистики), а также при несильной корреляционной связи между входными и выходными характеристиками.

Альтернативой вышеописанному подходу, является получение интервальной оценки путем решения задачи линейного программирования [2. с. 291].

$$Y^* = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n,$$

$$Y^*_{min} = Y^* - b_1 |x_1| - b_2 |x_2| - \dots - b_n |x_n|,$$

$$Y^*_{max} = Y^* + b_1 |x_1| + b_2 |x_2| + \dots + b_n |x_n|.$$
(7)

где: a_0 , a_1 , a_2 , ..., a_n – коэффициенты модели;

 b_1 , b_2 , ... , b_n — коэффициенты, определяющие интервал оцениваемой характеристики.

Как было отмечено выше, определение значений этих коэффициентов, можно свести к задаче линейного программирования. Математическая формулировка такой задачи имеет вид.

Найти минимум пелевой функции

$$f = b_1 \sum_{i=1}^m x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^m x_{2i} + \dots + b_n \sum_{i=1}^m x_{ni}$$
 при ограничениях

В этом случае модель будет иметь вид

$$a_{0} + a_{1} x_{11} + a_{2} x_{12} + \dots + a_{n} x_{1n} - b_{1} |x_{11}| - b_{2} |x_{12}| - \dots - b_{n} |x_{1n}| \leq y_{1},$$

$$a_{0} + a_{1} x_{11} + a_{2} x_{12} + \dots + a_{n} x_{1n} + b_{1} |x_{11}| + b_{2} |x_{12}| + \dots + b_{n} |x_{1n}| \geq y_{1},$$

$$a_{0} + a_{1} x_{21} + a_{2} x_{22} + \dots + a_{n} x_{2n} - b_{1} |x_{21}| - b_{2} |x_{22}| - \dots - b_{n} |x_{2n}| \leq y_{2},$$

$$a_{0} + a_{1} x_{21} + a_{2} x_{22} + \dots + a_{n} x_{2n} + b_{1} |x_{21}| + b_{2} |x_{22}| + \dots + b_{n} |x_{2n}| \geq y_{2},$$

$$\dots$$

$$a_{0} + a_{1} x_{m1} + a_{2} x_{m2} + \dots + a_{n} x_{mn} - b_{1} |x_{m1}| - b_{2} |x_{m2}| - \dots - b_{n} |x_{mn}| \leq y_{m},$$

$$a_{0} + a_{1} x_{m1} + a_{2} x_{m2} + \dots + a_{n} x_{mn} + b_{1} |x_{m1}| + b_{2} |x_{m2}| + \dots + b_{n} |x_{mn}| \geq y_{m}.$$

$$(8)$$

Решение задачи (8) однозначно определяет коэффициенты модели (7) и позволяет найти ее интервальные оценки. В дальнейшем выражения (7,8) будем именовать – модель 2.

Приведем образец построения моделей 1 и 2 для абстрактного контрольного примера. Исходные данные примера приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные контрольного примера

№ п/п	x_I	x_2	x_3	y
1	9	6	1	35
2	3	1	6	26
3	9	4	5	47
4	5	1	2	24

Модель 1 для примера будет иметь вид:

$$Y^* = -2,05 + 4,29x_1 - 0,71x_2 + 2,65x_3$$
, $\Delta = 0,8$ для $\kappa = 3$.

В результате решения задачи линейного программирования, с исходными данными контрольного примера, были получены следующие значения:

$$a_0=0$$
, $a_1=3,73$, $a_2=0$, $a_3=2,5$, $a_1=0,03$, $a_2=0,13$, $a_3=0$.

Таким образом, Модель 2 для примера будет иметь вид:

$$Y^* = 3,73x_1 + 2,5x_3, \\ Y^*_{min} = Y^* - 0,03|x_1| - 0,13|x_2| = 3,73x_1 - 0,03|x_1| - 0,13|x_2| + 2,5x_1, \\ Y^*_{max} = Y^* + 0,03|x_1| + 0,13|x_2| = 3,73x_1 + 0,03|x_1| + 0,13|x_2| + 2,5x_1.$$

Анализ моделей 1 и 2 показывает, что они различаются по форме и коэффициентам, тем не менее, для контрольного примера, вычисляемые интервальные оценки примерно равны, но есть различия в верхних и нижних оценках.

Для более тщательной оценки моделей 1 и 2 был проведен ряд вычислительных экспериментов, которые показали, что результаты прогнозирования, получаемые в соответствии с первым подходом — модель 1, обладают большей точностью, при значениях коэффициента корреляции, между входными и выходными данными, близких по модулю к единице, при более низких значениях коэффициента корреляции, второй подход — модель 2 дает более точные «предсказания». График функции $\delta Y = f(r)$, характеризующий зависимость относительной погрешности оценок, получаемых при помощи моделей 1 и 2, при различных значениях коэффициента корреляции, приведен на рисунке 1.

Подводя итоги проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы.

- 1. Для оценивания в условиях дефицита исходных данных допустимо применение оценок коэффициентов регрессионной модели, получаемых в результате решения общей задачи линейного программирования.
- 2. Применение нескольких подходов при построении модели прогнозирования, в условиях дефицита исходных данных, может дать более обстоятельную оценку при принятии решений в такой ситуации.

Список литературы:

- 1. Эльсберг П.Е. Измерительная информация: сколько ее нужно; как ее обрабатывать? М.:Наука, 1983. –208 с.
- К.Асаи, Д. Ватада, С. Оваи и др. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. М.:Мир, 1993. 368 с.

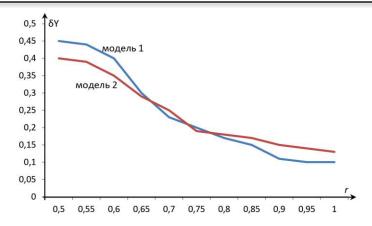


Рисунок 1. График изменения средних погрешностей от степени неопределенности исходных данных.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НИХ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

Мартынов Николай Олегович

Магистрант кафедры электроэнергетики и электротехники, $\Phi \Gamma FOV\ B\Pi O\ «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти$

Мартынова Светлана Геннадьевна

Магистрант кафедры электроэнергетики и электротехники, ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти

В настоящее время определяющим исходным условием технического перевооружения устройств релейной защиты и автоматики (P3A) следует считать наличие в эксплуатации высокого процента устаревших устройств, подлежащих реконструкции или замене. При этом их количество увеличивается с каждым годом, так как замена выработавших ресурс и устаревших устройств происходит в недостаточном объеме из-за ограниченных финансовых возможностей эксплуатирующих организаций.

Основным направлением технического перевооружения устройств РЗА в энергетике должно являться внедрение микропроцессорных устройств, обладающих существенными преимуществами перед электромеханическими и микроэлектронными аналогами [2].

Однако из-за финансовых ограничений, высокой стоимости микропроцессорных устройств, особенно импортных, большого количества подлежащих замене устройств в течение ряда лет наряду с внедрением микропроцессорных устройств взамен устаревших нельзя будет исключить применение для их замены или модернизации выпускаемых в настоящее время электромеханических и микроэлектронных устройств и аппаратуры.

Кроме того, опыт внедрения импортных микропроцессорных устройств P3A показывает, что отличие в технической идеологии этих устройств от принятой в России, невысокое качество перевода технической документации, ошибки в тексте и схемах функций вызывают определенные трудности при их внедрении и требуют в ряде случаев внесения изменений в их конфигурацию.

В последнее время разработаны, серийно выпускаются и внедряются в энергосистемах отечественные микропроцессорные устройства для присоединений 6-35 кВ, например, серии БМРЗ (НТЦ «Механотроника»), серии «Сириус» и «Орион» (НПФ «Радиус»). Совместным предприятием для этих присоединений выпускаются устройства серии SPAC-800. В НПП «ЭКРА» разработан

и принят приемочной комиссией шкаф ШЭ2607 с терминалами БЭ2704 версий 010 и 020 (резервные защиты линий 110-220 кВ); первая партия этих шкафов уже находится в эксплуатации. Ведется разработка терминалов основных защит линий и защит трансформаторов 110-220 кВ. Разработка и выпуск терминалов устройств РЗА присоединений 500 - 750 кВ предусмотрена в НПП «ЭКРА» на ближайшую перспективу.

Отечественные микропроцессорные устройства реализуют принятую в России техническую идеологию в области релейной защиты и значительно дешевле импортных, что облегчает их внедрение и обеспечивает снижение затрат на перевооружение энергообъектов. При необходимости замены устройств РЗА присоединений 330-500 кВ, основных защит линий и защит трансформаторов 110-220 кВ до появления соответствующих отечественных микропроцессорных устройств могут быть использованы имеющие экспертное заключение микропроцессорные устройства иностранных фирм (АББ, Сименс, Альстом и др.) или отечественные электромеханические или микроэлектронные устройства.

Целесообразно на каждом предприятии иметь периодически пересматриваемый перечень подлежащих замене устройств РЗА в порядке очередности замены с учетом срока их эксплуатации, защищаемого оборудования, возможных последствий отказа или ложной работы, наличия отечественных микроэлектронных аналогов и др.

Следует отметить, что внедрению микропроцессорных устройств должны предшествовать специальные испытания для оценки электромагнитной обстановки (ЭМО) на энергообъекте и проведения при необходимости мероприятий, обеспечивающих ее совместимость с уровнем помехозащищенности устройств. Необходимость таких испытаний вызывается тем, что до последнего времени при проектировании энергообъектов, в частности, их заземляющих устройств вопросы электромагнитной совместимости не учитывались. Достаточно большое число случаев в эксплуатации выхода из строя элементов микроэлектронных устройств и элементов электроники электромеханических устройств РЗА, по всей видимости, объясняется в значительной степени тем, что при их внедрении оценка ЭМО, как правило, не проводилась. Поэтому оценку ЭМО целесообразно провести также и на тех энергообъектах, где внедрены микроэлектронные устройства, особенно учитывая предстоящее внедрение микропроцессорных устройств.

В настоящее время большинство фирм - производителей прекращают выпуск электромеханических реле и устройств и переходят на цифровую элементную базу [3].

Переход на новую элементную базу не приводит к изменению принципов релейной защиты и электроавтоматики, а только расширяет ее функциональные возможности, упрощает эксплуатацию и снижает стоимость. Именно по этим причинам, микропроцессорные реле быстро занимают место устаревших электромеханических и микроэлектронных.

Основные характеристики микропроцессорных защит значительно выше микроэлектронных, а тем более электромеханических. Так, мощность, потребляемая от измерительных трансформаторов тока и напряжения, находится на уровне 0,1-0,5 ВА, аппаратная погрешность - в пределах 2-5%, коэффициент возврата измерительных органов составляет 0,96-0,97.

Мировыми лидерами в производстве РЗА являются европейские концерны ALSTOM, ABB и SIEMENS. Общим является все больший переход на цифровую технику. Цифровые защиты, выпускаемые этими фирмами, имеют высокую стоимость, которая, впрочем, окупается их высокими техническими характеристиками и многофункциональностью.

Переход на цифровые способы обработки информации в устройствах РЗА не привел к появлению какихлибо новых принципов построения защиты электроустановок, но существенно улучшил эксплуатационные качества реле.

В интегрированных цифровых комплексах РЗА появляется возможность перехода к новым нетрадиционным измерительным преобразователям тока и напряжения – на основе оптоэлектронных датчиков, трансформаторов без ферромагнитных сердечников и так далее [4]. Эти преобразователи технологичнее при производстве, обладают очень высокими метрологическими характеристиками, но имеют малую выходную мощность и непригодны для работы с традиционной аппаратурой.

В реле защиты зарубежного производства ALSTOM, SIEMENS, ABB применяется защита по направлению активной мощности нулевой последовательности. Например, реле MiCOM – P125 -127, 140 ALSTOM используют реле направления активной мощности. Активные токи утечки на землю не компенсируются реактором, и их величина и направление используются защитой для определения поврежденного фидера.

Величина тока высших гармоник не постоянна, а зависит от схемы сети, тока нагрузки, уровня напряжения на шинах; поэтому величина тока в защите колеблется и трудно подобрать установку, а рассчитать ее тоже нельзя, не имея реальных данных. Поэтому часто единственным методом настройки такой защиты является опыт замыкания на землю, при котором определяются величины токов высших гармоник на поврежденном и неповрежденных фидерах. Наибольший эффект при применении метода высших гармоник, дает принцип сравнения величины тока

на фидерах. Его можно организовать на подстанционном уровне управления. В любом случае величина тока высших гармоник на поврежденном фидере больше, чем на неповрежденном.

Одной из особенностей цифровых устройств является относительная простота организации контроля исправности аппаратной части и программного обеспечения [1]. Этому благоприятствует циклический режим работы микропроцессора по заложенной в реле программе. Отдельные фрагменты этой программы и выполняют самотестирование устройства защиты. В арсенале разработчиков цифровой аппаратуры имеется целый набор типовых решений в части тестирования. В цифровых реле при самоконтроле часто используются следующие приемы.

Неисправность тракта аналого-цифрового преобразования с большой глубиной охвата входящих в него узлов обнаруживается путем периодического считывания опорного (неизменного по времени) напряжения. Если микропроцессор (МП) обнаруживает расхождение между последним и ранее полученным результатом, то он формирует сигналы неисправности.

Исправность ОЗУ проверяют, записывая в ячейки заранее известные числа и сравнивая результаты, получаемые при последующем считывании.

Рабочая программа, хранимая в ПЗУ, периодически рассматривается МП как набор числовых кодов. МП выполняет их формальное суммирование, а результат сравнивает с контрольной суммой, хранимой в заранее известной ячейке. Целостность обмоток выходных реле проверяется при кратковременной подаче на них напряжения и контроле обтекания их током. Периодически выполняется самотестирование МП, измеряются параметры блока питания и других важнейших узлов устройства.

На случай выхода из строя самого МП, осуществляющего самоконтроль, в цифровых устройствах предусматривается специальный сторожевой таймер «watch dog» [3]. Это несложный, а, следовательно, очень надежный узел.

В нормальном режиме МП посылает в этот узел импульсы с заданным периодом следования. С приходом очередного импульса сторожевой таймер начинает отсчет времени. Если за отведенное время от МП не придет очередной импульс, который сбрасывает таймер в исходное состояние, то таймер воздействует на вход возврата МП в исходное состояние. Это вызывает перезапуск управляющей программы. При неисправности МП «зависает», устойчиво формируя 0 или 1. Это обнаруживает сторожевой таймер и формирует сигнал тревоги. При необходимости блокируются наиболее ответственные узлы устройства защиты.

Безусловно, тестирование не может обеспечить 100 % выявления внутренних дефектов изделия. Глубина тестирования целиком находится в компетенции разработчика, так как тестирование выполняется с учетом особенностей конкретного устройства и, в общем случае, неизвестна пользователю. Реально тестированием удается охватить примерно 80-95 % всех элементов изделия. Однако, разработчик, заинтересованный в достижении максимального совершенства своего продукта, стремится предпринять всё возможное для достижения этого.

Надежность функционирования любого устройства следует рассматривать в двух аспектах: надежность самого устройства и надежность функционирования всей системы, в состав которой входит данное устройство. Надежность аппаратной части какого-либо устройства в первую очередь определяется количеством затраченных

на его изготовление комплектующих изделий и их качеством.

Для примера предположим, что два устройства с одними и теми же функциями выполняются, соответственно, на аналоговом и цифровом принципах из комплектующих (резисторов, конденсаторов, диодов и т. п.) с близкими показателями по надежности. Очевидно, что более надежным окажется устройство, выполненное с использованием меньшего числа элементов. У аналоговых устройств объем аппаратной части растет пропорционально с увеличением числа реализуемых функций и их сложности С, а у цифровых устройств объем аппаратной части остается практически неизменным при вариациях сложности алгоритма в достаточно широких пределах.

сложности алгоритма в достаточно широких пределах. С другой стороны, для цифровых устройств характерен непрерывный автоматический контроль аппаратной части и программного обеспечения. Самоконтроль существенно повышает надежность РЗА как системы, благодаря своевременному оповещению персонала о случаях отказа аппаратной части. Это позволяет незамедлительно принимать меры по восстановлению работоспособности системы РЗА. В аналоговых системах РЗ, как правило, предусматривается лишь периодический тестовый контроль работоспособности аппаратной части, причем с участием человека. При периодическом контроле возможна эксплуатация неисправной системы РЗА в течение достаточно длительного времени - до момента очередной плановой проверки. Таким образом, можно говорить о более высокой надежности функционирования цифровых устройств. Следовательно, цикл их технического обслуживания может быть теоретически увеличен до 10-12 лет. Однако пока отсутствует необходимый практический опыт, подтверждающий это положение. Поэтому в энергосистемах существует мнение, что цикл их технического обслуживания следует сохранить на уровне микроэлектронных защит 6 лет. Однако, учитывая наличие автоматического контроля, объем проверки может быть существенно уменьшен.

Кроме того следует иметь в виду, что в состав защиты входят также цепи вторичной коммутации, которые практически не изменились и по прежнему требуют периодической проверки. Еще одно обстоятельство следует иметь в виду: при наладке устройства защиты из-за недостаточного знания аппаратуры вполне могут быть внесены ошибки, поэтому следует сохранить и первый профилактический контроль, призванный обнаружить и устранить ошибки, а также выявить приработочные отказы.

Следует также представлять себе, что если защита в процессе контроля выявила неисправность, то оборудование оставлено без защиты. Поэтому в силе должны быть оставлены требования о ближнем и дальнем резервировании. Т.е. следует позаботиться о резервной защите на ответственных элементах, особенно в случаях, когда дальнее резервирование неэффективно.

Список литературы

- Гловацкий, В.Г. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей/ В.Г. Гловацкий.
 - М., 2003. - 534 с
- Гуревич. В.И. Микропроцессорные реле защиты: альтернативный взгляд / В.И. Гуревич // Электроинфо. – 2006. - № 4 (30). – С. 40 - 46.
- 3. Коновалова, Е.С. Устройства РЗА в ЕНЭС. Основные результаты работы / Е.С. Коновалова //Новости электротехники. 2008. № 4(52).
- 4. Нормы технологического проектирования подстанций с высшим напряжением 35 750 кВ (ОНТП 5-78).-М.: Минэнерго, 1999.
- Шалимов, А.С. Повышение надёжности и эффективности функционирования релейной защиты при помощи современной испытательной системы РЕТОМ-51. / А.С. Шалимов и [др.].// Новости в энергетике. 2007. № 5.

О РИСКАХ ИТ-СЕРВИСА И СПОСОБАХ ИХ ОЦЕНКИ

Киселева Тамара Васильевна

Д.т.н., проф., зав. кафедрой прикладной информатики и программирования, СибГИУ, г. Новокузнецк **Маслова Елена Владимировна**

аспирант кафедры прикладной информатики и программирования, СибГИУ, г. Новокузнецк

ИТ-сервис — это комплекс взаимодействующих ИТ-активов, цель которого состоит в производстве ценности для потребителя, определяемой полезностью, доступностью, мощностью, непрерывностью и безопасностью сервиса [1, с.128]. Он, как любое изделие, имеет жизненный цикл — это совокупность взаимосвязанных процессов, выполняемых от момента выявления потребностей в определенном продукте (услуге) до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта (услуги). Это определение соответствует стандарту ISO 9004-1 «Управление качеством и элементы системы». Поставщиком ИТ-сервиса является ИТ-провайдер.

Согласно ITIL (библиотеке современных руководств по управлению ИТ-сервисами) жизненный цикл ИТ-сервиса, который требует непрерывного улучшения, включает следующие стадии:

- 1. Стратегия.
- 2. Проектирование.
- 3. Внедрение.
- Эксплуатация.

Принятие решений при информатизации любого производства характеризуется высокими рисками и требует от руководителя глубоких знаний в области информационных технологий и понимания особенностей их применения, коммуникационных навыков и умения работать с крупной командой ИТ-специалистов. Большое влияние «человеческого фактора» обусловлено тем, что при информатизации производства (бизнеса) должны создаваться определенные условия для взаимодействия сторон, и стороны, участвующие в нем, несут равную ответственность за результаты использования ИТ-технологии. Т.е. нельзя возлагать ответственность только на ИТ-специалистов, точно так же, как нельзя говорить, что исключительно заказчик или исполнитель виноваты в том, что ИТ-сервис не удался.

Управляя деятельностью организации, особенно важно четко спланировать стратегию развития общей информационной инфраструктуры, конкретные этапы реализации этой стратегии и пути минимизации рисков и затрат на каждом из этих этапов.

Процесс управления рисками можно определенно назвать актуальным и необходимым для реализации успешных ИТ-проектов. В условиях развивающегося рынка и спроса на ИТ-услуги их поставщики должны бороться за качество услуг, которое они могут контролировать, только учитывая и анализируя все возможные риски.

Любая из выше перечисленных стадий существования ИТ-сервиса подвержена риску, который может привести как заказчика, так и ИТ-провайдера к колоссальному ущербу. Чтобы этого не произошло, риском следует управлять. Рассмотрим эти вопросы подробнее.

Риск — это возможность того, что произойдет некое нежелательное событие, в результате которого не будут достигнуты запланированные показатели. Риск может быть любым, в том числе и информационным.

Управление информационными рисками — это комплекс мероприятий по идентификации, анализу и устранению выявленных в структуре информационной безопасности недостатков, связанных с разработкой, эксплуатацией и утилизацией информационных комплексов.

Т.е. информационные риски — это опасность возникновения убытков или ущерба в результате применения в организации информационных технологий. При разработке и внедрении ИТ-сервиса информационный риск является ключевым.

Процесс управления информационными рисками состоит из следующих этапов [2, с.140]:

- 1. Выбор анализируемых объектов и уровня детализации их рассмотрения.
- 2. Выбор методологии оценки рисков.
- 3. Идентификация активов.
- 4. Анализ угроз и их последствий, выявление уязвимых мест в защите.
- 5. Оценка рисков.
- 6. Выбор защитных мер.
- 7. Реализация и проверка выбранных мер.
- 8. Оценка остаточного риска.

В таблице 1 приведены примеры наиболее часто встречающихся рисков на всех стадиях жизненного цикла ИТ-сервиса [2, с.141].

Таблица 1.

Риски стадии жизненного цикла ИТ-сервиса

Стадия	Название риска	Комментарий (причины)	
Стратегия	Риск, связанный с неправильной оцен-	Требования к сервису изменились	
	кой востребованности сервиса	Неверно определены активы, цели, планы,	
		бюджет	
Проектирование	Риск, обусловленный неправильной	Нехватка активов	
	оценкой активов		
	Риск, связанный с несвоевременным за- пуском ИТ-сервиса	Ненадежный поставщик оборудования	
	Риск нарушения сроков	Неверно определены сроки и сложность ра-	
		боты, следовательно, срок внедрения затянут	
	Риск непринятия ИТ-сервиса по причине	Неверно определены требования заказчиком	
	изменения требований к сервису со сто-	или выдвинуты не полные требования	
	роны заказчика		
Внедрение	Технический риск	Программное/аппаратное обеспечение уста-	
		рело	
	Риск полной или частичной потери ИТ-	Форс-мажорные обстоятельства	
	сервиса		
Эксплуатация	Отсутствие доступа к ИТ-сервису в тече-	Время восстановления работоспособности	
	ние длительного времени	после сбоя больше ожидаемого	
	Риски, связанные с нарушением целост-	Несанкционированный доступ	
	ности, конфиденциальности и доступно-		
	сти ИТ-сервиса		
	Риск, связанный с невыполнением согла-	Отсутствие поддержки со стороны провай-	
	шений между заказчиком и ИТ-провай-	дера	
	дером		
	Риск полной или частичной потери ИТ-	Форс-мажорные обстоятельства	
	сервиса		

Выше был приведен пример классификации рисков по стадиям жизненного цикла сервиса. Также возможны классификации по другим признакам, например:

- 1. По способу устранения.
- 2. По виновнику.
- 3. По месту возникновения.
- 4. По степени влияния на предприятие.
- По степени сложности восстановления от воздействия.
- 6. По угрозам.
- 7. По последствиям.

От некоторых из вышеперечисленных рисков, например, риска потери сервиса, можно защититься путем создания резервов и полного дублирования, например, программного обеспечения, баз данных и другой важной

информации и хранения их в удаленном от данной организации месте.

Мероприятия по противодействию рискам сводятся к следующим:

- 1. Принятие риска. Если в отношении риска нет других эффективных мер, то его можно принять, при этом обязательно следует обосновать причину, по которой нельзя принять других мер.
- 2. Избежание риска. При работе проводятся некие изменения, которые исключают риск совсем.
- 3. Снижение риска. Главная цель снизить вероятность реализации риска.
- Смягчение последствий риска. Такие мероприятия планируются, когда риск нельзя исключить или снизить.

5. Перенос риска. Очень часто представляется возможность передать управление риском третьим лицам. Это можно сделать либо при помощи страхования, либо путем привлечения внешних субподрядчиков. Риск при этом остается, перераспределяется только ответственность за него.

В любой момент может произойти непредвиденная катастрофа (природная или техногенная), например, землетрясение, наводнение, пожар и т.д. В этом случае хорошей защитой является страхование, так как организация получает гарантию наличия средств на восстановление разрушенного. Размер страхового взноса определяется стоимостью сервиса, вероятностью его разрушения и стоимостью восстановления потерь.

Ниже дадим постановку задачи разработки системы страхования от рисков.

Постановка задачи:

Дано:

- 1. Основные моменты законодательства по страхованию:
- 2. Стоимость активов страхователя, и;
- 3. Сумма расходов, запланированная страхователем для предупредительных мер, v;
- 4. Вероятность наступления страхового случая, Р;
- Доход страхователя, H(u);

6. Ограничения:

- 1) Суммарные страховые взносы не должны быть ниже ожидаемых выплат, т.е. $\omega \ge EW$, где ω сумма страхового взноса: $\omega = \delta_0 W$, δ_0 неттоставка, W величина, определяющая размер текущих сумм выплат за рассматриваемый промежуток времени; EW математическое ожидание текущей суммы выплат.
- 2) Нетто-ставка должна быть не меньше вероятности наступления страхового случая: $\delta_0 \ge P$.

7. **Критерий**: целевая функция страхователя:
$$Ef(\nu,u)=H(u)-z(u)-\nu-k(\nu,u)+p(\nu,u)[(1+\epsilon)V(\nu,u)$$
 (

где u — действие страхователя, например, объем производимой продукции, v — сумма, затрачиваемая на предупредительные меры, H(u) — доход страхователя, p(v,u) — вероятность наступления страхового случая, z(u) — затраты страхователя, ε — параметр, отражающий степень несклонности страхователя к риску ИТ-сервиса (оценивается экспертом), k(v,u) — страховой взнос, V(v,u) — страховое возмещение, W — размер ущерба страхователя от реализации риска.

Требуется: разработать систему страхования рисков при выполнении ограничений и максимизации целевой функции страхователя.

Оценку вероятности можно получить на основании метода экспертных оценок, опыта создания и эксплуатации прошлых сервисов. При привлечении экспертов к оцениванию вероятности возникновения рисков опытные данные представляются в виде простых и понятных формулировок на языке человеческого общения, которые затем могут быть превращены в числовые значения. Наиболее эффективной шкалой вероятности риска может быть принята шкала оценок типа: «почти невозможно», «маловероятно», «вероятно», «высоковероятно», «почти наверняка» и т.д. Затем эти оценки с помощью выбранной функции принадлежности приобретают численные значения, изменяющиеся в интервале от 0 до 1. То есть для более точной оценки риска предлагается использовать элементы нечеткой логики.

Выбор конкретной функции принадлежности может осуществляться как самостоятельно тем, кто проводит анализ и оценку, так и при помощи экспертной группы, т.к. это плохо формализуемая задача, и ее решение часто основывается на интуиции и опыте. В случае оценки рисков лучше выбрать колоколообразную функцию вида:

$$\mu(u,a,b,c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{u - c}{a} \right|^{2b'}}$$
 (2)

где $\mu(u,a,b,c)$ – выбранная функция принадлежности;

и – базовая переменная универсального множества
 U, в нашем случае принимающая значения из диапазона
 [0, 100];

с – параметр, определяющий расположение от центра функции принадлежности;

а, b – параметры, влияющие на форму кривой функции, подбираются экспериментальным путем.

Диапазоны изменения базовой величины для каждой лингвистической переменной определяются с помощью экспертов. Ниже приведен график функции принадлежности для диапазонов изменения, которые выбраны следующими:

- 1. Крайне маловероятно и ∈ [0, 14];
- 2. Маловероятно и ∈ [15, 39];
- 3. Более-менее вероятно $u \in [40, 60]$;
- 4. Весьма вероятно u ∈ [61, 85];
- 5. Почти наверняка и € [86, 100].

После определения диапазона подбираются параметры а и b (для каждого диапазона они могут быть различны), таким образом, строится график функции принадлежности [3, с.223].

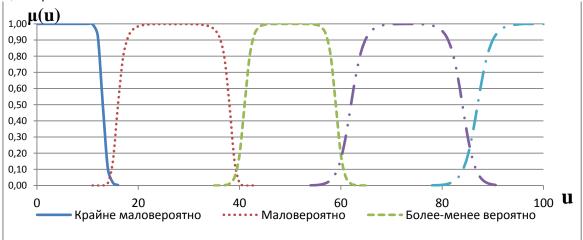


Рисунок 1. Функция принадлежности оценки рисков

Список литературы:

- 1. Киселева Т.В., Маслова Е.В. Управление рисками ИТ-сервиса на стадиях его жизненного цикла // Информатизация и связь. 2013. №2. С. 128-131.
- 2. Киселева Т.В., Маслова Е.В. Обеспечение непрерывности ИТ-сервиса на стадиях его жизненного
- цикла // Технологии разработки информационных систем ТРИС-2013. Таганрог: 2013. С. 139-143.
- Маслова Е.В. Методы нечеткой логики как способ оценивания вероятности возникновения рисков ИТ-сервиса // «Информационные системы и технологии в образовании, науке и бизнесе» (ИСиТ-2014). Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2014. С. 222-223.

РАСЧЁТ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ ГА-ЗОВОЙ СМЕСИ

Милосердный Сергей Константинович

Аспирант кафедры автоматики и промышленной электроники, Московский государственный университет дизайна и технологии, г. Москва

Власенко Ольга Михайловна

Канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и промышленной электроники, Московский государственный университет дизайна и технологии, г. Москва

Анисимов Александр Александрович

Аспирант кафедры автоматики и промышленной электроники, Московский государственный университет дизайна и технологии, г. Москва

Разработка сырьевых месторождений на шельфе включает в себя проведение подводных работ, включая погружения водолазов на глубину в холодной воде. В таких экстремальных условиях важной задачей является обеспечить безопасные условия работы человека на глубине, предотвратить возможное переохлаждение организма водолаза.

Решить проблему переохлаждения организма человека при погружении на большую глубину и в холодную воду можно за счёт использования специального обогреваемого водолазного снаряжения, в состав которого, в частности, входит нагреватель газовой смеси [1, с. 29]. Управление температурой нагревателя газовой смеси необходимо осуществлять с помощью автоматической системы регулирования (АСР), так как при изменении глубины погружения, меняется давление, состав и расход газовой дыхательной смеси, увеличивается теплоотдача водолаза через дыхательные пути. Все эти факторы приводят к изменению тепловой мощности, требуемой для обеспечения необходимой температуры газовой дыхательной смеси. Колебания температуры нагревателя могут вызвать значительные отклонения температуры газовой смеси от заданного значения, что может вызвать перегрев и ожоги водолаза [2, с. 47-51].

На кафедре Автоматики МГУДТ был разработан водонагреватель газовой смеси для водолазной спецодежды. Подробное описание конструкции нагревателя и расчет его динамических параметров приведен в источниках [2-4].

Дальнейшие исследования направлены на разработку устойчивой работоспособной АСР температуры водонагревателя газовой смеси.

Структурная схема исследуемой системы приведена на рисунке 1.

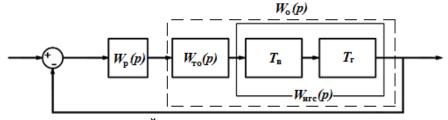


Рис. 1. Структурная схема автоматической системы регулирования температуры нагревателя газовой смеси

Здесь $W_p(p)$ – передаточная функция ПИ-регулятора, $W_{\text{то}}(p)$ – передаточная функция теплообменника, $T_{\text{в}}$ – постоянная времени теплоносителя (воды), T_{Γ} – постоянная времени дыхательной газовой смеси, $W_{\rm HFC}(p)$ – передаточная функция нагревателя газовой смеси, $W_{\rm o}(p)$ – передаточная функция объекта регулирования

Передаточная функция объекта имеет следующий вид:

$$W_{o}(p) = \frac{K_{H\Gamma C}K_{TO}}{(T_{TO}p+1)(T_{B}p+1)(T_{\Gamma}p+1)}.$$
 (1)

Где $K_{\rm HIC}$ – коэффициент передачи нагревателя газовой смеси, $K_{\text{то}}$ – коэффициент передачи теплообменника, $T_{\text{то}}$ – постоянная времени теплообменника, $T_{\text{в}}$ – постоянная времени энергоносителя (воды), T_{Γ} – постоянная времени дыхательного газа.

Были проведены исследования системы с непрерывным ПИ-регулятором. В результате расчётов были получены численные значения динамических параметров системы. [5, с. 48-51] Таким образом, окончательно передаточная функция объекта управления имеет вид:

$$W_{o}(p) = \frac{0.0016}{(10p+1)(0.08p+1)(0.081p+1)}.$$
 (2)

Передаточная функция ПИ-регулятора:
$$W_{\rm p}(p) = \frac{K_{\rm p}(T_{\rm H}p+1)}{T_{\rm H}p}. \tag{3}$$

Где, $K_{\rm p}$ – коэффициент передачи регулятора, $T_{\rm u}$ – постоянная времени интегрирования.

Передаточная функция разомкнутой системы:

$$W_{pa3}(p) = W_{o}(p)W_{p}(p)$$
.

Учитывая соотношения (1) и (3), получим:

$$W_{\rm pa3}(p) = \frac{K_{\rm p}(T_{\rm u}p+1)K_{\rm H\Gamma C}K_{\rm TO}}{T_{\rm u}p(T_{\rm TO}p+1)(T_{\rm B}p+1)(T_{\rm r}p+1)}.$$
 (4) Постоянную времени интегрирования регулятора

находили по формуле:

$$T_{\rm M} = \sqrt{T_{\rm TO} T_{\rm B}} \ . \tag{5}$$

Для определения коэффициента усиления регулятора был построен годограф разомкнутой системы (рис. 2). Для построения переходной характеристики системы, перерегулирование которой не превышает 20%, необходимо, чтобы годограф разомкнутой системы являлся касательной к окружности показателя колебательности M =1.2.

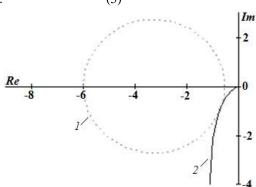


Рис. 2. Годограф разомкнутой системы и заданный параметр колебательности

Анализируя рис. 2, можно сказать, что годограф разомкнутой системы 2 является касательной к окружности І (показателю колебательности), следовательно, перерегулирование составит не более 20%.

Годограф построен для системы, в которой коэффициент усиления ПИ-регулятора $K_p = 75$.

График переходного процесса автоматической системы регулирования с подобранным значением коэффициента усиления ПИ-регулятора приведен на рисунке 3:

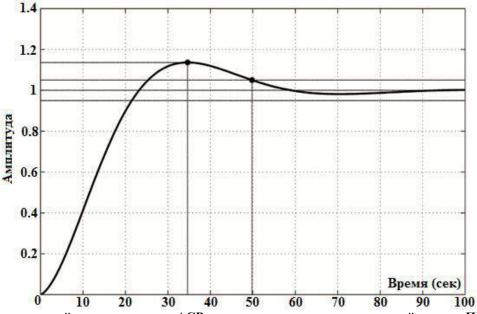


Рис. 3. График переходной характеристики АСР температуры нагревателя газовой смеси с ПИ-регулятором

Анализируя график переходного процесса, изображённого на рисунке 3, можно сказать, что время переходного процесса $t_{\text{пер}}$ составляет 50 сек, а величина перерегулирования $\sigma = 15\%$.

Таким образом, при использовании ПИ-регулятора с подобранными значениями параметров, полученная автоматическая система регулирования устойчива и обеспечивает необходимые значения температуры дыхательного газа, подаваемого водолазу.

Список литературы:

- 1. Ефремов В.В. Автоматическое регулирование температуры в спецодеждах водолазов: Монография. -М.: РИО МГУДТ, 2012.
- 2. Власенко О.М. Разработка автоматической системы регулирования температуры дыхательной

- смеси для обогреваемой спецодежды глубоководных водолазов: дис. канд. техн. наук. -М.: МГУДТ, 2009.
- 3. Власенко О.М., Ефремов В.В. Экспериментальное исследование водонагревателя дыхательной смеси в спецодежде глубоководных водолазов: статья. Научный журнал МГУДТ «Дизайн и технологии». №11 (53). -М.: ИИЦ МГУДТ, 2009. с.109-114.
- 4. Власенко О.М., Ефремов В.В., Ромаш А.Г. Определение динамических параметров водонагревателя дыхательной смеси как объекта АСР температуры в водолазной спецодежде: статья. Вестник МГУДТ, выпуск №5(47). –М: ИИЦ МГУДТ, 2006, с.196-206.
- Милосердный С.К. Исследование систем энергообеспечения водообогреваемого спецснаряжения: маг.дисс. -М.: МГУДТ, 2012.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРУЗОВОЙ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПЕРЕ-ВОЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ МЕЖДУ ТЕРМИНАЛАМИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И МОСКВЫ

Морозова Евгения Игоревна

Аспирант Петербургского Государственного Университета Путей Сообщения императора Александра I, Санкт-Петербург

По мере глобализации мировой экономики обостряются транспортные проблемы:

- Темп роста перевозок опережает производство продукции в 2,5 раза;
- 2) Возрастает дальность перевозок;
- Производители во все большем объеме вынуждены отвлекать оборотный капитал для обслуживания транспортируемой продукции;
- Традиционные виды транспорта не в состоянии удовлетворить возрастающие требования по скорости перевозки и сохранности перевозимых грузов.

Эти проблемы характерны и для Российской Федерации. Особенностью транспортной системы Российской Федерации является то, что до 90% грузов перевозится железнодорожным транспортом.

Важнейший показатель перемещения груза это скорость. Она постоянно снижается и сегодня составляет около 230 км в сутки. Классическая технология железнодорожного транспорта «колесо-рельс» исчерпала свои технические возможности для существенного улучшения показателей перевозочного процесса.

Смена технологии колесо-рельс магнитолевитационной технологией.

Анализ мировой ситуации показал, что наиболее перспективным видом наземного транспорта в ближайшие десятилетия станет транспорт на основе магнитной левитации с линейным тяговым электродвигателем.

Необходимо разработать транспортную систему, альтернативную классической железнодорожной схеме «колесо-рельс» с лучшими показателями по энергоэффективности, экологической безопасности и безопасности для пользователей.

В отличие от классического железнодорожного транспорта магнитолевитационный транспорт обеспечивает меньшее воздействие на путевую структуру, поскольку весовая и динамическая нагрузки распределяются более однородно. Такой транспорт обеспечивает широкий диапазон скоростных режимов и ускорений.

Благодаря посекционной подаче силового питания в обмотку статора линейного синхронного двигателя, исключается возможность столкновения транспортных единиц. Эстакадная путевая структура исключает возможность столкновения с другими наземными видами транспорта.

Для работы на терминалах востребованы магнитолевитационные системы конвейерных линий. Эти линии имеют небольшую протяженность 10-30 км и не требуют развития большой скорости для перемещения грузов. Магистральные линии соединяют мегаполисы и города-миллионники, могут пересекать территорию страны с запада на восток и с севера на юг и должны быть высокоскоростными. В связи с этим возникают взаимосвязанные задачи исследования принципов различных типов левитации, поиска технических решений транспортных средств, конструкций путепровода и инфраструктуры, обоснования рациональных маршрутов перемещения грузов и обеспечения технологического единства транспортно-складского процесса путем создания единой конвейерно-магистральной грузовой транспортной системы.

Из всех видов транспортируемых грузов наибольший интерес представляют контейнеры. В контейнерах перевозятся самые дорогостоящие, часто скоропортящиеся грузы, для которых особенно важна скорость перемещения. Темп роста контейнеризации грузов достиг устойчивого показателя 15 % в год. Этот вид перевозок становится все более востребованным.

Магнитолевитационный контейнерный коридор Санкт-Петербург – Москва

В российских портах Финского залива активно строятся контейнерные терминалы. «В настоящее время только в Москву из них отправляется 1,8 млн. контейнеров в год. Через пять лет количество контейнеров увеличится до 4,5 млн. в год. Подавляющая их часть (~90%) перевозится автомобильным транспортом, со всеми отрицательными последствиями для состояния дорог, экологии и безопасности движения. Поэтому целесообразно создание магнитолевитационного контейнерного коридора на этом направлении» [1, с. 105].

В настоящее время в мире разработаны и находятся в разной степени внедрения магнитолевитационные технологии Transrapid (ФРГ, КНР), HSST (Япония, Южная Корея), Maglev (Япония) и Inductrack (США). В первых двух технологиях для создания левитации используется эффект притяжения электромагнита к феррорельсу, в двух других — отталкивание бортовой магнитной системы от путевой реактивной полосы или дискретной обмотки. «Левитационные зазоры в этих технологиях отличаются на порядок: в «Transrapid» и «HSST» \sim 10 мм, в «Maglev» и «Inductrack» \sim 100 мм» [1, с. 106]. Первые три технологии используются в пассажирском городском и междугороднем транспорте, последняя может быть исплоьзована в грузовом транспорте.

Отечественная технология МагТранСити, объединившая достоинства известных технологий, позволяет создать магнитолевитационную конвейерно-магистральную грузовую транспортную систему. Благодаря универсальности данная технология пригодна для проектирования умеренно скоростного (30 – 50 км/ч) магнитолевитационного грузового конвейера небольшой протяженности (10 – 30 км) и высокоскоростной (до 400 км/ч – в открытом пространстве, 1000 км/ч – в замкнутом пространстве) грузовой контейнерной магистрали большой протяженности (~1000 км). Технология МагТранСити адаптирована к климатическим и погодным условиям эксплуатации в России.

Выполненные исследования показывают, что для грузовых контейнерных перевозок целесообразно применение самодвижущейся и управляемой в автоматическом режиме транспортной платформы.

Грузовая магнитолевитационная транспортная система включает в себя:

- транспортную платформу, смонтированную на несущих тележках;
- бортовые магнитные полюса левитации, боковой стабилизации и линейной тяги;
- статор линейного синхронного двигателя;
- силовой блок питания линейного синхронного двигателя – преобразователь частоты;
- маневровые (аварийные) вертикальные и горизонтальные колеса;
- диспетчерский пункт управления движением.

При создании единой конвейерно-магистральной системы возникает задача удовлетворить требования по эксплуатации магнитолевитационной грузовой транспортной платформы, как на низкоскоростном участке ее конвейерного перемещения, так и на высокоскоростной магистрали. Разница в требованиях не может отражаться на унификации транспортного средства, которое двигается по всей линии. Разные требования должны быть удовлетворены за счет особенностей конструктивного исполнения активной путевой структуры.

Грузовая магнитолевитационная транспортная система

Практика работы контейнерных терминалов показала, что грузовая транспортная система должна состоять из следующих узловых элементов:

- 1. Морской контейнерный терминал тыловой контейнерный терминал порта. Здесь обеспечивается непрерывная погрузка контейнеров из судна контейнеровоза или контейнерной площадки на магнитолевитационную платформу и ее перемещение в автоматическом режиме в тыловой терминал порта, где производятся операции по переработке. Данный участок линии работает по принципу конвейера, то есть в режиме непрерывного перемещения грузовых платформ по определенному маршруту. В такой дискретной системе целесообразно применять постоянные магниты или электромагниты, в связи с тем, что не требуется высокая скорость.
- 2. Магистральная линия между тыловым терминалом порта, например, в Усть-Луге, и контейнерными терминалами Москвы. Здесь должна применяться технология магнитной левитации на электромагнитах со сверхпроводящими обмотками.
- 3. Прием контейнеров на платформах с магнитной левитацией на контейнерных терминалах Москвы и их выгрузка.

Грузовая магнитолевитационная транспортная система позволяет каждый контейнер отправлять с морского причала на конвейере индивидуально, без формирования поезда в «сухой тыловой» порт или в конечный пункт назначения. Москва находится на расстоянии примерно 850 км от контейнерных терминалов Усть-Луги. Такие расстояния относятся к магистральным. Поэтому магнитолевитационная система получила наименование «конвейерно-магистральной».

Для этой линии на основании расчетов определены следующие показатели:

- Маршрутная скорость 250 км/ч, общее время в пути 3,5 часа.
- 2) Для существующего грузового потока 2 млн. контейнеров в год промежуток между отправлением индивидуального контейнера составит 4 минуты.
- 3) Для увеличения пропускной способности линии, данный интервал может быть сокращен.

- Система позволит затрачивать меньше электроэнергии на перевозку контейнера, по сравнению с железнодорожным транспортом, т.к. силовое питание подается не на всю линию, а только на тот участок, где находится грузовая платформа с контейнером.
- 5) Возможность наезда и столкновения грузовых платформ исключается, так как промежуточные участки между движущимися грузовыми платформами обесточены.
- 6) Подобная трасса при существующем контейнерном потоке окупится за 10 лет, что является привлекательным для частных инвесторов.

Оснащение грузовых магнитолевитационных платформ обтекателями, снижающими сопротивление воздуха, позволит повысить маршрутную скорость до 500 км/ч. Заключение магнитолевитационной магистрали в трубу, где постоянно поддерживается технический вакуум, позволит значительно снизить аэродинамическое торможение и повысить скорость перемещения грузовых магнитолевитационных платформ до 1000 км/ч.

Применение магнитолевитационной технологии для работы с контейнерами, создание единой конвейерномагистральной системы на основе магнитной левитации позволяет перейти на автоматизацию всего цикла — судно, морской причал, «сухой тыловой» порт, «сухой терминал» пункта назначения:

- разгрузка судна на магнитолевитационную платформу (рис. 3а);
- перемещение в тыловой терминал порта «сухой порт» (рис. 3б);
- формирование контейнерных партий по пунктам назначений;
- перемещение в транспортном коридоре со скоростью 200 1000 км/ч на неограниченные расстояния (рис. 3в);
- автоматизация выгрузки и сортировки в точке прибытия.

Конвейерный магнитолевитационный транспорт решает задачу перемещения товаров между грузовыми терминалами экологичным и эффективным способом.

Научно-технические задачи

Имеющийся научный, технический и организационный ресурс позволяет перейти к практическому созданию инновационной транспортной системы перемещения грузов. Для ее внедрения и коммерциализации необходимо продолжить исследования для формирования базовых узлов по следующим направлениям:

- 1. Оптимизация бортовых магнитных полюсов на базе использования постоянных магнитов, объемных высокотемпературных сверхпроводников и низкотемпературных сверхпроводниковых катушек-модулей.
- 2. Расчет распределения магнитных полей при варьировании размеров, количества и взаимного расположения постоянных магнитов в сборках «аггау Halbach».
- 3. Экспериментальное исследование сплошных и дискретных путевых треков левитации с целью определения подъемной силы и силы электродинамического торможения.
- 4. Оптимизация параметров грузовой транспортной платформы по критериям удельной металлоемкости и компактного размещения бортового энергетического оборудования.

- 5. Анализ электромагнитной совместимости бортовых электроэнергетических устройств и технических средств пассивного и активного магнитного экранирования.
- Разработка «on line» технологии и технического обеспечения совместной работы низкоскоростной конвейерной и высокоскоростной магистральной линии, основанной на магнитной левитации.

Магнитолевитационная технология является основой нового продукта для транзитных перевозок контейнеров на территории России и при ее осуществлении обеспечит безусловную конкурентоспособность по отношению к существующим транспортным технологиям.

Список литературы:

1. К вопросу создания единой конвейерно-магистральной системы на основе магнитной левитации

- // Магнитолевитационные транспортные системы и технологии: труды I Междунар. научн. конф./ под общ. ред. Антонова Ю.Ф., СПб., 29-31 октября 2013 г. СПб.: ООО PUDRA, 2013 г. 160 с.
- 2. Магнитолевитационная транспортная технология, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014, Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. / Под ред. В.А. Гапановича, 476 с.
- Будущее контейнерных транспортных коридоров // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. - № 1 – 80 с.
- 4. Технико-экономические аспекты контейнерного маршрута «Большой порт Санкт-Петербург «Сухой порт» Москва // Сборник докладов II Международной научно-практической конференции «Развитие экономической науки на транспорте: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ», Санкт-Петербург, 6-7 июня 2013 года, СПб.: ПГУПС, 2014 640 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ ЦИКЛОНОВ ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ СУХОГО ПРОДУКТА ПОСЛЕ СУШИЛКИ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ИНЕРТА

Пахомов Андрей Николаевич

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», г. Тамбов

Елизарова Вероника Алексеевна

магистрант, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», г. Тамбов **Хатунцева Екатерина Алексеевна**

магистрант, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», г. Тамбов

Особенностью применяемой сушильной установки с кипящим слоем инерта является необходимость улавливания мелкодисперсных частиц высушенного продукта из газового потока, выносимого из верхней (сепарационной) части колонки. Основными характеристиками выносимой из аппарата пыли являются: дисперсный состав, плотность, абразивность, удельная поверхность, угол естественного откоса [1, с. 54]. Для отработки различных схем пылеулавливания нами были проведены эксперименты по сушке жидкого белкового концентрата и раствора поваренной соли в сушилке с кипящим слоем инертных тел [2, с. 205].

В результате исследования сушки жидкого белкового концентрата были получены следующие данные.

Частицы высушенного белкового концентрата по форме близки к сфере

Фракционный состав (усредненный), полученный путем отсева:

20 mkm - 5% 100 mkm - 25% 40 mkm - 7% 125 mkm - 35%

63 мкм - 8% 150 мкм - 10 %

80 мкм - 10%

Средний диаметр частиц: d50≈105÷110 мкм

Плотности монолита и насыпная:

рп.≈1320÷1400 кг/м³

рп.н.≈650÷720 кг/м³

Угол естественного откоса:

 $a_{c\tau} \approx 43^o$

В результате исследования сушки раствора поваренной соли были получены следующие данные.

Частицы высушенной поваренной соли имеют форму близкую к параллепипеду.

Фракционный состав (усредненный), полученный путем отсева:

20 мкм – 5% 100 мкм – 28%

40 мкм - 8% 125 мкм – 20%

63 мкм – 7% 150 мкм - 10 %

80 мкм – 22%

Средний диаметр частиц: d50≈90÷105 мкм

Плотности монолита и насыпная:

рп.≈1820÷1900 кг/м³

рп.н.≈1010÷1200 кг/м³

Угол естественного откоса:

a_{cr}≈ 30

Учитывая полученные характеристики частиц готового продукта для оценки способа улавливания частиц готового продукта на первом этапе был выбран одиночный циклон.

Как показали исследования, проведенные в ОАО «Росгазоочистка» (НИИОГАЗ) расчет циклонов можно вести по приближенной методике с использованием расчетных номограмм [4, с. 121]. Используя эти рекомендации, нами были получены следующие результаты. Для расчета была выбрана конструкция типового циклона со спиральным входом газа марки СЦН-40 (по рекомендациям НИИОГАЗ используются для тонкой очистки газа с частицами размером более 10 мкм).

Схема циклона представлена на рисунке 1.

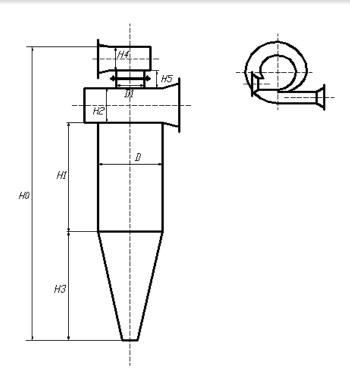


Рисунок 1. Схема исследованного циклона типа СЦН-40.

В результате расчета размеров циклона для улавливания частиц готового продукта были получены данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Характерные параметры циклона для улавливания исследуемого сухого продукта

Характерные параметры циклона для	улавливания исследуемого сухого продукта
Для частиц белкового концентрата	Для частиц поваренной соли
$W_{BX}=15 \text{M/c}$	W _{BX} =15 _M /c
d кp= 38	d кp= 20
D=78 MM	D= 70 мм
$D1 = 47_{MM}$	D1 = 42 MM
Н1= 163 мм	H1 = 147 MM
H2 = 86 mm	Н2= 77 мм
Н3= 136 мм	H3= 122
Н4= 86 мм	Н4= 77 мм
H5= 39	Н5= 35 мм
H0= 510	Н0= 458 мм
$\eta = 95 \%$	$\eta = 93 \%$
$\zeta = 143 \text{ kgc/m}^2$	$\zeta = 151 \text{ kpc/m}^2$

Для лабораторных исследований (исходя из расчета основных размеров циклона для улавливания частиц белкового концентрата и поваренной соли) нами был изготовлен циклон со следующими характеристиками:

Материал циклона – стекло.

D = 70 MM

D1 = 42 MM

H1 = 147 MM

H2 = 77 MM

H3 = 122

H4 = 77 MM

H5 = 35 MM

H0 = 458 MM

Как показала практика его применения [3, с. 407] одиночный циклон пригоден для улавливания модельных дисперсных частиц, используемых для сушки в аппаратах с кипящим слоем инертных тел. Однако при его применении для улавливания сухого промышленного продукта (например, послеспиртовой барды) необходима установка дополнительных пылеулавливающих аппаратов.

Список литературы:

- 1. Пахомова, Ю.В. Кинетика сушки капель жидких дисперсий на диффузионно-непроницаемых подложках: дис.... канд. техн. наук: 05.17.08: защищена 23.12.2011: утв. 23.12.2012 /Пахомова Юлия Владимировна. Тамбов, 2011. —283 с.
- Пахомова, Ю.В. О возможности утилизации послеспиртовой барды/ Ю.В. Пахомова, Е.М. Сахарова// В сборнике: Техногенная и природная безопасность ТПБ - 2013 Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Д.А. Соловьева. Саратов, 2013. С. 205-206.
- Пахомова, Ю.В. Оценка качества готового продукта при сушке жидких дисперсных веществ/ Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. №2(33). С. 407–412.
- 4. Чекалов, Л.В. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов/ Л.В. Чекалов. Ярославль: Русь, 2004. 424 стр.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ОВОЩЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Антипова Людмила Васильевна

Докт. техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж

Пащенко Валерия Леонардовна

Канд. техн. наук, старший преподаватель

ФГБОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, г. Воронеж **Борисенко Денис Владимирович**

Аспирант ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж

Питание – это важнейшая физиологическая потребность организма человека. Оно необходимо для непрерывного построения и образования клеток и тканей; поступления веществ, необходимых организму человека для образования гормонов, ферментов и других регуляторов обменных процессов. Известно, что в зависимости от характера питания формируется обмен веществ, структура и функции клеток, тканей и органов. Государственная политика РФ в сфере здорового питания направлена на обеспечение всех необходимых условий, удовлетворяющих потребности населения в сбалансированном питании с учетом обычаев, экономического статуса и требованиями нутрициологии. В соответствии с исследованиями, проведенными институтом питания РАМН, часть взрослых трудоспособных жителей России, беременных и кормящих женщин, дошкольников, учащихся общеобразовательных школ и студентов не получают с пищей рекомендуемых норм витаминов, макро- и микроэлементов и других жизненноважных веществ, что способствует развитию и осложнению различных заболеваний, в том числе онкологических, сердечно-сосудистых и др. [1, 2].

Наиболее актуально введение в пищевой рацион — состав и количество пищевых продуктов, используемых в течение дня (суток), пожилых и старых людей пищевых волокон, антиоксидантов и других ингибиторов свободнорадикального окисления и перекисных процессов в организме. Совместная работа медицинского персонала, отраслевых вузов и сотрудников пищевой промышленности способствует созданию продуктов, позволяющих производить коррекцию алиментарных заболеваний и патологических состояний. Данная задача, прежде всего, возложена на продукты питания функционального назначения [3].

Овощными культурами или овощами, называют травянистые растения со съедобными сочными частями, которые человек использует для питания. Это могут быть корни, корневища, луковицы, клубни, плоды и другие органы и части растений. Они содержат много воды (70-95 %), поэтому малокалорийны и по питательности уступают не только животной пище, но и хлебу, кашам, растительному маслу. Овощи содержат почти все основные нужные человеку питательные вещества, и усваиваются они достаточно полно. Этому способствует наличие в овощах разнообразных витаминов, ферментов, микроэлементов, необходимых нашему организму. Присутствие овощных продуктов в пищевом рационе человека необходимо каждодневно, независимо от времени года. В основном за счет овощей в наш организм поступают каротин, превращающийся в витамин роста А, аскорбиновая кислота, витамины группы B, K, P, PP, без которых невозможно нормальное функционирование организма. Клетчатка, которой богаты овощи, способствует очищению кишечника и выведению из организма излишков холестерина.

Овощи в наименьшей степени поддаются замене другими продуктами, представляя собой источник основных пищевых веществ, таких как витамины, микро- и макроэлементы, углеводы, растворимые и нерастворимые пищевые волокна, органические кислоты и др., участвующие в различных обменных процессах и работе ЖКТ.

Для решения поставленных задач исследования нами предложена биологически активная композиция: пюре из тыквы, пюре из дайкона и тушеного чеснока. В качестве контроля выбрали хлеб белый из муки пшеничной высшего сорта. С помощью методов математического планирования эксперимента подтверждены рациональные дозировки овощей: пюре из тыквы и пюре из дайкона – 20,0 % и чеснока тушеного – 3,5 %.

Новый хлеб «Егорушка» отличался улучшенными показателями качества: ярко выраженным ароматом, интенсивно окрашенной коркой; эластичным, тонкопористым мякишем; пористость по сравнению с контролем увеличилась на 4,0 %, удельный объем — на 8,8 %, формоустойчивость — на 12,8 %. Пищевая ценность повысилась: суточная потребность по ряду дефицитных в питании компонентов составила от 15 до 50 %, биологическая ценность увеличилась на 17,5 %, достигнуто рекомендуемое ИП РАМН соотношение Ca:Mg:P = 1,00:0,55:1,53, способствующее для хорошему усвоению кальция, энергетическая ценность продукта снижается на 2,4 %,

В результате проведенных исследований доказано, что хлеб пшеничный «Егорушка» можно отнести к продуктам функционального назначения, проявляющим антисептическое, геродиетическое, противовосполительное, противоаллергическое, фунгицидное, антиоксидантное, иммуномодулирующее и другие действия.

Список используемых источников

- 1. Доронин, А. Ф. Функциональное питание [Текст] / А. Ф. Доронин, Б. А. Шендеров. М.: Грантъ, 2002. 295 с
- 2. Драчева, Л. В. Пищевые и биологически активные добавки для здоровья горожан [Текст] / Л. В. Драчева // Пищевая промышленность. 2002. № 4. С. 92–93.
- 3. Закревский, В. В. Российское законодательство в области безопасности пищевых продуктов / В. В. Закревский // Пищевые ингредиенты. Сырье и материалы. -2004. N 2. С. 16—21.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ И ОБЪЕКТОВ ПРОЦЕССА ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА

Печенева Мария Игоревна

Смоленский колледж телекоммуникаций, преподаватель, г.Смоленск

В настоящее время большинство процессов в современном мире автоматизируется за счет использования информационных технологий. Отдельной областью в сфере компьютерных технологий являются информационные системы, которые направлены на ускорение процесса обработки информации. За счет использования автоматизированных информационных систем перед пользователем предоставляется широкий спектр возможностей.

Информационная система представляет собой совокупность базы данных, программного, технического и аппаратного оснащения, позволяющего автоматизировать процессы получения доступа к информации. Информационные системы нашли широкое применение во всех сферах окружающего нас мира.

Существует несколько вариантов определений понятия «информационная система». Информационную систему можно представить как систему, «в составе которой присутствует человек. Человек в составе информационной системы образует отдельную подсистему. Можно выделить в общем виде две таких подсистемы:

- пользователей потребителей информационных ресурсов;
- операторов физические лица, выполняющие обслуживание данной системы» [3, с.4].

В качестве примера можно рассмотреть процесс заказа билетов в режиме онлайн. В данной модели субъектом процесса информатизации является клиент, который будет заказывать билет, а объектом является документ, позволяющий организовать проезд клиента в транспорте. В курсе информационных технологий существует такое понятие как монитор обращений. Монитор обращений это модуль, который регламентирует взаимодействия объектов и субъектов доступа и представляет собой совокупность средств защиты. В данной ситуации монитором обращений является компьютер или терминал, который осуществляет взаимосвязь между субъектом (клиентом) и объектом (электронным билетом). База данных выступает в качестве основного хранилища, на основе которого строятся отношения субъекта и объекта процесса информатизашии

Процессы информатизации общества затрагивают все сферы жизни пользователей. Информационные системы в наше время стали неотъемлемой частью повседневной действительности. Примером информационных систем являются поисковые системы, которыми мы пользуемся при работе в глобальной сети Интернет. Поисковые системы автоматизируют процессы получения доступа пользователей к необходимой информации.

Одним из главных составных компонентов информационных систем является база данных. Для организации грамотной, эффективной, функционально полноценной работы информационных систем необходимо правильно спроектировать структуру базы данных.

Особое внимание следует уделять проектированию информационной системы в целом. В настоящее время существует большое количество способов и методов, позволяющих грамотно проанализировать процесс функционирования системы. Примерами таких средств является

функциональное и объектно-ориентированное моделирование. Моделирование - это процесс замещения реального объекта моделью для того, чтобы предвидеть результаты, просчитать доходы, сравнить с расходами, проанализировать экономическую целесообразность проекта, процесса, программного продукта. Функциональное и объектно-ориентированное моделирование позволяет представить процесс получения доступа к информации пользователям, которые выступают в качестве субъекта процесса информатизации. Для того чтобы грамотно разработать информационную систему и применить ее в качестве средства, позволяющего организовать процессы взаимодействия данных и пользователей, необходимо сначала проанализировать каким образом будет организовываться жизненные циклы информационных систем. Построение различных видов диаграмм позволяют детально исследовать и проанализировать все возможные ситуации, которые могут возникать в процессе функционирования информационных систем. К видам графических объектов, которые позволяют детально представить процесс функционирования информационных систем, можно отнести контекстные диаграммы и диаграммы декомпозиции 1ого и 2-ого уровней. С помощью функциональны блоков разработчики систем могут продумать будущую эксплуатацию программных продуктов и избежать ошибок и некорректной работы системы.

«Метод VORD» [2, с.141], основанный на точках зрения, позволяет полноценно рассмотреть все возможные ситуации, возникающие с субъектами процессов информатизации. «Теория точек зрения пользователей основана на том, что в каждой системе существует целый ряд сторон и участников процесса, и для полноценного описания системы необходимо учесть все точки зрения. Между различными точками зрения всегда есть пересечения и общие требования» [2, с. 141]. Таким образом, для организации грамотного и эффективного процесса взаимодействия объектов и субъектов информационного обмена необходимо уделять внимание этапу составления требований и разработке проекта будущей автоматизированной системы.

Правильно спроектированные и продуманные информационные системы позволяют экономить время, повышать скорость обработки информации, упрощать процессы взаимодействия субъектов информационного обмена.

Информационные системы позволяют оптимизировать и автоматизировать процессы обработки, передачи, хранения и распространения информации, что оказывает положительное влияние не только на удовлетворение информационных потребностей пользователей, но и сможет благотворно влиять на развитие экономики страны в целом.

Автоматизированные информационные системы влияют на экономическую составляющую процессов информатизации общества, так как предоставляют пользователям возможность быстрого и эффективного оказания услуг в различных сферах, начиная от области ЖКХ и заканчивая бронированием мест в отелях для отдыха.

Эффективность использования информационных систем зависит от грамотной разработки. Эта взаимосвязь влияет на развитие автоматизированных средств, так называемых CASE-средств, ускоряющих процессы разработки различных видов программных продуктов. «В настоящее время под CASE-средствами понимаются программные средства, поддерживающие процессы создания и сопровождения информационных систем, включая анализ и формулировку требований, проектирование прикладного программного обеспечения и баз данных, генекода, тестирование, документирование, обеспечение качества, конфигурационное управление и управление проектом, а также другие процессы» [1, с. 15]. Автоматизированные средства разработки программных продуктов способствует появлению качественных и эффективных информационных систем способствующих интеграции людей в процесс информатизации общества. Повсеместное использование автоматизированных систем способствует увеличению количества грамотных пользователей, развитию логики, мышления людей, повышает уровень технической оснащенности общества. Для реализации процессов автоматизации общества требуются подготовленные специалисты в области технических наук, что показывает практическую значимость и актуальность данной научной сферы. Благодаря осуществлению проектов, автоматизирующих информационный обмен, возможна экономия различных видов ресурсов и получение экономической выгоды.

Список литературы:

- 1. Избачков Ю. С., Петров В.Н. Информационные системы: Учебник для вузов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2006. 656 с.
- 2. Криковцев И.В. Метод сбора и документирования требований к порталу М., 2008. 146 с.
- Мезенцев К.Н. Автоматизированные информационные системы: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. 4-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 176 с.

МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ ОВОЩНЫХ БЛЮД С ДИЕТИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Пересичная Светлана Михайловна

Канд. техн. наук, доцент, Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

Постановка проблемы в общем виде. Питание студентов – одна из важнейших проблем современности, формирующее здоровье нации в целом и является одним из наиболее существенных факторов, определяющих рост и развитие организма, уровень здоровья и работоспособности, степень иммунитета к воздействию различных неблагоприятных факторов.

Студенты являются мощным по численности потребительским сегментом, который составляет почти 5% населения Украины и более 30% всего населения в мире [1, c. 5].

На сегодняшний день структура питания студентов имеет существенные отклонения от формулы сбалансированного питания, прежде всего, по уровню потребления микронутриентов - витаминов, минеральных веществ, что обусловливает формирование факторов риска для развития многих алиментарных и алиментарнозависимых заболеваний. По макро- и микронутриентному составу суточный рацион потребления студентов не сбалансирован: недостаточное количество кальция и магния, витаминов А и С, избыточное количество натрия и калия, нарушены соотношения кальция и фосфора (1,0:1,5), кальция и магния (1:0,6), калия и натрия (20:1). У студентов увеличена потребность в витаминах: тиамине - 1,5 мг, рибофлавине -1,8 мг, ниацине – 16 мг, аскорбиновой кислоте – 75 мг). Кроме того, в связи со специфическими условиями труда (постоянное напряжение зрительного анализатора) особого внимания требует обеспечение организма достаточным количеством ретинола (1000 мкг) [11, с. 29].

Степень обеспечения суточной потребности в аскорбиновой кислоте -40-60%, витаминах группы B-36-70%, кальции -47%, фосфоре -69%, магнии -59%, железе -52%, недостаточным также является потребление йода и селена.

Анализ последних исследований и публикаций. В результате проведенных исследований относительно продуктов питания, которые пользуются спросом среди

студентов выявлено, что наибольшей популярностью являются продукты быстрого питания (80% опрошенных).

Фаст-фуды предлагают пищу, которая не соответствует физиологическим потребностям организма. Ведь здесь главные показатели — калорийность, наличие сахара и соли. При этом сознательно замалчивается информация о содержании различных добавок, рафинированных подсластителей, концентратов. Известно, что из 600 рекламируемых по телевидению продуктов питания только 120 относительно безопасны.

Наиболее потребляемой студентами продукцией оказались конфеты шоколадные (17%), на втором месте — газированные напитки (13%), а на третьем месте — чипсы (12%). Более половины (56%) опрошенных студентов употребляют данный «набор продуктов». Кроме того пользуются популярностью среди студентов такие продукты, как сосиски, колбасы, продукты «фаст-фуд», сладкие газированные напитки, содержащие кофеин [8].

Полноценное питание определяется не только энергетической ценностью пищи, сбалансированностью рациона по белкам, жирам и углеводам, но и обеспеченностью микронутриентами. Дефицит даже одного из них способен привести к нарушению обмена веществ. Микроэлементы вместе с витаминами участвуют в метаболических процессах путем активации ферментов, гормонов и ряда белков.

Анализ литературных данных отечественных и зарубежных ученых: В. Г. Байкова, О. Е. Бакуменко, А. Ф. Доронина, С.Н. Панфилова [2, с. 80-83, 7, с. 63-67], И.К. Васнева [3, с. 40-41], А.А. Мазараки, М.И. Пересичного, М.Ф. Кравченко, П.А. Карпенка, С.М. Пересичной [12, с. 76-100], А.В. Устинова, О.В. Зерновой [13, с. 92], R. J. Wood, J. J Zheng [4, с. 1803–1809] и др., посвященных проблемам рационального питания студентов в высших учебных заведениях показал, что рацион питания не обеспечивает организм необходимым содержанием макро- и микроэлементов, витаминов и пищевых волокон.

Эффективным способом оптимизации структуры и индивидуализации питания студентов является разработка продуктов функционального назначения путем использования в их составе ингредиентов - концентратов природных компонентов пищи: макро- и микроэлементов, витаминов, что позволяет снизить дефицит эссенциальных веществ, направлено изменять метаболизм, усиливать и ускорять вывод ксенобиотиков, повышать неспецифическую резистентность организма человека немедикаментозным безопасным путем. На сегодняшний день ассортимент таких пищевых продуктов на отечественном рынке недостаточен. К ним относятся хлеб и хлебобулочные изделия; каши быстрого приготовления – овсяная, "5 злаков" и гречневая, в состав которых помимо основного сырья входят дополнительные компоненты: йодированная соль, витаминный комплекс, включающий: тиамин, рибофлавин, пиридоксин, цианокобаламин, биотин, ниацин, токоферол, пантотеновая, фолиевая и аскорбиновая кислоты [2, с. 80-83.]; зерновые крекеры гречневые и пшеничные, обогащенные витаминным премиксом; рисовые и овсяные крекеры, обогащенные препаратами железа [7, с. 63-67]; зерновые снеки в состав которых входит кукурузная, рисовая, гречневая мука, порошок тыквы, моркови, свеклы, фруктоза, витаминный премикс и лактулоза. Разработаны полуфабрикаты-блинчиков со свежевыжатыми соками со свеклы, моркови и шпината с использованием диетических добавок, имеющих повышенное содержание витаминов Е, группы В и β-каротина, макро- и микроэлементов (кальция, калия, магния, фосфора, железа) [12, с.76-100]; мясные полуфабрикаты, обогащенные витаминами и минеральными веществами [13, с. 92]; напитки с использованием пряного и зернового сырья в сочетании с плодовоягодными и овощными продуктами, концентратами молочной и сыродельной промышленности, а также продуктами пчеловодства обогащенные природными макро- и микроэлементами, витаминами; напитки на основе пророщенного зерна чечевицы, витаминного премикса, минеральных веществ (селен, кальций, магний, цинк) [3, с. 40-

Комбинация различных пищевых продуктов лучше всего может обеспечить организм необходимыми веществами. Это и предопределяет остроту проблемы расширения ассортимента функциональных пищевых продуктов.

В связи с этим, актуальным является разработка кулинарной продукции для студентов с повышенным содержанием макро- и микроэлементов, витаминов.

По результатам исследований научно обоснован и разработан ингредиентный состав овощных блюд на основе картофеля и выбрано сырье и диетические добавки, которые являются источником функционально-физиологических ингредиентов (белков, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро-, микроэлементов, других биологически активных веществ), дефицит которых существует в пищевых рационах студентов.

В процессе экспериментальных исследований разработана технология картофельных крокет: «Делис» с зародышами пшеницы и начинкой из чечевицы и спирулины (патент № 82474), «Верде» с соевой мукой и начинкой из чечевицы и спирулины (патент № 82476).

За контрольный образец взято технологию картофельных крокет отварных, согласно сборника рецептур Зарубежной кухни [10, с. 77].

Картофельные крокеты наряду с привлекательным внешним видом, достаточными вкусовыми и ароматическими качествами, должны соответствовать потребностям организма в незаменимых факторах питания.

В связи с выше изложенным целью научных исследований является определение минерального и витаминного состава разработанных картофельных крокет с диетическими добавками.

Изложение основного материала исследования. Содержание минеральных элементов в овощных блюдах определены на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализаторе «Elva-X-Med», по методике разработанной НТЦ «Вирия ltd» (г. Киев) [5, с. 214-221].

Содержание тиамина — флюорометрическим методом, рибофлавина — с помощью рибофлавинсвязывающего апобелка с белка куриных яиц на спектрофлюориметре Perkin Elmer SL-50 [9, с. 603-609.], ниацина — колориметрическим методом по реакции образования дианилида с роданид ионом (ГОСТ 29140-91), токоферола — тонкослойной хроматографией [6, с. 24-27].

Анализируя количественный состав микро- и макроэлементов картофельных крокет (таб.), следует отметить повышение уровня содержания калия на 37,57 и 27,63%, магния – на 148,06 и 165,72%, фосфора – на 187,31 и 145,18%, железа – на 376,06 и 353,84%, цинка – на 411,76 и 998,03% в крокетах «Верде» и «Делис» по сравнению с контролем. Что является немаловажным, так как железо играет ведущую роль в кроветворении; магний необходим для нормального функционирования нервной системы и профилактики нервных заболеваний; фосфор способствует образованию клеток мозга; ионы цинка играют важную роль в процессах умственного развития и регуляции иммунологической реактивности организма.

Повышенное содержание витаминов группы В в исследуемых образцах (таб.) объясняется наличием в их составе зародышей пшеницы, соевой муки, спирулины, чечевицы. Так, количество тиамина выше на 121,42 и 664,28%, рибофлавина – на 85,71% и в 14 раз, ниацина – на 58,90 и 69,81%, цианокобаламина – на 150,00%, по содержанию токоферола разработанные изделия превышают контрольные в 9,33 и в 11,56 раза в крокетах «Верде» и «Делис» соответственно.

Химический состав разработанных картофельных крокет с соевой мукой, зародышами пшеницы и начинкой из чечевицы и спирулины (таб.) свидетельствует об увеличении обеспечения суточной потребности в калии на 28,31 и 26,26%, магнии — на 26,14 и 28%, фосфоре — на 19,83 и 16,92%, железе — на 37,13 и 35,40%, цинке — на 30,35 и 65,11%. Обеспечение суточной потребности в витамине B1 возрастает с 11,66% в контроле до 25,83 и 89,16% в исследуемых образцах, в витамине B2 составляет 10 и 75,38%, B5-21 и 43%, B12-20,83%, E-24,26 и 30,06%, PP-27,31 и 29,18%, в крокетах «Верде» и «Делис» по сравнению с контролем.

Выводи. На основе проведенных исследований обоснована целесообразность обогащения овощных блюд зародышами пшеницы, соевой мукой, чечевицей, спирулиной, имеющих повышенное содержание минеральных элементов (калия, магния, фосфора, железа, цинка), витаминов группы В, ниацина и токоферола. Установлено, что потребление 100г картофельных крокет с диетическими добавками обеспечивает от 10 до 33% суточной потребности в большинстве эссенциальных веществ, что дает возможность отнесения таких продуктов к категории функциональных, способствующих общему укреплению организма, усилению защитных функций иммунной системы и тем самым увеличению сопротивляемости организма к неблагоприятным факторам внешней среды.

Таблица

Минерально-витаминный состав картофельных крокет с диетическими добава
--

Показатели	Суточная	Контроль		Исследуемые образцы			Ы
	потреб- ность в нутриен-	Картофель- ные кро-	Обеспече- ние суточ-	Картофель- ные кро-	Обеспече- ние суточ-	Карто- фельные	Обеспече- ние суточ-
	тах, мг	кеты отвар-	ной по-	кеты	ной по-	крокеты	ной по-
	ŕ	ные, мг	требности,	«Верде»,	требности,	«Делис»,	требности,
			% Mana	МГ	%	МΓ	%
	1		Минеральные	1		1	1
Калий	2500	514,42	20,57	707,71	28,31	656,57	26,26
Магний	260	27,40	10,53	67,97	26,14	72,81	28,00
Фосфор	1200	82,83	6,90	237,98	19,83	203,09	16,92
Железо	15	1,17	7,80	5,57	37,13	5,31	35,40
Цинк	8,6	0,51	5,93	2,61	30,35	5,60	65,11
			Витам	ины			
Тиамин (В1)	1,2	0,14	11,66	0,31	25,83	1,07	89,16
Рибофлавин (В2)	1,3	0,07	5,38	0,13	10,0	0,98	75,38
Пантотено-вая кис-	5	0,54	10,8	1,05	21,0	2,15	43,0
Цианокобаламин	2,4•10³	0,02•10³	0,83	0,5•10³	20,83	$0,5 \cdot 10^3$	20,83
Токоферол (Е)	15	0,39	2,6	3,64	24,26	4,51	30,06
Ниацин (РР)	16	2,75	17,18	4,37	27,31	4,67	29,18

Список литературы:

- 1. Агаджанян Н.А. Проблема здоровья студентов и перспективы развития / Н.А. Агаджанян // Материалы первой Всероссийской научной конференции «Образ жизни и здоровье студентов». М.: РУДН. 1995. С. 5-9.
- Байков В.Г. Разработка обогащенных зерновых каш быстрого приготовления для учащейся молодежи/ В.Г. Байков, О.Е. Бакуменко, А.Ф. Доронин //Вопросы питания. — 2008. № 2. – С. 80-83.
- 3. Васнева И.К. Разработка технологи белкового напитка для учащейся молодежи / И.К. Васнева, о.Е. Бакуменко // Пищевая промышленность. 2011. № 6. С. 40-41.
- 4. Wood R.J., Zheng J.J. High dietary calcium intakes reduce zinc absorption and balance in humans. American Journal of Clinical Nutrition 1997; 65: 1803–1809.
- Гальченко С.М. Рентгенофлуоресцентний метод визначення мікроелементного складу питної води / С.М. Гальченко, Коротков П.А., Кириленко €.К. //Нові технології. 2009. – С. 214-221.
- 6. Донченко Г.В. Биохимия убихинона / Г.В. Донченко // Киев. Наукова думка. 1988. С. 24-27.
- 7. Доронин А.Ф. Принципы разработки продуктов специализированного назначения для различных возрастных груп / А.Ф. Доронин, О.Е. Бакуменко, С.Н. Панфилов //Сборник докладов Международной конференции «Технологии и продукты здорового питания». М.: МГУПП. 2010. С. 63-67.

- 8. Исследование безопасности продуктов питания студенческой молодежи. Режим доступа: http://www.scienceforum.ru/2013/pdf/3478.pdf.
- 9. Коденцова В.М. Выделение рибофлавинсвязывающего апобелка из белка куриних яиц и его использование для определения рибофлавина в биологических образцах/ В.М. Коденцова // Прикладная биохимия и микробиология. Т. 30, Вып. 4-5, 1994. С. 603-609.
- 10. Новоженов Ю.М. Зарубежная кухня: Практ. пособие / Новоженов Ю.М., Л.Н. Сопина // М.: Высш. шк. 1990. 288 с.
- 11. Пересічний М.І. Норми фізіологічних потреб у енергії і харчових речовинах та середньо добовий раціон харчування студентів / М.І. Пересічний, П.О. Карпенко, С.М. Пересічна, І.В. Смичек // Проблеми харчування. К.: Медицина України. 2011. №№ 1/2. С. 25-31.
- 12. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: Монографія / А.А. Мазаракі, М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, П.О. Карпенко, С.М. Пересічна та ін.; за ред. М.І. Пересічного. 2-ге вид., переробл. і доп. К.: Київ. нац. торг.-екон. унт. 2012. 1116 с.
- 13. Устинова А.В. Мясные продукты для профилактики иммунодефицитных состояний у подростков и молодежи / А.В. Устинова, О.В. Зернова // Матер. конгресса «Питание и здоровье» XIII Всероссийский Конгресс диетологов и нутрициологов с международным участием «Персонифицированная диетология: настоящее и будущее». М., 5-7 декабря 2011. С. 92.

РАСЧЕТ НЕЗАВЕРШЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ГИБКИХ СИСТЕМ ПОШИВА ИЗДЕЛИЙ МЕЛКИМИ ПАРТИЯМИ

Радюхина Галина Викторовна

канд.техн.наук, доцент кафедры «Управление качеством и технологии в сервисе» Поволжского государственного университета сервиса, г. Тольятти

В последнее время возросла необходимость более широкого развития в стране наукоемких технологий, позволивших повысить эффективность отечественной промышленности. В швейном производстве проблема заключается в поиске таких решений, когда при выпуске обычной ненаукоемкой продукции значительно повысить технический уровень и эффективность предприятий за счет внедрения последних научных достижений как в области техники и технологии, так и области организации и управления производством в его основных процессах. Это сделает возможным переход на интенсивное развитие производства, когда с помощью меньшего количества машин и людей выпускается продукции больше и качественнее

Швейное производство в последние годы характеризуется обостренной конкуренцией отечественных и зарубежных товаров, многоукладностью структур производства, устойчивой тенденцией к быстрому моральному старению одежды и, следовательно, быстрой сменяемостью моделей, изготавливаемых в производственных процессах. Таким образом, она должна достигаться не путем затратной перестройки производственных процессов, а путем рациональной организационно - технологической подготовки процессов, что особенно важно для малых предприятий. Это требует перестройки швейного производства на основе применения так называемых гибких производственных систем (ГПС), которые нашли уже широкое применение в других отраслях народного хозяйства.

Гибкое производство позволяет за счет концентрации технологических возможностей существенно уменьшить общее количество операций, необходимых для полной обработки деталей-узлов и тем самым сократить время межоперационных пролеживаний. В свою очередь это ведет к сокращению производственного цикла изготовления изделий, снижению объемов незавершенного производства. Кроме того, гибкое производство позволяет изменять размеры партий запуска деталей-узлов, что также положительно отражается на объемах незавершенного производства и размерах страховых запасов комплектующих, поддерживая на необходимом уровне ритмичности работу сборочных подразделений. Гибкий принцип функционирования производства предполагает расширение форм организации труда, процессов обработки и сборки предметов производства. Кроме того, встала задача повышения квалификации рабочих основных профессий путем переподготовки.

Для швейных предприятий, большинство которых относится к категории малых, осуществляющих пошив одежды широкого ассортимента с полным производственным циклом, важным показателем эффективности работы является объем незавершенного производства.

В общем случае при многооперационной обработке деталей-узлов и широком ассортименте пошиваемых изделий расчет фактического объема незавершенного производства является довольно сложной задачей. Учитывая, что швейным предприятиям приходится постоянно менять размеры и другие характеристики партий изделий,

целесообразно заранее, еще на этапе подготовки производства, оценивать влияние параметров запуска на уровень незавершенности производства, например, к концу рабочей смены, недели и т.д.

Особенно важно знать значение данного показателя при разработке производственных систем с гибкой организацией труда, компьютерным управлением основными технологическими процессами и предварительным планированием и корректированием производственного процесса по ходу его реализации.

Подобные системы разработаны нами в виде многооперационных швейных агрегатов, которые обладают свойством интеграции в гибкие производственные системы различной структуры (патенты РФ № 2073758, 2084571, 2087607, 2084571). Они позволяют применять различные формы организации производства, в частности, поузловой способ обработки и сборки изделий.

Ритмичность работы таких гибких производственных систем зависит от состояния запасов деталей-узлов, а именно от их количества и готовности на момент сборки изделий. Расчет фактического объема незавершенного производства может иметь много частных решений, так как производственный процесс конкретного предприятия всегда индивидуален, но общий подход к данной проблеме, который применим не только на малых швейных фирмах, но и на крупных предприятиях легкой промышленности с существующей типовой организацией труда.

Автором данной статьи совместно с д.т.н., профессором Сучилиным В.А. разработан метод определения показателей незавершенного производства. Динамика изменения запасов подготовленных к сборке деталей-узлов представляется как функция времени их обработки и сборки. По графику можно легко подсчитать на любой момент производственного процесса количество деталей-узлов, ожидающих сборки. Количество готовых комплектов деталей-узлов может снижаться до нуля, что потребует наличия страховочного запаса деталей-узлов для предотвращения неритмичности процесса. При увеличении размеров партий запуска, естественно, растут сроки исполнения сборочных работ, а также будет увеличиваться уровень незавершенного производства. Для подобных гибких производственных систем желательно осуществлять ежедневный запуск, однако это требует более четкой работы заготовительных участков, систем управления и планирования процессов. Данный метод позволяет, изменяя размеры партий запуска, находить рациональный уровень незавершенности производства и тем самым улучшать показатели эффективности предприятий.

В качестве примера приведем алгоритм расчета для конкретных моделей одежды, для которых заранее была разработана технология изготовления при использовании метода группирования деталей и узлов.

Дневная потребность сборочного рабочего места при поузловом методе обработки и сборки составляет 4,5 комплекта, каждый комплект состоит из трех различных узлов (деталей). Подготовительно — заключительное время Тпз1=Тпз2=Тпз3=60 минут одинаково для всех узлов-деталей в каждой группе узлов.

При запуске партий по 90 узлов – деталей (практически месячная потребность) находим суммарную трудоемкость обработки 90 комплектов по формуле:

Tпар = Tп $3 + n \times T$ ш τ , (1)

где: n – размер партии;

Тшт – штучное время обработки узлов -деталей.

Штучно-калькуляционное время Тшт.к. в расчете на один комплект равно:

Тшт.к. = $\sum T \pi a p / n$ (2)

Эффективный фонд времени смены Тэ принимаем равный 8 часов. Коэффициент использования (загрузки) Кзаг определяют по формуле:

Kзаг = $m \times T$ шт.к. / Tэ \times к, (3)

где: т - количество комплектов в день,

 κ – количество смен или агрегатов, необходимых для обработки узлов.

Штучное время обработки узлов – деталей, сгруппированных в первую группу узлов равно: Tшт1 = 61.341 мин., Tшт2 = 38.46 мин., Tшт3 = 13.877 мин.

Находим суммарную трудоемкость обработки 90 комплектов первой группы узлов:

Тпар1 = $(60 + 90 \times 61,341)/60 = 93,01$ час.

 $T\pi ap2 = (60 + 90 \times 38,46)/60 = 58,69 \text{ час.}$

Tпар $3 = (60 + 90 \times 13,877)/60 = 21,82 час.$

 Σ Triap = 93,01 + 58,69 + 21,82 = 173,52 час.

Штучно – калькуляционное время:

Тшт.к. = 173,52 / 90 = 1,9 час.

Для обработки этих комплектов необходимо выделить один агрегат, работающий в две смены или два агрегата — в одну смену с коэффициентом загрузки равным:

 $K_{3a\Gamma} = 4.5 \times 1.9 / 8 \times 2 = 0.53$

Динамика изменения запасов готовых узлов – деталей каждого комплекта в течение 20-ти дневного цикла показана на рис. 1. Ломаная линия, ограничивающая заштрихованную область, соответствует изменению запасов подготовленных комплектов и узлов – деталей. Видно, что одновременно в ожидании комплектовки и сборки находятся в общей сложности от 70 до 105 узлов – деталей.

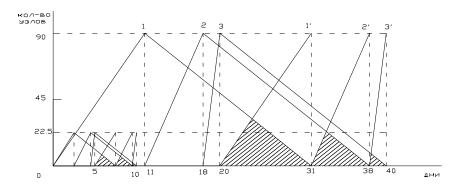


Рисунок 1. Динамика изменения запасов готовых узлов — деталей в течение 20-ти дневного цикла 0-1— обработка узла- детали 1-го вида за 11 дней; 11-2 - обработка узла- детали 2-го вида за 7 дней; 11-3 - обработка узла- детали 3-го вида за 2 дней; 20-1'- вновь обработка узла- детали 1-го вида за 11 дней; 1-31- расход узлов — деталей 1-го вида за 20 дней; 31- 2' — вновь обработка узла- детали 2-го вида за 7 дней; 2- 38 - расход узлов — деталей 2-го вида за 20 дней; 38-3'-вновь обработка узла- детали 3-го вида за 2 дней; 3-40 - расход узлов — деталей 3-го вида за 20 дней.

Из рисунка видно, что узлы – детали 1– го вида можно обработать за:

 $90 \times 61.341/60 = 92.01$ час.

На двух агрегатах при Кзаг = 0,53 потребуется: $92.01 / 2 \times 8 \times 0.53 = 11$ дней.

То же для узла — детали 2— го вида: $90 \times 38,46/60 = 57,69$ час. или 57,69 / $2 \times 8 \times 0,53 = 7$ дней. Для узловдеталей 3— го вида: $90 \times 13,877/60 = 20,82$ час. или 20,82 / $2 \times 8 \times 0,53 = 2$ дня.

Тут не учитывали Тпз. Вторичный запуск узлов–деталей начиная после 20–ти дневного цикла может быть уже не 90 узлов, а с учетом оставшихся.

На любой день, начиная с 20-го, по вертикали можно подсчитать сколько узлов – деталей находится в запасе.

Видно, что средства затратили на обработку этих узлов-деталей, но прибыль еще не получена. Также видно, что число отдельных узлов, готовых к сборке, может снижаться до нуля, т.е. необходимо предусмотреть страховой фонд этих узлов-деталей.

Далее предположим еженедельный запуск вместо ежемесячного, т.е. берем партию в 22,5 комплектов. Аналогично выполняем расчет.

Анализ по всем группам узлов показал, что в среднем при месячном цикле в запасе остается 79 узлов по

каждой группе, при недельном запуске -18.5, при ежедневном -2 узла. При этом коэффициент загрузки изменяется в зависимости от величины партии и цикла обработки. При еженедельном запуске он увеличивается примерно на 3.5%, при ежедневном остается таким же как и при ежемесячном.

Таким образом, с точки зрения сокращения объема незавершенного производства еженедельный запуск безусловно выгоднее ежемесячного, однако требует более согласованной работы в технологическом процессе.

Наиболее целесообразным является ежедневный запуск, так как объем незавершенного производства сокращается до оптимальной величины, обеспечивающей равномерность процесса производства, его гибкость.

Производство в условиях рынка может выжить лишь в том случае, если оно способно быстро менять ассортимент и количество выпускаемой продукции. Сейчас производство ориентируется на рынок. Становится возможным эффективный переход на мелкосерийное производство. Минимально необходимая величина запаса ведет к сокращению простоев оборудования. Это обеспечивается тем, что на рабочих местах постоянно имеются необходимые для работы материалы. В результате улучшается качество выпускаемой продукции.

В заключении надо отметить, что графическое отображение разработанного метода легко описывается

линейными функциями, что важно для формализации многовариантных швейных процессов.

Список литературы:

- Радюхина, Г.В. Гибкие производственные системы пошива изделий мелкими партиями: Монография – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – 161с.
- 2. Сучилин, В.А., Радюхина, Г.В., Архипова, Т.Н. Методы повышения эффективности швейного оборудования предприятий сервиса: Монография М.: ГОУВПО «МГУС», 2007. 227с.
- 3. Радюхина, Г.В. Технологические аспекты гибких производственных систем изготовления швейных изделий мелкими партиями и по заказам населения // Состояние и перспективы развития инновационной деятельности в области сервиса: сборник статей 2-ой международной научно-практической конференции. Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2008. С.104 107.
- 4. Сучилин, В.А., Радюхина, Г.В. Гибкие производственные системы швейных предприятий сервиса: учеб. пособ. М.: МГУС, 2002. 87 с.

РАЗРАБОТКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИТОКА НЕФТИ

Алдияров Аскар Айгалиевич магистрант, Камалов Сухан Максутович док.гео.-мин.наук, профессор, Рахимов Абельшаек Абельхаликович

канд.техн.наук,доцент, Западно- Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск

При эксплуатации нефтяных скважин имеется тенденция постоянного ухудшения технологических показателей разработки и коллекторских свойств пород в призабойной зоне скважины. Снижение производительности пластов-коллекторов происходит как в процессе первичного и вторичного вскрытия, так и в процессе эксплуатации нефтяных скважин. Зачастую это происходит за счет проникновения в призабойную зону жидкости глушения скважин (ЖГС), твердых частиц при ремонтах, а также за счет накопления в призабойной зоне пласта (ПЗП) добывающих скважин асфальто-смоло-парафиновых отложений [2.с.11].

Анализ гидродинамических исследований на месторождении Кенкияк показал, что особенно большие изменения фильтрационных характеристик призабойных зон скважин происходит во время первых операций глушения. Снижение параметров достигает 20-30 %, а в скважинах со сложно - построенными коллекторами, имеющими низкие фильтрационные характеристики, уровень ухудшения показателей достигает 70 - 90 %. Значительная часть добывающих скважин при этом эксплуатируется на 50 % ниже своих возможностей. Нарушения фильтрационных характеристик породы происходят из-за разбухания геологической породы, иногда образуется нераство-К осадок, приводящий закупориванию фильтрационных каналов, при этом падает проницаемость пласта, увеличивается обводненность продукции и падает конечный коэффициент нефтеотдачи.

Призабойную зону пласта (ПЗП) выделяют как особую часть пласта, так как, во-первых, ее свойства могут существенно отличаться от свойств остальной части и, вовторых, именно в этой части происходит потеря основной доли энергии, затрачиваемой на движение нефти в пласте.

Цель любого воздействия на ПЗП - восстановление или улучшение фильтрационной характеристики призабойной зоны пласта главным образом за счет увеличения ее проницаемости.

Для интенсификации притоков в геологоразведочных и нефтегазовых скважинах разработан достаточно большой арсенал средств сопротивления. Так, если приток флюида определяется контуром питания радиусом $R_{\rm K}=300~{\rm M}$. для скважины радиусом $R=0,1~{\rm M}$., половина всего

перепада давления тратится на продвижение флюида в пористой среде в зоне вокруг скважины радиусом RI =5,5 м. Поэтому ПЗП является определяющей в продуктивной характеристике скважины: даже незначительное снижение проницаемости в этой зоне приводит к существенному снижению дебита скважины и, наоборот, воздействие на небольшую глубину с целью увеличения проницаемости ПЗП часто приводит к резкому возрастанию дебита, иногда в десятки и сотни раз.

В настоящее время существуют следующие группы методов воздействия на ПЗП:- механические; - химические; - тепловые; -физические.

К первой группе относятся методы, направленные на создание трещин в пласте (гидроразрыв пласта (ГРП), торпедирование и др.).

Ко второй группе - направленные на частичное растворение породы с целью увеличения размера поровых каналов (кислотные обработки).

К третьей группе - направленные на увеличение температуры пластовой жидкости в месте наибольших филтрационных сопротивлений (электроподогрев, закачка теплоносителей в пласт).

К четвертой группе - имеющие своим основным эффектом ослабление взаимодействия пластовых флюидов с поверхностью поровых каналов и разрушение структурированных флюидальных систем (закачка поверхностноактивных веществ (ПАВ), вибровоздействие, акустическое воздействие и т.д.).

Одним из новых методов для воздействия на призабойную зону пласта является свабирование. Как метод освоения скважин свабирование используется достаточно давно, а вот как способ воздействия на ПЗП стал применяться недавно.

Вызов притока из пласта свабированием является одним из наиболее эффективных и технологичных методов освоения скважины после бурения или капитального ремонта. В настоящее время его также используют как метод воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП), в частности, для правильного восстановления притока после проведенных СКО и ГРП.

Отличительной особенностью свабирования является сочетание эффективности очистки ПЗП с высокой

технологичностью (легкостью управления скоростью изменения депрессии на пласт) и относительной дешевизной процесса (высокий КПД затрат при свабировании на кабеле, наматываемом на барабан лебедки).

Выбор технологической схемы определяется поставленными задачами и производится геологической службой УБР, НГДУ после анализа геолого-технических условий по объекту работ и соседним скважинам.

Предлагаемая компоновка спроектирована с целью применения ее для увеличения притока нефти в скважине, а также для освоения скважин, законченных бурением или травмированных при глушении в процессе ремонта скважины. Применение данной компоновки является альтернативой свабированию скважины.

Также как и при свабировании, принцип действия данной компоновки основан на увеличении перепада давлений (депрессий) в перфорированной зоне скважины. Таким образом создается депрессия на пласт, увеличивается скорость притока пластовой жидкости к скважине и как следствие, разрушение травмированной(ухудшенной) области ПЗП, так называемой корки, образованной осаждением естественных механических примесей и остатками бурового раствора и промывочной жидкости.

Создание депрессии на ПЗП при освоении позволяет вызвать приток пластовой жидкости к скважине и заодно улучшить фильтрационные свойства ПЗП за счет промывки поровых каналов. Основное преимущество по сравнению с методом свабирования- то что в отличие от сваба, спускаемого в трубах НКТ, данная компоновка спускается в скважину на кабель-канате. Это позволяет экономить значительную часть времени на проведение спуско-подъемных операций и уменьшить металлоемкость спускаемого оборудования за счет отсутствия колонны НКТ.

Оборудование можно разделить на 2 основные группы: наземное и подземное. К наземному оборудованию относится: подводящие линии электропередач; отводящий нефтепровод; агрегат для подземного ремонта скважин с установленным на нем или на отдельной автомашине кабельным барабаном, автотрансформатором и пультом управления; устьевая арматура (колонная головка с необходимой обвязкой). К подземному оборудованию относится: кабель-канат; захват для присоединения кабель-каната к установке; пакер гидравлический новой конструкции, с якорем; клапан сливной и обратный новой конструкции; электронасос УЭЦН5-130-1200; центратор для уменьшения вибрации.

Компоновка спускается в предварительно исследованную и подготовленную скважину на заданную глубину(не доходя до зоны перфорации) и пакеруется. Затем включается погружной электронасос, откачивая пластовую жидкость и поднимая ее наверх. Затем через некоторое время насос отключается. Возможно повторное, циклическое его включение. После завершения проведения мероприятия компоновка извлекается из сважины.

При эксплуатации данной компоновки возникает необходимость подъема пластовой жидкости на высоту до 1000 м. Поэтому напор насоса должен быть более 1000м.Выбран насос УЭЦН5 130-1200, так как он имеет подачу, характерную для большого числа скважин и может использоваться в наиболее распространенных скважинах с диаметром обсадной колонны 146мм.

Компоновка подземного оборудования не позволяет создать достаточное осевое усилие для надежной пакеровки и герметизации, так как усилие, достаточное для пакеровки механических и гидромеханических пакеров составляет, как правило, не менее 60кН или 6т, а вес подземного оборудования компоновки не превышает 2т. Применение стандартных гидравлических пакеров также невозможно по технологическим причинам.

Пакер может спускаться в скважину на колонне НКТ, в составе данной компоновки он спускается на кабель-канате. При достижении необходимой глубины погружения внутри пакера необходимо создать гидравлическое давление (рабочее давление 11МПа).

Основным отличием данного пакера от имеющихся аналогов является отсутствие выпадающего седла шарикового клапана, относительная простота конструкции и возможность применения как в данной компоновке, так и при проведении других работ [1.с.1]. Для снятия и извлечения пакера из скважины необходимо приподнять пакер, потянув за кабель-канат с поверхности. При этом ствол пакера вновь переместится в исходное положение и и поршень вернется в исходное положение.

В компоновку электроцентробежных насосов входят сливные и обратные клапаны. Они могут устанавливаться как непосредственно над электронасосом, так и в соединениях НКТ над ним. Обратный клапан служит для предотвращения течения жидкости в обратном направлении при остановке электронасоса, так как это может привести к негативным последствиям: вращение насоса в обратную сторону, засорение проточных каналов рабочих колес механическими примесями, выход из строя подшипниковых узлов и т.д.

Сливной клапан предназначен для слива жидкости из колонны НКТ при остановке насоса и подъеме его на поверхность.

В данной компоновке сливной клапан такой конструкции не может быть использован, так как нет возможности сбросить прут к клапану. Применение клапанов других известных конструкций также невозможно по технологическим причинам. В связи с этим предложена новая конструкция клапана, выполняющего одновременно функции обратного и сливного клапанов. Принцип работы клапана следующий: в начальный момент поршень находится внизу, опираясь на крышку. При включении насоса в нижней части клапана повышается давление жидкости. Под действием осевой силы, возникающей от перепада давления в верхней и нижней частях клапана поршень перемещается вверх, перекрывая сливные отверстия в корпусе и открывая рабочие отверстия в направляющей трубе. В таком (рабочем) положении на поршень действует перепад давлений, направленный вверх. При отключении насоса давление в нижней части насоса снижается и жидкость начинает течь вниз. Диаметры деталей подобраны таким образом, что проходная площадь внутри направляющей трубы больше площади сечения между направляющей и корпусом. Так как при движении жидкости давление прямо пропорционально площади поперечного сечения проходного канала, то на поршень начинает действовать перепад давления, направленный вниз. Под действием осевой силы поршень перемещается вниз, перекрывая рабочие отверстия в направляющей трубе и открывая сливные отверстия в корпусе. К основным преимуществам данного клапана можно отнести относительную простоту конструкции и технологичность изготовления. К основным недостаткам можно отнести то, что клапан увеличивает гидравлическое сопротивления при движении жидкости и уменьшает КПД насоса.

Диагностирование состояния пласта в призабойной зоне является определяющим началом выбора способа и технологии процесса повышения производительности осваиваемых и эксплуатируемых скважин

Отобранные из испытуемого объекта гидропескоструйным или гидромониторным методами образцы породы (в виде шлама) в полевых и лабораторных условиях исследуют на содержание нефти, определяют минералогический состав и пористость, устанавливают степень загрязненности по методике ВНИИ [3.c.6].

Затем по методике, разработанной на основе экспериментальных и аналитических исследований Н.П. Лебединца и других, оценивают фильтрационные сопротивления в системе пласт-скважина и тип дренируемого коллектора. Далее оцениваются фильтрационные параметры пласта и совершенство заканчивания скважин по методике, основанной на теоретических разработках Ю.П. Желтова, В.Н. Щелкачева и др. По ней производится анализ гидродинамических показателей, полученных по начальному и конечному участкам кривой восстановления давления с целью получения необходимых диагностиче-

ских признаков, характеризующих скважину и дренируемую ею зону пласта, по которым определяется целесообразность обработок, глубина воздействия по простиранию пласта, способ и технология воздействия.

Список использованных источников

- А.с. №1099047 АС СССР, МКИ Е 21 В 33/12, 1983. Гидромеханический пакер/ В.Л. Абакумов, Г.С. Грошихин - Заявлено 11.06.85; Опубл. 23.10.87
- Васильев И.Н., Киреев С.Ю. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов, состояние, проблемы, перспективы // Нефтяное хозяйство. 2001.-№4.- с. 38-41;
- Ибатуллин Р.Р. и др. Методы дифференцированного анализа технологической эффективности методов увеличения нефтеотдачи // Труды научнопрактической конференции.- Казань.: Новое знание, 1998.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИТОКА НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК

Оразов Саят Саянович

магистрант,

Рахимов Абельшаек Абельхаликович

Канд.техн.наук, доцент,Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск

Практика эксплуатации скважин свидетельствует о наличии тенденции постоянного ухудшения технологических показателей разработки нефтяных месторождений и коллекторских свойств пород в призабойной зоне скважины. Снижение производительности пластов-коллекторов происходит как в процессе первичного и вторичного вскрытия, так и в процессе эксплуатации нефтяных скважин [1, с. 27].

В результате гидродинамических исследований призабойной зоны на пятидесяти скважинах Тенгизского месторождения, выявилось несколько механизмов повреждений, которые снижают добычу нефти.

Вот характерные повреждения.

- 1.В добывающих скважинах распространено образование отложений на внутренних стенках насосно-компрессорных труб и в перфорационных отверстиях. Отложения в основном состоят из сульфида железа и образуются из-за поступления фазы свободной воды во время добычи, высокого содержания сероводорода и недостаточного контроля коррозии во время проведения предыдущих соляно-кислотных обработок (СКО).
- 2. Частичное закупоривание обломками породы и раствором на нефтяной основе во время проведения буровых работ и капитальных ремонтов скважин (КРС). Раствор на нефтяной основе с высоким содержанием твердых частиц (включая наполнитель для борьбы с поглощением) приводит к созданию большого положительного скин-эффекта.
- 3.Плохая гидродинамическая связь с коллектором в бортовых/крыльевых скважинах, в которых отсутствует значительная система трещин.
- 4. Недостаточное вскрытие перфораций при перфорировании двух колонн обсадных труб.

Все указанные недостатки приводят к необходимости проведения мероприятий по увеличению притока нефти, а именно проведение соляно-кислотной обработки (СКО) призабойной зоны скважин для данных месторождений

карбонатных пород под давлением ниже давления гидроразрыва (соляно-кислотная обработка) и выше давления гидроразрыва (кислотный гидроразрыв пласта) с использованием современных технических средств и передовых технологий. Кислотная обработка применяется в песчаниках для очистки порового пространства, в известняках — как для очистки порового пространства, так и для создания новых и увеличения размеров имеющихся каналов.

Призабойная зона пласта (ПЗП) - это часть нефтяного коллектора в непосредственной близости от простреленной зоны пласта, где в процессе добычи происходит наибольшее изменение давления. Эта зона наиболее всего подвержена процессам засорения коллектора и в значительной степени определяет дебит скважины в процессе добычи (скин- эффект). Естественные коллекторские свойства пласта характеризуются нулевым скин, при загрязнении по различным причинам ПЗП скин имеет положительное значение, после проведения специальных работ (СКО, ГРП и т.п.) скин может достичь отрицательных значений. Обработка (стимуляция) призабойной зоны пласта— это комплекс мероприятий, необходимый для восстановления или улучшения коллекторских свойств ПЗП в радиусе 0.5 - 2.0м.

Для увеличения производительности добывающих скважин существуют методы, которые можно применять как при вскрытии нефтегазоносного пласта (за счет совершенствования первичного и вторичного вскрытия), так и в процессе эксплуатации месторождения. Наиболее распространенными методами интенсификации добычи нефти и газа являются: кислотные обработки, гидравлический разрыв пласта, торпедирование скважин, гидропескоструйная перфорация и паротепловая обработка призабойной зоны [2, с. 122].

Кислотная обработка забоев скважин в основном проводится для увеличения дебитов скважин, очистки поверхности ствола скважины от глинистой и цементной корки, от засоряющих фильтрационную поверхность про-

дуктов коррозии, от осадков солей, а также для уменьшения плотности пробок на забое с целью облегчения их удаления; освоения и увеличения приемистости нагнетательных скважин.

Наиболее часто для кислотной обработки используется соляная кислота, так как она недорога и не оставляет нерастворимых продуктов реакции. Соляная кислота содержит около 32% по массе газообразного хлористого водорода..

Очистка забоя - включает в себя химическую очистку и промывку, в обоих случаях жидкость закачивается в ствол скважины, но не в пласт. Контроль песка служит при неукрепленных пластах и контролирует добычу чрезмерных количеств песка, контроль воды - служит для исключения чрезмерной добычи воды, т.е.обводнености нефти.

Кислотная обработка скважин связана с подачей на забой скважины под определенным давлением растворов кислот. Реагенты, применяемые для приготовления кислотных растворов: товарная ингибированная соляная кислота (HCl) 31, 27, 24 % концентрации, плавиковая кислота (HF) 40 % концентрации, плотностью 1,15г/см³, бифторид фторид аммония (БФА) (NH₄F*HF+NH₄F), его кислотность в пересчете на плавиковую кислоту составляет 25%, плотность реагента 1,27 г/см³, поверхностно-активные вещества (ПАВ), обычно используются дисолван, сульфонол, превоцелл, прогалит. Сульфонол поставляется в двойных крафт-мешках, а остальные ПАВ перевозятся и хранятся в стальных бочках. Жидкие ПАВ (дисолван, превоцелл) растворены в этиловом спирте, поэтому являются токсичными легковоспламеняющимися веществами, уксусная кислота (СН₃-СООН).

Для приготовления рабочих растворов при СКО используются: кислота уксусная синтетическая; кислота лесохимическая техническая очищенная (ГОСТ 6968-76), плотностью $1,049 \text{г/cm}^3$, бензолсульфокислота (БСК) (С₆H₆=SO₃H), с 92 % содержанием активной монобензолсульфокислоты. Плотность реагента - 1,3 г/см³.

Растворы кислот под давлением проникают в имеющиеся в пласте мелкие поры и трещины и растворяют загрязняющие их соли, илистые частицы и пр. Для кислотной обработки применяют в основном водные растворы соляной и плавиковой (фтористоводородной) кислоты. Концентрация кислоты в растворе обычно принимается равной 10÷15%, что связано с опасностью коррозионного разрушения труб и оборудования. Однако в связи с широким использованием высокоэффективных ингибиторов коррозии и снижением опасности коррозии концентрацию кислоты в растворе увеличивают до 25÷28 %, что позволяет повысить эффективность кислотной обработки.

Технологический процесс кислотной обработки скважин включает операции закачки кислотного раствора в ствол скважины, продавливание кислотного раствора в пласт при герметизации устья скважин закрытием задвижки. После окончания процесса продавливания кислоты в ПЗП проводят вымывание продуктов реакции за критическую зону пласта.

Соляно - кислотная обработка основана на способности соляной кислоты вступать в химическое воздействие с карбонатными породами и растворять их. В результате обработки соляной кислотой в нефтеносной породе расширяются и углубляются ранее имеющееся трещины и каналы, что способствует лучшему притоку нефти.

Пласты-коллекторы Тенгизского месторождения представлены известняками, на которые благоприятно

воздействует соляная кислота. В связи с этим в проекте ОПР, выполненным НИПИмунайгаз, было рекомендовано освоение скважин с применением соляной кислоты, а также проведение СКО при последующей эксплуатации скважин, если выявлена тенденция снижения их продуктивности.

На месторождении Тенгиз проводились два вида интенсификации притока: соляно-кислотная обработка и кислотный гидроразрыв пласта.

Технология метода предусматривает испытание скважины на приемистость перед началом соляно - кислотной обработки (СКО). В НКТ закачивали на поглощение 10-15 м нефти с добавкой ингибитора коррозии НИИФОХ-3, содержание которого по объему в нефти составило 10%. Затем при начальном давлении на устье 39-52.9 МПа и конечном 24-51 МПа закачивали в среднем 50 м кислотной композиции. Наиболее часто использовалась следующая композиция:

- 1.12- 24% соляная кислота
- 2. Метанол
- 3. Ингибитор коррозии НИИФОХ-3 67% 30% 3%

На последнем этапе кислотный раствор продавливали 10% ингибированной нефтью (10-15 м), после чего скважину оставляли для реакции на 3-24 часов. После этого проводили очистку скважины путем отработки в амбар. Если обработка давала положительный результат, но дебит нефти сохранялся непродолжительное время, проводили повторные обработки.

Всего на месторождении проведено СКО в 24 скважинах (36 скважин-операций). Работы для каждой скважины проводились по индивидуальной программе оптимизации притока.

В результате проведенных работ положительный эффект получен в 21 скважинах (всего 33 скважино-операций) в виде увеличения дебитов нефти в 1.1 (скв. 104) - 2.04 раза (скв. 113). По данным исследований коэффициенты продуктивности увеличились в 1.7 - 3 раза. По отдельным скважинам наблюдалось постепенное снижение дебитов, в связи с чем, в них СКО проводилась повторно. При этом дебиты скважин увеличились до уровня дебитов, полученных после проведения первых СКО (скважины 6, 12, 16, 26, 419). По 3 скважинам (скв.3 с интервалом перфорации 4889- 4914 м и скв.25 с интервалом перфорации 4889- 4914 м и скв.25 с интервалом перфорации 4152-4197 м) эффект не получен из-за низкой естественной продуктивности пластов.

Выводы:

- кислотная обработка применяется в песчаниках для очистки порового пространства, в известняках как для очистки порового пространства, так и для создания новых и увеличения размеров имеющихся каналов;
- пласты-коллекторы Тенгизского месторождения представлены известняками, на которые благоприятно воздействует соляная кислота, в связи с этим в проекте ОПР было рекомендовано освоение скважин с применением соляной кислоты;
- в результате проведенных СКО положительный эффект получен в 21 скважинах, продуктивности которых увеличились в 1.7 ... 3 раза.

Список литературы

- 1. Ибатуллин Р.Р. и др. Увеличение нефтеотдачи на поздней стадии разработки месторождения. М.: Недра, 2004 345 с.
- 2. Лысенко В.Д. Инновационная разработка нефтяных месторождений. М.: Недра, 2000 276 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Оразбек Зарина Имамбаевна магистрант, Алдамжаров Нурлан Нурмашевич канд.тех.наук,доцент, Рахимов Абельшаек Абельхаликович

канд.тех.наук,доцент, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,г. Уральск

Структура сырьевой базы Карачаганака такова, что традиционный ввод месторождений с низкопроницаемыми коллекторами в разработку при разбуривании вертикальными скважинами (ВС) может быть экономически нецелесообразным, а иногда невозможным, вследствие чего значительный объем запасов может оказаться невовлеченным в промышленную разработку.

В этих условиях наиболее рациональное направление улучшения использования трудноизвлекаемых запасов — переход на принципиально новые системы разработки месторождений с применением горизонтальных скважин (ГС), которые, имея повышенную поверхность вскрытия пласта, снижают фильтрационное сопротивление в призабойных зонах и являются перспективным методом не только повышения производительности скважин, но и величины нефтеотдачи продуктивных пластов.

Горизонтальные скважины эффективно используют в следующих случаях: в трещиноватых коллекторах с их помощью лучше дренируют нефтяные пласты; в коллекторе с подошвенной водой или с газовой шапкой горизонтальные скважины используют, чтобы уменьшить опасность обводнения или прорыва пластового газа в скважину; в низкопроницаемых коллекторах горизонтальные скважины лучше дренируют пласт, что позволяет сократить число скважин [1.с.134].

Вскрытие продуктивной толщи горизонтальным стволом скважины увеличивает площадь фильтрации, исключает возможность поступления воды в процессе эксплуатации и особенно эффективно для низкопроницаемых комплексов с вертикальной трещиноватостью. Мировой опыт использования горизонтальных нефтяных и газовых скважин позволяет определить следующие наиболее целесообразные направления их применения:

- повышение продуктивности скважин за счет создания одного или нескольких горизонтальных забоев;
- повышение добывающих возможностей скважин за счет продления периода "безводной" эксплуатации;
- повышение степени извлечения углеводородов из недр за счет интенсификации перетоков углеводородов из низкопродуктивных зон по площади залежи к продуктивному разрезу;
- повышение степени извлечения жидких углеводородов за счет повышения эффективности процессов активного воздействия на пластовые флюиды;
- повышение эффективности создания и эксплуатации подземных хранилищ газа с помощью концентрированных систем горизонтальных скважин.

В настоящее время за рубежом использование горизонтальных скважин и их систем при разработке месторождений имеет массовый характер.

Разветвленные и горизонтальные скважины бурят в сравнительно устойчивых продуктивных разрезах мощностью 20-40 м и выше. Проводка разветвленно-горизонтальных скважин в залежах определенного типа обеспечивает 20-кратное увеличение текущей добычи только при 2-3-кратном повышении стоимости бурения.

Практика эксплуатации разветвленных и горизонтальных скважин показала, что производительность их по сравнению со средней производительностью соседних обычных скважин возрастает в 30-35 раз, а по сравнению с производительностью наиболее высокодебитных скважин - в 5-10 раз. При этом значительно увеличивается общая нефтеотдача залежей.

Проводка горизонтальных скважин характеризуется замедлением темпа углубления ствола и удорожанием буровых работ. Вследствие увеличения протяженности скважины за счет удлинения стволов в продуктивном пласте, роста накладываемых на технологию проводки скважин ограничений, а также усложнения буровых и геофизических работ стоимость и продолжительность бурения горизонтальных скважин в 1,5-2,5 раза выше, чем у обычных скважин.

Экономическая эффективность горизонтального вскрытия продуктивных пластов в основном достигается за счет экономии средств и времени от сокращения числа скважин. При разработке нефтяных месторождений экономический эффект от применения этого способа вскрытия пластов достигается в результате сокращения капитальных затрат на бурение скважин и обустройство промыслов, а в последующем за счет сокращения эксплуатационных расходов [2.с.103].

Особенно высокая эффективность применения рассматриваемого способа вскрытия пластов достигается при разработке нефтяных залежей, представленных карбонатными коллекторами с их крайне неравномерной нефтенасыщенностью и проницаемостью. На таких месторождениях расходы по разработке могут быть сокращены не менее чем в 3-6 раз.

В Казахстане бурение и освоение горизонтальных скважин является перспективным направлением. В нашей стране имеется несколько месторождений, где пробурены горизонтальные скважины. Государство заинтересовано в увеличении добычи углеводородного сырья. Скважины с горизонтальными стволами могут послужить отличным направлением для осуществления данной цели.

В этих условиях Карачаганака наиболее рациональное направление улучшения использования трудно-извлекаемых запасов – переход на принципиально новые системы разработки месторождений с применением горизонтальных скважин ГС, которые, имея повышенную поверхность вскрытия пласта, снижают фильтрационное сопротивление в призабойных зонах и являются перспективным методом не только повышения производительности скважин, но и величины нефтеотдачи продуктивных пластов. Особенно важно применять системы

разработки с ГС на месторождениях с высокой геологической неоднородностью, разрозненностью, наличием многочисленных зон замещения продуктивных пластов и зон выклинивания.

Следовательно, повышается степень охвата пласта дренированием, возникает возможность увеличить воздействие рабочим агентом. Горизонтальные стволы, проходя по продуктивному пласту на сотни метров, а в отдельных случаях несколько сотен метров, могут открыть в неоднородном пласте участки трещиноватых зон с повышенной проницаемостью, что позволит получить по этим скважинам дебиты в несколько раз выше, чем по вертикальным. Появляется возможность разбурить газонефтяные залежи с общирными подгазовыми зонами и водонефтяные залежи значительно меньшим числом скважин и разрабатывать эти объекты при минимальных депрессиях.

Мировой и отечественный опыт проводки горизонтальных скважин свидетельствует о том, что их применение позволяет значительно улучшить текущие технологиразработки низкопроницаемых ческие показатели коллекторов, а в ряде случаев перевести забалансовые запасы нефти в балансовые: в частности, темпы отбора нефти из систем ГС по сравнению с системами вертикальными скважин (ВС) повышаются в 3-5 раз, увеличиваются дебиты скважин, сокращаются сроки разработки. Можно предположить, что применение ГС в этих условиях позволит обеспечить темпы выработки запасов на уровне рентабельности. Годовой темп отбора может быть не менее 2-3%, в то время как при применении ВС этот показатель не превышает 1–1,5%. При этом необходимо отметить, что удельные извлекаемые запасы в расчете на одну ГС раза выше, чем для ВС [3.с.34].

Использование ГС требует за счет сокращения их общего числа на объектах значительно меньших в 1,5–2 раза капитальных вложений на бурение скважин при относительном росте до 70% стоимости каждой ГС за счет усложнения их конструкций. Однако, при массовом бурении ГС стоимость одного метра проходки, как показывает мировой опыт, может быть доведена до стоимости проходки ВС. Это создает еще более благоприятные предпосылки для повышения эффективности использования ГС.

Цель данной работы: обосновать целесобразность перехода на принципиально новые системы разработки с применением горизонтальных скважин для увеличения дебита жидких углеводородов на примере месторождения Карачаганак. Для моделирования были отобраны 20 скважин, которые расположены на различных участках коллектора. Эти скважины были отобраны из фонда намеченных для углубления существующих скважин и из первой группы проектных новых скважин.

Для каждой скважины были смоделированы разные схемы заканчивания:

- вертикальная скважина с вскрываемым интервалом 100-150 м;
- горизонтальная скважина с вскрываемым интервалом 200 м;
- горизонтальная скважина с вскрываемым интервалом 400 м;
- горизонтальная скважина с вскрываемым интервапом 600 м;
- горизонтальная скважина с вскрываемым интервалом 800 м.

Моделировалась работа скважин в течение двух лет с постоянной депрессией на забое в 3.0 МПа. После этого был подсчитан коэффициент продуктивности по нефти (P_1) по каждой скважине и по каждой категории скважин с различной длиной горизонтальной секции, а также соотношение с продуктивностью вертикальной скважины. Соотношение продуктивности горизонтальных скважин с вертикальной $P_{\text{Irop.}}/P_{\text{Iверт}}$ составило:

вертикальная 1.0
горизонтальная, 200м
горизонтальная, 400м
горизонтальная, 600м
горизонтальная, 800м
горизонтальная, 800м
8.5

Отсюда видно, что с увеличением длины горизонтального ствола увеличивается соотношение между P_{Irop} и $P_{\text{Iверт}}.$

Наличие горизонтальных непроницаемых барьеров в залежи при соотношении вертикальной и горизонтальной проницаемости менее 1 может повлиять на производительность горизонтальных скважин и, при некоторых обстоятельствах, сильно уменьшить коэффициент продуктивности.

Для определения влияния этого важного параметра из общей модели была выделена секторная модель и были просчитаны некоторые варианты чувствительности. Был вычленен участок размером 4.0х4.0 км из юго-западного района, наиболее интересного с точки зрения продуктивности нефтяной оторочки. Затем размеры ячеек были уменьшены до размера 100х100 метров в центральной части секторной модели. По вертикали все геологические слои в нефтяной оторочке были подразделены на 4 подслоя, каждый из которых имел толщину 15-20 метров. Таким образом, нефтяная оторочка представлена по крайней мере 10 слоями. Расчеты проводили для трех типов скважин:

- вертикальная скважина со вскрытым интервалом 100-150 м;
- горизонтальная скважина с вскрываемым интервалом 200-800 м;
- наклонная скважина с вскрываемым интервалом 200-800 м.

Наклонная скважина на самом деле была почти горизонтальной скважиной, так как предполагаемый угол наклона был 75-85 градусов, у горизонтальной скважины он составляет 90 градусов. Были сделаны расчеты на 5 лет, давление в коллекторе в нефтяной оболочке сравнивалось с показаниями модели всего месторождения. Граничные условия были аналогичными, все варианты были смоделированы с постоянной депрессией 3.0 МПа.

Затем на секторной модели было просмотрено несколько вариантов с различной длиной продуктивного интервала для горизонтальных и наклонных скважин и в обоих случаях был подсчитан коэффициент продуктивности (PI) после двух лет добычи и проведено сравнение с вертикальной скважиной. Были просчитаны два варианта. В первом варианте было смоделировано такое же количество горизонтальных барьеров как и в полной основной модели месторождения. Во втором варианте было увеличено количество горизонтальных барьеров. В обоих вариантах использовались три различные соотношения Кв/Кг – 1.0; 0.5; 0.1. Результаты приводятся на рисунках 1 и 2.

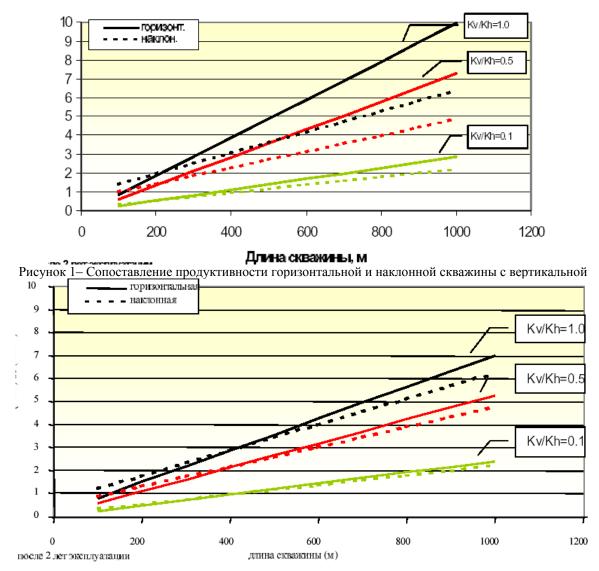


Рисунок 2 – Сопоставление продуктивности горизонтальной и наклонной скважины с вертикальной при наличии горизонтальных барьеров

По первому варианту (рисунок 1) видно, что горизонтальная скважина всегда имеет лучшие показатели чем наклонная скважина, даже если Кверт/Кгор=0.1, оба типа скважин очень похожи. В случае, если Кверт/Кгор=0.1, необходима горизонтальная длина по крайней мере 600-800 метров для того, чтобы показатель продуктивности увеличился по сравнению с вертикальной скважиной. Эта особенность подчеркивает важность определения соотношения Кверт/Кгор для этого коллектора.

По второму варианту (рисунок 2) наличие некоторого количества горизонтальных барьеров значительно снижает преимущества горизонтального бурения по сравнению с наклонными скважинами. Показатели продуктивности обоих типов скважин похожи, несмотря на то, что при небольшой длине наклонная скважина имеет лучшие показатели чем горизонтальная скважина.

На основании этих расчетов были сделаны следующие выводы:

- оптимальная длина горизонтальной скважины 400-600 метров, при этом показатель ее продуктивности в 6-7 выше чем у вертикальной;
- низкое соотношение Кверт/Кгор (например 0.1) намного уменьшает

- эффективность горизонтальной скважины по сравнению с вертикальной;
- высокая степень неоднородности в коллекторе (горизонтальные барьеры) значительно снижает показатель продуктивности (PI);
- показатели горизонтальной скважины в основном лучше чем у наклонной скважины.

Список литературы

- 1. Ибатуллин Р.Р. Теоретические основы процессов разработки нефтяных месторождений: Курс лекций. Часть 1. Системы и режимы разработки: Учеб.мет. пособие. Альметьевск: АГНИ, 2007 356 с.
- 2. Муслимов Р.Х. Современные методы повышения нефтеизвлечения: проектирование, оптимизация и оценка эффективности: Учеб.пособие. Казань: издво «Фэн» Академии наук РТ, 2005 245 с.
- 3. Увеличение нефтеотдачи на поздней стадии разработки месторождений (методы, теория, практика) /Р.Р. Ибатуллин, Н.Г. Ибрагимов, Ш.Ф. Тахаутдинов, Р.С. Хисамов. – М.: Недра – Бизнесцентр, 2004.

ТЕПЛООТДАЧА ВОГНУТОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЬЦЕВОГО КАНАЛА С НЕПРЕРЫВНОЙ ПО ДЛИНЕ ЗАКРУТКОЙ ПОТОКА ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ОБОГРЕВЕ

Самигуллина Диляра Задитовна

Студентка

Яковлев Анатолий Борисович

Канд. техн. наук, доцент кафедры теплотехники и энергетического машиностроения Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева, г. Казань

Во многих элементах энергоустановок имеют место кольцевые каналы. Особенностью таких каналов является возможность осуществления теплообмена через одну или обе стенки. Для интенсификации теплообмена в кольцевых каналах, может быть использована закрутка потока.

Чаще всего для интенсификации теплообмена применяют непрерывную по длине закрутку потока, которая может быть образована спирально навитой на центральное тело проволокой (рис.1).

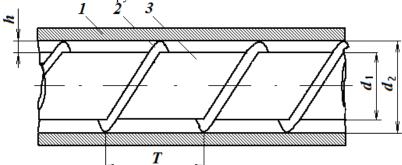


Рисунок 1. Продольное сечение кольцевого канала с закруткой: 1, 3 — тепловыделяющие элементы, 2 — спиральная проволочная навивка

В настоящее время теплоотдача в кольцевых каналах с закруткой мало исследована, имеющиеся данные по-

лучены в ограниченных диапазонах режимных и конструктивных параметров (таблица 1) и носят в основном качественный характер.

Таблица 1.

Экспериментальные исследования теплоотдачи в кольцевых каналах с непрерывной по длине закруткой

	ие песиедо	виния тенатоотда т	и в кольцеві	ых каналах с пспрерывной	по длине закруткой
					Условия теплообмена
Авторы	h, mm	d_1/d_2	D/(2h)	Теплоноситель	
Тарасов Г.И., Щукин	1.54.5	0.3270.781	1.15.2	Воздух ($P≈0.1 МПа,$	Отвод теплоты на во-
B.K. [5]				$Re_{B}=10^{3}5\cdot10^{4}$	гнутой поверхности
Вилемас Ю., Пошкас	26	0.6650.889	2.842.1	Воздух (Р≈0.1 МПа,	Двухсторонний подвод
П. [2]				$Re_{\rm B} = 10^3 \dots 3.4 \cdot 10^5$	теплоты
				,	
Болтенко Э.А.	1	0.778	4.38.5	Вода (Р≈10 МПа,	Двухсторонний подвод
и др. [1]				$Re_{\rm B} = 2 \cdot 10^3 \dots 5 \cdot 10^4$	теплоты
Устименко Б.П. [6]	3050	0.740.9	7.2	Воздух (Р≈0.1 МПа,	Двухсторонний отвод
				$Re_{\rm B} = 3.10^41.5.10^5$	теплоты
				,	
Тарасевич С.Э. и др.	1	0.88	8.323.5	Вода (Р=0.11 МПа,	Двухсторонний подвод
[3]		$(d_1 = 15 \text{ MM}, d_2 = 17)$		$Re_B = 2.10^32.5.10^4$	теплоты (<i>q</i> =1002000
		мм)		·	кВт/м ²)

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования местной теплоотдачи в относительно узких кольцевых каналах ($d_1=7\,\,\mathrm{mm}$ — диаметр выпуклой поверхности, $d_2=9\,\,\mathrm{mm}$ — диаметр вогнутой поверхности) с закруткой при одностороннем электроконтактном подводе теплоты к вогнутой стенке, стабилизированном течении воды и следующих режимных и конструктивных параметрах: давлении $P=3...10\,\,\mathrm{M\Pi a}$, числе Рейнольдса, подсчитанному по винтовой скорости $\mathrm{Re_{B}=3000...60000}$. Закрутка потока организована спирально навитой на центральное тело проволокой (рисунок 1). Шаг навивки проволоки $T=30\,\,\mathrm{mm}$. Всего обработано около 125 экспериментов, включающих в себя более 2000 экспериментальных точек.

В работе [3] отмечено, что на вогнутой поверхности кольцевых каналов с непрерывной по длине закруткой теплоотдача одинакова в каналах с различными шагами навивки закручивающего устройства при одинаковой высоте кольцевого зазора и одинаковом числе Рейнольса Re_B , подсчитанном по винтовой скорости. Поэтому результаты по локальной теплоотдаче при конвективном теплообмене на вогнутой поверхности кольцевого канала с закруткой были представлены в виде зависимости числа Нуссельта Nu от числа Re_B (в качестве определяющего размера в числах подобия используется эквивалентный диаметр кольцевого канала d_e = d_2 - d_1 =2h). Очевидно что, с ростом числа d_0 0 Рейнольдса теплоотдача увеличивается (рисунок 2).

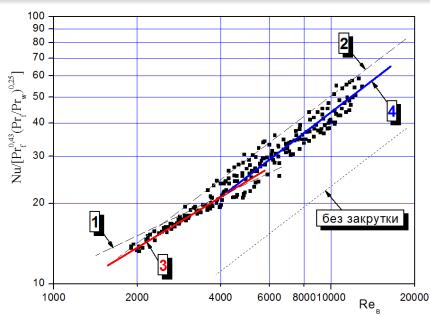


Рисунок 2. Зависимость теплоотдачи на вогнутой поверхности от числа Рейнольдса при конвективном теплообмене в кольцевом канале с закруткой в условиях одностороннего обогрева:
1 — расчет по уравнению (1); 2 — расчет по уравнению (2); 3 - расчет по уравнению (3);
4 — расчет по уравнению (4)

Можно выделить ламинарную и турбулентные области, которые отличаются наклоном относительно оси абсцисс. Критическое число Рейнольдса, при котором происходит переход от ламинарного режима к переходному составляет \sim 4000. При этом ламинарная область удовлетворительно (с отклонением $\pm 10\%$) описывается зависимостью, полученной в работе [3] для случая одностороннего обогрева:

$$Nu = \left(0.23 - 0.96 \cdot \lg \frac{d_1}{d_2}\right) Re_{_{\rm B}}^{0.5} Pr_{_{\rm f}}^{0.43} \left(\frac{Pr_{_{\rm f}}}{Pr_{_{\rm w}}}\right)^{0.25}$$

(1) Также на графике видно, что теплоотдача в кольцевом канале с закруткой при турбулентном течении почтив 1.8 раза выше, по сравнению с теплоотдачей в кольцевом канале без закрутки по данным [4]. При этом средние значения теплоотдачи на вогнутой поверхности в данном исследовании при одностороннем подводе теплоты примерно в 1.2 раза меньше значений теплоотдачи при двухстороннем обогреве, рассчитанным по формуле С.Э.Тарасевича и др. [3]:

$$Nu = \left(0.022 - 0.091 \cdot \lg \frac{d_1}{d_2}\right) Re_{_{\rm B}}^{0.8} Pr_{_{\rm f}}^{0.43} \left(\frac{Pr_{_{\rm f}}}{Pr_{_{\rm w}}}\right)^{0.25}$$
(2)

Аналогичное соотношение теплоотдачи при одно- и двустороннем обогревах наблюдается и в кольцевом канале без закрутки. Это связано с тем, что минимальное значение профиля температуры при одностороннем подводе теплоты находится на противоположной необогреваемой стенке канала, а при двухстороннем нагреве этот минимум находится между стенками, т.е. ближе к теплообменной поверхности. Поэтому теплоотдача при двухстороннем обогреве выше.

Полученные в работе данные могут быть обобщены с доверительной вероятностью 0.95 и погрешностью $\pm 20\%$ следующими зависимостями (рисунок 2): при $Re_B < 4000$

$$Nu = 0.12 \cdot Re_{_{B}}^{0.63} Pr_{_{f}}^{0.43} \left(\frac{Pr_{_{f}}}{Pr_{_{U}}}\right)^{0.25}$$
 (3)

при Re_в>4000

$$Nu = 0.026 \cdot Re_{_{B}}^{0.8} Pr_{_{f}}^{0.43} \left(\frac{Pr_{_{f}}}{Pr_{_{w}}}\right)^{0.25}.$$
 (4)

Таким образом, в данном разделе получены зависимости для расчета теплоотдачи на вогнутой поверхности кольцевого канала с закруткой потока при ламинарном и турбулентном течении и одностороннем обогреве.

Список литературы

- Болтенко Э.А., Тарасевич С.Э., Обухова Л.А. Интенсификация теплосъема в кольцевых каналах с закруткой потока. Конвективный теплообмен // Изв. Академии наук. Энергетика. 2001, №3, с. 99-104
- 2. Вилемас Ю., Пошкас П. Теплоотдача в газоохлаждаемых каналах при воздействии термогравитационных и центробежных сил. Вильнюс: Изд-во «Academia», 1992. 240 с.
- 3. Ильин Г.К., Тарасевич С.Э., Яковлев А.Б. Теплоотдача в кольцевых каналах с закруткой потока // Теплоэнергетика. 2010, №3, с.60-64.
- 4. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. Учебное пособие для вузов. Под ред. Б.С. Петухова, 2-е изд. перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986. 548 с.
- 5. Тарасов Г.И., Щукин В.К. Экспериментальное исследование теплоотдачи в каналах с протяженными интенсификаторами шнекового типа // Тепло- и масссообмен в двигателях летательных аппаратов. Межвузовский сборник, вып.1, Казань: Изд-во КАИ, 1977. С.40-45.
- 6. Устименко Б.П. Процессы турбулентного переноса во вращающихся течениях. Алма-Ата: Наука, 1977. 226 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Семин Михаил Иванович

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Детали машин и теория механизмов» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).

Карелина Мария Юрьевна

Доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой «Детали машин и теория механизмов» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).

Общая тенденция в промышленности, авиации и на транспорте по снижению массы изделий при одновременном улучшении их эксплуатационных показателей во многих случаях реализуется путем замены металлов в конструкциях на полимерные композиционные материалы, либо их совместного рационального комбинированного использования. Применение для этих целей специальных усиленных с помощью накладок из композиционных материалов несущих элементов конструкций типа балок, рам осуществляется путем использования клеевых, механических или комбинированных клеемеханических соединений.

Использование комбинированных клеемеханических соединений в этом случае более предпочтительно, поскольку клеевая прослойка позволяет снизить пики напряжений в концевых зонах их концентрации за счет достаточно протяженной области передачи усилий с элемента на элемент [1], а механический крепеж обеспечивает общую надежность соединительного узла. Практика проектирования рациональных комбинированных соединений заключается в обеспечении раздельного восприятия внешних нагрузок элементами соединений [3].

Разработка критериев эффективности соединений с применением композиционных материалов [2], позволяющих оценивать характеристики прочности, приходящиеся на единицу изменения массы, позволила описать области рационального применения различных видов соединений.

Проектирование соединений обычно взаимосвязано с разработкой самого изделия, причем в комбинированных клеемеханических соединениях рационально должны быть в отдельности спроектированы механические соединения, то есть в силовой схеме изделия необходимо уточнить нагрузки на соединение, среду и условия эксплуатации, выбрать наиболее пригодное полимерное связующее, композиционный материал и его структуру, обоснованно подобрать конструктивные параметры соединения, назначить наиболее выгодный технологический процесс и необходимые виды экспериментальных исследований. Так в космической промышленности рекомендуется до 10% изделий доводить до разрушения.

Для слоистых композиционных материалов ослабление несущих пластин отверстиями под крепеж связано с проявлением при простом растяжении отслаивающих напряжений (в направлении, перпендикулярном плоскости пластины). Этот эффект присущ и металлам, причем уровень указанных напряжений сравним с величиной напряжений растяжения [5].

Наше расчетное моделирование зоны механического крепежа болтового соединения углепластика КМУ-4Л толщиной 1,6 мм с болтом из стали 30ХГСА двумя слоями объемных конечных элементов для оценки локальной прочности при использовании тензорно-полиномиального критерия показало [5], что без затяжки при нагрузке в 1 кН запас прочности составил 0,66, а при моменте затяжки в 20 Нм повысился до 1,11, что согласуется с исследованиями влияния натяга на местную прочность [3]. Отметим, что современные анаэробные смолы позволяют надежно обеспечить стопорение резьбовых крепежных деталей.

Проведенный анализ свойств слоистых стеклопластиков, органопластиков и углепластиков [1] позволяет рекомендовать для усиливающих накладок в силовых элементах конструкций типа балок и рам углепластик, а в качестве связующего - полимеры на основе эпоксидных смол.

Ниже приведены результаты экспериментального исследования для инженерной оценки влияния на статическую прочность моделей болтовых соединений углепластика конструктивных параметров и момента затяжки.

На первом этапе определялись механические характеристики композиционного материала (предел прочности при растяжении - $\sigma_{\scriptscriptstyle B}$, предел пропорциональности - $\sigma_{\text{пц}}$, относительное удлинение, соответствующее величине разрушающей нагрузки, - ф, модуль упругости - Е, коэффициент Пуассона - µ). Углепластик представлял из себя композит, изготовленный методом прямого прессования и состоящий из чередующихся слоев поверхностно обработанной на воздухе ленты ЛУ-П-0,2, пропитанной ЭНФБ. Изготовлены были $(90/0_3/+45/-45/0_3/90)$. Размер исходных плит 450х450 мм. Разрезку плит на образцы проводили алмазным кругом под углами 0° , 45° , 90° по отношению к углу 0° . В табл. 1 приведены характеристики исследуемого материала.

Таблица 1.

Механические характеристики углепластика КМУ-4Л (связующее ЭНФБ, чередующиеся слои ленты ЛУ-П-0,2)

Пластик	θ°	σ _{пц} , МПа	σ _в , МПа	Е, ГПа	μ	φ, %
	0	455	460	95	0,325	0,51
КМУ-4Л	90	170	280	38	0,151	0,50
	45	159	230	32	0,506	0,51

Для проведения исследования использовалось специальное приспособление (рисунок 1), позволяющее за счет изменения диаметра отверстия d под болт при постоянных значениях величин c, l, w оценивать влияние конструктивных параметров w/d, c/d, H при различных моментах затяжки (0,20 и 40 Нм). Объемы

экспериментальных выборок составили 8...10 образцов. Проведенная статистическая обработка результатов испытаний позволила заключить, что распределение характеристик прочности описывается нормальным законом. Коэффициенты вариации при испытании моделей болтовых соединений не превышают 15%.

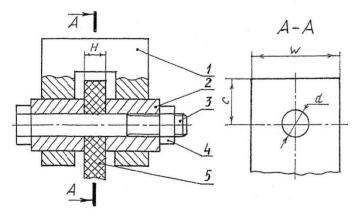


Рисунок 1. Приспособление для испытаний моделей болтовых соединений: 1- нагружающая вилка, 2 - втулки с постоянным наружным и переменным внутренним диаметрами, 3 - болт, 4 - гайка, 5 - углепластик.

Основными результатами, полученными путем испытаний моделей болтовых соединений углепластиковых пластин по схеме «ухо-вилка» с учетом момента предварительной затяжки, являются построенные на основе ста-

тистической обработки данных зависимости номинальных напряжений σ_{cm} , σ_{H} , τ_{cp} (в ослабленном сечении) и $\sigma_{\delta p}$ (в неослабленном брутто- сечении), соответствующих уровню разрушающей нагрузки, от безразмерных параметров d/H, c/d, w/d и момента затяжки M:

$$\sigma_{\text{\tiny CM}} = \frac{F_p}{d*H}; \ \sigma_H = \frac{F_p}{(w-d)*H}; \ \tau_{\text{\tiny CP}} = \frac{F_p}{2*c*H}; \ \sigma_{\text{\tiny Gp}} = \frac{F_p}{w*H}, (1)$$

где: F_p - разрушающая нагрузка, H - толщина пластины, d - диаметр отверстия под крепеж.

Изложенный подход позволяет получить наиболее полное описание зависимости прочности на смятие, срез, отрыв по ослабленному сечению от конструктивных параметров (d, c, w). В этом заключается основное его преимущество, поскольку при последующем решении задачи проектирования изделия на конструктивные параметры соединений могут накладываться жесткие ограничения (по массе, габаритам), не позволяющие изменять конфигурацию соединений в широком диапазоне.

Типичные поверхности прочности для болтовых соединений пластин из углепластика приведены на рисунке 2. Результаты испытаний с учетом угла α вырезки образцов представлены на рисунке 3 (угол вырезки отсчитывается от однонаправленных слоев). Прямоугольные образцы имели длину $1=150\,\mathrm{mm}$, $w=30,\,40\,\mathrm{mm}$, значение параметра с составляло $18-20\,\mathrm{mm}$.

Подобные поверхности прочности могут использоваться и для оценки уже существующих соединений.

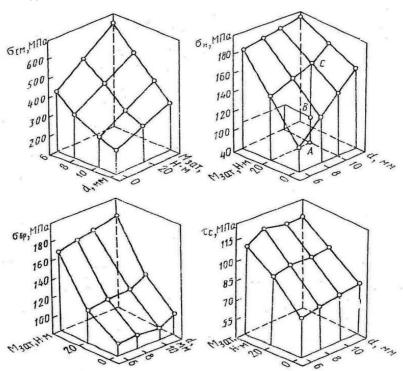


Рисунок 2. Поверхности прочности для болтового соединения пластин из десятислойного углепластика (угол вырезки образцов относительно волокон «нулевого» слоя равен 0); схема определения коэффициента запаса прочности n=AC/AB.

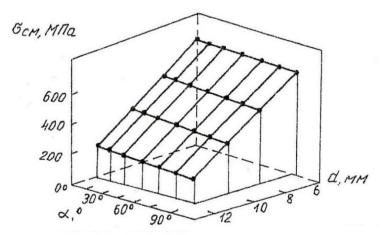


Рисунок 3. Влияние диаметра отверстия под крепежный элемент и соотношения d/H на величины напряжений смятия в зависимости от направления приложения нагрузки к соединению, затянутому моментом M=20~Hм.

Характер разрушения образцов зависел как от направления вырезки, так и от величины момента предварительной затяжки. Эффект изменения толщины образцов (в диапазоне 1...5 мм) проявлялся только для тонких пластин (1 мм), наибольшая прочность достигалась при доле слоев $+45^{\circ}/-45^{\circ}$, равной 80%.

Отметим еще некоторые важные особенности проектирования. Меньшая (по сравнению с соединениями металлических деталей) прочность композиционного материала на срез, смятие и межслоевое отслаивание требует в некоторых случаях специального конструктивного упрочнения самих зон стыка. Для этой цели рекомендуется применять фольгирование зоны соединения (то есть фактически применять в ограниченной области слоистый металлополимер), использовать местное трехмерное армирование либо другие способы упрочнения.

Важное значение имеют при этом вопросы рационального исполнения самого соединения. Так усиливающие конструкцию накладки должны быть нагружены на растяжение. В комбинированных клеемеханических соединениях подбор полимерной связующей прослойки определяется свойствами матрицы композиционного материала и адгезионными ее характеристиками по отношению к основной металлической конструкции.

Соединительная прослойка должна воспринимать большей частью сдвиговые (срезывающие) усилия, а со-

единяемые материалы - растягивающие. Область передачи усилий легко определить по характеру распределения касательных напряжений в клеевом нахлесточном соединении [4]:

$$\tau_y = \frac{F * k}{2sh\left(\frac{kl}{2}\right)} ch\left(y - \frac{l}{2}\right), \tag{2}$$
 где: F - сила на единицу ширины пластины, $k =$

где: F - сила на единицу ширины пластины, $k = \sqrt{\frac{2G}{EH\delta}}$, E - модуль упругости материала накладки, H - ее толщина, G - модуль сдвига клеевой соединительной прослойки, δ - толщина прослойк

В клееболтовых соединениях механический крепеж должен быть расположен за областью передачи усилий, которая в этом случае равна параметру c (рисунок 1, 4). Дополнительный скос кромок при этом минимизирует отрывные (отслаивающие) напряжения в клеевой прослойке. К боковым граням усиливающей накладки, как показывает наше уточненное решение методом конечных элементов [1, 5], в соединительной прослойке (рисунок 5) наблюдается увеличение напряженности, но не более чем на 15 - 20%, что можно компенсировать соответствующим увеличением ширины w и также выполнением скоса.

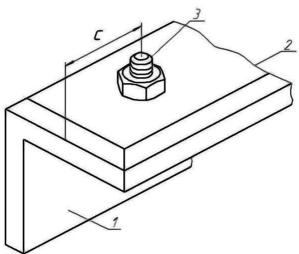


Рисунок 4. Схема расположения краевого механического крепежа (1 – усиливаемый элемент конструкции, 2 – накладка из композиционного материала, 3 – болтовой крепеж).

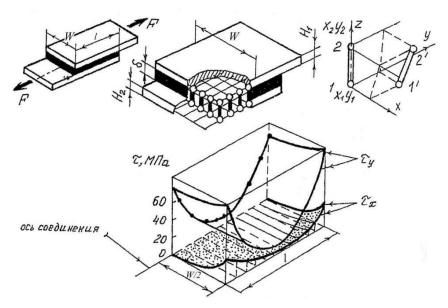


Рисунок 5. Расчетная схема и характер распределения касательных напряжений по ширине пластин; l/w =0,75; $H_1 = H_2$; $H_1/\delta = 20$; F = 9 кH; $E_1 = E_2 = 71$ ГПa; G = 1,12 ГПa.

Список литературы:

- 1. Семин М.И., Стреляев Д.В. Расчеты соединений элементов конструкций из композиционных материалов на прочность и долговечность. М.: Изд-во МГАТУ «ЛАТМЭС», 1966. 288 с.
- 2. Композиционные материалы. Справочник /Под ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.
- 3. Воробей В.В., Сироткин О.С. Соединения конструкций из композиционных материалов. Л.: Машиностроение, 1985. –168 с.
- Царахов Ю.С. Конструирование соединений элементов конструкций ЛА из композиционных материалов. М.: МФТИ. 1980. – 81с.
- 5. Семин М.И. Заклепочные и болтовые соединения композиционных материалов. М.: Машиностроение. 1989. 44c.

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОДБОРА КОМПЛЕКСНЫХ БРИГАД

Шульженко Сергей Николаевич

Канд. техн. наук, доцент кафедры ГСиАрх, ТулГУ, г.Тула

Оптимизация организационной подготовки предполагает разработку графиков загрузки специализированных звеньев рабочих в составе комплексных бригад. В традиционном подходе специализированные звенья принимаются по ЕНиР в соответствии с видом инженерных коммуникаций. Прокладку подземных сетей необходимо производить с учетом очередности "снизу - вверх", тоесть начиная с коммуникаций наибольшего заглубления, затем менее глубоких и заканчивая сетями мелкого заложения в 40-60 см. Однако в настоящее время в крупных городах широко практикуется совместная прокладка различных коммуникаций в специальных проходных коллекторах. [2, с.105]. Из специализированных звеньев формируется состав комплексной бригады. При проведении организационной подготовки разрабатываются графики - календарные планы организации работ. Задача по оптимизации сводных графиков и является предметом рационального подбора комплексных бригад. Алгоритм расчета этого сводного графика дается ниже. При разработке организационно - технологической документации по подготовке строительных площадок календарные графики загрузки специализированных бригад и инженерных служб чаще всего предусматривают порядок включения в специализи-

рованные потоки по наличию средств и обоснованности

проекта. Автором предлагаются теоретические подходы к оптимизации загрузки комплексных бригад.

Для поиска оптимальных решений при территориальной застройке предлагается использовать совмещение работ специализированных строительных организаций. Это возможно, благодаря формированию численного состава комплексных бригад для работы в комплексе и с использованием автоматизированной модели на базе программы «Euvreka». При этом возникает возможность с учетом сложности (квалификации работ):

- 1. Рассчитать оптимальный состав бригад для этапа инженерной подготовки строительства;
- 2. Определять продолжительность работ частных потоков и суммарное затраченное время в сводном календарном плане;

В данной модели объектом исследования является состав работ инженерной подготовки T и мощности для его исполнителя, а предметом исследования — трудозатраты y и состав бригад x.

В работе [4, с.207] исследователи при анализе вариантов формирования строительных бригад отмечают, «нужно стремиться выдерживать постоянное соотношение между трудоемкостью работ в графике и численно-

стью рабочих в бригадах исполнителях. При этом численность каждой специализированной бригады должна быть кратна нормируемой ЕНиР численностью звеньев, входящих в бригаду».

Однако при формировании состава комплексных бригад возникает необходимость и целесообразность совмещения профессий рабочих. С учетом изложенного было

получено два варианта сводного календарного плана организации работ на прокладку инженерных сетей.

Рассмотрим элементы исходного варианта кластера.

При этом, распределим звенья комплексной бригады по объектам кластера с учетом квалификации звеньев и составу работ по организационной подготовке в табл. 1.

Таблица 1.

	Состав работ	с учетом сложности	объектов территориа	льной застро	рйки
Номер объекта	I	II	III		n
Состав работ					
1	$\underline{y_1^1}$	y_1^2	$\underline{y_1^3}$		$\underline{y_1^n}$
	x_1	x_1	x_1		x_1
2	y_2^1	y_2^2	y_2^3		$\underline{y_2^n}$
	$\overline{x_2}$	x_2	x_3		x_2
3	y_3^1	y_3^2	<u>y₃³</u>		$\underline{y_3^n}$
	x_3	x_3	x_3		x_3
K	y_k^1	y_k^2	y_k^3		$\underline{y_k^n}$
	x_k	x_k	x_k		x_k

В табл. 1: 1,2,3,...,k – состав работ по инженерной подготовке объекта;

I, II, III – объекты кластера с очередностью возведения инженерных сетей, формируемой геоинформационной моделью территории кластера;

 \mathcal{Y}_k^n - определяется в чел/час при проектировании;

 \mathcal{X}_k - состав (численность) бригады формируется с учетом плановой выработки

Введем ограничения по численному составу бригады, а именно:

 a_k - минимально возможный состав комплексной бригады по нормам (ЕНиР)

 b_k - максимально возможный состав комплексной бригады по технологическим условиям инженерной подготовки.

При этом должно выполняться неравенство (1):

$$a_k \le x_k \le b_k \tag{1}$$

Для определения продолжительности работ составляются системы неравенств:

$$\frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_1^2}{x_1} \le \frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_2^1}{x_2} \cdot \frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_1^2}{x_1} + \frac{y_1^3}{x_1} \le \frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_2^1}{x_2} + \frac{y_2^2}{x_2}
\frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_1^2}{x_1} + \frac{y_1^3}{x_1} + \dots + \frac{y_1^n}{x_1} \le \frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_2^1}{x_2} + \frac{y_2^2}{x_2} + \frac{y_2^3}{x_2} \dots$$
(3)

При совмещении работ общая продолжительность работ равна (5):

$$T = \left(\frac{y_1^1}{x_1} + \frac{y_1^1}{x_2} + \frac{y_3^1}{x_3} + \dots + \frac{y_k^1}{x_k}\right) + \left(\frac{y_k^2}{x_k} + \frac{y_k^3}{x_k} + \dots + \frac{y_k^n}{x_k}\right)$$
(5)

Поставленная задача реализуется при формировании в г. Туле инженерно подготовленной кластерной застройки в пос. Горелки.

На первом этапе формировалось распределения звеньев комплексной бригады по инженерной подготовке трех объектов кластера с учетом состава и трудоемкости работ.

Таблица 2.

Номер объекта	I	II	III
Состав работ			
1-водоснабжение	121,2	156,24	112,4
	x_2	x_2	x_3
2 – энергосети (отопление)	33,2	45,4	<u>37,5</u>
	x_1	x_1	x_1
3 – канализация	757,6	944,8	615,4
	x_3	x_3	x_3
4 – газ	736,48	956,37	<u>580,1</u>
	x_4	x_4	x_4
5 - электросети	205,27	210,47	260,23
	x_5	x_5	x_5

Решая задачу в программе "eureka", получаем следующие результаты:

Таблица 3.

Результаты	расчета
------------	---------

Solution				
Variables	Values			
T	331.67593			
x1	3.9824684			
x2	10.102128			
x3	18.967314			
x4	14.382138			
x5	3.0700835			

Принимаем состав звеньев комплексной бригады: x1 = 4, x2 = 10, x3 = 19, x4 = 15, x5 = 3.

При этом график продолжительности работ по принятым составам звеньев бригад принимает вид (рис.1):

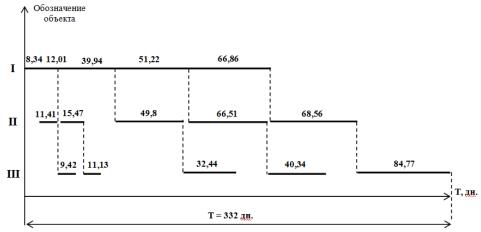


Рисунок 1. График продолжительности работ по принятым составам звеньев комплексной бригады

По второму варианту, который отражает изменения состава бригад с учетом квалификации (или ее повышения) и очередность выполнения работ по объектам кластера (рис.2).

При формировании комплексной бригады, появляется возможность формировать среду по переподготовке кадров и внедрить так называемое «наставничество». Роль учителя может играть свободная среда (социум) с его нормами и нравственными установками. Архитипы и механизмы "Ученый" и "Ученик" особенно часто используются. [3, с. 33].

Автор предлагает формировать комплексные бригады организационной подготовки с учетом внедрения функциональных обязанностей для наиболее квалифицированных рабочих. Для систематизации качественного метода формирования бригад, целесообразно внедрить си-

стему наставничества в виде «Инструкторов производственного обучения». Инструкторы производственного обучения назначаются из числа квалифицированных рабочих, имеющих стаж работы по профессии не менее четырех лет и образование не ниже среднего [1, стр. 216].

Таким образом, сроки, качество, а, следовательно, и надежность организационной подготовки может быть улучшена посредством рационального подбора звеньев комплексных бригад и оптимизации их загрузки на частные потоки.

Статья подготовлена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ (НШ-2252.2014.8), 2014 г., по теме: Интегральная парадигма создания (строительства) и интеллектуального управления (эксплуатации) объектов и инфраструктуры эффективной и безопасной среды жизни и деятельности человека.

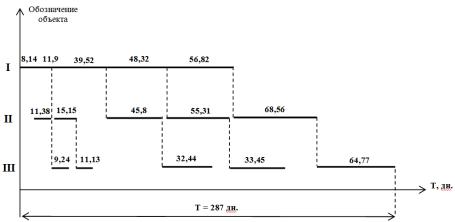


Рисунок 2. График продолжительности работ по составам звеньев комплексной бригады, с учетом квалификации

Список литературы:

- 1. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление качеством: 6-е изд. М.: Омега Л, 2009. 399 с.
- 2. Хадонов Э.М. Организация, планирование и управление строительным производством: учебник. М.: ACB, 2010. 560 с.
- 3. Цыганов В.В. Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем. М.: Академический проект, 2012 346 с.
- 4. Ширшиков Б.Ф. Организация планирования и управление строительством: учебник для вузов. М.: ACB, 2012. 528 с.

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

При производстве фотоэлектрических модулей (ФЭМ) одновременно с определением номинальных значений фотоэлектрических параметров (ток короткого замыкания $I_{\kappa,3}$, напряжение холостого хода $U_{x,x}$, максимальная выходная мощность P_{max}) необходимо на основании оценки показателей точности (неопределенности) устанавливать соответствующие доверительные интервалы результатов измерений указанных параметров.

Методологический подход к расчету неопределенности результата измерения подробно изложен в Руководстве по представлению неопределенности измерения [1], а в стандарте IEC 60904-4:2009 приведен анализ неопределенности при калибровке рабочих эталонов на основе кристаллического кремния с использованием аттестованных методов. Однако при измерении фотоэлектрических параметров высокоэффективных солнечных элементов (СЭ) нового поколения требуется разработка и реализация индивидуального подхода к определению показателей точности, учитывающего специфику исследуемого объекта многопереходную структуру на основе современных полупроводниковых материалов (кристаллические АЗВ5 или тонкопленочные a-Si:H/µc-Si:H). Задача усложняется при оценке неопределенности измерения фотоэлектрических параметров многоэлементных ФЭМ, в том числе тонкопленочных полноразмерных изготавливаемых в едином технологическом процессе, при использовании экспериментального лабораторного оборудования с целью дальнейшей адаптации разработанной методики к условиям производственной линии [2].

В данной работе предложена методика оценки точности результатов измерений, производимых на имитаторах солнечного излучения, для фотоэлектрических параметров ($I_{\text{к.з.}}$, $U_{\text{х.х.}}$, P_{max}) полноразмерных (1300 мм × 1100 мм) двухпереходных а-Si:H/ μ c-Si:H ФЭМ, изготавливаемых методом плазмохимического осаждения тонких пленок аморфного и микрокристаллического кремния [3].

Методика реализуется в следующей последовательности:

- анализ источников неопределенности измерения фотоэлектрического параметра и формирование причинно-следственных связей между выявленными источниками;
- определение основных составляющих суммарной неопределенности измерения фотоэлектрического параметра;
- оценка стандартных неопределенностей для величин, определяющих значение результата измерения определенного фотоэлектрического параметра;
- расчет суммарной расширенной неопределенности измерения и установление доверительного интервала для фотоэлектрического параметра.

Анализ источников неопределенности измерения

Результат измерения фотоэлектрического параметра формируется в процессе взаимодействия элементов измерительной системы: объекта измерений, испытательного оборудования и вспомогательных устройств, метода измерения, параметров окружающей среды и обслуживающего персонала. Детальное рассмотрение каждого из

элементов позволяет выявить источники неопределенности измерений.

В данной работе анализ источников неопределенности выполняется с использованием причинно-следственной диаграммы Исикавы, которая позволяет наглядно представлять факторы, формирующие неопределенность и устанавливать причинно-следственные связи

между ними. На Рисунке 1 представлена диаграмма Исикавы, определяющая источники неопределенности измерения максимальной выходной мощности ФЭМ. В ее структуру входят причинно-следственные диаграммы, описывающие источники неопределенности для тока короткого замыкания, напряжения холостого хода и коэффициента заполнения вольтамперной характеристики.

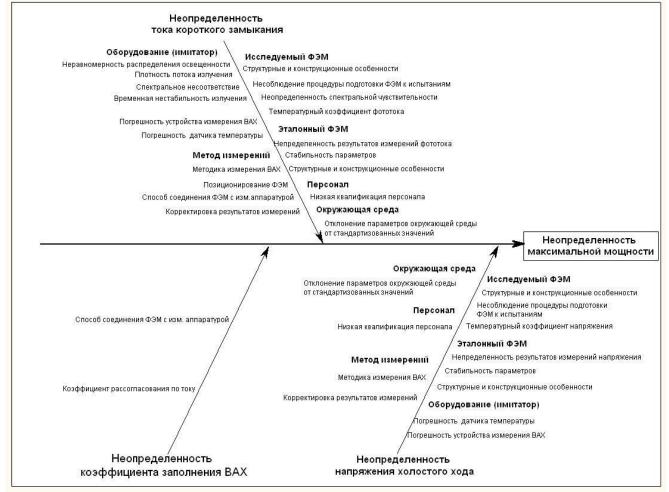


Рисунок 1. Диаграмма Исикавы для анализа источников неопределенности измерений максимальной выходной мощности ФЭМ

При формировании диаграммы для каждого рассматриваемого выходного нормируемого фотоэлектрического параметра устанавливались следующие основные источники неопределенности измерения: «Образец», «Метод», «Оборудование», «Эталон», «Окружающая среда», «Персонал». Детальное описание каждого из источников приведено в [4, с. 8; 5, с. 3527].

Определение основных составляющих суммарной неопределенности измерения фотоэлектрического параметра

На основании данных, представленных на диаграмме Исикавы, определяются составляющие суммарной неопределенности измерения соответствующего фотоэлектрического параметра. В данной работе все составляющие неопределенности разделены на группы: оптические; электрические; температурные; составляющие, связанные с эталонным модулем.

Оценка стандартных неопределенностей для величин, определяющих значение результата измерения нормируемого фотоэлектрического параметра

Основные группы и формирующие их составляющие для фотоэлектрических параметров $I_{\kappa,3}$, $U_{x,x}$ приведены в Таблицах 1, 2.

Оценивание значения каждой из составляющих суммарной неопределенности измерения фотоэлектрического параметра выполняют в форме стандартной неопределенности по типу B [1, c. 11]. В данном примере для оцеиспользовались данные o технических характеристиках имитатора солнечного излучения, исследуемом и эталонном модулях, особенностях метода проведения измерений измерительным оборудованием и формирования результата измерения. Значение стандартной неопределенности определяется как отношение интервала допустимых значений соответствующей характеристики при заданном уровне доверительной вероятности (значения указаны в Таблицах 1, 2 в скобках) к коэффициенту охвата (k), устанавливаемому в соответствии с предполагаемым законом распределения анализируемой величины. При вычислении стандартных неопределенностей, относящихся к группе «Температура», интервал допустимых значений (в %) определяется как произведение соответствующего температурного коэффициента (в %/°С) и интервала допустимых значений (в °С).

Таблица 1.

Бюлжет неопределенностей при расчете суммарной расширенной неопределенности тока короткого замыкания ФЭМ

ьюджет неопределенностеи при расчете суммарнои расши	тренной неопре		короткого замыкания ФЭМ		
Источники неопределенности	Закон рас- пределения	Коэффициент охвата k (P = 95 %)	Стандартная неопределенность, u_c , %		
Оптическая	составляющая				
Спектральное рассогласование:					
	Нормальный	$\sqrt{\frac{2}{2}}$	11,07/10=1,107		
чувствительность эталонного модуля $(\pm 2,12\%)$;	То же	2	(1,06)		
чувствительность исследуемого модуля ($\pm 2,12\%$);	Равномер-	1/3	(1,06)		
несоответствие излучения имитатора (±19 %)	ный		(10,97)		
Неравномерность распределения освещенности в рабочей области (±3 % для используемой модели ИСИ)	То же	$\sqrt{3}$	1,732		
Отклонение от плоскостности расположения эталонного и исследуемого модулей $(\pm 2^{\circ})$	~~~	$\sqrt{3}$	0,020		
Нестабильность освещенности во времени (± 1 %)	~~ ~	$\sqrt{3}$	0,577		
	ая составляюща				
Погрешность устройства для измерения ВАХ (±0,20 %)	Нормальный	2,586*	0,077		
Отклонение шунтирующего сопротивления в измери-	Равномер-	$\sqrt{3}$	0,058		
тельной схеме для датчика освещенности $(\pm 0,10\%)$	ный	· ·			
Температурная соста	авляющая (α=0,	06%/°C)			
Погрешность устройства для измерения температуры	Равномер-	$\sqrt{3}$	0,035		
(термопары Т-типа) (±1°С)	ный	42			
Изменение температуры в течение измерения (±1°C)	То же	$\sqrt{3}$	0,035		
Неоднородность распределения температуры по поверхности модуля ($\pm 0.5^{\circ}$ C)	~~ ~	$\sqrt{3}$	0,017		
верхности модуля (±0,5 °C)					
Отклонение фототока от номинального значения (±2,5	Нормальный	2	1,250		
%)					
Нестабильность параметров эталонного модуля (±0,19 %)	Равномер- ный	$\sqrt{3}$	0,110		
Суммарная расширенная неопределенность (k =2) $U_i(I_{\kappa,3})$ 4,96					

^{*}P = 99%.

Таблица 2.

Бюджет неопределенностей при расчете суммарной расширенной неопределенности напряжения холостого хода ФЭМ

ьюджет неопределенностеи при расчете суммарнои расширеннои неопределенности напряжения холостого хода Фэм					
Источники неопределенности	Закон распреде- ления	Коэффициент охвата $k (P = 95 \%)$	Стандартная неопределенность, u_c , %		
Температурная состав.	ляющая (β= -	0,33%/°C)			
Погрешность устройства для измерения температуры (термопары Т-типа) (±1°С)	Равно- мерный	$\sqrt{3}$	0,191		
Изменение температуры в течение измерения (±1°C)	То же	$\sqrt{3}$	0,191		
Неоднородность распределения температуры по поверхности модуля ($\pm 0,5$ °C)	~~~	$\sqrt{3}$	0,095		
Электрическая составляющая					
Погрешность устройства для измерения ВАХ (±0,20 %)	Нормаль- ный	2,586*	0,077		
«Эталонная» составляющая					
Отклонение фототока от номинального значения (±0,85 %)	Нормаль- ный	2	0,425		
Суммарная расширенная неопределенность	$(k=2) U_i(U_j)$	_{x.x})	1,04		

^{*}P = 99 %.

Расчет суммарной расширенной неопределенности измерения и установление доверительного интервала для фотоэлектрического параметра

Для расчета суммарных расширенных неопределенностей измерения $I_{\kappa.3}$, $U_{x.x}$, P_{max} принимается нормальный (Гаусса) закон распределения случайных величин при уровне доверительной вероятности P=95% (k=2), вычисления выполняются по формулам (1), (2), (3).

$$U(I_{\kappa,3}) = \pm k \sqrt{u^{2}_{onm.} + u^{2}_{9ma,Oh.} + u^{2}_{3n.} + u^{2}_{me,mn.}}, (1)$$

$$U(U_{oc}) = \pm k \sqrt{u^{2}_{me,Mn.} + u^{2}_{9ma,Oh.} + u^{2}_{3n.}}, (2)$$

$$U(P_{\text{max}}) = \pm k \sqrt{\left(\frac{U(I_{\kappa,3})}{2}\right)^2 + \left(\frac{U(U_{x,x})}{2}\right)^2 + u(FF)^2},$$
 (3)

где: u(FF) - стандартная неопределенность измерения коэффициента заполнения вольтамперной характеристики, FF.

При вычислении расширенной неопределенности измерения P_{max} предполагается, что величины $I_{\kappa,3}$ и $U_{x,x}$ являются некоррелированными. Неопределенность измерения FF обычно связывают со способом соединения модуля с измерительной аппаратурой. Однако, для рассматриваемых в качестве примера двухпереходных а-Si:H/ μ c-Si:H тонкопленочных модулей результат измерения фактора заполнения будет еще зависеть и от уровня рассогласования по фотогенерированному току между отдельными фо-

тоактивными p-n переходами. Следовательно, для установления неопределенности измерения FF необходимо оценить корреляционную зависимость между коэффициентом спектрального несоответствия, от которого зависит величина рассогласования по току, и коэффициентом заполнения вольтамперной характеристики. Значения составляющих, формирующих суммарную стандартную неопределенность измерения максимальной выходной мощности, и расчетное значение суммарной расширенной неопределенности P_{max} приведены в Таблице 3.

Таблица 3.

Расчет суммарной неопределенности измерения максимальной выходной мощности ФЭМ

Источник неопределенности	Закон распределения	Стандартная неопределен- ность, %
		,
Неопределенность измерения тока короткого замыкания	Нормальный	2,48
Неопределенность измерения напряжения холостого	Нормальный	0,52
хода		
Неопределенность измерения коэффициента заполнения	N=158	0,36
вольтамперной характеристики		
Суммарная расширенная неопределеннос	5,11	

На Рисунке 2 показаны соотношения составляющих суммарных неопределенностей измерения для фотоэлектрических параметров: $I_{\kappa,s}$, $U_{\kappa,s}$, P_{max} .

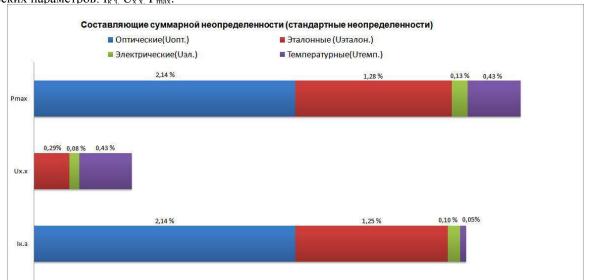


Рисунок 2. Соотношения между составляющими суммарной стандартной неопределенности измерения $I_{\kappa,s}$, $U_{x,x}$, P_{max}

Выводы

Полученные значения суммарных расширенных неопределенностей измерения $I_{\kappa 3}$, $U_{x,x}$, P_{max} позволили установить доверительные интервалы для нормируемых фотоэлектрических параметров тонкопленочных ФЭМ: для тока короткого замыкания $-\pm 5\%$, для напряжения холостого хода $-\pm 1\%$, для максимальной выходной мощности $-\pm 5\%$ при уровне доверительной вероятности P=95% (k=2).

Предложенный подход к оценке точности результатов измерений фотоэлектрических параметров ФЭМ на имитаторе солнечного излучения может быть адаптирован для СЭ и модулей, различных по структуре и конструкции, а также для других методов измерения фотоэлектрических параметров.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, соглашение № 14-29-00178.

Список литературы:

- 1. ISO/IEC Guide 98-3: 2008 Uncertainty of measurement: Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995).
- 2. Хевел// [официальный сайт ООО «Хевел»]. 2009. URL: http://www.hevelsolar.com/ (дата обращения: 28.10.2014).
- 3. Shah A.V., Thin-film silicon solar cells, Lausanne: EPFL Press, 430 p.
- Богомолова С.А., Лукашов Ю.Е., Шварц М.З., Оценка расширенной неопределенности результата измерения тока короткого замыкания тонкопленочных фотоэлектрических модулей // Измерительная техника. 2013. №11. С. 7-12.
- S.A. Bogomolova, A.S. Gudovskikh, M.Z. Shvarts, Evaluation of the Uncertainty in Measuring IV Characteristics of the Thin-Film Modules // Proceeding of 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 30 Sep-4 Oct 2013, Paris, France, pp. 3527-353.

СТЕНД ИСПЫТАНИЙ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЯ

Смирнов Антон Михайлович Адъюнкт кафедры двигателей, г. Омск Рослов Сергей Валерьевич Адъюнкт кафедры двигателей, г. Омск Баглайчук Сергей Владимирович Начальник лаборатории кафедры, г. Омск

Строго регламентированный диапазон изменения производительности топливных насосов высокого давления (ТНВД), при ремонте топливной аппаратуры (ТА) определяемый развитием современных технологий подразумевает разделением их на группы, которое производится по результатам их испытаний на специальных стен-Данные стенды оснащены нагнетательными трубопроводами и форсунками, как правило, случайным образом установленными на стенд. Однако, как показывают исследования [1], эффективные проходные сечения нагнетательных трубопроводов $\mu f_{\tau p}$ и форсунок μf_ф могут изменяться в широких диапазонах и оказывать значительное влияние на выходные показатели комплекта ТА (ТНВД, нагнетательный трубопровод, форсунка), что необходимо учитывать при оснащении стен-

Поэтому проведена оценка возможных параметров гидравлических характеристик (ГХ) элементов ТА - μf_{TD} (трубопровода) и μf_{ϕ} (форсунки), составляющих комплект. Выделение диапазона изменения этих величин определяет границы значений обобщенных показателей трубопроводов и форсунок. Изучено влияние отдельных характеристик элементов комплекта ТА на его выходные показатели. Исследовано комплексное влияние выбранных ГХ на выходные показатели комплектов, рассмотрены способы корректировки ГХ с целью устранения неравномерности подачи, связанной с разной длиной нагнетательных трубопроводов у комплектов, что имеет место, например, у дизелей типа В-2.

Исследования проводились с помощью автоматизированного стенда для контроля гидравлических сопротивлений каналов топливной аппаратуры дизелей [2], где эффективному проходному сечению элемента или его гидравлическому сопротивлению прямо пропорционально время истечения заданного количества топлива через данный элемент [3]

Распределения ГХ нагнетательных трубопроводов и форсунок и минимальной производительности ТНВД полученного при обследовании ТА дизеля В-2, с помощью математической обработки экспериментального матери-

Диапазон эффективного проходного сечения нагнетательных трубопроводов $\mu f_{\tau p}$ может изменяться от 3,3 10^{-6} до 7,5 \cdot 10^{-6} м², а диапазон эффективного проходного сечения форсунок μf_{ϕ} - от 0,3 · 10⁻⁶ до 0,7 · 10⁻⁶ м².

Указанный разброс эффективного проходного сечения трубопроводов $\mu f_{\scriptscriptstyle TP}$ приводит к изменению производительности комплекта ТА, замеренной на стенде для испытания ТНВД, в диапазоне от 275 до 390 мл за 800 ходов плунжера на режиме холостого хода и от 600 до 650 мл за 400 ходов плунжера на номинальном режиме.

Разброс эффективного проходного сечения форсунок μf_{φ} приводит к изменению производительности комплекта ТА в диапазоне от 290 до 370 мл за 800 ходов плунжера на режиме холостого хода и от 420 до 670 мл за 400 ходов плунжера на номинальном режиме.

Производительность комплекта ТА увеличивается, с увеличением эффективного проходного сечения трубопроводов и форсунок

Зависимость производительности комплекта ТА от эффективного проходного сечения трубопроводов имеет точку экстремума. Это объясняется увеличением объема трубопровода и наличием остаточного давления в нем.

В зависимости от эффективного проходного сечения трубопровода на номинальном и минимальном режимах изменяется, продолжительность впрыска топлива в цилиндры. В обоих случаях с увеличением μf_{TD} увеличивается продолжительность впрыска в цилиндры дизеля - на номинальном режиме с 22 до 42 градусов поворота коленчатого вала, на минимальном режиме - с 15 до 18 градусов. Причем, чем больше плотность плунжерной пары ТНВД, тем больше увеличение продолжительности впрыска. Это обусловлено тем, что у ТНВД с большой плотностью меньше утечек давления в плунжерной паре.

С изменением длины нагнетательного трубопровода от 200 до 1400 мм эффективное проходное сечение трубопровода уменьшается с $4,6 \cdot 10^{-6}$ до $1,9 \cdot 10^{-6}$ м².

С увеличением эффективного проходного сечения трубопровода увеличивается фактический угол опережения впрыска топлива. В комплекте с ТНВД большой плотности изменение фактического угла опережения впрыска топлива может достигать 1,5 - 2 градуса.

Анализ комплексного влияния ГХ форсунок, нагнетательных трубопроводов и ТНВД на выходные показатели комплекта ТА был выполнен в виде полного факторного эксперимента с числом опытов 23. На двух уровнях варьировались три фактора: х1 - эффективное проходное сечение нагнетательного трубопровода $\mu f_{\tau p}$; x_2 - эффективное проходное сечение форсунок μf_{Φ} ; x_3 - группа ТНВД по минимальной производительности Q_{min} (табл. 1).

Таблица 1.

Факторы	у ровни варьирован	Уровни варьирования факторов Уровни варьирования									
	основной	йинжин	верхний								
$x_1 - mf_{Tp}, 10^{-6} M^2$	6,20	3,95	7,34								
$x_2 - mf_{\phi}, 10^{-6} M^2$	0,670	0,590	0,699								
x ₃ - Q _{min} , г/400 ходов	342,5	335,0	365,3								

Эксперимент проведен для двух режимов работы дизеля: режимов минимальной подачи топлива (холостой ход) и максимальной подачи (номинальный режим).

План полного факторного эксперимента приведен в табл. 2, а значение функции отклика - в табл. 3, где в числителе даны значения коэффициентов регрессии, соответствующие режиму холостого хода, а в знаменателе - номинальному режиму.

План полного факторного эксперимента

Таблица 2

№ п/п	$\mathbf{X_0}$	X 1	X 2	X 3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3			
1	+	-	-	-	+	+	+	-			
2	+	+	-	-	-	-	+	+			
3	+	-	+	-	-	+	-	+			
4	+	+	+	-	+	-	-	-			
5	+	-	-	+	+	-	-	+			
6	+	+	-	+	_	+	-	-			

Таблица 3

Значения коэффициентов уравнения регрессии

Выходные характери-	b _o	b ₁	b ₂	b ₃	b _{1,2}	b 1,3	b _{2,3}
стики комплекта							
y_1	70,58	2,99	-14,5	24,5	-1,58	1,92	-3,42
	571,17	9,49	-7,75	4,67	2,58	-2,00	-0,58
У2	78,44	3,44	0,94	-0,31	0,94	2,19	-0,31
	500,83	5,83	40,83	-13,33	-6,67	1,67	9,17
V3	4,5	1,0	-2,5	-8	0	-0,5	0

Коэффициенты уравнений регрессии определены по формуле:

$$b_{i} = \frac{\sum_{u=1}^{m} x_{iu} y_{u}}{N}, (1)$$

где: - і - 0; 1; 2;...;

т - номер последнего столбца в плане полного факторного эксперимента.

Результаты опытов описывались уравнениями регрессии следующего общего вида:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{1,2} x_1 x_2 + b_{1,3} x_1 x_3 + b_{2,3} x_2 x_3 + b_{1,2,3} x_1 x_2 x_3. (2)$$

В итоге получены уравнения регрессии для производительности комплекта ТА для дизеля ПД1М:

1) на режиме холостого хода:

$$y_1 = 70,58 + 2,99x_1 + 14,5x_2 + 24,5x_3 - 1,58x_1x_2 + 1,92x_1x_3 - 3,42x_1x_3,(3)$$

2) на режиме максимальной подачи топлива: $y_2 = 571,2 + 9,5x_1 - 7,75x_2 + 4,7x_3 + 2,6x_1x_2 - 2,0x_1x_3 0,6x_2x_3.$ (4)

Уравнение регрессии для фактического угла опережения впрыска топлива записывается в следующем виде: $y_3 = 4.5 + 1.0x_1 - 2.5x_2 - 0.5x_1x_3$. (5)

Адекватность полученных моделей проверена по критерию Фишера.

Таким образом, с помощью полученных регрессионных зависимостей можно выполнить подбор устанавливаемых на стенды для испытания ТНВД нагнетательных трубопроводов и форсунок по их гидравлическим характеристикам с целью исключения их неравнозначного влияния на выходные параметры комплектов ТА многоцилиндровых дизелей.

Список литературы

- 1. Подача и распыливание топлива в дизелях / И. В. Астахов, В. И. Трусов, А. С. Хачиян и др. / Под ред. И. В. Астахова. - М.: Машиностроение, 1972. - 359
- 2. Стенд для измерения гидравлического сопротивления узлов и деталей топливной аппаратуры / П.Н. Блинов, А.И. Володин, В.П. Шаповал, А.М. Сапелин // Исследование надежности и экономичности дизельного подвижного состава. - Омск, 1981. - с.
- 3. Васильев, Д.А. Анализ современных методов диагностирования средств БТВТ по теме: «Определение методов диагностирования объектов БТВТ», -Омск: СибАДИ, 2008-25с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПКМ

Смотрова Светлана Александровна к.т.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «ЦАГИ», г. Жуковский Смотров Андрей Васильевич

к.т.н., глав. инженер комплекса прочности ЛА $\Phi \Gamma V \hat{\Pi}$ «ЦА $\Gamma \hat{U}$ », г. Жуковский

В настоящее время разработка и внедрение в производство новых материалов и технологий изготовления из них конструктивно важных элементов является этапом создания перспективных летательных аппаратов (ЛА), который во многом определяет их ресурс, безопасность и надежность эксплуатации, статическую и тепловую прочность, усталость и живучесть, в том числе с учетом климатических воздействий на такие конструкции. Несмотря на широкое применение металлов и сплавов, полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются основными «строительными материалами» современных ЛА. В авиационной и космической отраслях потребляется более 60 % таких материалов, выпускаемых промышленностью. Зна-

чительную долю конструкционных ПКМ составляют системы на основе термореактивных матриц, в первую очередь эпоксидные.

Тип применяемого связующего, его свойства и технология формования ПКМ на его основе определяют: жесткостные и демпфирующие свойства, длительную прочность и деформируемость в условиях статического и динамического нагружения, деформационную стойкость и устойчивость при действии повышенных температур (теплостойкость и термоустойчивость). Связующее помогает армирующему наполнителю реализовать высокие значения его прочностных характеристик. Связующее перераспределяет напряжения внутри ПКМ, от его свойств зависит состояние межфазного слоя в материале, а значит адгезия и прочность сцепления между связующим и армирующим наполнителем и волокон наполнителя между собой. Поэтому физико-механические свойства связующего важно исследовать, уметь ими управлять и контролировать на всех стадиях создания ПКМ [1, с.192].

Среди требований, предъявляемых к физико-химическим, физико-механическим и технологическим свойствам ПКМ, применяемым в конструктивно важных элементах ЛА, например, с точки зрения аэроупругости первостепенное значение имеют модули упругости на изгиб E и кручение G, а также демпфирование. Правильный подбор этих параметров влияет также на массу ЛА, его экономичность при эксплуатации. В ПКМ указанные характеристики во многом определяются их значениями в связующем.

На сегодня основные пути достижения необходимых характеристик связующих, как многокомпонентных систем — химическая, физическая и физико-химическая (объединяющая оба метода) модификация. В [2, с.85] показано, что добавление наноструктурного углерода и наночастиц иной природы в связующие приводит к улучшению их механических характеристик и дает возможность регулировать уровень демпфирования.

В рамках решения задачи по подбору оптимального состава эпоксидного связующего для изготовления из ПКМ конструктивно важных элементов были проведены серии экспериментов с образцами эпоксидных композиций, изготовленных в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева. Около 40 различных составов на основе эпоксидиановой смолы ЭД-20 и отвердителя ЭТАЛ-45M (Эпитал) или D-400 (Huntsman). Исследовались динамические характеристики: комплексный модуль упругости на изгиб $(E^{\square} = E^{\square} + jE^{\square})$ и характеризующий демпфирующую способность тангенс угла механических потерь ($tg \square = E \square / E \square$). Испытанные композиции содержали в своем составе различные физические и химические модификаторы, оказывающие влияние на частоту сетки химических связей и ее гибкость, на характер надмолекулярных и межмолекулярных образований:

а) химически активные разбавители: ТГМ-3, Лапролат-301, Лапрол, ПБН-М, ТЭОС-40, ЭТС-40,

б) добавки наночастиц: углеродные нанотрубки CNT, волластониты КВ-70 или Воксил-045, органобентониты ОБТ или ПОБТМ, стеклянные полые микросферы, слюда,

в) добавка каучука СКТН.

Добавки вводились в композиции как индивидуально, так и в различных сочетаниях друг с другом, варьировалось их количество по отношению к массе эпоксидного олигомера (таблица 1). Для каждого состава было изготовлено по 3 образца — прямоугольные стержни 15 \(\text{ } \) 3 \(\text{ } \) 120 мм. Свойства образцов оценивались по результатам их частотных испытаний, выполненных с использованием бесконтактного лазерного доплеровского сканирующего виброметра Polytec PSV-400-H4. При этом для каждого образца выполнялось не менее 3-х измерений в 9-ти точках поверхности [3, с.144].

При частотных испытаниях методом свободных затухающих колебаний были определены частоты и логарифмические декременты 1-го низшего тона собственных изгибных колебаний образцов. Однако, как известно, основной характеристикой демпфирующей способности полимерных материалов является тангенс угла механических потерь $(tg \square)$, который меньше декремента в \square -раз.

На основании измеренных данных с использованием известных формул для жесткого плоского стержня были рассчитаны значения упругого и вязкого модулей материала образца на изгиб.

Анализ результатов позволил выбрать составы, обладающие максимальной жесткостью (рисунок 1, таблицы 1 и 2).

Результаты исследований показали, что введение добавок наночастиц различной природы приводит к увеличению значения $|\hat{E}^*|$ до 45%. При оценке демпфирующей способности образцов исследуемых композиций было выявлено, что введение только силикатных наночастиц способствует ее снижению. Величина tg растет при добавлении к исходной композиции (№ 9) разбавителяэластификатора за счет появления гибких, подвижных фрагментов в жесткой сетке химических связей образующегося полимера (например, составы № 7, 8, 24, 25, 30), но при этом жесткость немного «падает». Но если в такие композиции добавить силикатные наночастицы, то демпфирование снижается за счет образования более жестких, упорядоченных структур, состоящих из взаимопроникающих сеток (сравните связующие № 16, 19, 20 с составом № 24). Поэтому указанные наночастицы служат регуляторами демпфирующих свойств эпоксидных композиций.

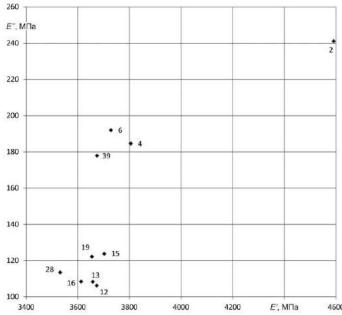


Рисунок 1. Взаимосвязь компонент комплексного модуля упругости (цифрами обозначены номера образцов композиций)

Таблица 1

	Динамические характеристики образцов эпоксидных композиций																
	J	№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19
	отвер- цитель	Этал-45М	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	от ди	D-400															
й	И	ТГМ-3	•	•	•	•	•	•	•	•							
Компоненты композиций	разбавители	Лапролат-301														•	•
180	ВИ	Лапрол															
Į	0a1	ПБН-М															
80	8 3	T3OC-40															
1 1	d	ЭТС-40															
HT		CNT			•		•	•						•	•		
Не	КИ	КВ-70	•	•	•	•	•	•								•	
Į	aB	Воксил-045															
ĺ	001	ОБТ				•		•				•	•				
1	нанодобавки	ПОБТМ		•	•												
	на	микросферы											•				
		слюда													•		•
		СКТН	•		•				•								
		<i>E</i> * , МПа	2651	4598	2715	3910	2767	3734	2495	2820	3227	3675	3660	2506	3705	3615	3657
		<i>E'</i> , МПа	2647,4	4591,7	2710,1	3805,5	2764,1	3729,1	2492,1	2816,9	3225,4	3673,5	3658,4	2503,8	3702,9	3613,4	3655,0
		tg□	0,0522	0,0525	0,0601	0,0485	0,0462	0,0515	0,0481	0,0471	0,0312	0,0289	0,0296	0,0421	0,0334	0,0300	0,0334
		Е", МПа	138,2	241,1	162,9	184,6	127,7	192,0	119,9	132,7	100,6	106,2	108,3	105,4	123,7	108,4	122,1

Продолжение таблицы 1

		Д	инам	ическ	ие хај	ракте	ристи	ки оо	разцо	в эпоі	ксидн	ых ко	мпозі	иции				
	Ŋ	№ образца	20	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39
	:р- :ль	Этал-45М	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	отвер- литель	D-400		•	•													
й	И	ТГМ-3																
композиций	разбавители	Лапролат-301	•	•														
3314	ЗИЛ	Лапрол									•	•	•					
H	баі	ПБН-М			•	•	•	•	•								•	•
KON	333	T3OC-40							•	•								
	1	ЭТС-40														•	•	•
НТ		CNT										•	•					
ЭНС	КИ	КВ-70	•															
Компоненты	анодобавки	Воксил-045												•				•
20	10 (ОБТ						•			•		•			•		
_	н0)	ПОБТМ																
	на	микросферы					•								•			
		слюда																
		СКТН												•	•	•		
		E^* , M Π a	3079	2772	2820	3083	2080	3534	1698	1852	2592	2082	1879	2384	2066	2359	1664	3679
	•	Е', МПа												23,81,7				
		tg \square	0,0414	0,0683	0,0475	0,0328	0,0350	0,0321	0.)659	0,0598	0,0483	0,0522	0,0621	0,0442	0,0462	0,0481	0,0586	0,0484
		<i>Е''</i> , МПа	127,0	188,9	133,8	101,1	72,8	113,4	111,7	110,6	125,0	108,5	116,5	105,3	95,4	113,3	97,3	177,9

Таблица 2

Композиции с наибольшим динамическим модулем упругости

№ образца	<i>E</i> [*] , MΠa	<i>E'</i> , МПа	tg	Е", МПа
2	4598	4591,7	0,0525	241,1
4	3810	3805,5	0,0485	184,6
28	3534	3532,2	0,0321	113,4
6	3734	3729,1	0,0515	192,0
15	3705	3702,9	0,0334	123,7
39	3679	3674,7	0,0484	177,9
12	3675	3673,5	0,0289	106,2
13	3660	3658,4	0,0296	108,3
19	3657	3655,0	0,0334	122,1
16	3615	3613,4	0,0300	108,4

Добавка разбавителей необходима для снижения вязкости исходной эпоксидной смолы и повышения жизнеспособности системы, уменьшения экзотермического эффекта реакции, что способствует увеличению смачиваемости, получению менее дефектной структуры и снижению уровня остаточных напряжений, а также снижению хрупкости отвержденного полимера. Наиболее эффективными из исследованных разбавителей оказались ПБН-М и ТГМ-3, но в большей степени первый, так как минимально снижает $|E^*|$ (сравните составы №9 и 26, №9 и 8, №9 и 24). Этот разбавитель, кроме того, практически не повышает значение $tg\square$ у эпоксидных композиций (сравните состав № 26 в сравнении с № 9) и поэтому добавка органобентонитов в такие составы практически не изменяет демпфирование (составы № 26 и 28).

Эпоксидные олигомеры модифицированные малеинизированным бутадиен-нитрильным каучуком марки ПБН-М обладают более густосшитой сеткой химических связей, как следствие, повышенной прочностью в условиях воздействия ударных, вибрационных и термических нагрузок, повышенным удлинением при разрыве и пониженной хрупкостью.

Добавки кремнийорганических соединений (ТЭОС-40 и ЭТС-40) хотя и понижают величину $|E^*|$ по сравнению с исходной композицией и составами с добавкой ПБН-М (сравните составы №29 и 38 с №26), необходимы в качестве гидрофобизаторов порошковых наполнителей типа органобентонитов и волластонитов, так как это снижает водопоглощение наполнителей (до 2 раз по сравнению с наполнителями, необработанными гидрофобизатором) и увеличивает адгезию связующего к наполнителю. ТЭОС-40 и ЭТС-40 способствуют установлению

более прочных химических связей наполнителя со связующим, за счет чего прочность материала может повышаться до 25 □ 30%. Кроме того, порошкообразные наполнители, обработанные кремнийорганическими гидрофобизаторами, значительно лучше смешиваются с каучуками (сравните состав №39 с исходной композицией №9).

При индивидуальном введении углеродных нанотрубок в состав эпоксидных композиций не только не происходит роста значений динамического модуля упругости, наоборот, $|E^*|$ снижается, а tg значительно возрастает (сравните составы № 14 и № 9).

Список литературы

- 1. Смотрова С.А. О возможности использования наноматериалов и нанотехнологий для изготовления конструкций ДПМ, применяемых при изучении явлений аэроупругости в АДТ. Труды ЦАГИ, 2007, вып. 2672. с.188-193.
- 2. Смотрова С.А., Осипчик В.С., Одинцев И.Н. Применение полимерных композиционных материалов с добавками наночастиц для изготовления динамически подобных моделей летательных аппаратов. Полет, декабрь, 2008. с.83-86.
- 3. Смотрова С.А., Осипчик В.С., Смотров А.В. Создание эпоксидных связующих нового поколения для ПКМ, используемых при изготовлении агрегатов натурных конструкции ЛА и их ДПМ. Труды Всероссийской конференции «Механика и наномеханика структурно-сложных и гетерогенных сред. Успехи, проблемы, перспективы», М.: ИПРИМ РАН, 2010. с.141-149.

ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ФОРМЫ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ЕГО ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Морозов Анатолий Петрович

Канд. технич. наук, доцент кафедры ЭГА и МТ института Нанотехнологий, электроники и приборостроения ЮФУ, г. Таганрог Снесарев Сергей Стефанович

Ст. преподаватель кафедры ЭГА и МТ института Нанотехнологий, электроники и приборостроения ЮФУ, г. Таганрог

В ультразвуковой дефектоскопии изделий из сложноструктурных материалов из-за наличия неоднородностей при передачи импульсных акустических сигналов возникают временные искажения формы сигнала. Так, при зондировании сигналом с прямоугольной огибающей эхосигнал имеет форму, отличную от прямоугольной из-за увеличения времени нарастания и спада [1]. Влияние времени нарастания огибающей сигнала на точность оценки неэнергетических параметров рассматривалась в ряде работ [2,3].

Однако, известные результаты получены для эффективных оценок и не позволяют количественно оценить влияние непрямоугольности формы сигнала на точность оценки энергетических параметров (амплитуды и длительности) сигнала.

Целью работы является исследование влияния времени нарастания и спада импульсного сигнала на точность совместной оценки вектора параметров $\vec{\lambda}$, закодированных в огибающей эхо-сигнала на фоне гауссова белого шума.

Для достижения указанной цели, из всего многообразия используемых в ультразвуковой дефектоскопии сиг-

налов, необходимо выбрать модель сигнала форма огибающей которого может меняться от прямоугольной до колокольной. Таким свойством обладает сигнал с колокольной огибающей n - го порядка [4]

$$S_n(t, \vec{\lambda}) = A \exp\left[-\left(b_n \frac{t - t_3}{\tau}\right)^2\right] \cos\left(2\pi f + \varphi\right), \quad (1)$$

где n = 2,4,6,, A – амплитуда, τ – эффективная длительность, t_3 – время задержки, f u φ – несущая частота и фаза сигнала, b_n – коэффициент нормировки.

Используя «энергетический» подход к определению эффективной длительности сигнала, можно найти коэффициент нормировки

$$b_n = 2^{\frac{n-1}{n}} \cdot \Gamma\left(\frac{n+1}{n}\right),\,$$

где $\Gamma(\cdot)$ – гамма функция.

Если считать, что время нарастания Δt_H сигнала равно интервалу времени, в течении которого огибающая сигнала возрастает от 0,1A до 0,9A, то для сигнала (1) имеем

$$\frac{\Delta t_H}{\tau} = \frac{n\left(\sqrt[n]{4,6}\right) - \sqrt[n]{0,2}}{2\Gamma\left(\frac{1}{n}\right)}.$$
 (2)

Очевидно, что время спада $\,\Delta t_{C}\,$ сигнала (1) равно $\,\Delta t_{H}\,$.

Таким образом, выражение (2) определяет зависимость длительности фронтов сигнала от параметра его формы n, что позволяет для различных искажений формы сигнала выбрать модель сигнала (1) с точностью до параметра n. Например, при $n{=}10 \to \Delta t_H = 0{,}15\,\tau$, а при $n{=}100 \to \Delta t_H = 0{,}015\,\tau$.

Для определения потенциальной точности оценки вектора параметров $\vec{\lambda}$ сигнала (1) необходимо найти информационную матрицу, элементы которой равны [3]

$$b_{ij} = \frac{2}{N_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dS_n(t, \vec{\lambda})}{d\lambda_i} \cdot \frac{dS_n(t, \vec{\lambda})}{d\lambda_j} dt, \qquad (3)$$

где N_0 – спектральная плотность шума. Вычисление элементов (3) информационной матрицы показало, что только оценки А и τ являются между собой коррелированными. После обращения информационной матрицы дисперсии оценок параметров, закодированных в огибающей сигнала, равны

$$\sigma_{3\phi}^{2}(A) = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{A^{2}}{Q},$$

$$\sigma_{3\phi}^{2}(\tau) = \frac{4}{n} \cdot \frac{\tau^{2}}{Q}$$

$$\sigma_{3\phi}^{2}(t_{3}) = \frac{n \tau^{2}}{(n-1)\pi Q},$$
где $Q = \frac{2E}{N_{0}}$, E – энергия сигнала (1).

Полученные выражения (4) определяют потенциальную точность оценки параметров сигнала в зависимости от степени искажения (параметра n) его формы. Неухудшением трудно заметить ИЗ (4),что c прямоугольности огибающей сигнала точность оценки его параметров понижается. И наоборот, при идеальной прямоугольности огибающей сигнала $(n \rightarrow \infty)$ дисперсия оценок τ u t_3 стремятся к нулю. Но необходимо отметить, что реальные сигналы не бывают идеально прямоугольными, так как нулевое время нарастания и спада огибающей сигнала требует бесконечно широкой полосы пропускания излучателя, среды и т.п.

На практике для оценки параметров широко используются устройства, реализующие алгоритм максимального правдоподобия (МП). При больших отношениях сигнал/шум в первом приближении оценки МП являются эффективными, т.е. их точность определяется по формулам (4). Однако, при конечных отношениях сигнал/шум оценки МП имеют дисперсию, значительно большую, чем эффективные оценки. Например, с учетом второго приближения [5] при решении уравнения правдоподобия для рассматриваемой модели сигнала дисперсии оценок длительности и времени задержки сигнала имеют вид

$$\sigma^{2}(\tau) = \frac{4\tau^{2}}{(n+1)Q} \left[1 + \frac{2n^{2} + n + 2}{(n+1)Q} \right],$$
 (5)

$$\sigma^{2}(t_{3}) = \frac{n}{(n-1)\pi Q} \left\{ 1 + \frac{\left(2n-1\right)\Gamma\left(\frac{1}{n}\right)\Gamma\left(2-\frac{3}{n}\right)}{\left(n-1\right)Q\left[\Gamma\left(1-\frac{1}{n}\right)\right]^{2}} \right\} \sin\frac{\pi}{n}.$$

Абсолютная погрешность формулы (5) имеет порядок $Q^{-5/2}$.

Расчеты по формуле (5) показали, что при фиксированном отношении сигнал/шум с улучшением прямоугольности сигнала, эффективность оценки МП уменьшается. Это объясняется тем, что при малых Q аддитивная помеха «размывает» крутые фронты сигнала.

Таким образом, полученные выражения (4,5) позволяют определить точность эффективных оценок и оценок максимального правдоподобия для модели сигнала (1) в зависимости от параметра, учитывающего искажения акустического сигнала из-за наличия неоднородностей в сложноструктурных материалах и изделиях.

Список литературы

- 1. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. Неразрушающий контроль. Справочник. Т.З. Ультразвуковой контроль. М.: Машиностроение, 2004. 864 с.
- Куликов Е.И. Вопросы оценок параметров сигналов при наличии помех. М.: Сов. радио, 1969.
- 3. Трифонов А.П. О распределении оценок максимального правдоподобия. Изв. вузов.: Радиоэлектроника, 1970, № 12, с.145 146.
- 4. Фалькович С.Е. Оценка параметров сигнала. М.: Сов. радио, 1970. 334 с.
- 5. Черницер В.М., Морозов А.П., Гаврилов А.М., Ситников Р.О. Акустические сигналы и методы их обработки: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. 252 с.

РАЗВИТИЕ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА БАРНАУЛА

Стулова Инна Александровна

Студент 1 курса магистерской программы АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, ведущий эксперт отдела контрольно-экспертной деятельности КАУ «Алтайский центр финансовых исследований»

Перфильев Виктор Васильевич

Канд. тех. наук, доцент кафедры строительных конструкций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул **Харламов Иван Викентьевич**

> Канд. тех. наук, профессор кафедры строительных конструкций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Проблема нехватки свободных территорий для жилищного строительства в последние годы все более остро встает перед властями многих городов Российской Федерации. Барнаул также не стал исключением. Свободные

территории под застройку в городе ограничены изгибами реки Обь с северной и восточной сторон, а так же реликтовым бором с южной стороны и аэропортом в западной части города (рисунок 1).



Рисунок 1. Схема города Барнаула

В то же время, на всей территории страны по причине систематического недофинансирования капитального ремонта и текущего содержания жилья много зданий попадает категорию ветхих и аварийных.

В сложившейся ситуации проблему необходимо решать комплексно с использованием финансовых ресурсов местного бюджета, бюджета субъекта Российской Федерации, а также при поддержке желательно федерального центра в рамках единой программы по развитию застроенных территорий (РЗТ).

В настоящее время в Градостроительном кодексе отсутствует официально утвержденное определение РЗТ. Обобщая различные мнения ученых, а так же, принимая во внимание, то определение, которым руководствуются застройщики, можно сделать вывод, что РЗТ — это следующий комплекс работ:

- снос или реконструкция аварийного жилья, иных зданий, строений и сооружений,
- строительство многоквартирных домов и иных объектов недвижимости,
- реконструкция, строительство объектов инженерной, социальной и коммунально-бытовой инфраструктур, производимых в границах элемента планировочной структуры и осуществляемые в соответствии с утвержденным проектом планировки застроенной территории.

В Барнауле в настоящее время разрабатывается муниципальная программа по РЗТ, которая будет способствовать застройке в соответствии с современными требованиями. Так же в городе создана постоянно действующая комиссия по проведению аукциона на право заключения договора о РЗТ.

В первую очередь были предложены для внесения в программу 17 площадок, износ жилого фонда на которых наиболее критичен. Часть домов, находящихся на них, включены в программы по переселению граждан из аварийного жилого фонда, как следствие районы делаются более привлекательными для инвесторов.

В Барнауле в ноябре 2013 года должен был состояться первый аукцион на право заключения договора по РЗТ. Предлагалась к развитию территория, расположенная в районе улиц Советской Армии, Матросова.

По ряду юридических, экономических и организационных причин аукцион не состоялся. Одной из главных юридических причин можно назвать то, что начинать процесс строительства на территории можно только после расселения всех ветхих многоквартирных домов Экономические проблемы – это низкий прожиточный минимум населения города, как следствие ограниченные возможности бюджета. К организационным причинам относится недостаточная координация участников процесса РЗТ, а также отсутствие разъяснительной работы с жителями.

Более того, РЗТ требует больших финансовых вложений. Основные статьи затрат, которые необходимо произвести при реализации проекта по РЗТ, включают стоимости:

- цены аукциона;
- расселения;
- сноса домов;
- оформления земельного участка;
- проектно-изыскательских работ;
- исходно-разрешительной документации;
- реконструкции инженерной инфраструктуры;
- нового строительства;
- развития дорожного хозяйства;
- присоединения к инженерным сетям.

Определяющими в проектах по РЗТ являются затраты по расселению и реконструкции инженерных коммуникаций. Затраты на расселение одного квадратного метра в г. Барнауле составляют от 37 до 40 тыс. руб. Таким образом, затраты на расселение участка для строительства лишь одного дома составят от 25 до 50 млн. руб., соответственно расселение одной площадки потребует от 100 до 300 млн. руб.

Затраты на реконструкцию инженерных коммуникация также предполагают существенное увеличение себестоимости строительства. Среди них наиболее затратна реконструкция тепловых сетей.

Инженерные сети также требуют затрат на подключение. Наибольшие затраты так же связаны с теплоснабжением — это 9-10 млн. руб. за трехподъездный 10-ти этажный дом. Водоснабжение и канализование — 10-15 тыс. рублей с человека или примерно 5 млн. руб. за дом.

За подключение к электрическим сетям плата не столь высока — 40-50 тыс. рублей за дом в том случае, если застройщик тянет сеть от точки подключения самостоятельно.

Кроме того, необходимо учесть стоимость нового строительства, которая составляет порядка 35 тыс. руб./м².

В идеале для успешной реализации проекта все понесенные застройщиком затраты должны покрыться за счет разницы между себестоимостью строительства и рыночной стоимостью квадратного метра. Однако такой вариант возможен далеко не на всех территория, т.к. рыночные стоимости в черте города разнятся примерно на 30-40%.

Для технико-экономического обоснования проекта разработана методика расчета финансовых результатов проекта при различных вариантах финансирования были произведены расчеты средствами Microsoft Office Excel.

Для более наглядного представления финансовых результатов проекта при различных вариантах финансирования были произведены расчеты средствами Microsoft Office Excel.

Был выбран участок в г. Барнауле, ограниченный улицами Новоугольная, Свердлова, Профинтерна до улицы Деповской. Данный район интересен для потенциальных инвесторов по следующим причинам:

- 1. Участок находится в центре, соответственно рыночная стоимость продаваемого жилья будет существенно превышать себестоимость строительства.
- 2. Для инвесторов участников программы по развитию территорий, возможна помощь со стороны властей по следующим направлениям:
- расселение жителей домов, признанных аварийными, находящихся на участке;
- реконструкция инженерных сетей, дорог, а также строительство или расширение объектов социальной инфраструктуры.
- 3. Расположение зданий и сооружений в данном микрорайоне позволяет осуществить поэтапное расселение жителей. На первом этапе предполагается расселение одноэтажного дома по ул. Деповская, 16а, в котором располагается лишь семь квартир. Жителей временно переселяют в арендованное жилье.

Расчет финансовых результатов производился в зависимости от различных вариантов исходных данных:

- 1. Различные источники финансирования: средства инвестора, кредитные средства, смешанные источники финансирования (средства инвестора, помощь государства и привлечение кредитных ресурсов).
- Степень участия органов власти в расселении жителей района: никакого участия, половина жителей расселяется за счёт государства и муниципалитета.
- 3. Последний изменяемый параметр для расчёта учитывает удорожание себестоимости строительства, а также рыночной стоимости жилых и нежилых помещений.

Согласно проведённым маркетинговым исследованиям, эти показатели составляют, соответственно, 35 тыс. $pyб./m^2$ и 50 тыс. $pyб./m^2$. Площади коммерческого назначения традиционно дороже (примерно на 20%), рыночная стоимость принята равной 60 тыс. $pyб./m^2$.

Как показывают многолетние маркетинговые исследования, из-за недостаточных темпов нового строительства рыночная стоимость жилой и нежилой недвижимости опережает инфляцию. Поэтому в первом приближении принимаем годовое удорожание вводимых площадей по двум вариантам: 10% в год и 15% в год.

Себестоимость строительства возрастает на 10% в год по всем вариантам расчета.

Таким образом, сформировались три вариантных группы (по четыре подварианта в каждой группе).

Первая группа. Финансирование строительства за счёт средств инвестора. Подварианты:

- 1. Удорожание себестоимости 10% в год; удорожание рыночной стоимости 15% в год; помощь государства при расселении 0%.
- 2. Удорожание себестоимости 10% в год; удорожание рыночной стоимости 15% в год; помощь государства при расселении 50% расселяемых площадей.
- 3. Удорожание себестоимости 10% в год; удорожание рыночной стоимости 10% в год; помощь государства при расселении 0%.
- 4. Удорожание себестоимости 10% в год; удорожание рыночной стоимости 10% в год; помощь государства при расселении 50% расселяемых площадей.

Результаты расчётов приведены на рисунке 2. Номер колонки гистограммы соответствует номеру подварианта

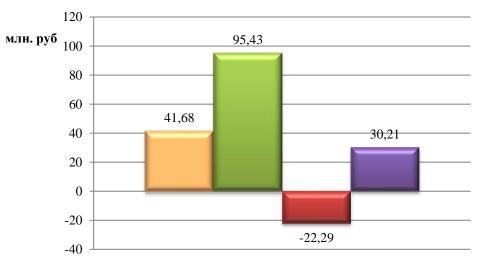


Рисунок 2. Результаты расчетов по первой группе вариантов

Вторая группа. Источник финансирования – кредитные средства. Характеристики четырёх вариантов такие же, как в первой группе. Результаты расчётов приведены на рисунке 3.

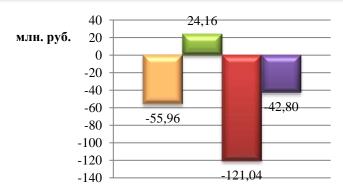


Рисунок 3. Результаты расчетов по второй группе вариантов

Третья группа. Источники финансирования состоят из средств инвестора, бюджетного финансирования и кредита. Результаты расчётов приведены на рисунке 4.



Рисунок 4. Результаты расчетов по третьей группе вариантов

Результаты проведенного исследования показывают реализуемость проекта, направленного на развитие территорий, занятых ветхим и аварийным жильём при недостатке софинансирования со стороны властей, но срок окупаемости в данном случае будет достаточно велик.

Следует отметить чувствительность результатов от бюджетного софинансирования. Это очень актуально, поскольку финансовые возможности потребителей рынка недвижимости в Алтайском крае, согласно исследованиям существенно ниже, чем в соседних регионах Сибири. Поэтому при отсутствии такой помощи инвесторам выгоднее вкладывать средства за пределами края.

Подводя итог, хотелось бы сказать о том, что для успешной реализации проектов РЗТ необходимо преодолеть множество трудностей, каких-либо результатов невозможно достичь посредствам только лишь за счет целевых программам. Необходима концентрация сил и аккумулирование средств всех органов власти, местного самоуправления, инвесторов, а так же населения. Однако при осуществлении проекта в городе решится ряд проблем:

- повысится комфортность проживания граждан;
- повысится безопасность проживания;
- внешний облик города станет более приятным;
- будут создаваться условия для формирования полицентрической структуры.

Список литературы

- 1. Артемьева, С. С., Файзрахманова Я. И. социальные проблемы в процессе развития застроенных территорий / С. С. Артемьева // Современные исследования социальных проблем. 2011. №4
- Козлова, Е. Б. Гражданско-правовая природа о развитии застроенной территории / Е. Б. Козлова // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2012. №10. Ч. 2. с. 82-89.
- Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: учеб. пос. для вузов / Под общей редакцией Н. Г. Грабового, В. А. Харитонова – М.: Изд-ва «АСВ», «Реалпроект», 2005. – 624 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ташевский Арнольд Германович

доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Технологический процесс обработки деталей значительно влияет на их сопротивление усталости [1,2]. Специальный вид отделочной обработки — поверхностное упрочнение — применяется с целью управляемого и существенного повышения прочности [2]. Рассмотрим распространенные в судостроении и судоремонте способы поверхностного упрочнения: поверхностную закалку по-

сле нагрева ТВЧ и поверхностное пластическое деформирование. Благодаря высокой эффективности эти способы находят все большее применение.

Эффективность упрочнения деталей указанными способами обусловливается в основном за счет появления значительных остаточных напряжений сжатия [2]. Допустим, что основными компонентами остаточной напряженности деталей при циклическом нагружении являются

осевые и тангенциальные напряжения. Вследствие небольших толщин упрочненных слоев влияние радиальных напряжений учитывать не будем, т. е. предположим, что остаточные напряжения вызывают в поверхностных слоях двухосное напряженное состояние, если и напряжения от внешних нагрузок действуют по тем же площадкам, то они алгебраически складываются с остаточными напряжениями, а будучи растягивающими, становятся меньше, что на практике воспринимается как повышение прочности детали. При этом симметричный цикл от внешних нагрузок переходит в асимметричный, а асимметричные положительные циклы изменяются в сторону уменьшения коэффициента асимметрии вплоть ДΟ области знакопостоянных отрицательных циклов, что также позволяет полнее использовать резерв прочности детали.

Предположим, что упрочнению подлежат детали типа валов, для которых в качестве линейного напряженного состояния, эквивалентного действительному двухосному напряженному состоянию с главными напряжениями σ_1 и σ_2 , можно взять изгиб. Пусть требуется обосновать выбор технологии упрочнения шеек коленчатых валов — либо закалкой после нагрева ТВЧ, либо обкатыванием роликами

Известно [2], что поверхностная закалка может дать большее повышение предела выносливости, чем поверхностное пластическое деформирование. Однако рассеяние пределов выносливости деталей после поверхностной закалки, как правило, выше, чем после обкатывания роликами, что может существенно изменить подход к выбору технологии упрочнения.

Пусть σ_{R_3} , σ_{R_o} — известные средние значения пределов выносливости после поверхностной закалки и обкатывания роликами, а $S_{\sigma_{R_2}}$, $S_{\sigma_{R_0}}$ и $\upsilon_{_3}$, $\upsilon_{_0}$ — среднеквадратические отклонения пределов выносливости, где P_c — допустимая вероятность разрушения детали в эксплуатации; P_1 и P_2 — вероятности разрушения детали при линейных напряженных состояниях в направлении действия главных напряжений σ_1 и $\sigma_2; \; \frac{-}{\sigma_1}, \; \frac{-}{\sigma_2} \;$ и $S_{\sigma 1},$ $S_{\sigma 2}$ — средние значения нормально распределенных напряжений σ_1 и σ_2 и их среднеквадратические отклонения.

Пределы выносливости деталей при одноосном напряженном состоянии (для разных вероятностей разрушения) можно легко найти с помощью уравнений подобия с варьируемой нижней границей [3 – 11], а вероятность разрушения P_i при наличии этих данных — по условиям усталостного разрушения и известной плотности распределения внешних воздействий [1; 2].

Воспользуемся формулами (2)—(5) для выбора технологии упрочнения. Задаваясь одним из коэффициентов вариации, найдем максимально приемлемый другой. Сопоставим полученные значения с фактическими и исходя из заданной допустимой вероятности разрушения P_c определим степень пригодности каждой из технологий упрочлеталей.

В порядке совершенствования технологии упрочнения можно решить задачу получения требуемого коэффициента вариации. Для этого из формулы для коэффициента

$$\upsilon_{i}^{2} = \frac{\left(S_{\sigma_{R_{i}}}^{2} + S_{\sigma_{i}}^{2}\right)}{\left(\overline{\sigma}_{R_{i}} - \overline{\sigma}_{i}\right)^{2}} \tag{6}$$

найдем среднеквадратическое отклонение $S_{\sigma Ri}$, обеспечивающее полученный по формулам (2) или (4) коэффициент вариации. Получим

распределенных по нормальному закону, и их коэффициенты вариации.

Примем один из коэффициентов вариации в качестве критерия для оценки пригодности той или иной технологии. Тогда формула для определения вероятности $P_{\rm c}$ разрушения детали при двухосном напряженном состоянии по известным частным вероятностям P_i (i = 1,..., 2) соответствующих линейных напряженных состояний примет вид [4–6]

$$P_{c} = 1 - \left[1 - \left(k \upsilon_{3}^{2}\right)^{1/f}\right] \left[1 - \left(k \upsilon_{o}^{2}\right)^{1/f}\right],\tag{1}$$

где κ и f-коэффициенты, известные априори в зависимости от интервала изменения вероятностей P_i [3].

Из формулы (1) можно получить выражение для определения коэффициента вариации

$$\upsilon_{3}^{2} = \frac{1}{k} \left[\frac{P_{c} + \left(k\upsilon_{0}^{2}\right)^{1/f}}{1 - \left(k\upsilon_{0}^{2}\right)^{1/f}} \right]^{f} = \frac{1}{k} \left(\frac{P_{c} + P_{2}}{1 - P_{2}} \right)^{f}, \tag{2}$$

гле

$$P_{2} = \left(k \upsilon_{0}^{2}\right)^{1/f} = \left[k \frac{S_{\sigma_{R_{0}}}^{2} + S_{\sigma_{2}}^{2}}{\left(\overline{\sigma}_{R_{0}} - \overline{\sigma}_{2}\right)^{2}}\right]^{1/f}.$$
 (3)

формулы (2) и (3) справедливы при перестановке индексов:

$$\upsilon_0^2 = \frac{1}{k} \left(\frac{P_c + P_1}{1 - P_1} \right)^f;$$

$$\left[k \upsilon_3^2 \right]^{1/f} \left[k \frac{S_{\sigma_{R_3}}^2 + S_{\sigma_1}^2}{\sqrt{1 - \sigma_1}} \right],$$
(4)

$$P_{1} = \left(k\upsilon_{3}^{2}\right)^{1/f} \left[k\frac{S_{\sigma_{R_{3}}}^{2} + S_{\sigma_{1}}^{2}}{\left(\overline{\sigma}_{R_{3}} - \overline{\sigma_{1}}\right)^{2}}\right],\tag{5}$$

$$S_{\sigma_{R_i}} = \left[\upsilon_i^2 \left(\overline{\sigma}_{Ri} - \overline{\sigma}_i \right)^2 - S^2 \sigma_i \right]^{0.5}. \tag{7}$$

Проиллюстрируем выбор технологии упрочнения на конкретном примере. Пусть вероятность разрушения коленчатого вала из стали 45 не должна превышать P_c = 10-5. Функции распределения главных напряжений имеют

параметры $\overline{\sigma}_{1=200 \text{ MПа}}, \overline{\sigma}_{2=170 \text{ MПа}}; S_{\sigma_{1}} = S_{\sigma_{2}} = 35$ МПа. Предел выносливости вала при эксплуатационных циклах переменных напряжений (близких к симметричному) после поверхностной закалки шеек $S_{\sigma_{R_0}}$ = 350 МПа,

а после обкатывания шеек $\sigma_{R_0} = 320 \,\mathrm{MHa}$. Среднеквадра-

тические отклонения пределов выносливости

 $S_{\sigma_{R_0}} = 30 \text{ M}\Pi a$. Материал вала вблизи поверхности полагаем изотропным, т. е. параметры от и в двух главных направлениях одинаковы.

Принимаем коэффициенты k = 3,4, f = 0, 147 [4]. По формуле (3) находим $P_2 = [3.4 (30^2 + 35^2)/(320 - 170)]^{1/0,147}$ = 0, 00044. Тогда согласно формуле (2)

$$U_{3}^{2} = \frac{1}{3.4} \left(\frac{0,00001 + 0,00044}{1 - 0,00044} \right)^{0,147} = 0,095.$$

В действительности, по формуле (6) $v_{3\pi} = (50^2 +$ 35)/(350 - 200)² = 0,166, что значительно больше допускаемого значения. Следовательно, применение поверхностной закалки неприемлемо, так как она дает повышенрассеяние пределов выносливости,

обеспечивает более высокую прочность в среднем. Если, учитывая среднюю эффективность упрочнения от поверхностной закалки, отдать ей предпочтение перед поверхностным пластическим деформированием, то заданная вероятность разрушения вала не будет удовлетворяться. Поэтому необходимо или усовершенствовать технологию поверхностного закаливания, или отказаться от этого вида упрочнения.

Чтобы обеспечить значение $\upsilon_{_3}^2=0,095$ при поверхностной закалке, необходимо в соответствии с формулой (7) среднеквадратичное отклонение пределов выносливости после закалки $S_{\sigma_{R_3}}=30,2$ МПа, т. е. чтобы оно было практически равным получаемому при поверхностном пластическом деформировании. Следовательно, вместо поверхностной закалки целесообразнее применять пластическое деформирование.

Это подтверждают и результаты расчетов по формулам (4), (5) и (6) при тех же исходных данных. Так, по формуле (5) P_1 = 0,02005, по формуле (4) U_0^2 = 0, 166, а по формуле (6) при σ_1 = 200 МПа $U_{0,1}^2$ = 0, 148, что меньше допустимого, т. е. выбор поверхностного пластического деформирования в качестве технологического процесса упрочнения валов обоснован., Вместе с тем в данном случае значение σ_{R_0} = 320 МПа должно быть гарантировано, так как при снижении его на 5—6 % заданная вероятность разрушения валов будет превышена.

Таким образом, статистический подход к сравнительной оценке различных технологий изготовления и упрочнения деталей на стадии, производства или ремонта позволит обеспечить требуемый уровень надежности машин при эксплуатации.

Список литературы:

- Потапова Л.Б. Механика материалов при сложном напряженном состоянии. Как прогнозируют предельные напряжения? М.: «Издательство Машиностроение 1», 2005. 244 с.
 Олейник Н. В. Несущая способность элементов
- Олейник Н. В. Несущая способность элементов конструкций при циклическом нагружении. — К.: Наук, думка, 1986. 240 с.
- 3. Ташевский А. Г. Математические модели продолжительности жизненного цикла технических си-

- стем: [текст] / А. Г. Ташевский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Моделирование. Математические методы. 2014. № 1 (190).
- Петров В. М., Безпальчук С. Н., Васильев К. А. Верификация возможности модернизации сложных судовых технических систем и технологических машин: [текст] / Петров В. М., Безпальчук С. Н., Васильев К. А. // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2014. № 1 (23).
- 5. Ташевский А. Г., Наумова А.К. Математическое моделирование инновационных процессов в сложных технических системах применительно к задачам судостроения: [текст] / А. Г. Ташевский, А.К. Наумова // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2014. № 1 (23).
- 6. Ташевский А.Г. Модели аварийных ситуаций для обеспечения безопасности функционирования сложных технических систем [текст] / А. Г. Ташевский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 166. С. 256-263.
- 7. Ташевский А.Г. Верификация результатов испытаний сложных технических систем [текст] / А.Г. Ташевский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 171. С. 203-210.
- Ташевский А.Г. Метод определения коэффициентов соизмеримости образцов новой техники машиностроения на основе принципа потенциального распределения вероятностей [текст] / А. Г. Ташевский // Инструмент и технологии. 2011. № 31. С. 74-80.
- 9. Ташевский А.Г. Сравнение средних значений показателей качества сложных технических систем энергомашиностроения по результатам оперативного контроля технологического процесса [текст] / А. Г. Ташевский // Инструмент и технологии. 2009. № 26. С. 95-99.
- 10. Ташевский А.Г. Оценивание эффективности технических систем после их модернизации [текст] / А. Г. Ташевский // Инструмент и технологии. 2011. № 34. С. 44-49.
- 11. Ташевский А.Г. Модель периодичности модернизаций технологических машин [текст] / А. Г. Ташевский // Инструмент и технологии. 2012. № 38. С. 26-31

СПОСОБЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ФИЛЬТРОВ В СИСТЕМАХ МЕСТНОЙ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Ткаченко Александр Сергеевич

аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Выделяющиеся вредности в производственных помещениях целесообразно улавливать непосредственно у места их образования. В связи с этим необходимо предусматривать устройство местной вытяжной вентиляции. В зависимости от вида выделяющихся вредностей необходимо предусматривать очистку вытяжного воздуха непосредственно перед выбросом в атмосферу, для обеспечения регламентируемых экологических требований. В то же время в условиях постоянно растущей стоимости теплоэнергоносителей, одной из наиболее актуальных задач является поиск решений, обеспечивающих наибольшую экономию теплоэнергоресурсов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Требования к повышению

энергоэффективности и экономии энергоресурсов предъявляются федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Таким образом, очевидно, что очистку воздуха целесообразно применять для последующего возврата воздуха в помещение, то есть его рециркуляции, для обеспечения экономии энергоресурсов затрачиваемых на нагрев избыточного количества приточного воздуха. Ограничения по использованию рециркуляции воздуха приведены в [1]. Если рециркуляция недопустима то очистка воздуха требуется только лишь для соблюдения экологических норм и не повлечет за собой никакой экономии.

В работе [2] были введены условия целесообразности рециркуляции воздуха. Первое, необходимое условие – конструктивный фактор, учитывающий возможность осуществления рециркуляции в зависимости от коэффициента улавливания местного отсоса, степень улавливания вредных веществ фильтром и параметров выделяющихся вредностей. Второе, достаточное условие экономический фактор: стоимость фильтрующих аппаратов должна окупаться за заданный период эксплуатации за счет экономии тепловой и электрической энергии.

Прямое влияние на окупаемость системы местной вытяжной вентиляции оказывают затраты на эксплуатацию фильтрующих агрегатов, которые можно сократить увеличив срок службы фильтрующих элементов. Наиболее эффективный способ добиться этого — использовать агрегаты с возможностью регенерации фильтров. В данной статье описываются преимущества и недостатки наиболее распространенных способов регенерации фильтров.

Регенерация устраивается не только с целью повышения срока службы фильтрующих элементов, но главным образом для обеспечения стабильной работы системы местной вытяжной вентиляции. В процессе работы матерчатых фильтров происходит постепенное отложение пыли в порах фильтрующего материала и на его поверхности. По мере роста слоя пыли растет и гидравлическое сопротивление агрегата. Если периодически не удалять пылевой слой с поверхности материала произойдет «запирание фильтра», то есть вентилятор будет не в состоянии протягивать воздух через забившуюся фильтрующую перегородку. В результате постепенного забивания, будет падать эффективность фильтра и, в конце концов, движение воздуха через фильтр прекратится. Для поддержания фильтра в работоспособном состоянии необходимо периодически удалять пыль с поверхности и из пор фильтрующего материала.

Существует несколько основных способов регенерации фильтров, рассмотрим их.

Наиболее простой в конструктивном плане метод регенерации – это встряхивание. Встряхивание может осуществляться как в ручном режиме, так и с помощью специальных механизмов. Рассмотрим наиболее простой способ реализации этого метода. В качестве примера возьмем пылеулавливающий агрегат ПУАВ производства НПП «Экоюрус-Венто». В качестве фильтрующего материала в данном агрегате используется полотно из лавсана. Данный агрегат имеет производительность до 3000 м³/ч. Фильтрующий элемент в этих аппаратах крепится на каркас из колец различного диаметра, расположенных друг над другом, кольца собираются в пакет, верхнее кольцо крепится к неподвижной крестовине, нижнее - к подвижной, которая через отверстие в верхней крестовине соединена со штоком, корпус агрегата имеет цилиндрическую форму. Изменение положения штока регулирует сжатие фильтрующего элемента тем самым изменяя его плотность, то есть при постепенном увеличении слоя пыли, двигая шток, можно уменьшать степень сжатия фильтрующего элемента, тем самым увеличивая время межрегенерационных циклов. Регенерация осуществляется путем резкого перемещения штока и, соответственно сжатия и растяжения фильтрующего элемента. Пыль отделяется в следствии воздействия ударного импульса при резком перемещении штока и в результате взаимного перемещения волокон фильтра друг относительно друга. Для более производительных пылеулавливающих агрегатов используются механизированные системы встряхивания. Данный способ регенерации не требует больших затрат на реализацию и его возможно использовать как в агрегатах малой, так и большой производительности, однако его отличает низкая эффективность по сравнению с другими методами.

Второй метод регенерации фильтрующих элементов – импульсная продувка сжатым воздухом. Данный метод регенерации используется в конструкции рукавных фильтров. Регенерация запыленных рукавов осуществляется импульсами сжатого воздуха. Во время цикла регенерации струи сжатого воздуха создают внутри рукава повышенное давление, ткань рукавов раздувается, слой пыли деформируется и отделяется от фильтрующего материала. Данный способ имеет ряд преимуществ: регенерация осуществляется без остановки работы агрегата; выэффективность регенерации; автоматизирован и не требует стороннего вмешательства. Но этот метод возможно использовать только при больших расходах вытяжного воздуха из-за высокой стоимости его реализации.

Таким образом на данный момент актуальна разработка способов автоматизированной системы регенерации для агрегатов небольшой производительности (1000-5000 м 3 /ч). На базе предприятия НПП «Экоюрус-Венто» был разработан пылеулавливающий агрегат марки ЦФ с системой воздушно-импульсной регенерации. Данный агрегат разработан для очистки воздуха от мелкодисперсной пыли и имеет степень улавливания до 99%.

В данном агрегате имеется 3 ступени очистки: очистка от крупнодисперсной пыли путем тангенциальной подачи воздуха в корпус агрегата (циклонный эффект); очистка от среднедисперсной пыли жалюзийным сепаратором; окончательная очистка фильтром тонкой очистки. В качестве фильтрующего элемента финальной ступени используется круглый патронный фильтр на бумажно-тканевой основе.

Система регенерации патронного фильтра устроена следующим образом: в центральную часть фильтра помещается крыльчатка с лопастями длиной равной длине фильтра, крыльчатка подключена к электродвигателю, обеспечивающему скорость вращения порядка 8000 об/мин, при запуске системы регенерации пыль накопившаяся на наружной стороне фильтра по действием воздушного импульса отделяется от фильтрующего элемента Система регенерации начинает автоматически по датчику частоты вращения электродвигателя вентилятора, то есть регенерация включается после остановки агрегата с задержкой около 30 секунд (время за которое количество оборотов упадет до требуемого значения). Данный способ регенерации имеет неоспоримые преимущества: процесс автоматизирован и не требуется стороннего вмешательства; конструкция проста и не требует значительных капиталовложений для реализации. Так же стоит отметить, что в агрегатах малой производительности экономически целесообразно использовать либо метод встряхивания, либо воздушно-импульсную ре-

Таким образом, в данной статье проанализированы существующие способы регенерации фильтров и представлен новый, предназначенный для пылеулавливающих агрегатов малой производительности.

- 1. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 2004
- 2. *Гримитлин А. М.* Энергосбережение в системах промышленной вентиляции // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. СПб., 2002. С. 274–284.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДОВ ОТ ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Третьяк Людмила Николаевна

Доктор технических наук, доцент кафедры мерологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Вольнов Александр Сергеевич

Ассистент кафедры мерологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Герасимов Евгений Михайлович

Старший научный сотрудник по гигиене, г. Оренбург

Многочисленные публикации исследователей сформировали представление об автотранспортном комплексе как основном источнике загрязнения атмосферы городов (сотни тысяч тонн газообразных выбросов автомобильного транспорта), представляющим серьёзную опасность для здоровья населения [1, 2, 3, 4]. Вслед за экологами международные организации обязывают государства модернизировать национальный «автопром» и убрать с автострад автомобили с составом ОГ ДВС, не отвечающим требованиям стандартов ЕВРО 5-6.

Выполнение этих требований приводит к запрету использования в России 17 млн. АТС не соответствующим даже требованиям стандартов ЕВРО 0-1 и существенно сдерживает развитие отечественной автомобильной промышленности не способной «догнать и перегнать» производство автомобилей с «электронным мозгом», имеющим встроенные четырехступенчатые нейтрализаторы.

Прямое применение завышенных норм Евростандартов ограничивает возможности автомобилестроения как в России, так и в развивающихся странах, что вынуждает применение западных технологий при производстве ATC.

Наши исследования подтвердили, что в составе отработавших газов ДВС АТС импортного производства выбрасывается на порядки меньше оксида углерода и окислов азота, чем в выбросах отечественных АТС. Однако, ни оксид углерода, ни окислы азоты, составляющие 95 % (по массе) состава автомобильных выбросов, не способны накапливаться в приземном слое атмосферы, и способны создавать токсичный смог только в замкнутых пространствах туннелей и крытых стоянок.

При этом умалчивается факт, что состав загрязнения приземного слоя атмосферы автострад на 60 % состоит из продуктов износа шин, асфальтовых испарений и продуктов их взаимодействия. Исследования НИИ канцерогенеза ОНЦ РАМН показали, что в общем объеме ОГ ДВС выделение ПАУ шинами более значительно (55-60 %), чем ОГ ДВС; за каждые 13 минут городского ездового цикла доля выделений продуктов износа из шин составляет всего один процент по объему, но за это время из шин выделяется больше канцерогенных веществ (56 %), чем из ОГ ДВС (44 %); в том числе бенз(а)пирена (57 % - из шин против 43 % - из двигателя); причем резиновая пыль содержит сажи 26 % против 74 % в составе ОГ ДВС; а вклад шин (39 %) в образование N-нитрозаминов сопоставим с вкладом ОГ ДВС (61 %) [10].

В исследованиях, финансируемых в 90-е годы Агентством по охране окружающей среды США («Evaluation of VOC emissions from heated roofing asphalt»,

ЕРА-600/2-91-061), приводятся данные об объеме эмиссии летучих органических веществ при нагреве асфальта до пластификации. По этим данным 1 м² асфальтовых покрытий при нагреве выбрасывает в атмосферу (за 1 час) около 40 мг/м² толуола, более 90 мг/м² бензальдегида, около 66 мг/м² декана, 470 мг/м² тридекана. На основе этих данных, с учетом суммарной длительности жарких дней в Москве, оценено, что объем эмиссий 1 млн. м² асфальтового покрытия может достигать 665 тонн/год, включая эмиссии толуола и бензальдегида.

Целью нашего исследования была разработка технических решений по снижению токсического влияния автотранспортного комплекса на загрязнение приземного слоя атмосферы автострад. Мы изучили содержание вредных веществ в приземном слое атмосферы автострад г. Оренбурга на 34 самых напряженных перекрестках и сопоставили полученные данные с содержанием ОГ ДВС автомобилей различного типа в процессе их маневрирования при эксплуатации в городском цикле использования. Отбор проб осуществляли специально разработанными пробоотборниками, а для анализа пробы направляли в аккредитованные лаборатории.

Мы разработали методику динамической оценки состава ОГ ДВС с использованием специально разработанного нами съёмного кассетного пробоотборника [6]. Установлено, что в зимний период 2011 года в городе Оренбурге средняя скорость грузового потока составила 32,3 км/ч, что в 1,7 раза «лучше» западного норматива «городского ездового цикла». При этом, коэффициент замедления скорости относительно стандартной (Θ) составил 0,58 от европейского стандарта как показатель меньшего влияния автотранспортного потока в Оренбурге на загрязнение приземного слоя атмосферы относительно западных мегаполисов [12].

Проведённый эксперимент показал, что в процессе эксплуатации АТС по дорогам г. Оренбурга состав и концентрации ОГ ДВС существенно изменяются, достигая максимальных величин по «потерям углеводородов» при остановках и при малоскоростном маневрировании. При этом установлено, что с увеличением скорости АТС свыше 40 км/ч происходит резкое увеличение выбросов окислов азота, более существенное на АТС с карбюраторными двигателями (таблица 1).

Эксперимент с ATC импортного производства, оснащённым встроенной системой нейтрализации и электронным управлением работы двигателя, показал, что концентрации вредных веществ ОГ ДВС на порядки меньше, чем у автомобилей, не оснащённых нейтрализаторами.

Изменение состава ОГ ДВС в процессе эксплуатации

Таблица 1

Изменение состава ОГ ДВС в процессе эксплуатации									
Этапы ездового цикла	Скорость, км/ч (Ча- стота вращения ко- ленчатого вала, об/мин)	Время от- бора проб	λ	CO, %	С _п Н _m , млн ⁻¹	CO ₂ , %	O ₂ ,	NO, млн ⁻¹	
Тил	1 ATC		BA3	2109 (карб	9 (карбюраторный двигатель)			•	
Остановка		Утро	0,969	2,17	533	16,00	1,04	2927	
	0 (900)	День	0,960	2,45	434	16,00	0,81	2894	
		Вечер	0,907	4,44	460	15,00	0,73	1304	
Разгон	0-15 (900-1300)	Утро	0,971	2,26	547	16,00	1,11	1870	
		День	0,958	3,02	500	15,60	0,9	1521	
		Вечер	0,969	2,95	456	15,50	1,16	1331	
Движение с по-	40	Утро	0,928	2,70	452	15,80	0,73	768	
стоянной скоро-	40	День	0,921	4,01	388	15,80	0,52	1680	
стью	(1500)	Вечер	0,979	2,42	380	16,00	1,01	1947	
Движение с по-	10	Утро	0,971	2,03	312	16,00	0,79	2094	
стоянной скоро-	60	День	0,974	2,23	428	16,00	0,89	2467	
стью	(2300)	Вечер	0,998	2,01	265	16,00	1,17	3020	
		Утро	0,927	3,73	462	16,00	0,54	222	
Поворот	15	День	0,866	5,00	494	14,40	0,45	609	
поворог	(1300)	Вечер	0,936	3,34	490	15,80	0,83	437	
Тиі	ı ATC	2010				двигатель)	0,00		
		Утро	1,030	0,02	2	12,77	1,62	115	
Остановка	0	День	1,030	0,01	2	13,77	0,62	105	
	(900)	Вечер	1,005	0,05	6	14,24	0,19	306	
		Утро	1,021	0,13	4	13,07	1,33	193	
Разгон	0-15 (900-1500)	День	1,041	0,05	4	13,70	0,62	251	
1 431 011		Вечер	1,092	0,03	5	12,96	1,34	502	
Движение с по-		Утро	1,078	0,18	8	13,44	1,75	176	
стоянной скоро-	40	День	1,026	0,15	6	13,44	0,75	166	
стью	(2500)	Вечер	1,000	0,03	7	14,45	0,03	3	
Движение с по-	10	Утро	1,497	0,08	2	10,87	2,56	91	
стоянной скоро-	60	День	1,096	0,08	0	10,87	1,56	91	
стью	(3000)	Вечер	1,003	0,05	4	14,53	0,20	78	
	15 (1500)	Утро	1,011	0,21	12	15,37	1,16	173	
Поворот		День	1,001	0,19	12	14,37	0,16	153	
		Вечер	1,139	0,07	5	11,23	5,97	107	
Тиі	ı ATC	ВАЗ 2114 (инжекторный двигатель)							
Остановка	0 (900)	Утро	0,993	0,44	58	16,00	0,13	36	
		День	0,998	0,23	26	16,00	0,11	39	
		Вечер	0,987	0,69	41	16,00	0,15	45	
Разгон	0-15 (900-1500)	Утро	0,995	0,60	39	16,00	0,27	241	
		День	0,996	0,55	33	16,00	0,27	426	
		Вечер	0,993	0,42	19	16,00	0,10	157	
Движение с по-	40 (2500)	Утро	0,980	0,93	48	16,00	0,14	143	
стоянной скоро-		День	1,005	0,32	34	16,00	0,37	94	
стью	(2300)	Вечер	1,003	0,65	20	16,00	0,48	38	
Движение с по-	60 (3000)	Утро	0,986	1,41	59	15,70	0,61	147	
стоянной скоро-		День	0,994	0,37	36	16,00	0,13	458	
стью		Вечер	0,993	0,39	29	16,00	0,09	358	
Поворот	15 (1500)	Утро	1,001	0,16	19	16,00	0,14	6	
		День	1,007	0,05	13	16,00	0,27	409	
		Вечер	1,000	0,17	16	16,00	0,11	17	

Непосредственные измерения ОГ ДВС в условиях эксплуатации показали АТС, что максимум выбросов приходится на моменты остановок (холостой ход) у светофоров с последующим разгоном, причем состав выбросов меняется разнонаправлено и в разы увеличиваются концентрации углеводородов и окислов азота в ОГ ДВС.

При сопоставлении информативности трёх параметров состава ОГ ДВС (СО, NO, C_nH_m), характеризующих техническое состояние системы подготовки топливно-воздушной смеси, мы считаем более объективным и практически значимым метод определения «потерь углеводородов» (C_nH_m) в составе ОГ ДВС. Оказалось, что

невозможно использовать общепризнанные критерии качества подготовки топливо-воздушной смеси по CO и NO потому что при скорости 60 км/ч они дают противоположные тенденции в изменении концентраций: снижение СО при одновременном возрастании NO. С практической точки зрения считаем важным контроль концентраций углеводородов в ОГ ДВС вместо контроля СО и NO. Кроме того, обнаружены обратные соотношения динамики концентраций NO и CO при возрастании скорости относительно отечественного АТС: окислы азота снижались на порядки тогда как концентрации СО увеличивались незначительно. При этом «потери углеводородов» с отработавшими газами оказались максимальными на малых скоростях (15-40 км/ч). Важный для эксплуатации автомобилей показатель - «потери углеводородов» с ОГ ДВС (в пересчёте на гексан) у импортных АТС в сотни раз меньше.

Однако следует учесть, что этот показатель характеризует не экологический класс автомобилей, а качество регулировки и подготовки топливно-воздушной смеси. Именно концентрации углеводородов, а не оксида углерода в ОГ ДВС, мы предлагаем контролировать при ежедневном при выпуске машин на трассы. Концентрации углеводородов мы предлагаем определять по группе легких углеводородов (в пересчете на метан) или суммарно (в пе-

ресчёте на гексан) с помощью газоанализатора «ИНФРА-КАР 5M02.02» позволяющего проводить ежесекундный контроль ОГ ДВС.

В ходе камеральных исследований мы разработали методику оценки технического состояния автотранспортного средства по составу ОГ ДВС. По концентрациям анионов и катионов можно судить о качестве используемых моторных топлив и масел; состав и сочетание абразивных частиц металлов дает возможность судить об износе трущихся пар элементов двигателя; наличие частиц тяжелых углеводородов, включая ПАУ в том числе бенз(α)пирен, свидетельствует не только о наличии замазучивания в топливной системе, но и о проскоках зажигания, а также о процессах пиролиза моторных масел. Разработанный нами способ отбора проб высокотемпературных газов и устройство на основе криогенной ловушки позволяет получать и длительно хранить конденсат ОГ ДВС с последующим его анализом требуемыми аналитическими методами [7].

Степень влияния автотранспортных потоков на экологию города существенно зависит от качества дорожного покрытия и технического состояния автомобильного парка. Модификация методики расчета «приведенного пробегового выброса» [11], позволила нам провести исследование массовых выбросов загрязняющих веществ для различных видов автотранспорта (таблица 2).

Таблица 2 Массовые выбросы загрязняющих веществ автомобилями ЗАО «АК 1825» в процессе эксплуатации

Вид автомобиля	Кол-во	Среднегодовой приведенный выброс, тонн					
Вид автомооиля	единиц	CO	NO _x	C_nH_m	SO_2	Сажа	
Автобусы на бензине	116	725,77	93,62	55,01	3,86	-	
Автобусы на газовом топливе	148	65,26	134,22	20,933	18,47	8,62	
Автобусы на дизельном топливе	41	18,08	37,18	5,80	5,12	2,39	
Грузовые автомобили на бензине	6	31,80	1,35	3,19	0,15	-	
Грузовые автомобили на газовом топливе	5	1,21	2,58	0,67	0,62	0,17	
Грузовые автомобили на дизельном топливе	6	1,45	3,10	0,80	0,75	0,20	
Легковые автомобили	8	13,18	0,93	2,33	0,07	-	
Всего	330	856,75	272,98	88,73	29,04	11,38	

Оказалось, что среднегодовой массовый выброс в приземный слой атмосферы г. Оренбурга 330 автомобилей, эксплуатируемых ЗАО «АК 1825» в городском ездовом цикле составил 2,24 % окислов азота, 2,5 % оксида углерода и 0,12 % диоксида серы от общей массы выбросов предприятий города. Общая масса выбросов «АК 1825» суммарно по предприятию в городском цикле составила 1258,88 т/год. При этом основной вклад выбросов приходится на оксид углерода и диоксид азота, составляющий 4 и 1,5 % от фоновых концентраций г. Оренбурга. Однако ЗАО «АК 1825» ежегодно выбрасывает в приземный слой атмосферы автострад 11,38 тонн сажи, накапливаемой в придорожной зоне. Учитывая способность сажи накапливать бенз(а)пирен на своей поверхности, мы предлагаем её в качестве основного индикатора экологической опасности автотранспортных потоков.

Этот бесспорный факт способности накапливаться в приземном слое атмосферы и на поверхности автострад самых токсичных компонентов состава ОГ ДВС, минимальных по массе и «безопасных» по результатам кон-

троля «в пересчете на ПДК по гексану», заставляет по-новому взглянуть на источник экологической опасности для городских экосистем и методов оценки их опасности для населения. Оказывается, что выброс каждого автомобиля или разовая сумма выбросов всех проходящих автотранспортных средств, опасности не представляет, так как быстро рассеивается или оседает в придорожную пыль, состав которой не нормируется. Также европейскими стандартами не нормируются продукты износа шин и асфальтовые испарения, которые накапливаются и переносятся на большие расстояния, создавая реальную экологическую угрозу.

Известно, что запыленность воздуха при движении по асфальтированному шоссе за одним автомобилем составляет 5-10 мг/м³, за двумя автомобилями - 15-20 мг/м³. По другим данным при движении автомобилей в колонне с интервалом 35 м запыленность воздуха на уровне воздухозаборника двигателя для головной машины составила 0,2 г/м³, для 6-го - 1 г/м³, для 10-го - 1,1 г/м³. Установлено

также, что максимальная запыленность воздуха на автодороге имеет место на высоте 0,5-1,0 м от полотна дороги и снижается в 3-10 раз на высоте 2 м и более [8].

Таким образом, степень загрязнения приземного слоя атмосферы городов зависит не столько от выбросов АТС сколько от движения взвешенных частиц приземного слоя атмосферы, турбулентность которых поддерживает скорость транспортного потока.

Из этих фактов неизбежен вывод, что максимальное ужесточение требований к составу ОГ ДВС, прослеживаемое в динамике роста требований ЕВРО-стандартов, оказывается *тимиковым направлением* экологизации автомобильных стандартов, так как не учитывает влияния

продуктов износа шин, асфальтовых испарений и продуктов их взаимодействия, способных формировать токсичные виды фотохимических смогов.

Мы считаем, что требуется разработка регионального стандарта, позволяющего нормировать и оценивать уровень опасности для населения последствий неконтролируемого использования автотранспортных средств в процессе их эксплуатации.

В целях поиска номенклатурных показателей, уровня нормирования и методов оценки соответствия, необходимых для структурирования предлагаемого нормативного документа, мы провели специальные исследования состояния загрязнения приземного слоя атмосферы наиболее напряженных автострад города Оренбурга (рисунок 1).

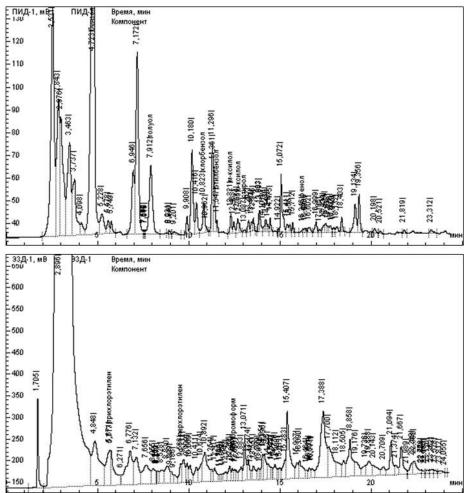


Рисунок 1. Хроматограммы проб воздуха, отобранных на перекрёстке Проспекта Победы и ул. Шевченко (по МУК 4.1.598-96); хроматограф Кристалл 5000 Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области»

Состав загрязнителей никак не может быть гармонизирован с номенклатурой европейских стандартов. Более того, мы считаем ошибочным требование нормировать токсичность по единичным компонентам.

Оценку уровней токсичности полученных массовых концентраций 24 загрязнителей приземного слоя атмосферы автострад (рисунок 1) мы провели с использованием пяти методических подходов:

- по суммарной величине превышений ПДК («уровень недействующих доз или нулевой токсичности»);
- по показателю «суммарного риска превышений ПДК» с учётом коэффициента, учитывающего класс опасности компонента смеси;

- по показателю суммарного риска превышения уровня пороговых доз;
- по суммарной величине превышений токсичности эталонного компонента смеси (СО или SO₂);
- по величине среднесмертельных концентраций (LD₅₀, мг/кг).

Оказалось, что «нулевой уровень токсичности» и все связанные с ним методики потеряли свою актуальность и практическую значимость при оценке степени загрязнения приземного слоя атмосферы автострад, так как фактические многотысячные величины превышений ПДК (или рисков превышения ПДК) должны привести к запрету использования автотранспорта в городах.

Отечественные токсикологи считают единственно статистически значимым параметром в токсикологии уровень LD_{50} , мг/кг [9]. Мы приняли эту концепцию оценки токсичности, заменив «поглощенную дозу» на известные величины «аэрогенно поглощенных доз» CL_{50} , мг/м³ и проведя суммирование токсичности индивидуальных компонентов смеси загрязнителей приземного слоя атмосферы автострад ($\sum CL_{50}$, мг/м³).

При этом установлен рейтинг 24 наиболее типичных загрязнителей приземного слоя атмосферы автострад. Установлено, что наибольший вклад в суммарную токсичность составляют: фенол (39,73 % от общей токсичности); хлорбензол (28,37 %); бенз(α)пирен (9,66 %); бензол (8,17 %); толуол (4,58 %); метанол (4,29 %); ацетон (2,72 %); стирол (1,24 %); ксилол (0,66 %); этилбензол (0,21 %).

Нами исследовано долевое участие каждого из 24 загрязняющих веществ в общем комплексе загрязнителей с целью выявления индикаторных веществ, наиболее достоверно представляющих массовое соотношение загрязняющих компонентов. Такими индикаторными веществами оказались: бензол (0,2523); хлорбензол (0,2503); ацетон (0,2235); фенол (0,1295), представляющие наиболее значимую по массе долю в сумме выбросов. Разработанная методика позволяет, определив концентрацию индикаторного компонента по его доле в общей массе, определить общую сумму загрязнителей в кубическом метре анализируемого воздуха, а также и прогнозную массовую концентрацию любого из 24 компонентов смеси.

Выводы

- 1 Исследование показало, что основная часть загрязнения приземного слоя атмосферы автострад связана не с разовыми выбросами ОГ ДВС, а с накоплением в приземном слое атмосферы автострад ПАУ, тяжёлых углеводородов, сажи и бенз(а)пирена, продуктов износа шин и асфальтовых испарений, ежесекундно вихреобразно поднимаемых транспортным потоком на высоту свыше 3 м от дорожного полотна. Ужесточение норм ЕВРО стандарта до гигиенически безопасных нормативов не может заменить технических мер по удалению с полотна автострад накопленных токсикантов. С учётом анализа мирового опыта мы предлагаем законодательно обязать муниципальные службы проводить регулярные смёт и смыв токсичных накоплений твёрдых и аэрозольных частиц, например, с использованием 1 % раствора сульфолана или других мощных ПАВ.
- 2 Для снижения токсичного влияния городских транспортно-технологических комплексов на экологические системы и здоровье жителей городов необходима разработка региональных стандартов, регламентирующих допустимую степень загрязнения приземного слоя атмосферы автострад. На примере города Оренбурга мы подготовили проект нового документа, предусматривающего дозную оценку токсичности всего комплекса вредных веществ, выделяемых двигателями АТС, автомобильными шинами и асфальтовыми покрытиями.
- 3 В проекте стандарта мы обосновали номенклатуру показателей комплексного влияния факторов, загрязняющих приземный слой атмосферы автострад, уровни нормирования, допустимую степень загрязнения приземного слоя атмосферы и методы анализа номенклатурных показателей, что позволило сформулировать методологический подход к созданию типового регионального стандарта, учитывающего допустимую степень загрязнения атмосферы автострад в городах.
- 4 Для защиты экологии городов мы разработали комплекс технических решений по обеспечению и реализации предлагаемых норм стандарта, в том числе систему защиты органов дыхания водителей АТС, новый принцип организации вентиляции крытых стоянок и гаражей, а также новый тип нейтрализатора ОГ ДВС, функциониру-

ющего по принципу «задержать и уничтожить», практически исключающего выбросы углеводородов в приземный слой атмосферы [5].

Список использованных источников

- Воронков, Н.И. Состояние и перспективы защиты воздушного бассейна Донецка от загрязнения выбросами автомобильного транспорта /Н.И. Воронков, Н.В. Гринь, В.И. Соловьёв, Е.А. Радошкевич.// Гигиена и санитария. – 1988. – № 12. С. 60–61.;
- 2. Графкина, М.В. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник / М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов. М.: ФОРУМ, 2009. 320 с.
- 3. Ерохов, В.И. Токсичность современных автомобилей (методы и средства снижения вредных выбросов в атмосферу): учебник / В.И. Ерохов. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. 448 с.
- Животова, Е.О. Анализ влияния автомобильного транспорта на окружающую среду региона и мероприятия по снижению /Е.О Животова, Б.К. Жумашева // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник материалов IX Российской НПК (26-27 ноября 2009 г). – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. – 2009 – 487 с. – С. 92- 102;
- 5. Заявка 2014129367 РФ, МПК 7 F 01N 3/08, F 01N 3/20, F 02B 75/10 Способ каталитической очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания и устройство для его реализации. Третьяк Л. Н./ Вольнов А. С., Третьяк Л. Н., Герасимов Е. М., заявл. 16.07.2014.
- 6. Устройство для отбора проб отработавших газов двигателя транспортного средства: патент 2519405 РФ, МПК 7 G01N1/24, G01M15/10. ОГУ/ Вольнов А. С., Третьяк Л. Н., Герасимов Е. М., № 2013108337/05; заявл. 25.02.2013 опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16-9 с.
- 7. Способ отбора проб высокотемпературных газов и устройство для его реализации: патент 2519405 РФ, МПК 7 G01N1/24. Третьяк Л. Н./ Вольнов А. С., Третьяк Л. Н., Герасимов Е. М., № 2013110591/05, заявл. 11.03.2013 опубл. 10.09.2014 Бюл. № 25 12 с.
- Сайкин, А.М. Обоснование и разработка комплексных методов снижения загрязнения в кабинах карьерных самосвалов отработавшими газами дизелей.: дисс....доктора техн. наук: 05.05.03. / А.М. Сайкин. Москва: Науч-исслед. автомоб. и автомотор. Инт «НАМИ», 2010. 393 с.
- 9. Саноцкий, И. В. Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений / И.В. Саноцкий, И.П. Уланова. М.: Медицина, 1975. 327 с.
- Третьяков, О.Б. Воздействие шин на окружающую среду и человека / О.Б. Третьяков, В.А. Корнев, Л.В. Кривошеева // Агентство научно-технической информации. Научно-техническая библиотека. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/949.html Дата обращения 22.10.14.
- 11. Чекмарева, О.В. Промышленная экология: методические указания к лабораторным занятиям / О.В. Чекмарева, С.В. Шабанова, О.Е. Бударников. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. 67 с.
- 12. Щурин, К. В. Гармонизация стандартов Европейского союза и Российской Федерации по оценке влияния автотранспорта на экологические системы городов / К. В. Щурин, Л. Н. Третьяк, Е. М. Герасимов, А. С. Вольнов // Грузовик, 2012. № 9. С. 28-31.

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ РАЗЛИЧЕНИЯ ГРУПП МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Уржумов Даниил Владимирович
Ассистент кафедры информатики, Йошкар-Ола
Кревецкий Александр Владимирович
кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Йошкар-Ола

Введение. На этапе проектирования алгоритмов распознавания и классификации малоразмерных и точечных объектов (МРО и ТО) по данным дистанционного зондирования земли целесообразно проведение исследований их работы методом статистических испытаний на сгенерированных (по имеющимся математическим моделям) наблюдаемых сценах [1, с. 466]. Сигнатура тестируемых методов может различаться по числу и типу парамет-Таким образом, к программному комплексу тестирования предъявляется требование устойчивой работы с функциями с заранее неопределенной сигнатурой. Это требование не может быть выполнено непосредственно, вследствие отсутствия в современных компилируемых языках программирования методов динамической генерации кода. Применение для поставленной задачи интерпретируемых языков нецелесообразно по причине низкой производительности.

Цель работы: Реализовать архитектуру комплекса тестирования алгоритмов различения групп малоразмерных объектов. Разработать иерархию классов, максимально упрощающую разработку оберток над тестируемыми алгоритмами.

Методика решения. Поскольку непосредственно решить задачу динамической генерации программного кода невозможно, необходимо разработать механизм регистрации алгоритма в системе. Программный код алгоритма должен быть скомпилирован отдельно и подключаться по запросу пользователя. Единственной методикой позволяющей реализовать подобное обособленное размещение кода алгоритма является использование динамических библиотек с применением динамической загрузки по запросу пользователя. Поскольку при динамической загрузке библиотеки в основной код дескриптор функции передается в виде указателя на пустой тип void, непосредственное ее использование, а также преобразование в форму допустимую для применения без явного описания сигнатуры функции в коде невозможно. Это обстоятельство явно противоречит требованию к комплексу тестирования и вынуждает перенести подобное преобразование в код динамической библиотеки. Наиболее удобной для реализации во всех последующих алгоритмах является добавление в код библиотеки единственной функции без параметров registrate. Данная функция возвращает класс универсальной спецификации алгоритма, который содержит метод-обертку над функцией, а также упорядоченный список классов, задающих тип и диапазон значений параметров.

Поскольку число параметров различно, то для генерации функций оберток придется создать вложенный класс, представляющий собой библиотеку однотипных статических шаблонных методов, различающихся числом типов:

```
template <typename T>
class AlgorithmWraper
{
public:
```

```
static Scene wraper0(void* pAlg, Scene
scnSource, List<Any> lstParams)
{
    return
static_cast<T>(pAlg)(scnSource);
}
static Scene wraper1(void* pAlg, Scene
scnSource, List<Any> lstParams)
{
    return static_cast<T>(pAlg)(scnSource,
lstParams[0]);
}
static Scene wraper2(void* pAlg, Scene
scnSource, List<Any> lstParams)
{
    return static_cast<T>(pAlg)(scnSource,
lstParams[0], lstParams[1]);
}
...
```

В данном фрагменте кода класс Scene — аналитическое описание сцены [2, с. 128]; T — шаблонный класс, использование в коде которого, налагает требование указателя на функцию, принимающее соответствующее число аргументов; List < Any > - список контейнеров произвольного типа, $void^* -$ указатель произвольного типа. Таким образом, функцию-обертку можно хранить в классе-спецификации в виде указателя: Scene ($*m_pAlg$)($void^*$, Scene, List < Any >), формат которого един для методов с любым числом и типом параметров.

Вторым компонентом класса-спецификации является класс, хранящий диапазон значений параметра. Диапазон осуществляет взаимодействие с программным интерфейсом элементов управления controlInterface.

```
class ParameterRange
{
    public:
        template < typename T >
        ParameterRange(T tMin, T tMax, T tStep)
    {
            m_pfUpdater = create < T >;
            m_pvMax = new T(tMax);
            m_pvStep = new T(tStep);
      }
      ControlInterface createInterface()
      {
            return m_pfUpdater(m_pvMax, m_pvMin, m_pvStep);
      }
    protected:
      template < typename T >
      static ControlInterface create(void* pvMax, void* pvMin, void* pvStep)
    }
```

```
return
                 ControlInterface::create(static_cast
                  < T^* > (pvMax), static cast< T^* > (
                 pvMin), static\_cast < T*>(pvStep));
private:
       void *m_pvMax, *m_pvMin, *m_pvStep;
       ControlInterface (*m_pfUpdater)(void*, void*,
       void*);
```

Конструктор класса диапазона принимает три шаблонных параметра: максимальное, минимальное значения и шаг диапазона и осуществляет преобразование их типа к указателю на неспециализированные данные. Обратного преобразования осуществляется при генерации интерфейса элемента управления через функцию, вызываемую по указателю. Такой подход позволяет осуществлять безопасную передачу данных интерфейсу элемента управления без проверки на соответствие типов [3, с. 73].

Приведенного код используется в классе-специфи-

```
кации алгоритма:
class AlgorithmData
public:
       template <typename T>
      AlgorithmData(T* tFunction, List<ParameterRange>
      lstParameters)
             switch(lstParameters.size())
                    m_pAlg = tFunction
                    case 0:
                           m_pAlg =
                           AlgorithmWraper<T>::
                           wraper0;
                    case 1:
                           m_pAlg =
                           AlgorithmWraper < T > ::
                           wraper1;
             m_lstParameters = lstParameters;
       List<ControlInterface> createInterfce()
             List<ControlInterface> lst;
             for(int \ i = 0; \ i < lst.size(); \ i++)
                    lst.push_back(m_lstParameters.
                    createInterface());
             return lst;
      Scene execute(Scene scnSource, List<Any>
      lstParametrValue)
             return m_pAlgSignature(m_pAlg, scnSource,
             lstParametrValue);
protected:
       void* m_pAlg;
       Scene (*m_pAlgSignature)(void*, Scene, List<Any>);
       List<ParameterRange> m_lstParameters;
}
```

Данный класс преобразует указатель на функцию алгоритма к неспециализированному виду, генерирует и сохраняет функцию-обертку, а так же список классов, хранящих диапазоны параметров. По запросу пользователя класс может предоставить набор интерфейсов для элементов управления, которые позволят пользователю выбрать требуемое значение параметра из диапазона. Получив сигнал от пользовательского интерфейса, содержащий весь список инициализированных пользователем значений параметров, класс запускает алгоритм на выполнение с указанными параметрами.

Описание результатов. Таким образом, разработчику кода библиотеки достаточно определить в ней функцию вида:

```
AlgorithmData registrate()
      return AlgorithmData(function,
          List<ParameterRange>(ParameterRange(tMax,
          tMin, tStep), ...);
```

Где под function подразумевается имя регистрируемой функции, a List<ParameterRange> - список инициализированных диапазонов параметров.

При загрузке библиотеки комплекс вызывает ее функцию registrate, принимает универсальную спецификацию, возвращаемую функцией регистрации. После того как пользователь задаст все параметры, определит набор тестовых сцен и подтвердит начало тестирования, алгоритм будет запущен по указателю на его функцию в универсальном описании. Информация о результатах работы алгоритма сохраняется в дополнительных данных аналитического описания сцены и может быть проверена на соответствие, заданным пользователем критериям в автоматическом режиме. Статистика правильных (соответствующих заданному условию) результатов собирается в класс диаграммы и выводится в виде таблице по завершению нагрузочного тестирования. Отдельно ведется сбор статистики по длительности по времени выполнения алгоритма.

Заключение. Предложенная архитектура позволяет комплексу тестировать алгоритмы с различной по числу и типу параметров сигнатурой. Объем дополнительного кода динамических библиотек алгоритмов, требуемого для обеспечения доступа комплексу к алгоритму, минимально. Задачи проверки условия и сбора статистики являются типовыми задачами обработки данных, поэтому в статье лишь сообщается об их интеграции в архитектуру программного комплекса без описания решения.

- 1. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов/ Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, и др.; Под ред. Я.А.Фурмана. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 592 c.
- 2. Уржумов Д. В., Кревецкий А. В. Представление данных в системах дистанционного зондирования земли // Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Современные тенденции в науке: новый взгляд» Тамбов 2011 – С. 126-129.
- 3. Александреску. А. Современное проектирование на C++. – М.: «Вильямс», 2002. – 336 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Васюгова Светлана Алексеевна

аспирант кафедры «Автоматизированные системы управления», ФГБОУ ВПО Московский автомобильнодорожный государственный технический университет (МАДИ), Россия, г. Москва.

Николаев Андрей Борисович

заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор, декан факультета, ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Россия, г. Москва.

- 1. Введение. Разработка и совершенствование интеллектуальных транспортных систем сегодня является важным направлением в организации дорожного движения. Известно, что большая часть дорожно-транспортных происшествий происходит по вине водителей [1]. Отсюда следует вывод, что сегодня необходимо максимально усовершенствовать пути организации дорожного движения путем разработки и внедрения автоматизированных систем и устройств. Необходимо максимально обеспечить информационной и технической поддержкой водителей и других участников движения. Это позволит сократить количество ДТП, что также повлияет на загруженность автодорог.
- 2. Автоматизация транспортных процессов за счет внутренней телематики. Под «автоматизацией транспортных процессов» можно подразумевать совокупность научно-технических решений, направленных на создание интеллектуальных устройств и систем, частично освобождающих человека от выборочных процессов и решений. Сегодня активно применяются различного вида

автоматизированные и интеллектуальные элементы и системы. Автоматизация затрагивает как систему транспортного средства, так и систему дорог.

Оснащение автомобиля системой автоматизированного контроля позволяет снизить риск возникновения опасных ситуаций в процессе эксплуатации транспортного средства. Система автоматизированного контроля, внедряемая в автомобиль, дает возможность водителю совершать безопасные маневры на дорогах, соблюдать правила дорожного движения, распознавать дорожные знаки и препятствия на дороге, а также, позволяет автомобилю преодолевать определенные участки дороги без участия водителя, т.е. в режиме автопилота.

Все эти функции автомобиля обеспечиваются многочисленными сенсорами, датчиками и камерами. Данные устройства связаны с бортовым компьютером, который, в свою очередь, является центром управления и контроля над автомобилем.

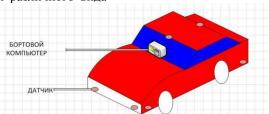


Рисунок 1. Авомобиль с обозначенными датчиками и бортовым компьютером

На рисунке 1 изображен автомобиль и внешние датчики, отвечающие за различные функции, а также, бортовой компьютер, расположенный в салоне автомобиля. Выбор места расположения датчика зависит от его будущих функций и области контроля.

Под понятием «бортовой компьютер» следует понимать автоматизированную систему, включающую в

себя совокупность программ, технических устройств и дополнительного оборудования, которые в совокупности образуют интеллектуальный блок по управлению автомобилем. На рисунке 2 изображена схема обмена данными в системе автомобиля.

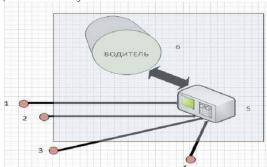


Рисунок 2. Схема обмена данными в системе автомобиля

Бортовой компьютер (5) опрашивает датчики и сенсоры (1..4), установленные в разных частях автомобиля, после чего обрабатывает собранную информацию и выдает управляющие сигналы на устройства автомобиля и информирующие сигналы на монитор водителя (6). Новейшие технологии позволяют максимально облегчить процессы коммуникации между бортовым компьютером и водителем. Водитель также может задавать бортовому компьютеру условия работы системы, что приводит процесс взаимодействия к режиму «водитель - бортовой компьютер-водитель». Однако современные системы приближают участие водителя в процессах контроля и управления автомобилем к минимуму. Процесс сбора и обработки информации осуществляются максимально в

короткие сроки, что позволяет водителю совершать наиболее безопасное передвижение.

3. Автоматизация транспортных процессов за счет внешней телематики. Сегодня интеллектуальные транспортные системы (ИТС) существуют как системы сбора и анализа информации о движении транспорта на основе навигационно-связного оборудования. В России данный процесс осуществляется «преимущественно на основе навигационной системы ГЛОНАСС»[2]. Минимальным элементом управления выступает единица транспорта (ведомственного, личного, общественного, специального и т.д.), оборудованного навигационно-телематическим терминалом. Данные о передвижении транс-

порта и работе дополнительного оборудования (камер видеонаблюдения, датчиков учета пассажиропотоков, датчиков по контролю погодных условий и т.д.) с указанного навигационно-телематического терминала передаются «в единый диспетчерский центр, в котором, на основе полученной информации, принимаются оперативные решения по управлению транспортными средствами и дорожными процессами»[3]. На рисунке 3 изображена схема работы интеллектуальной транспортной системы. Данная система продолжает совершенствоваться, однако уже на данном этапе она выполняет большой ряд функций. Благодаря подобной системе процесс по контролю и управлению за дорожным движением становится более точным и быстрым, что позволяет сократить количество ДТП на дорогах.



Рисунок 3. Схема работы интеллектуальной транспортной системы

Разработка и полномасштабное использование ИТС обеспечивает [4]:

- сокращение смертности на дорогах за счет повышении оперативности реагирования на ДТП;
- беспрепятственное движение спецтранспорта к месту ДТП или криминальной ситуации;
- оперативное, полное и достоверное доведение информации до специальных служб при возникновении криминальных или чрезвычайных ситуациях на транспорте;
- информирование водителей о нарушении ими правил дорожного движения и эксплуатации транспортного средства, а также о текущем и краткосрочном прогнозе состояния условий дорожного движения;
- автоматическую фиксацию фактов нарушения правил дорожного движения для выявления и наказания виновных лиц;
- повышение внимания водителей при управлении автомобилями в различных по напряженности условиях движения;
- создание условий для сокращения времени поездок пассажирами всеми видами наземного транспорта;
- увеличение пропускной способности дорог города за счет регулирования транспортных потоков и формирования предупредительной информации об условиях дорожного движения;
- возможность выбора пассажирами оптимального маршрута движения от начальной до конечной точки (с учетом маршрутов и расписаний движения общественного транспорта, а также, дорожной ситуации и плотности транспортных потоков);

- оптимизацию маршрутов движения транспортных средств с учетом актуального состояния дорожного движения и миграции заторовых ситуаций.
- 4. Заключение. Рассмотрены две основных области в интеллектуальных транспортных системах: интеллектуальная система автомобиля и интеллектуальная система дорог. Были проанализированы современные методы контроля и управления процессами дорожного движения за счет использования средств внутренней и внешней телематики.

Можно сделать вывод, что внедрение и развитие интеллектуальных транспортных систем является очень важным фактором для развития транспортной системы страны. Такие инновации позволяют облегчить взаимодействие водителя с автомобилем, а также, позволит осуществлять контроль за процессами на дорогах. Все эти факторы помогут обеспечить безопасность на дорогах страны и уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий.

- 1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]//URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/ru/(дата обращения 21.10.2014).
- 2. Межотраслевой журнал навигационных технологий [Электронный ресурс] // URL: http://vestnik-glonass.ru/ (дата обращения 23.10.2014).
- 3. Володина Е.В., Ермакова П.А. Использование потенциала глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) в региональной транспортной логистике: научный журнал. Потенциал современной науки. №2/2014 г.-73с.
- 4. Автоматические парковочные системы [Электронный ресурс]//URL: http://www.parkingcity.ru/news-30-12-2011.html/ (дата обращения 23.10.2014).

КРИТЕРИИ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ОТКАЧКИ ВАКУУМНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Зоркин Александр Яковлевич д.т.н., профессор СГТУ имени Гагарина Ю.А. г. Саратов Семенов Станислав Валерьевич ассистент СГТУ имени Гагарина Ю.А. г. Саратов Вавилина Надежда Александровна ассистент СГТУ имени Гагарина Ю.А. г. Саратов Котина Наталия Макаровна к.т.н., доцент СГТУ имени Гагарина Ю.А. г. Саратов

В технологии вакуумных электронных приборов (ВЭП) применяют технологические операции откачки и тренировки, которые необходимы для окончательного формирования физико-химических свойств элементов ВЭП [1]. Отсутствие четких критериев окончания процессов при откачке затрудняет контроль откачки.

Основной целью откачки ВЭП является создание условий для работы эмиттерных структур, в частности оксидосодержащих катодов [2]. Для оксидосодержащих катодов можно выделить два критерия придания эмиссионной активности катодов: прямой и относительный.

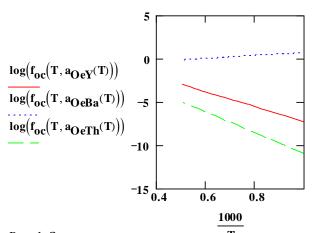
Оксид катода приобретает эмиссионную активность при условии, что активность кислорода в приборе ниже активности кислорода в точке минимума общего равновесного давления паров оксида при рабочей температуре катода [2]. Поэтому можно ввести прямой критерий, заключающийся в определении активности кислорода в приборе. Активность кислорода можно определить по отношению парциальных давлений CO_2/CO и H_2O/H_2 . В соответствии с реакциями $CO + 0.5O_2 = CO_2$ и $H_2 + 0.5O_2 = H_2O$ отношения этих давлений равны

$$f_{oc}(T, a_O) := a_O \cdot K_{oc}(T),$$

 $f_{oh}(T,a_O) := a_O \cdot K_{oh}(T),$ где $a_O := \sqrt{P_{O2}}$ - активность кислорода; P_{O2} - давление молекулярного кислорода, атм; $K_{oc}(T)$, $K_{oh}(T)$ - константы равновесия реакций $CO + 0.5O_2 = CO_2$ и $H_2 + 0.5O_2 = H_2O$; T - температура, K.

На рис. 1 показаны зависимости прямого критерия для некоторых оксидов от температуры, при этом оксид активирован, если фактическое значение отношения давлений CO_2/CO в приборе меньше расчетных значений $f_{oc}(T,a_O)$, приведенных на рис. 1.

Но удобнее пользовать относительным критерием $F_{\rm oc}$, в качестве которого можно выбрать отношение активности кислорода в среде к активности кислорода в анализируемой системе, равное отношению соответствующих значений $f_{\rm oc}(T,a_{\rm o})$. На рис. 2 показаны зависимости относительных критериев для некоторых оксидов и катодов от температуры, при этом оксид активирован, если значение относительного критерия меньше единицы.



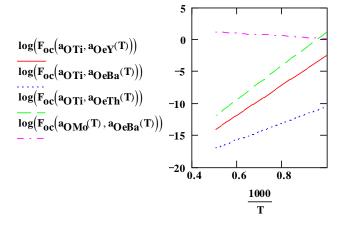


Рис. 2. Зависимость относительного критерия от температуры катода. $1-Y_2O_3;\ 2$ - BaO; 3 - ThO₂; 4 — металлосплавной палладий-бариевый катод

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Особенности нанотехнологии электровакуумных приборов / С. В. Семенов // Вакуумная техника и технология, № 2, т. 21, 2011. С.79-80.
 - 2. Откачка электронных приборов / А. Я. Зоркин, Г. В. Конюшков. Саратов: СГТУ, 2006. 284 с.

ТЕХНОЛОГИЯ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ В ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ТЕРМОСТАТЕ

Викулин Александр Викторович

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология проектирования и производства двигателей ЛА», «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», г. Москва

Чеснова Виктория Андреевна

Аспирант, зав. лабораторией кафедры «Технология проектирования и производства двигателей ЛА», «МАТЙ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», г. Москва **Ярославиев Николай Львович**

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология проектирования и производства двигателей ЛА», «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», г. Москва

Основная тенденция развития современной газотурбинной техники связана с быстрым повышением параметров рабочего процесса и, прежде всего температуры газа перед турбиной. При создании высокотемпературных газотурбинных двигателей и стационарных установок важной проблемой является разработка охлаждаемых деталей горячего тракта двигателя.

Проектирование и доводка охлаждаемых деталей двигателя тесно связана с проведением экспериментальных исследований, так как сложность процесса теплообмена в каналах охлаждения деталей не всегда позволяет ограничиться только теоретическим анализом, но и требует проведения испытаний, подтверждающих адекватность математических моделей реальным физическим процессам.

Наиболее приемлемым при проектировании и доводке охлаждаемых деталей газовой турбины являются статистические методы испытаний, среди которых, благодаря технологической простоте, оперативности и высокой

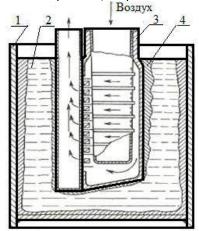


Рисунок 1. Схема испытания лопатки

информативности, особое место занимает метод калориметрирования в жидкометаллическом термостате [1].

Для расширения области применения калориметрического метода разработана технология тепловых испытаний, основанная на научной базе, включающей в себя комплекс приборного и программного обеспечения.

Сущность данного метода заключается в следующем. Испытуемая деталь, например лопатка, снабжённая патрубками для подвода и отвода охладителя (рис. 1) помещается в расплав чистого высокотеплопроводного металла и продувается определённое время охлаждающим воздухом. В результате этого на поверхности намораживается корка металла, толщина которой в каждой точке поверхности лопатки характеризует интенсивность её охлаждения, оцениваемую либо плотностью теплового потока, либо коэффициентом теплоотдачи к охлаждающему воздуху.

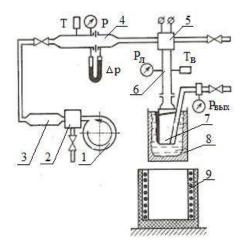


Рисунок 2. Принципиальная схема установки

Установка для испытания теплонапряженных деталей в жидкометаллическом термостате включает следующие основные элементы (рис. 2): систему очистки и подачи воздуха, рабочий участок для подключения объекта исследования, калориметрическую систему (печь, тигель с расплавленным цинком), механизм перемещения тигля, системы регулирования, измерения и регистрации параметров экспериментов.

На рисунке 3 показана схема и внешний вид промышленного варианта установки [1]. Она состоит из трех блоков: испытательного бокса, пульта управления и блока с регистрирующей аппаратурой.

Базовым элементом испытательного бокса является корпус, внутри которого устанавливается подъемно-поворотный механизм (3), электрическая печь (2) с тиглем (4),

наполненным цинком, рабочие участки с испытываемыми лопатками, система подачи воздуха.

Подъемно-поворотный механизм (3) обеспечивает транспортировку тигля и его фиксирование в трех положениях по вертикали. Нижнее положение соответствует расположению тигля (4) в муфеле печи (2). Остановка тигля в среднем положении необходима для проведения технологических операций с расплавом цинка. При перемещении тигля (4) в верхнее положение происходит погружение лопатки в цинк. По окончании продувки лопатки воздухом механизм (3) осуществляет опускание тигля в среднее положение. Привод механизма (3) перемещения термостата в горизонтальной и вертикальной плоскостях выполняется электродвигателями по сигналу с пульта управления.

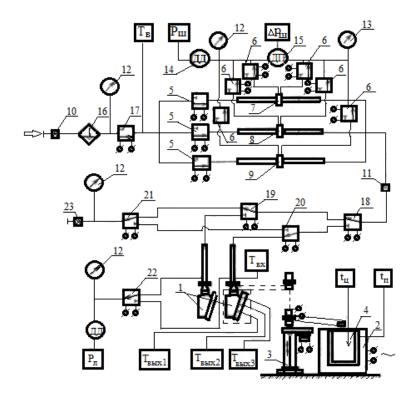




Рисунок 3. Схема и внешний вид промышленной установки

Термостат представляет собой тигель (4) с цинком, имеющий в поперечном сечении овальную форму. Изготавливается тигель из высокоуглеродистой стали, внутренняя поверхность стенок покрыта слоем керамики, предохраняющей поверхность тигля от контакта с расплавом. Габаритные размеры тигля и масса цинка определяются массой $\mathbf{m}_{\scriptscriptstyle \Pi}$ и размерами лопатки, укомплектованной узлами подвода и отвода охлаждающего воздуха.

Необходимое количество цинка $m_{\scriptscriptstyle \rm II}$ находят из уравнения теплового баланса:

$$m_{\text{II}} \geq \frac{c_{\text{I}} m_{\text{I}} \left(T_{\text{KP}} - T_{0} \right)}{c_{\text{II}} \left(T_{\text{II}} - T_{\text{KP}} \right)}, (1)$$

где $T_{\rm ц}$ – температура перегретого расплава цинка; T_0 – температура лопатки до погружения в цинк; $c_{\rm ц}, c_{\rm л}$ – теплоемкости цинка и материала лопатки.

Электронагревательная печь (2) имеет металлический муфель, с целью снижения его тепловой инерционности вокруг него на изоляторах закреплена электрическая спираль. Температура в рабочем объеме печи контролируется и регулируется с помощью потенциометра типа РП в зависимости от температуры расплава цинка. Диапазон регулирования температуры печи 400-1200 К. Мощность печи обычно не превышает 3 кВт.

Пульт управления установки обеспечивает управление подъемно-поворотным механизмом, системой подачи охлаждающего воздуха в ручном и автоматическом режимах по сигналу секундомера, записью параметров эксперимента. На пульте установлены: ваттметр, манометры для измерения давления воздуха на входе в лопатку и в расходомерном участке, приборы для контроля температуры цинка и муфеля печи.

Рабочий участок соединяет объект исследования (охлаждаемую лопатку) с воздушной магистралью установки. Рабочий участок должен обеспечивать: возможность продувки лопатки охладителем при погружении ее в цинк с выходом его в атмосферу или использованием противодавления; минимальный теплоотвод от лопатки

по рабочему участку; отсутствие массивных элементов соединительных узлов с целью снижения теплоаккумуляционной способности конструкции; для лопаток со вставным дефлектором возможность извлечения дефлектора из лопатки и его замены.

Конструктивная схема рабочего участка для сравнительных исследований дефлекторных лопаток со вставным дефлектором представлена на рисунке 4. Она включает узел подвода воздуха к лопатке с тепловым разъемом, ограничивающим теплоотвод от калориметрируемой лопатки, собственно лопатку с фланцем и воздухоотводящим коллектором, термопары и трубку отбора статического давления.

Узел подвода охлаждающего воздуха представляет собой стальную трубку (1), на конце которой имеется накидная гайка (2) для соединения участка с магистралью стенда. С помощью фланца (3) трубка (1) стыкуется с переходником (4), выполняющим функцию «теплового разъема» и состоящим из трубки, приваренной к прямоугольному коробчатому фланцу, со стенками толщиной 0,5 · 10⁻³ м. При сборке между соединительными фланцами переходника (4) и трубки (1) устанавливается теплоизоляционная прокладка (5). С помощью шпилек переходник (4) через вторую прокладку (6) подстыковывается к фланцу (7) лопатки (8). Фланец (7) представляет собой прямоугольную пластину, по краям которой выполнены два ребра с теплоизоляционной прокладкой (6) между ними.

Принцип действия теплового разъема между лопаткой и воздухоподводящей системой заключается в том, что трубка (1), по которой поступает воздух, не контактирует с нагретой лопаткой и дополнительно экранирована от теплового излучения зеркала расплава цинка переходником (4).

Для уменьшения теплоаккумуляционной способности металл в замковой части лопатки удаляется так, что толщина стенок на входе в перо становится равной $(2...3)\cdot 10^{-3}$ м. Фланец (7) соединяется с лопаткой с помощью высокотемпературной пайки в вакууме припоем.

Торцевая часть лопатки выступает над фланцем (7), что обеспечивает доступ инструмента к дефлектору при его извлечении из пера. К выходной кромке лопатки с напуском не более $1\cdot 10^{-3}$ м припаивается тонкостенная трубка (толщина стенки $(0,4...0,8)\cdot 10^{-3}$ м) воздухоотводящего коллектора (9). Площадь поперечного сечения коллектора (9) должна быть больше площади щели в выходной кромке лопатки.

Измерение температуры охлаждающего воздуха на входе в лопатку осуществляется кабельной хромель-алюмелевой термопарой (10), впаиваемой в трубку (1). Спай термопары устанавливается на входе в перо. Для экранирования термопары (10) на срезе трубки (1) установлен

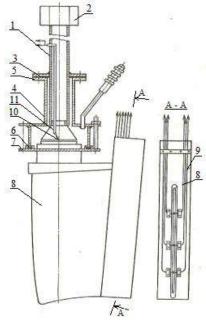


Рисунок 4. Схема рабочего участка для испытания рабочих лопаток с дефлектором

Для моделирования подводящих магистралей в диске турбины (рис. 5) к лопатке (1) припаивается стакан (2), на который устанавливается фланец (3) с воздухоотводящей трубкой (4), оканчивающейся сектором (5). Стакан оборудован трубкой отбора давления (6) и соединен с магистралью стенда (7). Угол установки трубки (4) и ее диаметр соответствуют геометрии каналов в диске турбины.

Порядок проведения экспериментов заключается в следующем. Цинковые пластины загружаются в тигель (4), который помещается в электрическую печь. Цинк плавится и перегревается до температуры 730 К.

Далее производится настройка гидравлической системы установки, заключающаяся в обеспечении пропускной способности дренажной магистрали, равной пропускной способности исследуемой лопатки. Для этого тигель (4) (рис. 3) с помощью подъемно-поворотного механизма (3) извлекается из печи (2), подводится под лопатку (1) и поднимается до погружения лопатки в расплав. При достижении расплавом температуры кристаллизации переключением клапана (19, 20) подают воздух в лопатку и замеряют давление манометром (12) перед шайбой расходомерного участка (7, 8, 9). После этого переключают клапан (19) на подключение дренажной магистрали, дросселем (23) обеспечивают такой расход воздуха через расходомерный участок (7, 8, 9), чтобы показания манометра (12), регистрирующего давление перед шайбой, не менялись.

диффузорный переходник (11), изготовленный из полированной медной фольги. Термопары устанавливаются в контролируемых сечениях пера, для чего трубка (9) разрезается вдоль продольной образующей. Электроды термопар полосками фольги с помощью точечной сварки закрепляются на стенках трубки (9) так, что спай находится напротив щели выходной кромки. После контроля правильности установки термопар половинки трубки (9) соединяются аргонно-дуговой сваркой. Штуцер отбора статического давления приварен к верхней стенке переходника (4). Трубка воздухоотводящего коллектора (9) и замковая часть лопатки покрываются теплоизоляционным лаком, что облегчает съем цинковой корки.

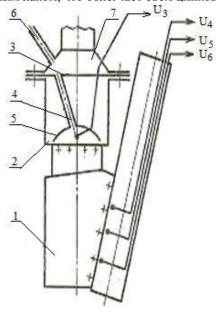


Рисунок 5. Схема рабочего участка для испытания лопаток полупетлевого и петлевого типа

Согласование пропускных способностей объекта испытаний и дренажной магистрали обеспечивает в процессе испытания практически стационарный режим течения воздуха через лопатку. После настройки дренажной магистрали тигель (4) возвращают в печь (2) для повторного разогрева цинка.

Открытием вентиля (10) воздух подается в один из расходомерных участков (7, 8, 9), которые соединяются с воздушной магистралью включением соответствующей группы клапанов (5, 6).

Для проведения испытания тигель (4) с перегретым цинком поднимается до погружения пера лопатки (1) в расплав. При достижении системой «тигель-расплав-лопатка» равновесной температуры, равной температуре кристаллизации, которая определяется по появлению на внутренней поверхности тигля твердой корки металла толщиной $(10...15) \cdot 10^{-3}$ м, электронным секундомером выдается сигнал на клапан (19), включающий подачу воздуха к лопатке. Клапаны (22) и (21) соединяют манометры (12) с магистралями продувки и дренажа лопатки (1). Воздух после расходомерного участка направляется в дренажную магистраль и через вентиль (23) стравливается в атмосферу.

Время продувки лопатки воздухом задается секундомером. Через требуемый промежуток времени т секундомер выдает сигнал на переключение клапана (19, 20), выключение клапана (18) и перемещение тигля (4)

подъемно-поворотным механизмом (3) в нижнее положение.

Регистрация параметров эксперимента (p_n , T^*_{B} , T^*_{Bblx}) осуществляется с помощью электронных потенциометров типа РП. С лопатки (1), извлеченной из расплава, механическим способом снимается корка затвердевшего цинка. Повторный цикл начинается с нагрева цинка.

Таким образом, калориметрический метод теплового контроля охлаждаемых деталей горячего тракта ГТД позволяет: проводить оценку качества и стабильности технологического процесса изготовления лопаток в серийном производстве; проводить доводку лопаток на стадии их

разработки, проектирования и серийного производства; получить локальные и интегральные характеристики теплосъема по поверхности лопатки (на спинке и корыте); определить значения тепловых потоков, коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, безразмерных коэффициентов Нуссельта или Стантона в зависимости от числа Рейнольдса в каждой точке пера лопатки.

Список литературы:

1. Тепловые испытания и доводка охлаждаемых лопаток газовых турбин / А.В. Викулин, В.Г. Попов, Н.Л. Ярославцев и др. – Кострома: ООО «КПД», 2012. – 568 с.

К ВОПРОСУ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИЕМНЫХ ТЕСТОВ ПРИ АВТОНОМНОЙ ОТРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Заостровных Евгений Вячеславович

магистр 2-го года обучения кафедры «Автоматики» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, инженер-программист 1к., ОАО НПО автоматики, г. Екатеринбург.

Приемное тестирование программного обеспечения осуществляется на этапе сдачи проекта заказчику, либо для подтверждения его пригодности прохождения дальнейшей отработки на следующих этапах тестирования

Задача выполнения приемного тестирования заключается в проверке соответствия ПО предъявляемым ему техническим требованиям. Таким образом, немаловажным фактором качественной реализации ПО является однозначность и четкость постановки требований и задач в соответствующей технической документации, содержащей требования к ПО.

При проектировании сложных систем необходимо приводить описание законов управления в максимально удобной и простой форме для снижения трудоемкости разбора описываемых алгоритмов, что позволит сосредоточить внимание разработчика непосредственно на проектировании ПО. В соответствии с вышесказанным, можно привести следующие средства описания в технической документации законов поведения системы:

- временная диаграмма, как средство описания временных законов управления;
- блок-схема, как средство описания логических законов управления;
- текстовое описание, как пояснение к двум вышеуказанным пунктам.

Данные формы представления являются зарекомендовавшими себя средствами и позволяют в полном объеме описать поведение проектируемой системы.

Также оптимальность представления законов управления в тех или иных формах во многом определяется выбором парадигмы программирования, используемой при проектирования ПО. Парадигма определяет общий способ реализации программы. Одним из перспективных направлений является автоматная парадигма программирования.

Использование в разработке ПО автоматной парадигмы программирования, состоящей "в представлении сущностей со сложным поведением в виде автоматизированных объектов управления" [1, с.17], вносит следующие преимущества:

- позволяет строго детерминировать процесс выполнения задач управляющего алгоритма;
- обеспечивает однозначность поведения системы;

предоставляет возможность применения модульного тестирования.

При использовании в данном контексте блок-схем как средства описания логических законов управлений появляется необходимость преобразования их к виду конечных автоматов. Для осуществления возможности указанной операции к блок-схемам предъявляются специфические требования — реализация их в определенных базисах или алфавитах. То есть на процесс разработки ПО накладывается лишняя промежуточная операция, что противоречит требованию обеспечения минимальной трудоемкости разбора технической документации.

Таким образом, оптимальной формой представления управляющих алгоритмов является диаграмма состояний (способ графического представления конечного автомата) с сохранением временных диаграмм и текстовых пояснений к схемам взаимодействий автоматов, временным диаграммам и т.д.[2].

Диаграмма состояний обеспечивает:

- устранение неоднозначности трактовки требований, приведенных в технической документации разработчиком ПО;
- непосредственное проецирование технической документации на программу;
- удобство создания базы тестов для проведения автоматизированного тестирования.

Также на качество приемного тестирования влияют инструменты, используемые при разработке ПО. В случае реализации ПО логико – временных законов управления удобно использовать язык ADL.

Язык ADL(Automaton Definition Language) – высокоуровневый язык программирования, реализующий автоматную парадигму программирования. Язык создан для программной реализации алгоритмов, основанных на системах логико-временных функций, и предназначен для платформо-независимой реализации функциональных алгоритмов систем управления. То есть, программа, написанная на языке ADL, является "отражением" диаграммы состояний, заданной в ИД.

Программа, построенная в соответствии с приведенной архитектурой, обладает свойствами, позволяющими удобно реализовать приемное тестирование, а

именно, использовать средства автоматизированного тестирования со стопроцентной областью покрытия. Совместимым с языком ADL является средство TPL-A.

Язык TPL – A (Test Plan for Automatons) – язык задания тестовых планов. Данное средство обеспечивает интерпретацию функций – обработчиков в состояниях, реализуемых на процедурном подмножестве языка ADL, в соответствии с парадигмой чистого функционального программирования. При этом считается, что функции-обработчики являются чистыми, без побочных действий, т.е. оперируют лишь входными и выходными параметрами и при этом не получают и не передают данные посредством своей внутренней деятельности.

Систему TPL-А можно классифицировать по следующим пунктам:

1) По объекту тестирования - функциональное тестирование.

Данный принцип реализуется в том, что применяются функции без побочных действий, то есть функции оперируют лишь входными и выходными параметрами, не получая и не передавая при этом данные посредством своей внутренней деятельности. Все внешние связи имитируются специальными функциями — технологическими заглушками.

Для применения идеологии функционального тестирования, к процедурному подмножеству ADL приняты следующие соглашения:

- Данные, возвращаемые при внутренних вызовах библиотечных функций взаимодействия с внешними системами (обмен через кодовые линии связи, порты ввода/вывода, работа с дисками, работа с пользовательским интерфейсом и т.д.), приравниваются к входным параметрам функции-обработчика;
- Данные, передаваемые как параметры при внутренних вызовах библиотечных функций взаимодействия с внешними системами, приравниваются к выходным параметрам функции-обработчика.
- 2) По знанию системы тестирование черного ящика.

В системе TPL-А тестируемый модуль загружается из проекта, реализованного на языке ADL и запускается на выполнение. Таким образом, программная реализация тестируемого модуля остается абстрагированной по отношению к системе тестирования и программисту, проводящему тестирование. В соответствии с идеологией "черного ящика", система TPL-А производит следующие действия: загрузка значения, выполнение работы модуля, проверка логического результата. Согласно приведенному алгоритму система TPL-А обеспечивает:

- загрузку значений в элементы вектора данных, объявленного в тестируемой программе на языке ADL;
- загрузку значений в возвращаемый результат внешних библиотечных функций;
- проверку логических условий, накладываемых на значения элементов вектора данных;
- загрузку/проверку эталонных значений параметров, передаваемых во внешние библиотечные функции;
- поддержку вложенных проверок, задание интервалов и списков загружаемых значений (для перечислимых типов данных).
- 3) По степени изолированности компонентов модульное тестирование.
- В системе TPL-A тестируемым модулем является одно состояние конечного автомата. Состояние тестируется абстрагированно от остальных состояний КА. Обес-

печивается тестирование условий перехода между состояниями и функций – обработчиков состояний (entry, inner, exit).

4) По степени подготовленности к тестированию – тестирование по документации.

Все эталонные значения и входные воздействия задаются на основании соответствующей технической документации.

Общий принцип применения пакета TPL-A заключается в следующей цепочке действий:

1) за тестируемый проект принимается программа, реализованная на языке ADL, при этом код ADL реализует "чистый" функциональный алгоритм, а все внешние взаимодействия функционального алгоритма с внешней средой инкапсулированы в набор внешних функций, реализующих элементарные операции ввода/вывода всех необходимых данных.

2)на основе анализа технических требований на языке TPL-A реализуются тесты для каждого состояния конечного автомата, при этом, по возможности, охватываются все сочетания входных и выходных параметров.

3) при создании тестов применяется идеология функционального программирования.

4)при необходимости создаются функции — заглушки для внешних связей, в которых задаются правила для внутреннего представления эталонных значений параметров функций и возвращаемого результата, а также реализуются функции загрузки эталонных значений и сравнения загруженных эталонных значений со значениями параметров, формируемых функциональными алгоритмами.

- 5) файлы проекта транслируются на язык Си.
- 6) странслированный код объединяется в проект и компилируется, на выходе получается исполняемая тестовая программа.

7)при запуске на исполнение тестовая программа выводит всю необходимую диагностическую информацию по обнаруженным ошибкам в тестируемом проекте.

Таким образом, использование в разработке ПО автоматной парадигмы программирования в сочетании с функциональной парадигмой позволяет более эффективно реализовать приемное тестирование. "В рамках этой парадигмы программирования впервые в явном виде формулируется проблема спецификации и реализации сложного поведения, предлагается использовать традиционные методы программирования совместно с идеями теории автоматов и теории автоматического программирования. Корректность автоматных программ закладывается еще на этапе проектирования, благодаря наглядной графической нотации для описания сложного поведения" [1, 151]. Также данная парадигма позволяет автоматизировать процесс прохождения ПО приемного тестирования. Для этого реализованы перспективные программные пакеты – языки ADL и TPL-A.

- 1. Н. И. Поликарпова, А. А. Шалыто, Автоматное программирование, СПбГУ ИТМО, 2008. 167c.
- 2. А.И. Бубенщиков, И.В. Мокрушина, Н.В. Дудин, А.В. Иванов, К вопросу о формализации требований к программному обеспечению в исходных данных, Ракетно-космическая техника: научно-технический сборник. Сер. XI. Системы управления ракетных комплексов. Вып.1. Екатеринбург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ОБМАЗКИ ИЗ ЖИДКОГО СТЕКЛА ПРИ УСИЛЕНИИ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ОБОЙМАМИ

Теряник Владимир Васильевич

канд. техн. наук, доцент, Тольяттинский государственный университет, зав. каф. «Промышленное и гражданское строительство», г. Тольятти

Жемчуев Артур Олегович

аспирант, Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

В настоящее время проблема усиления строительных конструкций остается весьма актуальной, так как объем ветхих зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения остается существенным.

Для повышения несущей способности сжатых элементов используют различные способы усиления, однако наиболее выгодным является усиление при помощи железобетонных и металлических обойм. Этот способ совершенствуется на протяжении многих лет [8,9].

Усиление достигается двумя основными способами: с изменением расчетной схемы; и без изменения расчетной схемы.

Из всего многообразия способов усиления сжатых железобетонных конструкций без изменения конструктивной схемы наибольшее распространение получили железобетонные обоймы.

В числе публикаций, посвященных совершенствованию способов усиления сжатых железобетонных конструкций и методов их расчета, отмечены работы российских исследователей: А.Ю Бирюкова, А.О. Борисова, В.Т. Гроздова, П.Г. Поднебесова, А.И. Попеско, В.В. Теряника, А.Е. Ткаченко, Р.Ф. Фардиева, К.И Хохолева. Также известны работы зарубежных авторов А. Альбрехта, Э. Грунау, Дирк Кристиан Йозеф Исидор.

В технической литературе многие исследователи предлагают разнообразные конструктивные решения обойм. Железобетонная обойма состоит из продольной арматуры, замкнутых хомутов и бетонного слоя, охватывающего со всех сторон колонну. Этот способ позволяет значительно увеличить несущую способность усиливаемых конструкций. В практике строительства железобетонные обоймы как более технологичные и дешевые конструкции нашли более широкое применение, чем металлические [7].

Таким образом, железобетонные обоймы являются надежным конструктивным решением повышения несущей способности сжатых элементов.

Как показал анализ известных способов усиления сжатых элементов железобетонными обоймами, они имеют ряд недостатков [2]:

- высокая стоимость устройства обойм;
- трудоемкость устройства обойм;
- снижение деформаций не значительное.

Усиление при помощи адгезионных обмазок остается актуальным, так как совместная работа «старого» и

«нового» бетона изучена мала. Среди публикаций, отмечены работы ученых занимавшихся исследованиями склеивания бетона: А.О. Борисов, В.В. Козлов, В.Г. Микульский. В своих работах они исследовали склеивание бетона эпоксидным клеем [1,6].

Использование адгезионной обмазки из эпоксидного клея для склеивания бетона, имеет ряд недостатков [3]:

- высокая стоимость эпоксидного клея;
- трудоемкость в устройстве;
- требуется введение различных добавок в состав клея;
- низкая живучесть клея на открытом воздухе.

Использование жидкого стекла при усилении конструкций в качестве обмазки для склеивания бетона мало изучено.

Жидкое стекло - это водный раствор силиката натрия, воздушное вяжущее, изготавливаемое путем обжига смеси, состоящей из кварцевого песка и соды. Полученное стекло после дробления растворяют в воде. Натриевое жидкое стекло применяется при производстве бетонов со специальными свойствами (кислотоупорных, жаростойких), огнезащитных красок и других материалов. Такой материал незаменим в химической промышленности для производства силикагеля, силиката свинца, метасиликата натрия. В строительстве жидкое стекло применяется для защиты фундаментов от грунтовых вод, гидроизоляции стен, полов и перекрытий подвальных помещений, устройства бассейнов, производства красок, например краска для обоев. Но это не единственное предназначение «водного раствора силиката натрия». Он удачно подходит для склеивания и связки строительных материалов, изготовления кислотоупорных, огнестойких и огнеупорных силикатных масс.

В статье предлагаются новые конструктивные решения усиления сжатых элементов обоймами с использованием жидкого стекла.

Усиливающая конструкция включает в себя: железобетонную обойму, состоящую из продольной и поперечной арматуры в виде замкнутых хомутов. Перед устройством обоймы поверхность усиливаемой колонны обмазывают жидким стеклом (рис. 1) [5].

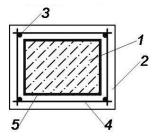


Рисунок 1. Наружная усиливающая конструкция колонн: 1. железобетонная колонна, 2. железобетонная обойма, 3. продольная арматура, 4. поперечная арматура, 5. обмазка из жидкого стекла.

Достоинствами использования жидкого стекла в качестве обмазки при усилении сжатых элементов являются:

- дешевизна жидкого стекла;
- не трудоемко в устройстве;
- низкий расход;
- не требует добавок.

Часто повышение несущей способности сжатого железобетонного элемента необходимо произвести без

остановки основного производства, в этом случае прибегают к усилению при помощи металлических обойм.

На железобетонную колонну устанавливают усиливающую конструкцию, состоящую из металлической обоймы в виде стальных продольных уголков и поперечных соединительных планок. Между внутренней поверхностью стальных продольных уголков и железобетонной колонной наносится обмазка из цементно-песчаного раствора с добавлением жидкого стекла (рис. 2) [4].

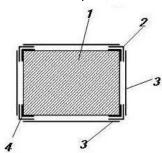


Рисунок 2. Наружная усиливающая конструкция колонн: 1. железобетонная колонна, 2. продольные уголки, 3. поперечные планки, 4. обмазка из цементно-песчаного раствора с жидким стеклом.

Достоинством данного конструктивного решения является повышение несущей способности и снижение деформаций усиленной колонны, за счет адгезионной обмазки из ц/п раствора с добавлением жидкого стекла.

Таким образом, совершенствование способов усиления железобетонных колонн обоймами остается весьма актуальным и требует разработки новых экономически выгодных конструктивных решений.

- 1. Борисов А.О., Прочность и деформативность внецентренно сжатых элементов, усиленных железобетонными обоймами с использованием полимерного клея: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Челябинск, 2011 — 22 с.
- 2. Жемчуев А.О., Анализ способов усиления внецентренно сжатых элементов железобетонными обоймами, Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. Сборник статей XV Международной научно-практической конференции. Пенза 2013., С. 27-32.
- 3. Жемчуев А.О., О сцеплении «старого» и «нового» бетона, при усилении внецентренно сжатых эле-

- ментов железобетонными обоймами. Дефекты зданий и сооружений, Усиление строительных конструкций. Материалы XVIII научно-методической конференции ВИТУ. 13 марта 2014 г., с. 165-167.
- Жемчуев А.О., Теряник В.В. (RU) Наружная усиливающая конструкция колонн. Патент России (RU) № 141117 27.05.2014.
- Жемчуев А.О., Теряник В.В. (RU) Наружная усиливающая конструкция колонн. Решение о выдаче патента от 25.09.2014. Заявка № 2013109937 от 05.03.2013.
- Козлов В.В., Микульский В.Г. Склеивание бетона. М., Стройиздат, 1975. 176 с.
- 7. Теряник В.В. Прочность, устойчивость и деформативность железобетонных колонн, усиленных обоймами. Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 2004. 188 с.: ил.
- 8. Теряник В.В. Рекомендации по усилению сжатых железобетонных конструкций обоймами. М., 2001. 12 с. Деп. в ВНТИЦ №72200100012.
- Ткаченко А.Е. Усиление внецентренно сжатых ж/б элементов ж/б обоймами с различными способами обработки поверхности // Дефекты зданий и сооружений. – СПб.: ВИТУ, 1999.