7universum.com
UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 7(88)

Июль 2021

Часть 1

Москва
2021

УДК 62/64+66/69

ББК 3

U55

Главный редактор:

Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Заместитель главного редактора:

Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук;

Члены редакционной коллегии:

Горбачевский Евгений Викторович, канд. техн. наук;

Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;

Елисеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук;

Звездина Марина Юрьевна, д-р. физ.-мат. наук;

Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мажидов Кахрамон Халимович, д-р наук, проф;

Мартышкин Алексей Иванович, канд.техн. наук;

Мерганов Аваз Мирсултанович, канд.техн. наук;

Пайзуллаханов Мухаммад-Султанхан Саидвалиханович, д-р техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич, канд.техн. наук;

Юденков Алексей Витальевич, д-р физ.-мат. наук;

Tengiz Magradze, PhD in Power Engineering and Electrical Engineering.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 7(88). Часть 1. М., Изд. «МЦНО», 2021. – 96 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/788>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7-1

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2021 г.

Содержание

Безопасность деятельности человека	14
АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПОИСКОВО-ИНФОРМАЦИОННАЯ КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ГЕОЛОКАЦИЯ) В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН Кабулова Нилуфархон Джалиловна Ходжакулов Мухторжон Назаркулович Рахимов Дилмурод Бахадирович	14
МОТИВАЦИЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Шомуродов Ойбек Икромович Полянский Андрей Иванович	18
Информатика, вычислительная техника и управление	22
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ ТЕКСТА Золотов Эдгар Станиславович	22
УТРАТА АНОНИМНОСТИ В ВЕК РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Меньшиков Ярослав Сергеевич Беляев Дмитрий Александрович	27
АДМИНИСТРИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ УРГЕНЧЕСКОГО ФИЛИАЛА ТУИТ Рузметов Артём Александрович Рустамов Ойбек Азаматович Худайбегенов Тимур Артурович Хужаев Отабек Кадамбаевич	30
Кораблестроение	34
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ Исроилов Шерзод Нарказакovich Чориев Элдор Элмурод угли	34
Машиностроение и машиноведение	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СФЕРИЧЕСКОЙ НИЖНЕЙ ТРУБЫ НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА Мухамадсадилов Камолжон Джамолович Давронбеков Абдурасул Абдумаджидович	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОЧНОГО СЛОЯ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РОТОРНО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО АППАРАТА Тожиев Расулжон Жумабаевич Исомиддинов Азизбек Саломиддинович Ахроров Акмалжон Акрамжон угли	42
ВЫСУШИВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АППАРАТЕ С БЫСТРО ВРАЩАЮЩИМСЯ РОТОРОМ Ахунбаев Адил Алимович Ражабова Наргизахон Рахмоналиевна	49
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СФЕРИЧЕСКОЙ УГЛУБЛЁННОЙ ТРУБЫ Исомиддинов Азизбек Саломиддинович Давронбеков Абдурасул Абдумаджидович	53
ПРИОРИТЕТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ Аллаяров Тимур Азатович Суннатов Ихтиер Хикматович Мирнигматов Шукурулло Ботир угли	59
Металлургия и материаловедение	63
О РАСЧЕТЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ, УЛОЖЕННЫХ НА ЗАСОЛЁННЫХ ГРУНТАХ Остонов Толиб Курбанович Бакаев Гайрат Субхонович	63

Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы	66
АЛГОРИТМЫ СОВМЕСТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	66
Кодиров Дилмурод Тухтасинович	
Кодирова Феруза Мухаммаджановна	
Строительство и архитектура	69
ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МЁРЗЛОЙ ГРУНТОВО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В КРИОЛИТОЗОНЕ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ (НА ПРИМЕРЕ Г. НЕРЮН-ГРИ)	69
Нерадовский Леонид Георгиевич	
О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДВУХПОЯСНЫХ РЕШЕТЧАТЫХ СТРУКТУР С ЗАДАННЫМИ УСИЛИЯМИ В СВЯЗЯХ	75
Суванкулов Илхомжон Шахобиддинович	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СКАЧКОВ УПЛОТНЕНИЯ ПРИ ОТДЕЛЕНИИ ДВУХ ТЕЛ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ОДНО ПОД ДРУГИМ	78
Сафаров Рахмон	
Файзиев Зафар Хайдарович	
Шерматов Навруз Низомиддин угли	
Транспорт	84
ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ ИДЕАЛЬНОГО ЦИКЛА ОТТО КАК ПРЕЛЮДИЯ «МЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЯ ОТТО»	84
Кодиров Нодир	
Транспортное, горное и строительное машиностроение	88
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОНВЕЙЕРОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ РУДЫ ГОРНОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	88
Эшмуродов Зиёдулло Орипович	
Исмоилов Мухриддин Тулкин угли	
Орипова Умида Зиёдулло кизи	

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12141

**АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
(ПОИСКОВО-ИНФОРМАЦИОННАЯ КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ГЕОЛОКАЦИЯ)
В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН****Кабулова Нилуфархон Джалиловна**

канд. техн. наук доц. зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности»,
Андижанский машиностроительный институт,
Узбекистан, г. Андижан

Ходжакулов Мухторжон Назаркулович

ст. преп. кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,
Андижанский машиностроительный институт,
Узбекистан, г. Андижан
E-mail: xodjakulovmuxtorgjon@gmail.com

Рахимов Дилмурод Бахадирович

ст. инспектор управления по чрезвычайным ситуациям
Андижанской области,
Узбекистан, г. Андижан

**RELEVANCE OF THE USE OF THE SOFTWARE (SEARCH AND INFORMATION MAP
SERVICE, GEOLOCATION) IN THE UNITS OF THE MINISTRY
FOR EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN****Nilufarkhon Kabulova**

Ph.D. Assoc Head of the Department of Life Safety,
Andijan Machine-Building Institute,
Uzbekistan, Andijan

Mukhtorzhon N. Khodjakulov

senior lecturer, Andijan Machine-Building Institute,
Uzbekistan, Andijan

Dilmurod Rakhimov

Senior Inspector of the Department
for Emergency Situations of Andijan region,
Uzbekistan, Andijan

АННОТАЦИЯ

Целью научного исследования является предотвращение человеческих потерь и уменьшение материального ущерба при возникновении пожаров (ЧС) на территории Республики Узбекистан. Задачей работы является разработка конкретных, научно-обоснованных рекомендаций по применению возможностей поисково-информационной картографической службы, геолокации в служебной деятельности министерства по чрезвычайным ситуациям.

ABSTRACT

The purpose of the scientific research is to prevent human losses and reduce material damage in the event of fires (ES) in the territory of the Republic of Uzbekistan. The task of the work is to develop specific, scientifically grounded recommendations on the use of the capabilities of the search and information mapping service in the official activities of the Ministry of Emergency Situations.

Ключевые слова: махаллинские сходы граждан, чрезвычайная ситуация, управление по чрезвычайным ситуациям, оперативно-тактические действия, противопожарный резервуар, гидранты, планшеты, сильно действующие ядовитые вещества, геолокация, Яндекс-Карты.

Keywords: makhalla citizens' gatherings, emergency, emergency management, operational-tactical actions, fire tank, hydrants, tablets, highly active toxic substances, geolocation, Yandex maps.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является пожарно-спасательные подразделения министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан.

Предметом исследования является особенности применения возможностей поисково-информационной картографической службы, геолокации в служебной деятельности пожарно-спасательных подразделений министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан

Метод исследования. В исследовании анализированы особенности и достоинства использования поисково-информационного картографического и информационного программного обеспечения в служебной деятельности пожарно – спасательных подразделений МЧС Республики Узбекистан.

Результаты. В результате исследования разработаны конкретные предложения по применению возможностей поисково-информационной картографической службы, геолокации в служебной деятельности министерства по чрезвычайным ситуациям.

Применение результатов исследований. На практике имеются все возможности по внедрению итогов данного научного исследования.

За последние годы в Узбекистане уделяется огромное внимание строительству крупных промышленных предприятий, жилых домов для населения, освоению новых территорий, созданию новых промышленных зон.

Согласно статистики к началу 2021 года на территории Андижанской области имеются 455 населённых пунктов, 882 махаллинских сходов граждан (своёобразные органы местного самоуправления, имеющие достаточно широкие властные полномочия по сравнению с администрацией городов и районов), более 10000 улиц, 550082 жилых домов, в том числе 51 многоэтажных (выше 7 этажей). Несмотря на профилактические мероприятия на этих объектах продолжают возникновение пожаров и других чрезвычайных ситуаций(ЧС) с человеческими потерями и огромными материальными ущербами(таб.1).

Таблица 1.

Статистика боевых действий пожарно-спасательных подразделений управления по чрезвычайным ситуациям(УЧС) Андижанской области за 2020 год

Выезды дежурных подразделений на пожары по области, всего - 794		Сумма ущерба от пожаров	Кол-во погибших на пожарах, всего - 14	Затраченное время на ликвидацию пожаров	
из них		14,3 млрд. сум.	В том числе до приезда спасателей 8	от 16 до 30 минут	от 31 до 60 минут
ликвидация пожаров силами нескольких подразделений	на территории других областей				
427	3			347	80

Многолетний опыт спасательных служб показывает, что успех тушения пожаров достигается комплексом служебных и оперативно-тактических действий. Среди них особое значение имеет своевременное получение информации о месте ЧС, точный прием адреса, правильные и быстрые действия диспетчера по высылке пожарных, спасательных, а также подразделений служб взаимодействия.

Быстрая локализация и ликвидация пожара (ЧС) также во многом зависит от наличия и достаточного количества огнетушащих средств. Бесперебойная подача огнетушащего вещества (воды) осуществляется путём подвоза, установки автомашин на водоисточник (канал, арык, противопожарный резервуар, гидрант). Сегодня по области насчитывается более 1400 противопожарных водоёмов и 900 гидрантов. Расход времени на точное определение и подъезд к ним зависит от профессиональной подготовленности личного состава, наличия данных о водоисточниках на планшетах, оснащения указательными табличками в районах их расположения, технического состояния и выбора кратчайших маршрутов движения к ним.

Для достижения этих целей необходимо учитывать следующие факторы:

1. С ростом количества населённых пунктов, промышленных зон и предприятий, возникает острая необходимость в подробном изучении личным составом подразделений министерства по чрезвычайным ситуациям(МЧС) характеристик новых объектов, промышленных зон, населённых пунктов и улиц;

2. Немаловажную роль имеет своевременное внесение изменений, корректировок в созданные списки населённых пунктов и улиц, внесение новых названий улиц в планшеты пожарно-спасательных подразделений;

3. Иногда при приёме информации о пожаре (ЧС) население называют улицы по старым или установленным со временем новым названиям. По этому при смене названий населённых пунктов, организаций и названий улиц нужно учитывать старые и новые названия.

4. Чтобы обеспечить следование подразделений спасательных служб к месту ЧС по кратчайшему

маршруту необходима в кратчайшие сроки передача информации большому числу подразделений, а также личному составу, службам взаимодействия.

5. При ликвидации крупных пожаров (ЧС) на некоторых объектах (литерные, высотные, имеющие большую площадь, взрыво и пожароопасные, использующие сильно действующие ядовитые вещества и другие) привлекаются специальные автомашины (лестницы, коленчатые подъёмники, автомобили связи и оповещения, автомобили газо-дымозащитной службы, рукавные, грузовые);

6. Согласно Плана привлечения сил и средств при ликвидации ЧС на литерных, категоризованных, взрыво-пожаро опасных объектах а также на других объектах жизнедеятельности на территории Андижанской области по указанию Руководителя по тушению пожара (ликвидации ЧС) привлекаются

подразделения служб взаимодействия области (Службы госбезопасности, УВД, Национальной гвардии, скорой мед.помощи, электросети, водоканала, газовой и коммунальной службы, добровольных пожарных объединений);

7. Необходимость в кратчайшие сроки анализа, переработки большого количества информации и принятия оптимального решения.

8. При передаче информации, вызове дополнительных сил и средств из соседних ПСЧ (особенно из других отдалённых районов и областей, которые не знакомы с местностью) немаловажную роль при ликвидации пожара (ЧС), имеет наличие информации о ближайших водоисточниках (точный адрес, кратчайшие подъездные пути, характеристика территорий и т.д. (таб.2).

Таблица 2.

Некоторые нормативы для пожарно-спасательных подразделений Андижанской области

Приём вызова(информации) о пожаре (ЧС) (мин)	Сбор личного состава и выезд на место происшествия (мин)	Средняя скорость автомашины ПСЧ	Радиус ответственности пожарно-спасательной части (км)	Среднее время на прибытие первой автомашины ПСЧ в зоне ответственности города Андижан (мин)	Возможности одного подразделения по обеспечению огнетушащим веществом (согласно ГТХ) мин.
2	1-1,5	45 км/ч на широких улицах с твёрдым покрытием и 25 км/ч на сложных участках	5	8-10	6-8

При этих условиях использование высоких технологий, компьютеризация автомобилей спасательных служб поможет исключить человеческий фактор, позволит сократить время передачи информации и обеспечить их точность. При этом достигается эффективное управление подразделениями и успешная организация их взаимодействия.

Своевременное оповещение и правильное управление силами и средствами во время ЧС возможно при

использовании поисково-информационной картографической службы. Использование возможностей гео-локации [1] коренным образом может повлиять на повышение оперативности в действиях пожарно-спасательных подразделений. На рис.1 показаны варианты определения оптимальных маршрутов движения к месту ЧС с учётом дорожной обстановки (загруженность, тип дорожного покрытия, ремонтные работы, погодные условия и т.д.).

вариант №1

вариант №2

Рисунок 1. Пример использования гео-локации при выборе оптимального маршрута, при следовании к месту ЧС

Применение Яндекс - Карт до создания национальной программы (поисково-информационного картографического и информационного программного обеспечения) являются наиболее эффективными при организации служебной деятельности подразделений МЧС Республики Узбекистан. При этом доступен поиск как по географическим объектам (адресам, улицам, городам, регионам и странам), так и по организациям. На картах имеется возможность измерять расстояния, прокладывать маршруты, выбрать оптимальное время и т.д [2].

Также популярны и хорошо зарекомендовали себя Google Карты[3] и Google Maps.me[4].

Преимущества использования поисково-информационного картографического и информационного программного обеспечения для подразделений МЧС Республики Узбекистан :

При занятиях по профессиональной подготовке

- начальник дежурной смены, командир экипажа, водитель и личный состав пожарно-спасательной части обслуживающий данный район знакомится первичной информацией об объекте, анализирует возможное развитие пожара и ЧС (оперативно-тактическая характеристика объекта);

- возможность изучения расположения, состояния водоисточников (искусственных и естественных водоёмов, гидрантов);

- доступная информация о расположенных вблизи объектах жизнедеятельности и службах взаимодействия;

- водитель заранее изучает возможные пути следования, хорошо запоминаемые ориентиры, изучает загруженность дорог, пробки, временные дорожные работы, возможность подъезда к месту ЧС в жилых секторах с разных сторон и объектам (согласно установленному плану расстановки сил и средств).

Во время следования на место пожара (ЧС)

- старший руководитель, водитель в пути следования ориентируются не только по своим личным профессиональным навыкам, но и по данным навигатора (загруженность дорог, пробки, временные дорожные работы и т.д.);

- возможность прибытия подразделений к месту ЧС с разных сторон улицы, что позволяет предупредить затор специальных автомобилей на месте скопления сил и средств, а также беспрепятственный выезд с места происшествия автомашинам выполнявшим боевые задачи;

- начальник дежурной смены, командир экипажа владеет первичной информацией об объекте. Он заранее владеет информацией о местонахождении водоисточников (искусственных и естественных водоёмов, гидрантов), о расположенных вблизи объектов жизнедеятельности и служб взаимодействия;

- подразделения, прибывшие из соседних районов, областей получают точную информацию о местонахождении водоисточников.

- быстрая отправка информации о месте происшествия, пожара (ЧС) подразделениям служб взаимодействия области (областное управление СГБ, управление внутренних дел, Национальная гвардия, скорая медицинская помощь, электросеть, водоканал, газовая служба, коммунальная служба, объекты имеющие добровольные пожарные подразделения (автоцистерны), автобусы, грузовые автомобили и специальную технику возможную к использованию при ликвидации ЧС).

В результате изучения научных работ ведущих специалистов в данном направлении[5,6,7] и на основании анализа служебной деятельности пожарно-спасательных подразделений УЧС Андижанской области **предлагается следующее:**

1. Для выполнения задач и осуществления задуманного необходимо создание национального поисково-информационного картографического и информационного программного обеспечения, или использование уже созданных и проверенных временем поисково-информационных картографических и информационных программных средств, указанных ранее;

2. Оснащение пожарных, аварийно-спасательных, служебных автомашин электронными устройствами (планшетами), подключенными к интернету или с установленными картами и другими данными для возможности пользоваться программой в режиме офлайн;

3. Использование всем начальствующим и личным составом смартфонов с единым поисково-информационным картографическим и информационным программным обеспечением;

4. Подключение и внедрение программного обеспечения в подразделения служб взаимодействия (дежурные, оперативные пункты, части, дежурные бригады);

5. Регулярное обновление данных (загруженность дорог, пробки, временные дорожные работы, обновление названий улиц, наличие и состояние искусственных, естественных водоёмов, гидрантов, внесение характеристик новых объектов).

Список литературы:

1. Электронный ресурс Режим доступа : <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid> (дата обращения 01.07.2021);
2. Электронный ресурс.Режим доступа : <https://yandex.uz/maps/?l> (дата обращения 01.07.2021);
3. Электронный ресурс.Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Карты_Google (дата обращения 02.07.2021);
4. Электронный ресурс. Режим доступа : <https://www.google.com/search?q=Google+Maps.me&rlz>(дата обращения 02.07.2021);
5. Зыков В.И., Степанов В.В., Мосягин А.Б., Петренко А.Н. Автоматизированные системы управления и связь. Академия ГПС МЧС России, 2019, 457 с.
6. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. Москва: Стройиздат, 1987, 288 с.;
7. Тербнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара, Академия ГПС МЧС России, 2004, 256 с.

МОТИВАЦИЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Шомуродов Ойбек Икромович

студент, 1 курс,
Московский гуманитарный университет (МосГУ),
РФ, г. Москва
E-mail: ojbek.shomurodov@mail.ru

Полянский Андрей Иванович

доцент,
Московский гуманитарный университет (МосГУ),
РФ, г. Москва

MOTIVATION AND ACTIVITY

Oybek Shomurodov

1st year student,
Moscow University for the Humanities (MosGU),
Russia, Moscow

Andrey Polyansky

Associate Professor,
Moscow University for the Humanities (MosGU),
Russia, Moscow

АННОТАЦИЯ

Формы, виды, типы человеческого поведения и деятельности легко понять с помощью внешних и внутренних причин. В последнем случае речь идет как раз о мотивах, потребностях, целях, интересах, желаниях и т.д. Если есть необходимость понимания человеческого поведения в конкретной жизненной ситуации, то встает вопрос мотивации. Данный вопрос, т.е. что именно мотивирует то или иное поведение человека стоит перед наукой достаточно давно, но по сей день выступает в качестве одного из ключевых вопросов проблем психологии.

ABSTRACT

Forms, types, types of human behavior and activities are easy to understand with the help of external and internal reasons. In the latter case, it is just about motives, needs, goals, interests, desires, etc. If there is a need to understand human behavior in a specific life situation, then the question of motivation arises. This question, i.e. what exactly motivates this or that human behavior has been in front of science for a long time, but to this day it acts as one of the key issues in the problems of psychology.

Ключевые слова: Мотивация, психология, наука, А. Маслоу, мотив

Keywords: Motivation, psychology, science, A. Maslow, motive

Цель работы: исследование мотивации и деятельности человека с позиций современной психологической науки.

Проведено значительное число как научно-теоретических, так и экспериментально-практических исследований, посвященных тем или иным аспектам мотивации человеческого поведения. Изучение проблем, так или иначе имеющих отношения к вопросам мотивации активно проводится в разных сферах психологии, с использованием различных методик и практик. Значительное место в современной психологической науке занимают вопросы изучения и оценки различных мотивов человеческой деятельности и поведения.

Актуальность и важность изучения поставленных вопросов обуславливается тем, что есть проблема внедрения результатов научно-практических исследований требует их точной и верной организации и координации. В настоящее время актуальны вопросы исследования внутренней мотивации людей к действиям и социальных факторов детерминирования человеческой психики. Вследствие этого вопросы исследования мотивации поведения и деятельности человека представляют значительный интерес для отечественных и зарубежных теоретиков и практиков. В повседневном поведении людей можно выделить два основных функционально взаимосвязанных аспекта: мотивационно-побудительный и регулятивный. Стимулы человеческого поведения, те побуждения, которые влияют на его активность и

целеполагание, выступают в качестве поведенческих мотивов. **Мотивом** обычно выступает тот или иной фактор, которое связанное с необходимостью удовлетворения конкретной потребности субъекта [2, с. 411]. Мотив может часто рассматриваться как причина, лежащая в основании выбора практических поступков и действий человека, сумма внутренних и внешних и условий, которая способствует проявлению активности. Понятие «**мотивация**» по своему смысловому значению шире, чем понятие «**мотив**».

Анализ основных источников изучения вопросов мотивов и мотивации позволяет определить некоторые общие положения отечественной и зарубежной психологии:

- 1) мотивация – представляет собой социально обусловленное образование, которое складывается и изменяется в процессе жизнедеятельности индивида;
- 2) в структуре мотивации поведения субъекта выделяют собственно мотивы, а также целеполагание и эмоционально-чувственную сторону;
- 3) однонаправленность целей и мотива и придает активности индивида самостоятельный характер;
- 4) особенность эмоций в структуре мотивации состоит в том, что они выражают соотношение между мотивами поведения и потенциальными возможностями успеха человеческой активности при реализации этих мотивов.

Уровень развития системы мотивации субъекта, как правило, определяется соответствующими критериями: объёмность; субординация (иерархия); пластичность [5, с. 139]. Объёмность (или широта) системы мотиваций – это наличие качественного многообразия диспозиционных факторов, таких как мотивы, потребности, цели. Развитость мотивационной сферы конкретного индивида определяется многообразием различных мотивов, целей, потребностей.

Пластичность (гибкость) сферы мотиваций определяется тем, что для удовлетворения мотивационных побуждений более высокого уровня (или более общего характера) используются побудительные мотивы менее высокого уровня. Существенный фактор структуры мотиваций – субординация (иерархия) мотивов. Определённые цели и мотивы бывают важнее других проявляются более часто, иные – не так сильны и проявляются не так часто. Чем значительнее разница в частотности и насыщенности (силе) проявлений мотиваций конкретного уровня, тем больше степень субординации (иерархии) сферы мотиваций в психологии индивида.

Исходя из вышесказанного, можно определить следующее:

1. **мотивация** представляет собой конкретную сумму психологических факторов, влияющих на человеческое поведение, характер его целенаправленности и степень активности.
2. Мотивы есть проявление определённых актуальных потребностей индивида.
3. Мотивационная сфера субъекта характеризуется следующими критериями: объёмность (широта), пластичность (гибкость), субординация (иерархия).

Вопросы изучения мотивов человеческого поведения привлекали и привлекают внимание психологов – как ученых, так и практиков. Именно этим обусловлено разнообразие концептуально-теоретических подходов, посвященных исследованиям мотивационной направленности индивида [8, с. 219].

Первые теории, которые посвященные проблематике мотивации, отмечались в трудах античных мыслителей. Взгляды и подходы к данной проблеме на постоянно трансформировались. Среди основных подходов выделяются философские течения рационализма и иррационализма.

Рационалистический подход предполагает, что человек (индивид, личность) является существом уникальным, обладающим рациональным сознанием, что принципиально отличает его от других биологических существ. Источник мотивации при таком подходе расположен в рациональной сфере (сознание, интеллект, волевые качества личности).

Иррационалистический подход полагает, что поведение человека мало отличается от поведения других высших животных. Иными словами, оно не вполне рационально (если не сказать – совсем иррационально) неразумно, не вполне свободно, подвержено влиянию инстинктов и иных форм проявления бессознательного [11, с. 117]. Среди теорий научной психологии следует отметить **теорию принятия решений**, объясняющую поведение личности на строго рационалистической основе, и **теорию автоматата**, берущую за основу биологические механизмы регуляции поведения высших животных.

Возникшая в середине XIX века **эволюционная теория** Чарльза Дарвина выявила серьёзные предпосылки для пересмотра основных подходов к исследованию поведенческих механизмов человека [3]. Под влиянием теории эволюции усилился процесс исследования рудиментов инстинктов человека и зачатков «разумного» поведения высших животных и, что повлияло на изменение представлений о целях, потребностях, мотивах.

В науке стали вычленять не только собственно физиолого-биологические, но также и обусловленные общественным развитием (социальные) потребности. Основной специфической чертой изучения мотивационных механизмов на данном историческом отрезке стало то, что человеческое поведение перестали резко и однозначно противопоставлять поведению высших животных. Ученые стали исследовать не столько отличия, сколько общее между ними. Более популярная концепция мотивации человеческого поведения, принадлежит американцу Абрахаму Маслоу. Основным результатом об данной концепции является разработка иерархии (классификации) потребностей человека, которая получила название «**пирамида Маслоу**».

А. Маслоу выдвинул идею о том, что любой человек мотивирован для поиска определенных личных целей, и именно придает осмысленность его существованию. Процессы мотивации являются глубинной основой **гуманистической теории личности Маслоу**. Маслоу описывает человека как «существо

вождедующее», которое только иногда достигает состояния абсолютного удовлетворения. Состояние полного отсутствия у физически и психически нормального индивида желаний и потребностей, если и случается, то не может быть продолжительным. При удовлетворении одной потребности (группы потребностей), неизбежно появляется другая и влияет на переориентацию направления деятельности индивида. Если удовлетворяется и следующая потребность, то появляется очередная, и так почти до бесконечности. Особенностью человеческого существования является то, что индивид почти всегда к чему-то стремится. Маслоу сделал предположение, что все человеческие потребности имеют врожденный механизм, и представляют собой субординционную (иерархизированную) структуру, в которой расставлены свои приоритеты. Согласно теории Маслоу, человеческая личность с момента появления на свет и на протяжении всей жизни обретает *семь основных классов* своих потребностей.

А. Маслоу в своей концепции выделяет следующие категории человеческих потребностей [12, с. 49]:

- *физиологические (витальные) потребности* - в дыхании, воде, пище, воспроизводстве себе подобных, в одежде, отдыхе, жилище и т.д.;

- *экзистенциальные потребности* (безопасность существования). Среди них выделяют потребности *физической и экономической безопасности*. Физическая безопасность включает потребности в сохранении своего здоровья, отсутствии насилия над жизнью и личностью человека. В наиболее обобщенном виде речь здесь идет об определенной уверенности человека в своем будущем, стабильности условий жизни и деятельности, потребности в определенном порядке. Кроме того, к группе физических экзистенциальных потребностей относится стремление избежать обращения, основанного на несправедливости.

Экономические потребности человек приобретает в сфере труда. Сюда относятся гарантии занятости, застрахованности от несчастных случаев, а также желание всегда иметь средства для существования (заработная плата, накопления, стипендии, пенсии и т.п.);

- *социальные потребности* происходят из коллективистской природы человеческого существа. Все нормальные люди хотят дружбы, привязанностей, общения, любви, принадлежности к определенной социальной группе, членства в формальной/неформальной организации, заботы о других и внимания к себе;

- *престижные потребности*. Сюда относятся потребности в личных достижениях, уважении со

стороны других людей (особенно - значимых для индивида), профессиональном росте, социальном статусе, общественном признании, определенной независимости. Эти потребности также называют *потребностями в оценке* (эгоистические потребности), поскольку для них характерна ориентация на самого себя;

- *духовные потребности* – потребности в личностном самовыражении через креативность, творчество, самореализацию своих потенциальных способностей [12, с. 55].

По нашему мнению, базисом «мотивационной пирамиды» Маслоу выступают органические (биологические) потребности, а верхним её «этажом» выступают *эстетические потребности* (желание красоты и гармонии) и *потребности в личностной самореализации*. После *теории иерархии потребностей Маслоу* в психологии были разработаны и другие концепции мотивации, связанные с именами таких ученых как американцы Джон Аткинсон («мотивация успеха»), Джордж Келли («концепция личностных конструктов»), Дэвид Макклелланд («мотивы достижений, причастности и власти») [10], Джулиан Роттер («теория локусов контроля»), немецкий психолог Хайнц Хекхаузен («теория мотивации действий») [16] и др.

В поведении любого индивида функционируют две основные, функционально взаимосвязанные стороны: побудительная и регуляционная. То, что относится к стимуляции поведения или тех побуждений, которые обеспечивают вектор его направленности и степень его активности, связано с мотивационной сферой. *Мотивами* человеческого поведения выступают побуждения к активности, связанные с удовлетворением актуальных потребностей индивида. Понятие «*мотивация*» является более ёмким по содержанию понятием, обозначающим всю сумму психологических причин характера, объясняющих человеческое поведение, его вектора и активность. Мотивация человеческого поведения, с позиций степени её развития, оценивается по главным критериям: *объёмность*; *субординация (иерархия)*; *пластичность (гибкость)*.

Вопросы изучения поведенческой мотивации традиционно привлекают внимание психологов. Именно этим обусловлено наличие разнообразных концепций и теорий, посвященных различным аспектам исследования мотивации и направленности индивида. В любой теории есть сильные и слабые стороны. Главной слабостью имеющихся теорий является то, что они объясняют лишь определенные аспекты мотивации, отвечают только на некоторые вопросы, связанные с исследуемой сферой психологии.

Список литературы:

1. Бодалев А.А., Столин В.В., Аванесов В.С. Общая психодиагностика. – СПб.: Изд-во «Речь», 2000. – 440 с.
2. Большой психологический словарь под ред. Мещерякова Б.Г., Зинченко В.П. – М.: Прайм-Еврознак, 2003. – 672 с.
3. Дарвин Ч. Сочинения. Том 9. М., 1959.
4. Дружинин В.Н. Экспериментальная психология: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2000. – 320 с.
5. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. – СПб.: Питер, 2008. – 512с.
6. Корнилова Т.В. Экспериментальная психология: теория и методы: учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 381 с.
7. Кравченко А.И., Тюрина И.О. Социология управления: фундаментальный курс: учебное пособие для студентов вузов. – М: Академический проект, 2005. – 1136 с.
8. Леонтьев Д.А. Современная психология мотивации. – М.: Смысл, 2002. – 343 с.
9. Мак-Дугалл У. Основные проблемы социальной психологии / Пер. с 4-го англ. изд. М.Н. Смирновой, под ред. Н.Д. Виноградова. - Москва: Космос, 1916. - XIV, 282 с.
10. Маслоу А.Г. Мотивация и личность. – СПб.: Питер, 2007. – 352 с.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12053

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ ТЕКСТА

Золотов Эдгар Станиславович

 специалист
 Спецбюро № 1/39,
 РФ, г. Советск

PECULIARITIES OF APPLICATION OF GRAPH THEORY IN SYSTEM ANALYSIS OF THE TEXT

Edgar Zolotov

 PhD in Philosophy, specialist,
 Special Bureau № 1/39,
 Russia, Sovetsk

АННОТАЦИЯ

Статья продолжает исследования, связанные с применением системной модели аргументации (СМА) к анализу текста предметной области. Рассматриваются особенности применения теории графов в СМА. Показываются, что модальные presuppositions (PP) многозначных логик могут дать отдельные виды графов.

ABSTRACT

the article continues the research related to the application of the systemic model of argumentation (SMA) to the analysis of the text of a subject field. The peculiarities of application of graph theory in the SMA are considered. It is shown that modal presuppositions (PP) of multivalued logics can give particular types of graphs.

Ключевые слова: системная модель аргументации (СМА), граф вывода, тезис (Т), аргументы (А), модель мира (Мм), presuppositions (PP).

Keywords: systemic model of argumentation (SMA), graph of thesis inference, thesis (T), arguments (A), world model (Wm), presuppositions.

Вывод Т из А_п уровней (реконструкция) в СМА[1,133-154; 2,3,9] нами рассматривается в виде ориентированного графа как вывод снизу вверх, так и сверху вниз. Применение графов в СМА[6] показывает, что кроме вывода (наглядного представления) Т из А_п уровней мы можем анализировать

непосредственно presuppositions (PP) [4,5], т.е. атомарные суждения, являющиеся основаниями вывода. Кроме того, вывод представляется в виде метаграфа и графа вывода сверху вниз и снизу вверх в эквивалентной матричной форме [6,123-125] – что позволяет нам оперировать непосредственно с матрицами.

Рисунок 1. Граф вывода (реконструкции) в СМА сверху вниз – путь Т→А→presuppositions (PP)

Рисунок 2. Граф вывода в СМА снизу вверх – путь пресуппозиции (PP) $\rightarrow A \rightarrow T$

Граф вывода, возможно, представить в виде матриц смежности и инцидентности [6, 123-125]. Операции с матрицами, полученные в результате представления графов в эквивалентной матричной форме позволяют проводить действия как с деревьями, полученными в результате применения классической логики к анализу текста и извлечению знаний, так и неклассической логики – то есть умозаключения с различными правилами вывода. Графы вывода, полученные в результате анализа текста будут отличаться друг от друга – поскольку в тексте могут быть различные виды умозаключений (дедуктивные и не дедуктивные) и использованы различные виды логик (двузначная и многозначная) – что при представлении графов в матрицах смежности и инцидентности даст нам возможность оперировать непосредственно с матрицами. Совмещение простых ориентированных графов, построенных в результате анализа текста и представляющих разные виды логик невозможно – совмещение классической логики и неклассической недопустимо.

Проблема состоит в создании единого целостного графа, показывающем общее дерево вывода T из A . Что способна дать тривиальная процедура представления графа вывода в эквивалентной матричной форме в рамках различных моделей аргументации, а также операции, связанные с матрицами? Если построение единой (универсальной) M_m возможно, то построение единого дерева вывода кажется задачей трудноосуществимой – в тексте могут находиться различные умозаключения как дедуктивного типа так и нет, причем трудность заключается не только в этом – дело в том что в тексте могут присутствовать сразу несколько умозаключений неклассических логик – например, модальные, временные, что потребует создать новые деревья вывода. Выход из данной ситуации – создание метаграфа вывода, который бы учитывал все виды умозаключений и все типы логик. При случае реконструкции вывода узлов графа T и A уровня без учета M_m – если нам

важен только вывод, – т.е. проверка правильности умозаключения без анализа PP – мы также получим атомарные суждения, описывающие объекты M_m . Вообще, в некоторых случаях T может иметь истинностное значение f (ложь) – т.е. умозаключение может быть неправильным (некорректным), т.е. логического следования T из A не будет.

При применении СМА к анализу текста мы должны определить, как выводится главный T – т.е. какой вид логики мы будем применять прежде всего – так, возможно использование как классической логики суждений или предикатов первого порядка, так и неклассических логик – например модальной и ее разновидностей. При определении T как суждения модального, возникает проблема прагматического характера – какие правила вывода и аксиомы каких модальных систем [11] ($S_1 S_2 S_3 S_4 S_5$) будут наиболее эффективны (назовем это действия по поиску вывода). Возникает вопрос – при применении различных модальных систем получим ли мы идентичные фрагменты узлов графов случае реконструкции графа вывода или они будут отличаться? Если они будут отличаться, то тогда можно утверждать, что различные модальные системы продуцируют различные графы вывода

Вообще, T может выводиться одновременно несколькими видами умозаключений – например индуктивным и дедуктивным путем – или если T суждение модальное, то различными видами модальных систем $S_1 S_2 S_3 S_4 S_5$

Т.о. при анализе текста мы часто будем иметь несколько графов вывода:

1. граф (или графы) вывода основного T – (двузначная или многозначная логика)
2. граф (или графы) вывода умозаключений, не участвующих в выводе основного T

Одно и то же единичное суждение типа $P(x)$ может быть PP как в графе дедуктивного вывода, так и в не дедуктивном (индуктивном) – это можно показать следующим образом:

где D – дедуктивный граф а $-D$ – недедуктивный.

Кроме того, возможны такие варианты как не только общие PP , но и тот случай, когда вывод не дедуктивного умозаключения будет суждение n

уровня в графе (или метаграфе) дедуктивного вывода. При этом вид индуктивного умозаключения может быть только полная индукция или статистические выводы. Это можно показать следующим образом:

где $T(D)$ – суждение полученное в результате дедуктивного вывода, A_1 и A_2 – аргументы, из которых непосредственно выводится T , суждения $In_1 \dots In_l$ – индуктивные посылки индуктивного умозаключения, $A_n(T) - D$ – вывод (T) не дедуктивного умозаключения, он же посылка (A_n уровня) в дедуктивном умозаключении.

Графы выводов всех различных видов умозаключений (в т.ч. по аналогии свойств или отношений),

а также суждений, не участвующих в выводе, обнаруженных и проанализированных при анализе текста предметной области можно представить в виде метаграфов:

1. Дедуктивные умозаключения
2. Индуктивные умозаключения
3. умозаключения по аналогии
4. Суждения, присутствующие в тексте, но не участвующие в выводе (в т.ч. многозначных логик)
5. Умозаключения многозначных логик

Рисунок 3. Графы выводов всех различных видов умозаключений

где обозначим: **T** – тезис, **A** – аргументы n – уровня, PP – пресуппозиции.

При этом M_m будет универсальной: $U M_m$ – т.е. содержать абсолютно все объекты, которые будут описаны PP как двузначной, так и многозначной логики.

Граф (метаграф) умозаключений многозначной логики – например, модальной, будет выглядеть (как сверху вниз, так и снизу вверх) точно так же как и граф двузначной, с учетом, конечно модальных PP и суждений:

Рисунок 4. Граф (метаграф) умозаключений многозначной логики

где обозначим $\square P$ – модальный оператор необходимости, $\diamond P$ – модальный оператор возможности, ΔP модальный оператор случайности

Применение таблиц Бета и секвенциальных исчислений к многозначным (в данном случае модальным) логикам показывает что процедура вывода не способна дать нам PP различного вида, описывающие объекты $U M_m$.

Уточним, что применение таблиц Бета и секвенциальных исчислений к многозначным логикам показывает, что граф (метаграф) вывода сверху вниз и снизу вверх даст нам одни и те же PP , описывающие $U M_m$ или обычную M_m . При этом применение различных модальных систем – например, таких как $S_1 S_2 S_3 S_4 S_5$ не даст нам различные виды PP , но графы вывода будут разными – здесь имеется в виду сам процесс доказательства **T** как суждения, имеющего истинностное значение **t**. Т.о. возникает *проблема выбора модальных систем* при анализе текста предметной области. При этом, при построении графа вывода **T** из A_n уровней мы можем пользоваться как табличными методами, которые адаптированы для неклассических логик, так и различными логическими исчислениями неклассических логик. При этом необходимо уточнить, что нами различаются проверка истинности **T** и сам вывод **T** из A_n уровней. При выделении **T**, **A** различных уровней и PP , сле-

дует учитывать что иногда замена модальности влияет и на выбор формального перевода, поскольку более мягко сформулированное утверждение в контексте может пониматься по-другому, чем более жесткое [8,64]. При применении различных систем модальной логики мы можем получить различные графы вывода, хотя PP будут одни и те же. Т.е. при выборе модальных систем $S_1 S_2 S_3 S_4 S_5$ мы не получим разные PP – $U M_m$ будет содержать одни и те же объекты. PP могут изначально содержаться в сложных суждениях двузначной и многозначной логик – например суждение двузначной логики $(\neg q \rightarrow \neg p) \rightarrow (p \rightarrow q)$ изначально содержит такие PP как p и q – это будет видно сразу же, если мы построим для этой формулы (**T**) таблицу истинности [7]. Наличие в тексте нескольких графов вывода дает возможность применить к каждому графу (или ко всем) либо одну модальную систему или несколько. Так, наиболее удобной для нас кажется система S_5 , сводящая любую сложную модальность к одной из шести простейших модальностей – т.е. любая суперпозиция модальности будет эквивалентной модальности без суперпозиции [11]. При этом, хотя суждения модальной логики не являются категорически истинными (**t**) или ложными (**f**) а является истинным или ложным в определенном случае, в некоторых случаях или во всех случаях [11,43], для нас они будут иметь значение **t**, как PP .

Список литературы:

1. Брюшинкин В.Н. Системная модель аргументации // Трансцендентальная антропология и логика: Труды международного семинара “Антропология с современной точки зрения” и VIII Кантовских чтений / Калининград, 2000. С. 133-154.
2. Брюшинкин В.Н. Системная модель аргументации как основа методологии компаративистских исследований // Модели мира. Исследования по логике, аргументации и истории философии. Калининград, 2004. С. 66-85.

3. Золотов Э.С. Применение системной модели аргументации к анализу текста: Дис. ... канд. филос. наук. СПб: СПбГУ, 2003. 181 с.
4. Золотов Э.С. Пресуппозиции и модели мира в системной модели аргументации // Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам LXXXV Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». – № 1(85). – М., Изд. «Интернаука», 2021. с. 100-105.
5. Золотов Э.С. Пресуппозиции как объект логико-когнитивного анализа: методологический аспект. /Информация-Коммуникация-Общество (ИКО-2003): Тезисы докладов и выступлений Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 11-12 ноября 2003 г. с. 172-174.
6. Золотов Э.С. Системная модель аргументации: представление графов в эквивалентной матричной форме//Смирновские чтения. 4 Международная конференция. М., 2003 г. с. 123-125.
7. Золотов Э.С. Применение табличных методов для реконструкции графа вывода при системном анализе текста // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. XXXVII междунар. науч.-практ. конф. № 3(30). – Новосибирск: СибАК, 2021.
8. Непейвода Н.Н. Прикладная логика. Учебное пособие. Ижевск, Изд-во Удм. ун-та, 1997, 385 стр.
9. Сологубов А.М. Системная модель аргументации в практической философии И. Канта: Дис. ... канд. филос. наук. Калининград, 2006. 156 с.
10. Фейс, Р. Модальная логика ; ред. Ю.А. Гастев, В.В. Донченко ; пер. с доп. и под ред. Г.Е. Минц. – Москва : Наука, 1974. – 518 с.

УТРАТА АНОНИМНОСТИ В ВЕК РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Меньшиков Ярослав Сергеевич*разработчик,
Net, ООО «ГисАвто»,
РФ, г. Новосибирск
E-mail: menshikov.yaroslav@gmail.com***Беляев Дмитрий Александрович***эксперт по ИБ, ООО «Секьюрити Бэнд»,
РФ, г. Москва
E-mail: da.belyaev@mail.ru*

LOSS OF ANONYMITY IN THE AGE OF DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES

Yaroslav Menshikov*Net developer,
Net, LLC "GisAvto",
Russia, Novosibirsk***Dmitry Belyaev***Cybersecurity expert,
IS expert, Security Band LLC,
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В связи с развитием IT-технологий каждый человек испытывает потерю анонимности. Большинство людей не знает об этом. В статье объяснены множество факторов повлиявшие на заявленную проблему.

ABSTRACT

Due to the development of Tech, each person experiences a loss of anonymity. Most people do not know about this. The article explains many factors that influenced the stated problem.

Ключевые слова: анонимность, приватность, технологии, цифровой портрет, безопасность, кибербезопасность, наблюдение.

Keywords: anonymity, privacy, tech, digital portrait, security, cybersecurity, surveillance.

Целью данного исследования является акцентирование внимания к проблеме потери анонимности в наши дни. Сформулировать проблему – это первый шаг для всего общества к поиску решения проблемы.

Развитие IT-технологий испытывает ускорение в наши дни. Люди пользуются многими сервисами, предоставляя свои личные данные. Разработчики данных сервисов, получив ваши личные данные, начинают ими пользоваться в своих целях. Каждый человек пользуется не одной услугой, а множеством. Разработчики сервисов получают доступ ко многим вашим данным. Эти данные в совокупности представляют собой Ваш «цифровой портрет».

Самый простой пример использования цифровых портретов – это применение их третьими лицами для генерации адресной рекламы. Еще менее честные используют данные для генерации мошеннических писем. Мы живем в то время, когда цифровой анонимности практически нигде не учат, а компании умело пользуются этим фактом. Давайте

перечислим часть актуальных сервисов, которые собирают информацию о пользователе.

1. *Ip-адрес.* Интернет-провайдеры годами хранят данные на каких ip-адресах работал их клиент. Это значит, что большинство ваших действий записываются в базы данных провайдера. Отчасти исправить эту проблему получается при использовании VPN-каналов.

2. *DNS-запросы.* При каждом обращении Вашего компьютера в сеть Интернет по имени хоста, а не по Ip-адресу (а это происходит практически каждый раз), например, google.com, операционная система запрашивает службу DNS, чтобы определить IP-адрес данного хоста. Провайдер, предоставляющий услугу DNS-записей, накапливает список тех сайтов, к которым происходило обращение и может предоставить их третьим лицам. Даже при использовании VPN следует обращать внимание какие DNS-сервера используются в системе.

3. *NFC-технологии.* Данную технологию используют устройства для выполнения бесконтактных платежей в магазинах. Технология использует радиочастотную идентификацию, а значит может использоваться для поиска устройства.

Пример: на входе в магазин установлена рамка, которая сканирует все имеющиеся при вас RFID-чипы: дебетовые или кредитные бесконтактные карты платежных систем, городские транспортные карты, рабочие карты доступа, даже некоторые ключи от машины. Эти данные легко собираются в базы данных и могут быть использованы для поиска людей.

4. *Беспроводные устройства вокруг нас.* Производители умных устройств (смартфоны, планшеты, детские часы с sim-картой и любые другие подобные устройства) закладывают функции поиска местоположения устройства для условий, когда GPS-функция выключена или недоступна. Это очень удобно, ведь данная технология позволяет успешно искать расположение устройства на картах yandex или google. Устройство сканирует Wi-Fi сети вокруг себя. В любой точке города ваше устройство видит набор таких сетей. Эти данные позволяют определить расположение с точностью до нескольких десятков метров. Данные о местоположении устройства отправляются на серверы третьих компаний.

5. *Использование публичных сетей Wi-Fi.* Достаточно иметь привычку подключаться к публичным wi-fi сетям чтобы стать жертвой хакеров. Хакеры используют специальные устройства способные вмешиваться в работу wi-fi точек доступа и вынуждающие Ваше устройство подключаться к их устройству, а не к публичной wi-fi точке доступа. Их целью является обманом заставить подключиться чтобы украсть учетные данные, номера банковских карт. В таких случаях передаваемые через эту сеть данные передаются через злоумышленника и становятся для него доступными. Для реализации данной задачи используется форма кибератаки Man-in-the-Middle.

6. *Tor/VPN.* Использование данных технологий не дает 100% гарантию анонимности. К текущему моменту разработаны методы деанонимизации зашифрованного трафика Tor. Совокупность посещаемых сайтов формирует уникальный цифровой портрет пользователя с точностью 96%. Ваш интернет-провайдер способен анализировать такие «отпечатки пальцев» и использовать эти данные для Вашей деанонимизации даже в условиях использования зашифрованных каналов связи.

7. *Современные смартфоны.* В некоторых фильмах показывали фантастические технологии, которые даже в выключенном телефоне продолжают работать и отправлять данные о расположении устройства для возможности поиска данного устройства. В наши дни на операционных системах Android, IOS используется технология Bluetooth Low-Energy, которая передает идентификационную информацию на ближайшие устройства. При этом неважно, включено Ваше устройство или выключено.

Это дает способ определить Ваше месторасположение даже с выключенным телефоном при условии подключенного аккумулятора. В большинстве современных устройств аккумулятор является встроенным и не снимаемым элементом.

8. *IMEI - Идентификатор оборудования.* Идентификатор IMEI привязан к используемому устройству. Этот номер используется операторами мобильной связи и известен производителям оборудования. При каждом подключении устройства к мобильной сети происходит регистрация через сочетание IMEI и номера телефона в сотовой сети. IMEI используется некоторыми приложениями (часто банковскими программами), службами операционных систем Android и IOS для идентификации устройств. Использование номера телефона является отличным способом идентификации, не хуже предоставления паспорта. Ваш цифровой портрет становится лучшим подтверждением Вашей личности. Базы данных оператора мобильной связи хранят в том числе и другие данные: список мобильных антенн вокруг нас, насколько мощный сигнал устройства до каждой из этих антенн. С помощью триангуляции геолокации сигнала несложно рассчитывается подключенное устройство. Оператор видит и любые другие подключенные устройства. Устройства с похожими сигналами в один момент времени и подключенные к одним и тем же антеннам дают способ вычислить хозяина устройства.

Пример: человек носит с собой два телефона: один принадлежит ему, другой нет. Оператор мобильной связи легко определяет, у Вас чужой телефон.

Собираемая информация на основе IMEI может использоваться провайдером или другими третьими сторонами с доступом к этой информации для определения Вашего точного местоположения.

9. *Браузеры устройств.* При работе в сети Интернет браузеры получают уникальные данные (cookies) от любого сайта. Эти данные хранятся на Вашем устройстве. Таким образом веб-порталы точно знают кто зашел на сайт. На смену технологии cookies приходят технологии supercookies. Теперь провайдер помечает Ваши пакеты данных, и анонимность пользователя исчезает.

В совокупности данные cookies представляют собой уникальный набор данных. Некоторые веб-порталы научились определять пользователя без использования cookie, на основании используемых шрифтов, имени браузера, расширения экрана, операционной системы и других параметров.

10. *Банковские карты.* Банк автоматически собирает и накапливает информацию о всех наших покупках. Банк хранит стоимость покупки, тип товара, GPS-положение магазина на карте. Дополнительно банк знает Ваш возраст, пол, GPS-положение Вашего места жительства. На основании этих данных Банк рассчитывает Ваши предпочтения, предсказывает Ваши последующие действия проанализировав полученные данные. Эти данные анализируются автоматически, не используя труд людей. Далее автоматически банк определяет какую услугу и когда

Вам предложить. Эти данные банк может предоставлять третьим организациям.

Пример: на основании полученных данных банк видит где люди покупают аптечные препараты в некотором районе города. Если расстояние между местом проживания человека и аптекой становится относительно большим, то в данном районе есть проблемы с аптекой и, возможно, можно предложить партнерам банка открыть свою аптеку в этом районе.

11. *Голосовые службы устройств.* Данные службы в режиме постоянной работы анализируют местоположение устройства и звуки вокруг через микрофон. Речь идет о таких сервисах, как «Алиса», «Привет, Сири», «Окей Гугл». Микрофон Вашего устройства постоянно включен и производители голосовых служб записывают происходящее вокруг устройства. Что делают компании с этими данными? Кроме анализа фраз для поиска информации эти данные могут использоваться компанией для установления Ваших предпочтений, что может использоваться для создания адресной рекламы. Эти данные могут быть переданы третьим лицам для поиска Вашего местоположения.

12. *Использование антивируса/брандмауэра.* Брандмауэр антивируса анализирует сетевую активность устройства, работает с данными браузеров. Подобные программы имеют абсолютную власть на Вашем устройстве, не имеют преград для сбора любых данных и могут предоставлять удаленный доступ к устройству: файловый, веб-камера, микрофон, экран устройства.

Собранные данные в совокупности формируют Цифровой профиль человека. Данные этого профиля содержат в себе богатую информацию:

- Пол человека;
- Возраст человека;
- Семейное положение;

- Политические и религиозные взгляды;
- Финансовое состояние;
- Интересы;
- Привычки;
- Другие данные.

Согласно результатам исследования EFF (Electronic Frontier Foundation) [1], уникальность отпечатка браузера пользователя очень высока, и он содержит в себе ниже описанные данные:

- User-agent (включает версию браузера, версию операционной системы, тип устройства);
- Часовой пояс;
- Разрешение экрана и глубину цвета;
- Supercookies;
- Настройки куки;
- Системные шрифты;
- Список плагинов браузера с их версиями;
- Журнал посещений веб-сайтов;
- Другие данные.

Если говорить о статистике, то только раз на 286777 случаев случается полное совпадение отпечатков браузеров двух разных пользователей.

Согласно исследованию «Browser Fingerprinting via OS and Hardware Level Features» [2], точность идентификации пользователя при помощи отпечатка браузера составляет 99,24%.

Предложение решения проблемы. Сохранение анонимности сегодня – это практически невозможная задача для городского человека. Для сохранения анонимности в сети Интернет рекомендуется использовать решения, построенные на VPN-технологиях. В статье объяснено, что данное действие не является на 100% действенным, а значит для решения проблемы нужно повышать свой уровень знания цифровых технологий. По некоторым описанным в статье проблемам решением может быть только отказ от использования цифровых устройств.

Список литературы:

1. Electronic Frontier Foundation. How Unique Is Your Web Browser? Режим доступа: URL: <https://coveryourtracks.eff.org/static/browser-uniqueness.pdf> (дата обращения: 21.05.2021).
2. Researchgate. Browser Fingerprinting via OS and Hardware Level Features. Режим доступа: URL: https://www.researchgate.net/publication/316913422_Cross-Browser_Fingerprinting_via_OS_and_Hardware_Level_Features (дата обращения: 21.05.2021).

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12087

АДМИНИСТРИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ УРГЕНЧЕСКОГО ФИЛИАЛА ТУИТ

Рузметов Артём Александрович

магистрант, кафедра информационных технологий
Ургенчский филиал Ташкентского университета
информационных технологий имени Мухаммада Аль-Хорезми,
Узбекистан, Хорезмская область, г. Ургенч
E-mail: artem_ruzmetov@ubtuit.uz

Рустамов Ойбек Азаматович

студент, кафедра информационных технологий
Ургенчский филиал Ташкентского университета
информационных технологий имени Мухаммада Аль-Хорезми,
Узбекистан, Хорезмская область, г. Ургенч
E-mail: oybek_azamatovich@ubtuit.uz

Худайбегенов Тимур Артурович

, Ча Джей Санг, Степень Ph.D., Звание Доцент,
Кафедра Информационные технологии и Медия инжиниринг,
факультет: Слияние Нано-ИТ-дизайна,
Республика Корея (Южная), Сеул

Хужаев Отабек Кадамбаевич

Ph.D, доцент,
заведующий кафедры Информационных технологий,
кафедра: Информационные технологии,
факультет: Компьютерный инжиниринг,
Ургенчский филиал Ташкентского университета
информационных технологий имени Мухаммада Аль-Хорезми,
Узбекистан, Хорезмская область, г. Ургенч

ADMINISTRATION OF THE SECURITY OF LOCAL NETWORKS ON THE EXAMPLE OF THE URGENCH BRANCH OF TUIT

Artem Ruzmetov

master's student, Department of Information Technology
Urgench branch of Tashkent University of Information Technologies
named after Muhammad Al-Khwarizmi
Uzbekistan, Khorezm region, Urgench city

Oybek Rustamov

student, Department of Information Technology
Urgench branch of Tashkent University of Information Technologies
named after Muhammad Al-Khwarizmi
Uzbekistan, Khorezm region, Urgench city

Timur Khudaybegenov

Scientific adviser, Cha Jae Sang, Ph.D.,
Associate Professor, Department of Information Technology and Media Engineering,
faculty: Nano IT Design and Fusion, Republic of Korea (South), Seoul

Otabek Khujaev

Scientific adviser, Ph.D., Associate Professor, deputy of the Department of Information Technologies, department: Information Technologies, faculty: Computer Engineering, Urgench branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi, Uzbekistan, Khorezm region, Urgench

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена реализации безопасности локально вычислительных сетей. В ней описаны организационные действия для комплексной безопасности ЛВС Ургенчского филиала ТУИТ. В материале даны результаты поэтапных действий по организации безопасности в сети филиала.

ABSTRACT

This article is devoted to the implementation of the security of local area networks. It describes the organizational actions for integrated security LAN Urgench branch of TUIT. The material contains the results of step-by-step actions for organizing security in the branch network.

Ключевые слова: безопасность; сеть; организация; локально вычислительные сети; несанкционированный.
Keywords: security; network; organization; local area networks; unauthorized.

Каждый день хакеры и другие злоумышленники подвергают угрозам сетевые информационные ресурсы, пытаясь получить к ним доступ с помощью специальных атак. Эти атаки становятся всё более изощренными по воздействию и несложными в исполнении. Этому способствуют два основных фактора. Во-первых, это повсеместное проникновение Интернета. Сегодня к этой сети подключены миллионы компьютеров. Многие миллионы компьютеров будут подключены к Интернету в ближайшем будущем, поэтому вероятность доступа хакеров к уязвимым компьютерам и компьютерным сетям постоянно возрастает. Во-вторых, это всеобщее распространение простых в использовании операционных систем и сред разработки. Этот фактор резко снижает требования к знаниям злоумышленника. Теперь, для того чтобы получить доступ к хакерскому средству, нужно просто знать IP-адрес нужного сайта, а для проведения атаки достаточно щёлкнуть мышью. [1]

Под «Угрозой» понимается потенциальная возможность тем или иным способом нарушить информационную безопасность. Попытка реализации угрозы называется «атакой», а тот, кто реализует данную попытку, называется «злоумышленником». Чаще всего угроза является следствием наличия уязвимых мест в защите информационных систем. [2]

Для обеспечения безопасности ЛВС Ургенчского филиала ТУИТ имени Аль-Хорезми был принят метод изложенный на международном научном журнале «Учёный XXI век» в издании №3-2 (16), март 2016 года в статье, UDC 004.414.22 «Administration of complex methods of security of a LAN on the example of the Urgench branch of TUIT»[3].

Реализация данного метода состоит из следующих этапов.

1. В качестве основной системы управления безопасностью ЛВС была выбрана операционная система на базе ядра Linux с внедрённым межсетевым экраном, поддерживающий большую нагрузку не теряя производительность сети.

2. Для обеспечения защиты от несанкционированного доступа к внутренней сети организации были выполнены следующие действия:

а) все сетевые устройства (свитч, коммутатор, хаб, концентратор и маршрутизатор) были подключены к серверу с межсетевым экраном,

б) во всех коммутаторах организации были установлены приоритеты доступа к их настройкам во избежание изменения настроек физическим контактом злоумышленника и были отключены свободные порты,

с) в межсетевом экране было реализовано контроль доступа к сети для всех сотрудников организации, в котором каждый сотрудник организации должен пройти идентификацию пользователя и получить определённые права на использования ЛВС организации.

д) для исключения несанкционированного доступа на против серверной комнаты были установлены камеры видеонаблюдения.

е) во избежание несанкционированного использования сети организации был составлен список MAC-адресов устройств, которые внесены в "белый список" (разрешенный к подключению) MAC-адресов коммутатора.

Рисунок 1. Схема общего проекта ЛВС

Чтобы безопасно управлять удаленно коммутаторами организации и предотвратить случаи сбоя, атак разного характера были реализованы VPN туннелирования с помощью протокола IPSec.

Во избежание утери данных на сетевых хранилищах организации реализованы RAID массивы, чтобы при физическом сбое диска копия данных присутствовала на втором диске и было возможно восстановление данных.

Для оптимальной защиты информации в организации была разработана электронный оборот информации между сотрудниками организации и была обеспечена сохранность информации методом архивации данных и шифрования с помощью Электронной Цифровой Подписи.

Для оценки безопасности ЛВС было использована модель уровня безопасности (рис 2).

Рисунок 2. Модель безопасности

В Политику Информационной Безопасности организации были изменены несколько пунктов:

1) сотрудник организации каждые 15 дней должен менять пароль доступа к информации на персональном компьютере в соответствии с требованиями.

2) сотрудник должен держать сигнатуру баз данных антивирусных программ в актуальном состоянии (для этого реализован внутреннее зеркало обновления сигнатур баз).

Список литературы:

1. Шаньгин В.Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах. М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2019.
2. Основы информационной безопасности. Часть 1: Виды угроз // <https://habr.com/ru>.
3. Международный научный журнал «Учёный XXI века» издания 3-2 (16) марта 2016г. UDC 004.414.22 “Administration of complex methods of security of a LAN on the example of the Urgench branch of TUIT”, T.A. Khudayberganov.
4. A.V. Sokolov, V.F. Shangin “Information security in the distributed corporate networks and systems”, DMK the Press, 2002.
5. Н. Osterlokh TCP/IP. “Family of protocols of data transmission in networks of computers” "Diasoftyup", 2002.
6. V. Zima, A. Moldovyan, N. Moldovyan “Security of global network technologies”, BHV-St. Petersburg, 2002.
7. A.V. Lukatsky “Defining of attacks”, BHV-St. Petersburg, 2003.
8. D. Medvedkovsky, B.V. Semyanov, D.G. Leonov, A.V. Lukatsky “Attack from Internet”, 2002.
9. D. Sklyarov “Art of protection and hacking of information”, BHV-St. Petersburg, 2004.

КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ****Исроилов Шерзод Нарказакевич**

ассистент кафедры Теоретическая и прикладная механика
Самаркандского государственного университета,
Узбекистан, г. Самарканд
E-mail: arzikulovfazliddin1997@gmail.com

Чориев Элдор Элмурод угли

учитель информатики средней общеобразовательной школы № 41
Каттакурганского района Самаркандской области,
Узбекистан, Талибарзу

MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE**Sherzod Isroilov**

Assistant of the Department of Theoretical and Applied Mechanics
of Samarkand State University,
Uzbekistan, Samarkand

Eldor Choriyev

teacher of informatics of secondary school No. 41
of Kattakurgan district of Samarkand region,
Uzbekistan, Talibarzu

АННОТАЦИЯ

Размерность задачи трехмерная. Известно, что для экспериментальных испытаний на растяжение применяются плоские образцы. В рамках численного моделирования расчет деформации проводился для модельного объема рабочей части образцов. Механическое поведение среды задается в лагранжевой системе отсчета. Система уравнений, описывающая механическое поведение системы включает: уравнения сохранения массы, импульса, энергии, кинематические уравнения, определяющее уравнение, в котором конкретизируются механические свойства рассматриваемой среды, начальные и граничные условия.

ABSTRACT

The dimension of the problem is three-dimensional. It is known that flat samples are used for experimental tensile tests. Within the framework of numerical modeling, the deformation calculation was carried out for the model volume of the working part of the samples. The mechanical behavior of the medium is given in a Lagrangian frame of reference. The system of equations describing the mechanical behavior of the system includes: equations of conservation of mass, momentum, energy, kinematic equations, a defining equation in which the mechanical properties of the medium under consideration, initial and boundary conditions are specified.

Ключевые слова: деформирования высокохромистых, лагранжевой системе, девиатора напряжений, мезоскопической трещины.

Keywords: deformations of high-chromium, the Lagrangian system, voltage deviator, mesoscopic crack.

Для исследования механического поведения сталей Fe-Cr в широком диапазоне температур применялись методы численного моделирования. Методика численного исследования включает

а) создание вычислительной модели, включая ее численную имплементацию, задание начальных и

граничных условий, описывающих способов нагружения;

б) валидацию модели с целью адекватного описания механических свойств высокохромистых сталей;

в) получение и анализ теоретических прогнозов закономерностей деформирования высокохромистых сталей в зависимости от температуры и др. факторов.

Рассматривается задача о растяжении стальных образцов при постоянной скорости деформации. Размерность задачи трехмерная. Известно, что для экспериментальных испытаний на растяжение применяются плоские образцы. В рамках численного моделирования расчет деформации проводился для модельного объема рабочей части образцов. Вычислительная модель, описывающая процесс упруго-пластической деформации при растяжении, разработана на математическом аппарате механики деформируемого твердого тела. Модель включает систему уравнений, описывающих механическое поведение на макроскопическом уровне (кинематические уравнения, законы сохранения массы, импульса и энергии). Механическое поведение среды задается в лагранжевой системе отсчета. Система уравнений, описывающая механическое поведение системы включает: уравнения сохранения массы, импульса, энергии, кинематические уравнения, определяющее уравнение, в котором конкретизируются механические свойства рассматриваемой среды, начальные и граничные условия.

Закон сохранения массы:

$$\dot{\rho} / \rho_0 = (\rho / \rho_0) \nabla_i u_i, \quad (1)$$

где ρ_0 – начальная массовая плотность, u_i – компоненты вектора массовой скорости, ∇_i – оператор Гамильтона.

Закон сохранения количества движения:

$$\rho \frac{du_j}{dt} = -\nabla_i u_{ij}, \quad (2)$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{\rho} \sigma^{ij} \frac{d\varepsilon_{ij}}{dt}, \quad (3)$$

σ^{ij} – компоненты тензора напряжений Коши;

$\frac{d\varepsilon_{ij}}{dt}$ – компоненты тензора скорости деформации;

E – удельная внутренняя энергия.

Кинематические соотношения:

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\nabla_i u_j + \nabla_j u_i \right), \quad \dot{\varepsilon}_{ij} = \dot{\varepsilon}_{ij}^e + \dot{\varepsilon}_{ij}^p. \quad (4)$$

Физические соотношения для упругой и пластической областей:

Граница между упругой и пластической областями в координатах компонент тензора напряжений – поверхность текучести – определяется условием Мизеса:

$$\sigma_i = Y(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, T, \dots). \quad (5)$$

В упругой области производные по времени от компонент девиатора тензора напряжений связаны с компонентами тензора скорости деформации соотношением:

$$\frac{dS_{ij}}{dt} = 2G \left(\dot{\varepsilon}_{ij}^e - \frac{1}{3} \dot{\varepsilon}_{kk}^e \delta_{ij} \right), \quad (6)$$

где $\dot{\varepsilon}_{kk}^e = \dot{\varepsilon}_{xx}^e + \dot{\varepsilon}_{yy}^e + \dot{\varepsilon}_{zz}^e$ – объемная деформация, G – модуль сдвига.

В динамических задачах определяющее уравнение записывают, учитывая разложение тензора напряжений на шаровую p и девиаторную S_{ij} составляющие.

$$\sigma_{ij} = -p\delta_{ij} + S_{ij}, \quad (7)$$

где σ_{ij} , p и S_{ij} – компоненты тензора напряжений, давление и компоненты девиатора напряжений, соответственно, δ_{ij} – символ Кронекера.

Уравнение состояния имеет вид:

$$p = p(\rho, E). \quad (8)$$

Учитывая специфику решаемой задачи, для описания механического поведения исследуемого материала была выбрана модель Джонсона-Кука (6), учитывающая влияние температуры и скорости деформации на напряжение течения и предельную степень деформации материала. В рамках данной работы исследовалось влияние температуры на напряжения течения с учетом изменения механического поведения материала после фазового перехода при постоянной скорости деформации.

$$\sigma = \left(A + B \varepsilon_{eq}^n \right) \left(1 + C \ln \left(\frac{\dot{\varepsilon}_{eq}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right) \left(1 - \left(\frac{T - T_0}{T_m - T_0} \right)^m \right). \quad (9)$$

Для участка температур до фазового перехода предлагается брать оригинальную модель Джонсона-Кука, а после температуры фазового перехода T_{ph_tr} – уравнение (9), в котором $T_0 = T_{ph_tr}$.

Модель для учета повреждаемости и разрушения материала включает уравнение поверхности пластического течения поврежденной среды Гурсона-Твергаарда (10) и уравнение кинетики зарождения и роста повреждений в форме, предложенной Нидлеманом (11) [1].

$$(\sigma_{eq}^2 / \sigma_s^2) + 2q_1 f^* \cosh(-q_2 p / 2\sigma_s) - 1 - q_3 (f^*)^2 = 0, \quad (10)$$

где σ_s – предел текучести, q_1 , q_2 и q_3 – параметры материала, p – давление, f – параметр поврежденности.

$$\begin{aligned} \dot{f} &= \dot{f}_{nucl} + \dot{f}_{growth}, \\ \dot{f}_{nucl} &= \varepsilon_{eq}^p (f_N / s_N) \exp\{-0.5[(\varepsilon_{eq}^p - \varepsilon_N) / s_N]^2\}, \\ \dot{f}_{growth} &= (1 - f) \dot{\varepsilon}_{kk}^p, \end{aligned} \quad (11)$$

где ε_N и s_N – средняя деформация, при которой зарождаются повреждения, и стандартное отклонение, соответственно.

Количество зародившихся повреждений зависит от величины параметра f_N .

$$\begin{aligned} f^* &= f \text{ if } f \leq f_c; \\ f^* &= f_c + (\bar{f}_F - f_c) / (f_F - f_c) \text{ if } f > f_c, \end{aligned} \quad (12)$$

где $\bar{f}_F = (q_1 + \sqrt{q_1^2 - q_3}) / q_3$.

В расчетах вязкого разрушения высокопрочных сталей были использованы значения параметров, предложенные Твергаардом: $q_1=1.5, q_2=1, q_3=q_1^2$.

В качестве локального критерия разрушения материальных частиц среды принималось условие:

$$f = 1. \quad (13)$$

Модель локального разрушения применялась совместно с эррозионной моделью развития разрушения в объеме деформируемых тел, используемой в WB ANSYS 14.5.

В данной работе представлены результаты исследования механических свойств высокопрочных сталей в диапазоне скоростей деформации от 0.1 до 1000 с⁻¹ методом численного моделирования. Целью исследования было установление закономерностей деформационного упрочнения, зарождения и роста повреждений высокопрочных марганцовистых и высокохромистых сталей при растягивающих динамических нагрузках. Для достижения целей проведена модификация вычислительной модели. Модель была использована для анализа протекания процессов деформирования ряда высокопрочных сталей (09Г2С, 14YWT) при динамических механических воздействиях.

Список литературы:

- 1 Skripnyak V. V Mechanical properties of weld joints of high-strength steel under dynamic loading/ V.V. Skripnyak, A. Kozulin, V.A. Skripnyak, A. Bevez and E.G. Skripnyak // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE), 2020, pp. 1190-1194.
- 2 Hume-Rothery W. The Valencies of the Transition Elements in the Metallic State / W. Hume-Rothery, H.M. Irving A., R.J.P Williams // Proc. Roy. Soc. – 1951. – 208. – P. 431-443.
- 3 Gao N. Tribological properties of ultrafine-grained materials processed by severe plastic deformation / N. Gao, C.T. Wang, R.J. Wood, T.G. Langdon // Journal of Material Science. – 2012. – Vol. 47(12). – P. 4779-4797.
- 4 Sobirovna T.R. Issues of further improvement of water cadastre legislation of Uzbekistan // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2021. – T. 11. – №. 4. – С. 1241-1253.
- 5 Huang S.J. Tribological properties of the low-carbon steels with different micro-structure processed by heat treatment and severe plastic deformation / S.J. Huang, V.I. Semenov, L.S. Shuster, P.C. Lin // Wear. – 2011. – Vol. 271(5). – P. 705-711.
- 6 Sun C. In situ neutron diffraction study on temperature dependent deformation mechanisms of ultrafine grained austenitic Fe–14Cr–16Ni alloy / C. Sun, D.W. Brown, B. Clausen [et al.] // International Journal of Plasticity. – 2014. – Vol. 53. – P. 125-134.

- 7 Song M. Microstructure refinement and strengthening mechanisms of a 12Cr ODS steel processed by equal channel angular extrusion / M. Song, C. Sun, J. Jang [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2013. – Vol. 577. – P. 247-256.
- 8 Maltseva L.A. The effect of intense external influences on the structure and properties of alloys / L.A. Maltseva, T.V. Maltseva, N.N. Ozerets [et al.] // La Metallurgia Italiana. – 2013. – Vol. 1. – P. 31-34.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12096

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СФЕРИЧЕСКОЙ НИЖНЕЙ ТРУБЫ НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА

*Мухамадсадилов Камолжон Джамолович**д-р техн. наук (PhD),**доц. Ферганский политехнический институт,**Республика Узбекистан, г. Фергана.**Email: k.muhammadsadikov@gmail.com**Давронбеков Абдурашул Абдумаджидович**преподаватель,**Ферганский политехнический институт,**Республика Узбекистан, г. Фергана.**Email: aa.davronbekov@gmail.com*RESEARCH OF THE INFLUENCE OF HYDRODYNAMIC REGIMES
OF THE SPHERICAL LOWER PIPE ON THE HEAT EXCHANGE PROCESS*Mukhamadsadikov Kamoljon**PhD, Associate Professor, Fergana Polytechnic Institute,**Republic of Uzbekistan, Fergana**Abdurasul Davronbekov**Assistant of Fergana Polytechnic Institute**Republic of Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены исследования влияния режима течения хладагента на процесс теплообмена в сферическом полотрубном профиле, рекомендованном для кожухотрубного теплообменника. При проведении исследований длина сферической выемки $S=25$ мм, радиус сферической выемки $R=10; 20$ и 30 градусов, внутренний диаметр трубы $D=10$ мм и $d=7$ мм, температура охлаждаемого продукта $100\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$, температура теплоносителя $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$ и плотность жидкости $\rho_s=1000\text{ кг/м}^3$. По результатам экспериментов построены сравнительные графики влияния режимов течения теплоносителя на процесс теплообмена, экспериментальные результаты получены с использованием эмпирических формул с использованием метода наименьших квадратов.

ABSTRACT

The article presents a study of the influence of the coolant flow regime on the heat exchange process in a spherical pipe-tube profile recommended for a shell-and-tube heat exchanger. When conducting research the length of the spherical recess $S = 25$ mm, the radius of the spherical recess $R = 10; 20$ and 30 degrees, inner pipe diameter $D = 10$ mm and $d = 7$ mm, temperature of the cooled product $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, coolant temperature $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ and density of the liquid $\rho_s = 1000\text{ kg/m}^3$. Based on the results of the experiments, comparative graphs of the influence of the flow regimes of the coolant on the heat transfer process were constructed, the experimental results were obtained using empirical formulas using the least squares method.

Ключевые слова: радиус сферического стока, температура, плотность, диаметр, профиль трубы, хладагент, режим потока, поток, скорость.

Keywords: radius of spherical drain, temperature, density, diameter, pipe profile, refrigerant, flow regime, flow, velocity.

Введение. Сегодня теплообменные устройства являются одними из важнейших устройств на химических, нефтегазоперерабатывающих заводах, а

также в энергосистемах. Их рабочие параметры влияют на экономию топлива, надежность эксплуата-

ции, стабильность характеристик во времени, экологическую безопасность и другие показатели теплообменников. Одной из основных целей при отборе или передаче тепла является улучшение теплообменных устройств за счет ускорения процесса теплообмена. Известно, что гидродинамика и теплообмен при течении жидкости в трубах сложной формы обычно определяются геометрическими параметрами этих каналов. Естественно, что выбор метода разгона следует производить с учетом гидравлического сопротивления [1,2,3].

Возрастающие требования к характеристикам существующих энергетических устройств в мировой и национальной практике побуждают дизайнеров, ученых, в том числе производителей теплообменников, искать новые конструктивные решения и новые физические принципы, которые помогут улучшить тепло- и энергоэффективность, компактность, надежность и другие характеристики тепла. Это, в свою очередь, означает, что вопросы энергоэффективности на предприятиях имеют большое значение. В этом исследовании также изучалось влияние гидродинамических

режимов полого сферического профиля трубы, рекомендованного для кожухотрубного теплообменного устройства, на процесс теплообмена.

Методика и результаты исследования. При исследовании процессов теплообмена в кожухотрубных устройствах использованы эксперименты и результаты расчетов по определению гидродинамических режимов сферических спеченных труб, а также существующие расчетные методы. В экспериментах приняты следующие пределы переменных факторов: длина сферической вогнутости $S = 25$ мм, радиус сферической вогнутости $R = 10; 20$ и 30 градусов, внутренний диаметр трубы $D = 10$ мм и $d = 7$ мм, температура охлаждаемого продукта $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, температура теплоносителя $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ и плотность жидкости $\rho_v = 1000\text{ кг/м}^3$. Температура водогазовой системы была установлена на уровне $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ с учетом влияния внешней среды во время экспериментов. По результатам проведенных экспериментов построены сравнительные графики влияния режимов течения теплоносителя на процесс теплообмена. (Рисунки 1; 2 и 3).

Рисунок 1. Зависимость температуры охлаждаемого продукта от режима потока хладагента
 Когда $R = 10$ гр-const.

Рисунок 2. Зависимость температуры охлаждаемого продукта от режима потока хладагента
 Когда $R = 20$ гр-const

Рисунок 3. Зависимость температуры охлаждаемого продукта от режима потока хладагента
Когда $R = 30 \text{ гр const}$

Как видно из данных на рисунках 1; 2 и 3 когда радиус сферического стока $R = 10 \text{ гр const}$ и скорость теплоносителя изменялась в зависимости от формы ротометра, снижение температуры продукта до 78°C наблюдалось при более низком показании режима потока 5129. При высоком расходе 25087 наблюдалось снижение температуры продукта до 40°C .

Когда радиус сферического стока $R = 20 \text{ гр const}$ и скорость теплоносителя изменяется в зависимости от формы ротометра, температура продукта падает до 82°C при нижнем показании режима потока

4417. При высоком расходе 20660 наблюдалось снижение температуры продукта до 44°C .

Когда радиус сферического стока $R = 30 \text{ гр const}$ и скорость теплоносителя изменяется в зависимости от формы ротометра, снижение температуры продукта до 87°C наблюдается при более низком показании режима потока 3855. При высоком расходе 18704 наблюдалось снижение температуры продукта до 47°C .

Следующие эмпирические формулы были получены методом наименьших квадратов.

$$y = -08x^2 - 0,0033x + 94,99 \quad R^2 = 0,9887 \quad (1)$$

$$y = 08x^2 - 0,0046x + 101,76 \quad R^2 = 0,9816 \quad (2)$$

$$y = 07x^2 - 0,0056x + 108,59 \quad R^2 = 0,981 \quad (3)$$

Для получения оптимальных значений использовался математический метод планирования и программа PLANEX [4,5,6,7]. На основе математического метода планирования были приняты следующие значения в качестве оптимальных параметров на основе экспериментальных исследований для применения различных параметров радиуса полости сферической трубы и оценки их влияния на эффективность процесса теплообмена.

По этим данным:

При радиусе сферической раковины $R = 28^\circ$ и расходе хладагента $Q = 0,188 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при скорости хладагента $1,28 \text{ м/с}$), температура продукта снижается до 59°C . Такие параметры процесса теплообмена

полностью удовлетворяют требованиям технологического регламента. Кроме того, при таких параметрах эффективность использования хладагента увеличится в 1,75 раза по сравнению с исходными.

Заключение. В проведенных экспериментах исследованы закономерности изменения температуры продукта при различных параметрах радиуса сферического стока, расхода хладагента, скорости и режимов течения в трубе. Результаты экспериментов основывались на оптимальных параметрах профиля трубы с использованием метода математического планирования. Введение новой сферической воронки повысило эффективность теплообмена хладагента в 1,75 раза.

Список литературы:

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Основные процессы и устройства химической технологии. – Ташкент: Наука и технологии, – 2015. – 848 с.
2. Латилов К.Ш. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлика. – Ташкент: Учитель, – 1992. – 405 с.

3. Исомидинов А.С. Исследование гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата // Universum: технические науки. – 2019. – №. 10-1 (67).
4. Isomidinov A.S., Karimov I.T., Tojiev R.J. Searching the losing of hydraulic pressure in rotor-filter gas cleaner apparatus // Scientific-technical journal. – 2021. – Т. 3. – №. 1. – С. 69-72.
5. Isomidinov A. Mathematical modeling of the optimal parameters of rotory filter apparatus for wet cleaning of dusty gases // International journal of advanced research in science, Engineering and technology. – 2019. – Т. 6. – №. 10. – С. 258-264.
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и ученых – М.: Физматлит, – 2006. – 816 с.
7. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, – 1972. – 872 с.

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12118

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОЧНОГО СЛОЯ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
РОТОРНО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО АППАРАТА****Тожиев Расулжон Жумабаевич**

д-р техн. наук, проф.,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: rasuljon1945m@il.ru

Исомиддинов Азизбек Саломиддинович

д-р техн. наук (PhD), доц.,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: isomiddinov1985@mail.ru

Ахроров Акмалжон Акрамжон угли

базовый докторант,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: a.ahrorov@ferpi.uz

**INVESTIGATION OF THE FILM LAYER ON THE WORKING SURFACE
OF THE ROTARY FILTER APPARATUS****Rasuljon Tojiev**

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

Azizbek Isomiddinov

PhD, Associate Professor,
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

Akmaljon Akhrorov

Basic doctoral student,
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

В статье описаны физико-химические свойства рабочей жидкости в роторно-фильтрующем устройстве для влажной очистки пылевых газов, процесс образования пленочного слоя и методика его расчета. Законы изменения жидкого пленочного слоя при различных параметрах абсорбента и переменных факторах, подаваемых в устройство (10 %-ный, 20 %-ный, 30 %-ный раствор технической соды в воде, диаметры отверстия штуцеров 1 мм, 2 мм, 3 мм и отверстие фильтрующего материала диаметром 2 мм, 3 мм, 4 мм). Были построены сравнительные графики зависимости расхода жидкости от толщины пленки, и были предложены эмпирические формулы для адекватного представления процесса. Поправочный коэффициент входит в уравнение для расчета пленочного слоя, сформированного на рабочей поверхности фильтра роторно-фильтрующего устройства.

ABSTRACT

The article describes the physicochemical properties of the working fluid in a rotary filtering device for wet cleaning of dust gases, the process of formation of a film layer and the method of its calculation. The laws of change in the liquid film layer at various parameters of the absorbent and variable factors supplied to the device (10%, 20%, 30% solution of technical soda in water, the diameters of the opening of the fittings 1mm, 2mm, 3mm and the opening of the filter material with a diameter of 2 mm, 3 mm, 4 mm). Comparative plots of liquid flow rate versus film thickness were constructed,

and empirical formulas were proposed to adequately represent the process. The correction factor is included in the equation for calculating the film layer formed on the working surface of the filter of the rotary filtering device.

Ключевые слова: техническая сода, пленочный слой, газоочистка, рабочая жидкость, ротор с фильтрующим покрытием, паронитовое покрытие.

Keywords: technical soda, film layer, gas cleaning, working fluid, rotor with filter coating, paronite coating.

Введение. Актуальной задачей на сегодняшний день является разработка конструкции современных энергоэффективных и высокоэффективных приборов для очистки вторичных газов, выделяющихся в процессах промышленного производства, методом абсорбции и использования их в качестве сырья, возвращая необходимый компонент газовой смеси обратно в производственный процесс. Это требует глубокого изучения и анализа гидродинамических и метаболических процессов, влияющих на эффективность очистки газов и энергопотребление существующего оборудования [1; 2; 3].

Методология исследования. В статье изучен слой жидкой пленки, образующейся на рабочей поверхности фильтрующего материала (поронита) устройства, с целью выбора оптимального абсорбента для очистки вторичного фтороводородного газа, образующегося в процессе производства суперфосфатного минерального удобрения в роторно-фильтрующем устройстве очистки газов влажным способом и установления оптимальных значений расхода жидкости [4; 5].

Экспериментально установлено влияние различных значений диаметра штуцера на изменение слоя жидкой пленки, его физико-химических свойств, отверстий в фильтрующем материале и диаметра сопла впитывающей жидкости, распыляемой на рабочую поверхность. Роторно-фильтрующее устройство представляет собой разновидность метаболического устройства, образующего пленочный слой. Таким образом, толщина пленки жидкости, образующейся на ее фильтрующей рабочей поверхности, рассчитывается согласно следующим теоретическим уравнениям. Определяется по уравнению измерения расхода жидкости, протекающей через штуцер, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$Q = \omega \pi R^2 \cdot 3600, \quad (1)$$

где R – диаметр отверстия штуцера жидкости, мм;
 ω – скорость жидкости, м/с.

Расход жидкости, полученный в результате измерения, массовая плотность орошения с использованием его физических параметров может быть рассчитана по следующему теоретическому уравнению, $\text{кг} / \text{м} \cdot \text{с}$ [6]:

$$\Gamma = \rho_e \frac{n \cdot Q_e}{3600 \cdot \Pi}, \quad (2)$$

где Q_e – расход жидкости, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Π – периметр поверхности, на которой образуется пленка жидкости, м;

ρ_e – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

n – количество форсунок, распыляющих жидкость на рабочую поверхность, шт.

Изменение объема пленки жидкости резко влияет на ее гидродинамические режимы, поэтому определяется гидродинамический режим потока пленки и выбирается формула расчета толщины по режиму [6]:

$$\text{Re}_{\text{пл}} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости жидкости, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

При расчете пленки жидкости в роторно-фильтрующем устройстве используется следующее уравнение, рекомендованное в НИР Н.Н. Егоровым и Г.В. Минардом, мкм, [6]:

$$s_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{3 \cdot \Gamma \cdot \mu_c}{\rho_c^2 \cdot g}}. \quad (4)$$

Это уравнение (4) можно использовать для экспериментального определения толщины пленки жидкости в роторно-фильтрующем устройстве. Уравнение (4) справедливо только при расчете экспериментальных значений, коэффициент погрешности не превышает 4 %. Однако при теоретическом расчете процесса погрешность значений, вычисленных в этом уравнении, превышает 4–5 %. Поэтому при теоретическом расчете толщины пленки жидкости целесообразно использовать следующее уравнение, мкм [6]:

$$s_{\text{хис}} = \left(\frac{v_c^2}{g} \right)^{1/3} = \left(\frac{\mu_c^2}{\rho_c^2 \cdot g} \right)^{1/3}, \quad (5)$$

где v – коэффициент кинематической вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

При теоретическом определении толщины пленки жидкости в роторно-фильтровальном устройстве рекомендуется использовать уравнение (5) [7].

Результаты исследования. Экспериментальные исследования по определению толщины пленки жидкости в роторно-фильтрующем устройстве проводились в два этапа на основе анализа физико-химических свойств абсорбента и влияния толщины пленки на расход и вязкость абсорбента.

Первый этап. Учитывая высокую абсорбционную способность и быструю адаптацию к активной

среде вторичного водородно-фтористого (2HF) газа, для абсорбента была выбрана кальциевая техническая сода (Na_2CO_3) по требованию ГОСТ 5100-85 [2; 8; 9; 10]. Составлено уравнение химической реакции поглощения газообразного водорода-фторида (2HF)

Из уравнения (6) видно, что при поглощении фтороводорода в водный раствор кальциевой технической соды образовывались вода и раствор фторида натрия, а также углекислый газ.

Проведена следующая опытная работа по определению физических свойств 10 %-ного, 20 %-ного и 30 %-ного раствора выбранной технической соды (Na_2CO_3) в воде в сифоне абсорбционной жидкости.

в водном растворе технической соды с кальцием (Na_2CO_3) и проведен химический анализ поглощения технической соды с кальцием (Na_2CO_3) в 10 %-ном; 20 %-ном и 30 %-ном растворе воды.

Первоначально готовили 10 %-ный, 20 %-ного и 30 %-ного раствор технической соды с кальцием в воде. Готовые абсорбенты определяли с помощью pH-индикатора и каждого HANNA pH/ORP-meter, а динамическую вязкость – с помощью HAAKE viscotester 2plus, а плотность – с помощью ареометра АЛТ1840. Значения результатов лабораторного анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Показания, динамическая вязкость, плотность и температура 10 %-ного, 20 %-ного, 30 %-ного раствора Na_2CO_3 в воде

№	Массовая доля Na_2CO_3 в смеси	pH _{60ш}	μ , мПа*с	ρ , кг/м ³	t, °C
1	10 %	10,03	1,56	1095	25,3
2	20 %	10,15	3,5	1200	25,3
3	30 %	10,20	4,5	1280	25,3

Второй этап. На втором этапе эксперимента изучался процесс формирования пленочного слоя на рабочей поверхности роторно-фильтрующего устройства, фильтрующего сетчатый материал (паронит). В исследованиях А.С. Исомидинова [2; 11; 12] коэффициент сопротивления рабочей поверхности фильтра определялся в зависимости от отношения активной поверхности фильтрующего материала к пас-

сивной поверхности. Предложено упрощенное уравнение для определения коэффициента сопротивления и включены поправочные коэффициенты [2; 13; 14].

Общий вид сопла рабочей жидкости и фильтрующего материала (поронита), а также поправочный коэффициент Δk к отношению активной поверхности фильтра к пассивной поверхности $\sum S_{акт}/\sum S_{пас}$ показаны на рисунках 1, 2 и 3.

а) $d_{ш} = 1$ мм; б) $d_{ш} = 2$ мм; в) $d_{ш} = 3$ мм

Рисунок 1. Общий вид форсунок, распыляющих рабочую жидкость

$d_{\phi} = 2$ мм $d_{\phi} = 3$ мм $d_{\phi} = 4$ мм

Рисунок 2. Общий вид фильтрующего материала (паронита)

Рисунок 3. Зависимость коэффициента коррекции Δk от отношения активной поверхности фильтра к пассивной поверхности $\Sigma S_{акт} / \Sigma S_{пас}$

Как показано на рисунке 3, увеличение активной поверхности приводит к уменьшению значения поправочного коэффициента ($\Delta k = 1,1$ при $\Sigma S_{акт} / \Sigma S_{пас} = 1,68$; $\Delta k = 0,91$ при $\Sigma S_{акт} / \Sigma S_{пас} = 2,38$ и $\Delta k = 0,48$ при $\Sigma S_{акт} / \Sigma S_{пас} = 4,7$). Это связано с тем, что общий коэффициент сопротивления прямо пропорционален активной поверхности. Также было отмечено, что толщина жидкой пленки на поверхности фильтра увеличивается с увеличением коэффициента сопротивления, который, в свою очередь, зависит от диаметра отверстия в фильтрующем материале. В этом случае, изменив уравнение (4), приведенное выше, уравнение для определения толщины пленочного слоя, сформированного на рабочей поверхности фильтра, можно представить следующим образом, мкм:

$$s_{пл} = \Delta k \sqrt{\frac{3 \cdot \Gamma \cdot \mu_c}{\rho_c^2 \cdot g}} \quad (7)$$

При расчете толщины пленки на рабочей поверхности роторно-фильтрующего устройства учитываются следующие параметры переменных факторов: диаметр отверстия штуцера жидкости $d_{шт} = 1; 2$ и 3 мм, диаметр отверстия сетчатого фильтрующего материала $d_{ф} = 2; 3$ и 4 мм, расход абсорбента $Q_v = 0,068–0,178$ м³/ч, промежуточный шаг $0,044$ м³/ч, 10 %-ный, 20 %-ный и 30 %-ный раствор кальциевой технической соды в воде и число оборотов ротора 25 об/мин выбрано [15; 16] и решено по уравнению (7). При определении пленки жидкости учитывалась температура внешней среды и определялась в 20 ± 2 °С. График изменения толщины пленки в зависимости от расхода абсорбента приведен на рисунках 4, 5 и 6.

На рисунках 4, 5 и 6 видно, что диаметр отверстия фильтрующего материала (паронита) $d_{ф} = 2$ мм – const и диаметр отверстия штуцера $d_{шт} = 1; 2$ и 3 мм и раствор технической соды с кальцием в воде 10%, 20%,

30% при минимальном расходе рабочей жидкости толщина слоя пленки увеличилась на $6,0–10,3$ мкм, а при максимальном расходе рабочей жидкости толщина слоя пленки увеличилась на $9,6–17$ мкм. Диаметр отверстия фильтрующего материала (паронита) $d_{ф} = 3$ мм – const и диаметр отверстия штуцера $d_{шт} = 1; 2$ и 3 мм и в 10 %-ном, 20 %-ном, 30 %-ном растворе кальциевой технической соды в воде при минимальном расходе рабочей жидкости наблюдалось увеличение толщины пленочного слоя на $3,9–6,8$ мкм, а при максимальном расходе рабочей жидкости – увеличение толщины пленочного слоя на $6,2–11$ мкм. Диаметр отверстия фильтрующего материала (паронита) $d_{ф} = 4$ мм – const и диаметр отверстия штуцера $d_{шт} = 1; 2$ и 3 мм, а также в 10 %-ном, 20 %-ном, 30 %-ном растворе кальциевой технической соды в воде при минимальном расходе рабочей жидкости наблюдалось увеличение толщины пленочного слоя на $1,7–3$ мкм, а при максимальном расходе рабочей жидкости – увеличение толщины пленочного слоя на $2,7–4,9$ мкм. Из этого можно сделать вывод, что увеличение расхода жидкости обеспечивает утолщение пленочного слоя жидкости, образующегося на рабочей поверхности фильтра. Это, в свою очередь, также будет зависеть от диаметра отверстия фильтра, как описано выше. Чем больше диаметр отверстия фильтра, тем меньше толщина слоя пленки. И наоборот: уменьшение диаметра отверстия фильтра может обеспечить утолщение слоя пленки. Улучшение материалоемкости в изучаемом нами процессе будет зависеть именно от поверхности материала и толщины слоя пленки. Но при этом необходимо учитывать и гидравлическое сопротивление в устройстве.

При помощи метода наименьших квадратов для графических зависимостей, приведенных на рисунках 4, 5 и 6, были получены следующие эмпирические формулы.

● – в 10 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде; ■ – в 20 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде;

▲ – в 30 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде.

1 – $d_{\text{ш}} = 1 \text{ мм}$ и $Q_{\text{жид}} = 0.068 - 0.160 \text{ м}^3/\text{ч}$; 2 – $d_{\text{ш}} = 2 \text{ мм}$ и $Q_{\text{жид}} = 0.071 - 0.168 \text{ м}^3/\text{ч}$; 3 – $d_{\text{ш}} = 3 \text{ мм}$ и $Q_{\text{жид}} = 0.072 - 0.178 \text{ м}^3/\text{ч}$

Рисунок 4. График изменения толщины пленки в зависимости от расхода абсорбента, $d\phi = 2 \text{ мм} - \text{const}$

● – в 10 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде; ■ – в 20 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде;

▲ – в 30 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде

1 – $d_{\text{ш}} = 1 \text{ мм}$ и $Q_{\text{жид}} = 0.068 - 0.160 \text{ м}^3/\text{ч}$; 2 – $d_{\text{ш}} = 2 \text{ мм}$ и $Q_{\text{жид}} = 0.071 - 0.168 \text{ м}^3/\text{ч}$; 3 – $d_{\text{ш}} = 3 \text{ мм}$ и $Q_{\text{жид}} = 0.072 - 0.178 \text{ м}^3/\text{ч}$

Рисунок 5. График изменения толщины пленки в зависимости от расхода абсорбента, $d\phi = 3 \text{ мм} - \text{const}$

● – в 10 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде; ■ – в 20 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде;

▲ – в 30 %-ном растворе Na_2CO_3 в воде

1 – $d_{\text{ш}} = 1$ мм и $Q_{\text{жид}} = 0,068\text{--}0,160$ м³/ч; 2 – $d_{\text{ш}} = 2$ мм и $Q_{\text{жид}} = 0,071\text{--}0,168$ м³/ч; 3 – $d_{\text{ш}} = 3$ мм и $Q_{\text{жид}} = 0,072\text{--}0,178$ м³/ч

Рисунок 6. График изменения толщины пленки в зависимости от расхода абсорбента, $d_{\phi} = 4$ мм – const

$d_{\phi} = 2$ мм – const.

$$y = -10,778x^2 + 40,327x + 3,5489 \quad R^2 = 0,9854 \quad (8)$$

$$y = -104,39x^2 + 77,593x + 4,3142 \quad R^2 = 0,994 \quad (9)$$

$$y = -54,206x^2 + 73,288x + 5,3362 \quad R^2 = 0,9887 \quad (10)$$

$d_{\phi} = 3$ мм – const.

$$y = -13,694x^2 + 20,593x + 2,6633 \quad R^2 = 0,9825 \quad (11)$$

$$y = -84,554x^2 + 53,337x + 2,7865 \quad R^2 = 0,9987 \quad (12)$$

$$y = -23,67x^2 + 45,745x + 3,5945 \quad R^2 = 0,9936 \quad (13)$$

$d_{\phi} = 4$ мм – const.

$$y = -4,1444x^2 + 11,157x + 1,0424 \quad R^2 = 0,983 \quad (14)$$

$$y = -50,414x^2 + 25,718x + 1,1435 \quad R^2 = 0,9866 \quad (15)$$

$$y = -17,412x^2 + 12,857x + 1,9625 \quad R^2 = 0,9769 \quad (16)$$

Вывод. В результате проведенного теоретического анализа и обработки величин, полученных в экспериментальных испытаниях, были сделаны следующие выводы:

- в качестве абсорбирующей жидкости был выбран раствор технической соды (Na_2CO_3) в воде с учетом абсорбционной способности и быстрой приспособляемости к активной среде вторичного водородно-фтористого газа, выделяющегося при производстве минерального удобрения суперфосфата;
- увеличение содержания технической соды (Na_2CO_3) в рабочей жидкости, увеличивающей динамическую вязкость жидкости на 4,5 МПа·с и плотность на 1280 кг/м³;
- согласно химическому анализу процесса обмена веществ в жидкой фазе устройства при поглощении водородно-фтористого раствора технической соды образовались вода и раствор фторида натрия, а также углекислый газ;

- из графиков, приведенных на рисунках 1, 2 и 3 видно, что толщина пленки жидкости на рабочей поверхности наибольшая при диаметре штуцерного отверстия $d_{ш} = 3$ мм, расходе рабочей жидкости 0,178 м³/ч и диаметре отверстия фильтрующего материала (паронита) $d_{ф} = 2$ мм. Также наименьших значений толщина пленки жидкости в рабочей среде достигала при диаметре штуцерного отверстия $d_{ш} = 1$ мм, расходе рабочей жидкости 0,068 м³/ч и при диаметре отверстия фильтрующего материала (паронита) $d_{ф} = 4$ мм;

- в теоретическое уравнение (5) расчета пленки жидкости, образующейся в устройствах пленкообмена веществ, введен поправочный коэффициент и получено уравнение (7), учитывающее конструктивную специфику опытной установки и протекающий в ней гидродинамический процесс.

Список литературы:

1. Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. – М. : Дрофа, 2008. – 239 с.
2. Isomidinov A.S. Development of effective methods and devices for the purification of dust gases from the chemical industry: Diss. PhD. – Tashkent, 2020. – 118 p.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. – Тошкент : Фан ва технологиялар, 2015. – 848 б.
4. Исомидинов А.С., Тожиев Р.Ж., Каримов И.Т. Хўл усулда чангли газларни тозаловчи роторли қурилма // Фарғона политехника институтининг илмий-техник журнали. – Фарғона, 2018. – № 1. – Б. 195–198.
5. Rasuljon T., Azizbek I., Akmaljon A. Analysis of the dispersed composition of the phosphorite dust and the properties of emission fluoride gases in the production of superphosphate mineral fertilizers // Universum: химия и биология. – 2021. – № 6-2 (84). – С. 68–73.
6. Рамм В.М. Абсорбция газов. 2-е изд., переработ. и доп. – М. : Химия, 1976. – 655 с.
7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М. : Химическая литература, 1948. – Ч. 1. – 948 с.
8. Isomidinov A., Axrorov A., Karimov I., Tojiyev R. Application of rotor-filter dusty gas cleaner in industry and identifying its efficiency // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – № 9-10.
9. Isomidinov A. Mathematical modeling of the optimal parameters of rotory filter apparatus for wet cleaning of dusty gases // International journal of advanced research in science, Engineering and technology. – 2019. – Т. 6. – № 10. – С. 258–264.
10. Тожиев Р.Ж., Исомиддинов А.С., Ахроров А.А.У., Сулаймонов А.М. Выбор оптимального абсорбента для очистки водородно-фтористого газа в роторно-фильтровальном аппарате и исследование эффективности аппарата // Universum: технические науки. – 2021. – № 3-4 (84). – С. 44–51.
11. Исомидинов А.С. Исследование гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата // Universum: технические науки. – 2019. – № 10-1 (67).
12. Ахроров А.А.У., Исомиддинов А.С., Тожиев Р.Ж. Гидродинамика поверхностно-контактного элемента ротор-фильтрующего пылеуловителя // Universum: технические науки. – 2020. – № 8-3 (77).
13. Isomidinov A.S., Karimov I.T., Tojiyev R.J. Searching the losing of hydraulic pressure in rotor-filter gas cleaner apparatus // Scientific-technical journal. – 2021. – Т. 3. – № 1. – С. 69–72.
14. Isomidinov A.S., Madaliev A.N. Hydrodynamics and aerodynamics of rotor filter cleaner for cleaning dusty gases // LI International Correspondence Scientific And Practical Conferenc "International Scientific Review Of The Problems And Prospects Of Modern Science And Education". – 2018. – С. 29–32.
15. Ergashev N.A. et al. Determination hydraulic resistance of device that has the vortex flow creating contact element // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2020. – № 3-4.
16. Tojiyev R., Isomidinov A., Ortiqaliyev B., To'ychieva S. Studying the effect of rotor-filter contact element on cleaning efficiency // Universum: технические науки. – 2021. – № 6 (87).

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12085

**ВЫСУШИВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АППАРАТЕ
С БЫСТРО ВРАЩАЮЩИМСЯ РОТОРОМ****Ахунбаев Адил Алимович**

канд. техн. наук, доц.,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: axunbayev61@mail.ru

Ражабова Наргизахон Рахмоналиевна

ассистент,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
Email: n.rajabova@ferpi.uz

DRYING OF DISPERSED MATERIALS IN AN APPARATUS WITH A FAST ROTATING ROTOR**Adil Axunbaev**

Ph.D., Associate Professor, Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

Rajabova Nargizaxon

Assistant of Fergana Polytechnic Institute
Republic of Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

В статье описана кинетика сушки дисперсных материалов в контактном барабанном аппарате с быстро вращающимся ротором. Дана методика определения кривой сушки и кривой скорости сушки экспериментальным путем. На базе общих представлений о сушке и ее законах рассмотрена физическая картина процесса по стадиям, протекающим в сушильной установке.

ABSTRACT

The article describes the kinetics of drying dispersed materials in a contact drum apparatus with a rapidly rotating rotor. A method is given for determining the drying curve and the drying rate curve experimentally. On the basis of general ideas about drying and its laws, the physical picture of the process is considered according to the stages occurring in the drying unit.

Ключевые слова: скорость сушки, кинетика сушки, кривая скорости сушки, тонкодисперсный материал, контактная сушка.

Keywords: drying rates, drying kinetics, drying rate curve, fine material, contact drying.

Введение. Сушка тонкодисперсных материалов с частицами размером менее 50 мкм конвективным методом подвода теплоты нецелесообразна, так как значительная часть частиц обрабатываемого материала выносятся из аппарата потоком сушильного агента, в результате чего происходит загрязнение окружающей среды. Также поток подводимой теплоты в таких аппаратах обычно ограничен за счет конвективного теплообмена и недостаточно развитой поверхности теплоподвода.

Перспективным для сушки тонкодисперсных материалов является использование непрерывно действующих аппаратов кондуктивного типа, которые

исключают унос высушиваемого материала, например контактных барабанных сушилок с быстро вращающимся ротором [5]. Применяемые на сегодняшний день контактные сушилки типа «Венулет», хотя дают значительный эффект за счет перехода с конвективного теплообмена к кондуктивному теплообмену, имеют значительный недостаток из-за медленно вращающегося перемешивающегося устройства. Вследствие этого внутренняя теплопередающая поверхность барабана используется не полностью. Применение быстровращающегося ротора по сравнению с тихоходными контактными сушилками дает увеличение эффективной теплоотдачи в 2–4 раза

вследствие интенсификации перемешивания материала у горячей поверхности и более полного использования теплопередающей поверхности [6].

Объект и метод исследования

В исследуемой нами конструкции аппарата теплота подводится непосредственно от обогреваемой стенки барабана к слою тонкодисперсного материала, что исключает унос частиц, поскольку отсутствует поток теплоносящего сушильного агента. Также быстро вращающиеся лопатки создают равномерный в несколько миллиметров слой дисперсного материала по всей внутренней поверхности теплоподвода, а интенсивное перемешивание и движение материала относительно стенки барабана обеспечивает большие коэффициенты теплообмена между стеной и слоем материала.

Исследования проводились в аппарате, представляющем собой неподвижный горизонтальный обогреваемый барабан, внутри которого расположен вращающийся ротор с лопатками (рис. 1). При вращении ротор лопатки увлекает материал и возникающая при этом центробежная сила отбрасывает материал на периферию аппарата, где образуется движущийся слой, контактирующий с нагретой внутренней стенкой барабана. Термообработка материала происходит в данном слое, толщина которого, а следовательно, и время пребывания материала в нем определяются величиной зазора. Теплота к материалу подводилась от конденсации водяного пара через стенку барабана, что позволило контролировать температуру нагрева.

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопатки; 4 – щупец; 5 – питатель; 6 – щупец вторичного пара;
7 – выгрузной порог; 8 – выход высушенного продукта; 9 – электродвигатель

Вторичный пар с небольшим количеством неконденсирующихся газов выводится из аппарата противотоком движения высушиваемого материала через зазор вблизи вала и конденсируется в теплообменнике. Поэтому исключались потери и загрязнение окружающей среды. Угловая скорость вращения ротора стабилизировалась регулирующим электроприводом.

Для определения скорости сушки в контактном аппарате с быстро вращающимся ротором используют опытные кинетические кривые, полученные экспериментальным путем. Пробу влажного материала для анализа влагосодержания получают через определенные промежутки времени из пробоотборника, расположенного в середине барабана аппарата. Полученные пробы высушиваются в сушильном шкафу. Для каждой пробы рассчитываем влагосодержание материала. Затем строят зависимость влагосодержания от времени – кривую сушки.

На кривой сушки выделяют два периода сушки. В первом периоде влагосодержание материала меняется по прямолинейной зависимости. Этот участок кривой сушки, где влагосодержание материала уменьшается по линии, приближающейся к горизонтали,

называют периодом падающей скорости сушки. Скорость сушки определяют, разбивая кривую сушки на равные по времени участки с последующим делением величины убыли влагосодержания на величину отрезка времени. Затем строят зависимость скорости сушки от влагосодержания материала – кривую скорости сушки. С помощью кривой скорости сушки находят величину постоянной скорости сушки в первом периоде, критическое и равновесное влагосодержание материала. Определяют константу скорости сушки во втором периоде, после чего рассчитывают продолжительность сушки в первом и во втором периодах и общее время сушки материала [7].

Обычно сушка дисперсных материалов осуществляется в ленточных, туннельных и шахтных сушилках. В этих конструкциях сушильный агент проходит сквозь неподвижный слой частиц. В лабораторных условиях для определения скорости сушки дисперсных материалов сушильный агент пропускают через сушилку. Внутри ее находится неподвижный слой материала на решетке, которая подвешена на весах. С течением времени изменяют вес слоя. Неточность определения массы влаги, удаленной из материала, заключается в том, что очень трудно учитывать

аэродинамическое воздействие движущегося потока сушильного агента на показания весов [1].

С целью упрощения методики определения скорости сушки и для учета гидродинамических особенностей работы конвективной сушилки предложено определять влагосодержание материала по параметрам сушильного агента. Проходя через слой высушиваемого материала, сушильный агент увеличивает свое влагосодержание. С помощью уравнения материального баланса по известному влагосодержанию сушильного агента до и после слоя определяют влагосодержание материала. Опытные значения этого метода существенно зависят от быстродействия и точности приборов для измерения параметров сушильного агента [8].

Рассмотрим процесс сушки дисперсного материала в контактном аппарате с горизонтальным быстро вращающимся ротором. Аппарат представляет собой неподвижный горизонтальный обогреваемый барабан, внутри которого расположен вращающийся ротор с лопатками; при вращении ротора лопатками материал отбрасывается к периферии, где образуется движущийся перемешиваемый слой, контактирующий с нагретой стенкой. Сухой материал предварительно взвешен, а потом увлажнен до определенного влагосодержания. Снизу через слой проходит с заданным расходом подогретый воздух при постоянной температуре на входе в слой [9; 3; 4; 2]. Влагосодержание воздуха до и после слоя фиксируется с помощью приборов в определенные промежутки времени.

По известному расходу и влагосодержанию воздуха определяется количество удаленной влаги за первый промежуток времени:

$$W_1 = L_{c-v}(x_k - x_n) \cdot \tau_1,$$

где W_1 – количество удаленной влаги из материала, кг;

L_{c-v} – расход сухого воздуха, кг/с;

x_n, x_k – влагосодержание воздуха перед и после сушки, кг/кг;

τ_1 – первый промежуток времени, с.

Тогда влагосодержание материала для первого промежутка времени:

$$U_1 = \frac{W_L - W_1}{G_{cm}},$$

где U_1 – влагосодержание материала в первый промежуток времени, кг/кг с.м;

W_L – количество влаги в материале до сушки, кг;

G_{cm} – количество сухого материала, кг.

Влагосодержание материала в последующие промежутки времени рассчитывается по формуле:

$$U_1 = \frac{W_L - \sum_{i=1}^i W_i}{G_{cm}},$$

где $\sum_{i=1}^i W_i$ – суммарное количество удаленной влаги, кг.

По результатам опытов и расчетов строится кривая сушки, то есть графическая зависимость влагосодержания материала от времени сушки.

Для получения скорости сушки материала в любой точке кривой сушки проводится касательная, тангенс угла наклона которой равен скорости сушки.

Анализ исследований по тепло- и массообменным процессам, протекающим при сушке в роторных сушилках, показывает, что на основании существующих исследований процесса сушки невозможно учесть все характерные особенности и изменения в кинетике такого процесса.

Более полной была бы такая модель, которая учитывала бы изменение температуры материала в каждой из стадий сушки, равновесие между влажным материалом, дополнительный подвод тепла от диссипации энергии за счет быстрого движения дисперсного материала и нагретых конструктивных элементов барабана, а также эффект продольного перемешивания дисперсного материала.

Нами на базе общих представлений о сушке и ее законах рассмотрена физическая картина процесса по стадиям, протекающим в сушильной установке, описаны разработанные математические модели, приведено их решение. В основу разработки математической модели взяты известные законы сохранения энергии и массы вещества, положения из теории сушки и законы равновесия между материалом и сушильным агентом.

Рассмотрим характерные составляющие процессов, протекающих при сушке. Период удаления свободной влаги характерен тем, что испарение идет по законам превращения свободной жидкости в пар. В течение этого периода процесс сушки определяется главным образом скоростью подвода тепла от нагретой стенки к высушиваемому материалу.

Одним из важнейших параметров, определяющих режим сушки, является температура стенки. В непрерывном процессе сушки температура стенки по длине сушилки изменяется за счет отдачи тепла на испарение жидкости, на нагрев материала и лопастей ротора.

Расчет периода удаления связанной влаги отличается от расчета периода удаления свободной влаги тем, что температура поверхности материала повышается, необходимо рассчитывать с использованием измененной зависимости между стенкой и высушиваемым материалом. В результате теплового контакта материала с горячими стенками и лопастями ротора появляется слой высушенного материала, толщина которого постепенно растет. А теплопроводные свойства в высушенном состоянии дисперсного материала не так уж далеки от свойств теплоизоляционных материалов. С этим связано то, что основное сопротивление теплопередаче сосредоточено в зоне материала, контактирующего с теплоотдающей поверхностью. Проходящие в этой зоне процессы существенно зависят от критерия Лыкова. При его малых значениях жидкость не будет успевать подводиться из внутренних слоев материала к поверхности контакта, появится прослойка сухого материала, разделяющая поверхность контакта и поверхность

испарения. Температура этого слоя на поверхности контакта одинакова с температурой нагретой стенки, а на противоположенной стороне равна температуре испарения жидкости, определяемой величиной давления в сушильном барабане.

Заключение. Опытным путем, используя параметры сушильного агента, получена кривая скорости сушки. Эти кривые позволяют определять скорость сушки в любое время проведения процесса. Зависимость скорости сушки в первом периоде от скорости сушильного агента показывает, что с увеличением скорости прохождения сушильного агента через слой высушиваемого дисперсного материала за счет конвекции ускоряется процесс сушки.

Условные обозначения:

W – количество влаги, удаленной из материала, кг;

L – расход воздуха, кг/с;

x – влагосодержание воздуха, кг/кг с.в;

t – время сушки, с;

U – влажность материала, кг/кг с.в;
 W_L – количество влаги в материале перед сушкой, кг;

G – количество материала, кг;

w – скорость воздуха, м/с

N – скорость сушки, л/с.

Нижние индексы:

с.в. – сухого воздуха;

с.м – сухого материала;

n, k – на входе и на выходе из слоя (начальное и конечное значения);

I, II – первый и второй периоды сушки;

P – равновесное значение;

K_p – критическое значение;

Pr. k_p – приведенное критическое значение.

Верхние индексы:

Op – опытное значение величины;

P – расчетное значение величины.

Список литературы:

1. Ахунбаев А.А., Ражабова Н.Р., Вохидова Н.Х. Исследование гидродинамики роторной сушилки с быстро вращающимся ротором // Экономика и социум. – 2020. – № 12-1. – С. 392–396.
2. Мўминов Ж.А., Умаров Э.С., Ортикалиев Б.С. Оғир юкланишли ва тез ҳаракатланувчи машина қисмларида сирпаниш подшипникларини танлаш // Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимларю – 2019. – С. 338–340.
3. Мўминов Ж.А., Умаров Э.С., Ортикалиев Б.С. Чангларни комбинацион тозалаш технологияси // Техник тадқиқотлар журнали. – 2019. – № 2.
4. Оловбардош ғишт ишлаб чиқаришда хом ашёларни саралаш жараёнини тадқиқ қилиш / Р.Ж. Тожиёв [и др.] // Техник тадқиқотлар журнали. – 2019. – № 2.
5. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии. – Химиздат, 2011.
6. Фролов В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов. – Л. : Химия, 1987. – Т. 208. – С. 208.
7. Фролов В.Ф., Круковский О.Н., Ахунбаев А.А. Сушка высоковлажных тонкодисперсных материалов // Минский международный форум «Тепломассообмен в химико-технологических устройствах». Тез. докл. – 1992. – С. 83.
8. Mirsharipov R.N., Akhunbaev A.A. Research of Hydrodynamic Parameters of Drum Dryer // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2020. – Vol. 7. – Issue 11.
9. Mukhamadsadikov K.J., Ortikaliev B.S. Working width and speed of the harrow depending on soil resistivity // Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2021. – Т. 2. – № 04. – P. 152–158.

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12101

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
СФЕРИЧЕСКОЙ УГЛУБЛЕННОЙ ТРУБЫ****Исомиддинов Азизбек Саломиддинович**

д-р техн. наук (PhD),
доц. Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
Email: 94bob11ortiqaliyev26@gmail.com

Давронбеков Абдурасул Абдумаджидович

преподаватель,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
Email: aa.davronbekov@gmail.com

STUDY OF HYDRODYNAMIC REGIMES OF A SPHERICAL DEEPENING PIPE**Azizbek Isomiddinov**

PhD, Associate Professor, Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

Abdurasul Davronbekov

Assistant of Fergana Polytechnic Institute
Republic of Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

В статье предлагается новая конструкция внутреннего трубного профиля кожухотрубных теплообменников, используемых в процессах теплообмена на промышленных предприятиях. При разработке конструкции были выбраны сферические утопленные и сферические профили выпускных труб, проведен систематический анализ их рабочих параметров и определены промежуточные границы. Исследованы гидродинамические режимы предложенного сферически вогнутого профиля трубы. В экспериментах расход жидкости составлял $Q = 0,043-0,288 \text{ м}^3/\text{ч}$ в зависимости от изменения радиуса сферической депрессии и режим потока $3855 \div 25087$ оказался в диапазоне. Экспериментальные результаты были получены из эмпирических формул с использованием метода наименьших квадратов.

ABSTRACT

The article proposes a new design of the inner tube profile of shell-and-tube heat exchangers used in heat exchange processes at industrial enterprises. When developing the design, spherical recessed and spherical profiles of the exhaust pipes were selected, a systematic analysis of their operating parameters was carried out and intermediate boundaries were determined. The hydrodynamic regimes of the proposed spherically concave pipe profile are investigated. In the experiments, the liquid flow rate was $Q = 0.043-0.288 \text{ m}^3/\text{h}$, depending on the change in the radius of the spherical depression and flow mode $3855 \div 25087$ was in the range. The experimental results were obtained from empirical formulas using the least squares method.

Ключевые слова: визуальное положение, систематический анализ, труба, сферический выход, сферический сток, хладагент, режим течения, поток, скорость, модель.

Keywords: visual position, systematic analysis, pipe, spherical outlet, spherical drain, refrigerant, flow mode, flow, velocity, model.

Введение. Влияние внутренних трубок и зон теплообмена на процесс теплообмена в кожухотрубном теплообменнике и визуальное состояние происходящих внутри устройства событий учитывалось

на основе программы MATLAB [1,2]. Для сферического анализа были выбраны сферический выходной и сферический нижний профили внутренней трубы [3].

Систематические анализы выявили изменение температуры нагрева и нагревательных продуктов в

зонах теплообменника с встречным потоком во времени. По мере того как температура холодной жидкости увеличивается от зоны к зоне, температура горячей жидкости снижается. По результатам анализа было доказано, что можно выбрать оптимальную длину трубы или оптимальный размер теплообменной поверхности и одновременно теплообменного устройства. По мере увеличения количества зон точность модели возрастала. Но это вызвало увеличение гидравлического сопротивления. Этот систематический метод анализа позволил точно рассчитать систему и процесс теплообмена [2,4,5].

Результаты систематического анализа проанализированных профилей труб по их параметрам показали, что процесс взаимного теплообмена между продуктом и хладагентом на обоих иерархических уровнях был намного лучше в сферической углубленной трубе, чем в сферической выпуклой трубе. Однако отсутствие регулирования режима потока в сферической выпуклой трубе создавало неудобства в использовании трубы. Это, в свою очередь, связано с конструкцией трубы.

Методика и результаты исследования. По результатам системного анализа разработана усовершенствованная расчетная схема сферического утепленного профиля трубы (рисунок 1).

Рис. 1. Конструктивная схема сферического утепленного профиля трубы:

D и d - внутренние диаметры трубы; S - длина сферической депрессии; h - высота сферической депрессии; R - радиус сферической депрессии; t - расстояние до центра двух сферических бассейнов

Преимущество предлагаемой сферической углублений перед существующими трубами состоит в том, что, во-первых, сферическая воронка S длина хладагента обеспечивает увеличение режима потока. Наоборот внутренний диаметр трубы D нарушает режим потока, что, в свою очередь, приводит к увеличению сопротивления внутри трубы. В результате процесс теплообмена ускоряется.

Однако недостаточно исследовано влияние гидродинамических режимов на процесс теплообмена в трубе этого профиля. Поэтому настоящая научно-исследовательская работа направлена на изучение гидродинамических режимов предлагаемой сферической углублений трубы.

С целью проведения экспериментальных исследований в исследовательские работы были включены следующие планы по изучению влияния переменных факторов на гидродинамический режим и интенсивность теплообмена в Приборе.

- разработка усовершенствованного профиля поллой сферической трубы для лабораторной установки кожухотрубного теплообменника для экспериментальных исследований;
- экспериментальное определение расхода хладагента и режимов потока;
- изучить влияние режима потока на процесс теплообмена;

- обоснование оптимальных значений параметров устройства.

Метод экспериментального определения расхода хладагента в сферической сливной трубе. Центробежный насос (7) $Q_{max} = 40$ л/мин для хладагента в кожухотрубном теплообменнике; $N_{дв} = 0,37$ кВт; $h_{max} = 38$ м; $V = 220$ В; $n_{об} = 3000$ об/мин по ГОСТ-2757030-91, ротометр 24 (РС-5; показания шкалы в диапазоне $0 \div 100$; по ГОСТ-13045-81), полая сферическая трубка (длина $l = 800$ мм и $d = 10$ мм) и Полный объем стакана был выбран на вес 3,2 л. Расход жидкости и скорость определялись объемным методом. Для этого время наполнения стакана определялось по показаниям ротометра $0 \div 90$, и, таким образом, расход и скорость жидкости определялись с использованием доступных методов расчета [5,6,7]. Экспериментальные исследования проводились при следующих параметрах профиля трубы: длина сферического углубления $S = 25$ мм, радиус сферического углубления $R = 10$; 20 и 30 градусов внутренний диаметр трубы был выбран $D = 10$ мм и $d = 7$ мм. Каждый эксперимент повторяли 5 раз и строили график изменения расхода тепла теплоносителя в зависимости от шкалы ротометра (рис. 2). Погрешность эксперимента не превышала 5%.

Рисунок 2. Зависимость расхода теплоносителя от показаний шкалы ротометра:

1 - Общий расход жидкости насосом; 2- при $R = 10$ гр и сопротивлении трубы 1,25; 3- при $R = 20$ гр и сопротивлении трубы 1,48; 4- при $R = 30$ гр и сопротивлении трубы 1,68

Из данных, представленных на рисунке 2, видно, что для каждого случая, когда показания шкалы ротометра меняются от 0 до 90, общий расход насоса $Q = 0,073-0,360$ м³/час, при радиусе сферической углублений $R = 10$ градусов расход жидкости $Q = 0,058-0,288$ м³/час, при радиусе сферической депрессии $R = 20$ градусов расход жидкости $Q = 0,049-$

$0,246$ м³/час, а когда $R = 30$ градусов расход жидкости составлял $Q = 0,043-0,214$ м³/час. Изменение расхода по каждому показателю увеличивалось в среднем с шагом $0,03$ м³/час.

Следующие эмпирические формулы были получены методом наименьших квадратов [4,10].

$$y = 0,0032x + 0,0747; R^2 = 0,9991 \quad (1)$$

$$y = 0,0029x + 0,0645; R^2 = 0,9979 \quad (2)$$

$$y = 0,0026x + 0,065; R^2 = 0,996 \quad (3)$$

$$y = 0,0022x + 0,0686; R^2 = 0,9912 \quad (4)$$

Метод определения режима течения хладагента в сферически погруженной трубе. По результатам описанных выше экспериментов скорость теплоносителя и его режимы потока в полый сферической трубе были определены с использованием уравнения для определения потока и режимов потока, а также был построен график скорости потока теплоносителя. нанесены на график (рисунки 3; 4 и 5). Значения скоростей теплоносителя приведены в таблице-1.

По его словам, расход жидкости определяется следующим уравнением: м³ / час [7,8];

$$Q = \omega \pi R^2 3600 \quad (5)$$

где R_{x0001} - диаметр сливной трубы, мм; ω -скорость жидкости, м/с; $_{x0001}$ $\pi-3,14$.

Определим скорость жидкости из уравнения (5). В этом случае уравнение выглядит так, м/с;

$$\omega = \frac{Q}{\pi R^2 3600} \quad (6)$$

Режим потока теплоносителя, движущегося в сферически погруженной трубе, определяется по следующему уравнению;

$$Re = \frac{\omega d}{\nu} \quad (7)$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости, которую мы вычисляем как $1,006 \cdot 10^{-6}$ Па · с, а температура окружающей среды - как 20°C [9].

Таблица 1.

Определенные обнаруженный скорость теплоносителя

$R_{ш}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Сл. ном.										
При $R = 10$ гр и сопротивлении трубы 1,25:										
ω	0,51	0,82	0,99	1,18	1,41	1,57	1,81	2,1	2,39	2,54
При $R = 20$ гр и сопротивлении трубы 1,48:										
ω	0,43	0,69	0,85	1	1,18	1,33	1,52	1,8	1,96	2,16
При $R = 30$ гр и сопротивлении трубы 1,68:										
ω	0,39	0,6	0,73	0,89	1,04	1,17	1,37	1,56	1,78	1,88

Рисунок 3. График зависимости режима течения от радиуса сферической раковина
Когда $R = 10$ гр-const

Рисунок 4. График зависимости режима течения от радиуса сферической раковина
Когда $R = 20$ гр-const

Рисунок 5. График зависимости режима течения от радиуса сферической раковины
 Когда $R = 30$ $gr-const$

Из данных на рисунках 3; 4 и 5 видно, что для каждого случая, когда показания шкалы ротометра находятся в диапазоне от 0 до 90, радиус сферического стока $R = 10$ градусов $const$ и режим потока, когда скорость теплоносителя изменяется в зависимости от формы ротометра, в то время как режим потока увеличивается, когда $R = 20$ градусов $const$, а скорость теплоносителя изменяется в зависимости от ротометра форма 4417÷ Рост наблюдался в пределах 20660. $R = 30$ градусов $const$ и режим потока, когда скорость теплоносителя меняется в зависимости

от формы ротометра. 3855÷ Рост наблюдался в диапазоне 18704 года. Эту ситуацию можно объяснить тем, что с увеличением радиуса погружения сферической трубы увеличивается гидравлическое сопротивление в трубе, что, в свою очередь, приводит к снижению режима течения теплоносителя. Это позволяет полностью использовать теплообменник. Однако максимально возможное приближение режима потока к ламинарному режиму отрицательно сказывается на характеристиках устройства. Следующие эмпирические формулы были получены методом наименьших квадратов [4-12].

$$y = 9904,1x - 75,253 \quad R^2 = 0,9948 \quad (8)$$

$$y = 9973,9x - 124,78; \quad R^2 = 0,9987 \quad (9)$$

$$y = 10013x - 119,07 \quad R^2 = 0,999 \quad (10)$$

Заключение. Ситуация с нанесением гладко выполненных кольцевых выступов на внутренней поверхности стеновых теплообменных ускорительных трубок учеными считается наиболее эффективной. В последнее время ускорение поглощения тепла с помощью полых сферических трубок привлекло внимание многих исследователей. Именно такие профили труб представляются наиболее перспективным решением проблемы ускорения теплообмена как на внешней поверхности труб, так и внутри них при сопоставимой скорости увеличения гидравлического сопротивления. Однако проблема опти-

мизации гидравлического сопротивления, разработки метода его расчета и ускорения теплообмена в устройстве остается сложной. Чистые пары в сферических металлокерамических трубах, в том числе данные об ускорении теплопередачи при конденсации водяного пара немногочисленны или отсутствуют, а имеющиеся данные по тем или иным причинам до сих пор не используются широко в химической и нефтегазовой технологии. Поэтому важно ускорить теплопередачу за счет систематического анализа профилей труб этого типа и разработки новой структурной схемы трубы и изучения их гидродинамических режимов.

Список литературы:

1. Исомидинов А., Кохоров И., Хомидов, М. Маманазаров. Систематический анализ интенсификации процессов в продуктах теплообмена // Современные научные вызовы и тенденции. Варшава, "iScience". – 2020. – № 4 (26), – с. 220-224.
2. Артиков А.А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем // Т.:«Ворис». – 2012. – 160 стр.

3. Гортышов Ю.Ф. и др. Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. – 2009. – 531 стр.
4. Isomidinov A. Mathematical modeling of the optimal parameters of rotary filter apparatus for wet cleaning of dusty gases // International journal of advanced research in science, Engineering and technology. – 2019. – Т. 6. – №. 10. – С. 258-264.
5. Ахроров А.А. У., Исомидинов А.С., Тожиев Р.Ж. Гидродинамика поверхностно-контактного элемента ротор-фильтрующего пылеуловителя //Universum: технические науки. – 2020. – №. 8-3 (77).
6. Исомидинов А.С. Исследование гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата // Universum: технические науки. – 2019. – №. 10-1 (67).
7. Исомидинов А.С., Каримов И.Т., Тожиев Р.Дж. Экспериментальное определение расхода жидкости в роторном фильтре пылеуловителя // Проблемы повышения эффективности и энергоэффективности современного производства. Международная научно-практическая конференция. – Андижан, – 2018. – Б. 424-428.
8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Основные процессы и устройства химической технологии. – Ташкент: Наука и технологии, – 2015. – 848 с.
9. Тожиев Р.Ж. и др. Выбор оптимального абсорбента для очистки водородно-фтористого газа в роторно-фильтровальном аппарате и исследование эффективности аппарата // Universum: технические науки. – 2021. – №. 3-4 (84). – С. 44-51.
10. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика // Для инженеров и ученых – М.: Физматлит, – 2006. – 816 с.
11. Ахунбаев А.А., Туйчиева Ш.Ш., Хурсанов Б.Ж. Учёт диссипации энергии в процессе сушки дисперсных материалов //Universum: технические науки. – 2020. – №. 12-1 (81).
12. Ахунбаев А.А., Ражабова Н.Р., Вохидова Н.Х. Исследование гидродинамики роторной сушилки с быстро-вращающимся ротором //Экономика и социум. – 2020. – №. 12-1. – С. 392-396.

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12089

**ПРИОРИТЕТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ****Аллаяров Тимур Азатович***начальник цикла, подполковник,
Национальный Университет Узбекистана, Центр военной подготовки,
Узбекистан, г. Ташкент***Суннатов Ихтиер Хикматович***полковник резерва, ст. преп.,
Национальный Университет Узбекистана, Центр военной подготовки,
Узбекистан, г. Ташкент***Мирнигматов Шукурullo Ботир угли***студент,
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
факультет механизации гидромелиоративных работ,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mirnigmatov1999@gmail.com***PRIORITIES OF APPLICATION OF HYDROGEN FUEL IN COMBUSTION ENGINES
OF TRUCKS****Timur Allayarov***head of the cycle, lieutenant colonel,
National University of Uzbekistan, Military Training Center,
Uzbekistan, Tashkent***Ixtiyor Sunnatov***Reserve Colonel,
Senior Lecturer (National University of Uzbekistan,
Military Training Center,
Uzbekistan, Tashkent***Mirnigmatov Shukurullo Botir coals***student,
Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,
faculty of MHW,
Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

В статье анализируются проблемы по использованию водородного топлива в двигателях внутреннего сгорания грузовых автомобилей. Широкое использование этих двигателей позволит снизить стоимость горюче-смазочных материалов и улучшить состояние окружающей среды.

ABSTRACT

The article analyzes the problems of using hydrogen fuel in internal machines. The widespread use of these engines will reduce the cost of fuels and lubricants and improve the environment.

Ключевые слова: машина, двигатель, дизель, водород, топливо, машиностроение, техника, бензин, экология.

Keywords: machine, , diesel, hydrogen, fuel, mechanical engineering, land reclamation, construction, transport, technology, electric motor, construction, ecology.

Увеличение количества парков транспортных, сельскохозяйственных и водохозяйственных машин а также различного рода прилегающей к ним техники с одной стороны привело к значительному сокращению запасов традиционных видов топлива, а с другой поставила перед учеными и инженерами важную задачу а именно найти альтернативные виды топлива. [1-5]

На сегодняшний день широко применяемая тенденция: использование двигателей гибридов (ДВС + Электро или ДВС + Гидра-мотор) значительно снижают потребность в применении бензина и дизельного топлива, но не может привести к полному отказу от использования углеродного топлива, потому что стоимость этих двигателей очень высока и это с экономической точки зрения очень не просто.

В данный момент одним из основных направлений к решению экологических проблем является приспособление ДВС машин к работе на водороде, и в результате этого снижение их отрицательного воздействия на окружающую среду (выделение вредных газов до 10 раз). Это сейчас одна из основных задач на сегодняшний день.

Соответственно такое топливо должно отвечать следующим требованиям:

- обладать очень большими топливными ресурсами;
- не высока себестоимость;
- обладать возможностью перехода на новый вид топлива, не меняя конструкцию современных ДВС или внося не большие изменения;
- двигатель во время своей работы должен оказывать минимальное воздействие на окружающую среду и т.д. Эти требования можно еще продолжать.

Основной проблемой сегодняшнего дня является: распространение вредных веществ на окружающую среду в виде газов выделяемых в результате использования бензина, дизельного топлива, других веществ.

В результате это оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, загрязняется воздух и в результате этого люди и другие живые организмы отравляются ядовитыми газами.

Самый лучший способ решения выше приведенной проблемы заключается в хотя бы в частичной замене бензина, дизельного топлива, биоэтанола а также пропана альтернативными источниками энергии к примеру: водородным топливом. Потому что, самым большим плюсом водородного топлива это – его экологичность

Конечно, двигатель в котором используется водородное топливо имеет и ряд известных недостатков, к ним мы можем привести следующие:

- за счет установки водородного бака и дополнительных деталей увеличивается масса машины;
- степень безопасности при сжигании чистого водорода в Двигателях внутреннего сгорания бывает несколько ниже, вероятность его быстрого воспламенения и взрывоопасности очень высоки;
- не разработанная до нужной степени конструкция сосуда (бака) применяемого для хранения водородного топлива в машине;
- отсутствие точного ответа на вопрос “из какого материала лучше всего изготавливать устанавливаемые в машины баки для хранения водородного топлива”
- проблемы связанные с транспортировкой и отсутствие заправочных станций для обеспечения топливом машин с водородными двигателями.

Рисунок 1. Принцип работы водородного двигателя

В результате анализа и синтеза научно исследовательских и конструктивных работ было выявлено, что

на сегодняшний день существуют различные варианты использования водорода в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания [1-5]:

- использование только чистого водорода в качестве топлива;
- использование водорода в виде примесей с другими видами топлива;
- использование водорода в топливных элементах.

На основе современных технологий самым легким способом производства водородного топлива считается производство по методу электролиза (Рис.-1) [3-4]. В этом случае водород отделяется от воды при помощи воздействия противоположных электрических разрядов. На сегодняшний день более 90% водорода добываемого из углеводородных газов получается этим способом.

Для использования водородного топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей нужны всего лишь система питания и специальный герметичный топливный бак. Его применение дает возможность использования водорода и бензина в качестве топлива для двигателя. На сегодняшний день при производстве своих автомобилей этим методом активно пользуются такие компании как BMW и Mazda [3-5]. Кроме того в Германии и в Великобритании запущен проект по приспособлению двигателей тепловозов к работе на водородном виде топлива.

Вместе с этим на данный момент существует метод использования водородного топлива в примесях с различными видами углеводородного топлива [1-5]. Этот метод использования водородного топлива, так же как и ранее приведенный метод использования чистого водорода имеет ряд проблем, но при этом дает возможность значительной экономии бензина и дизельного топлива.

Исследования показывают, что водородное топливо в основном можно хранить в трех видах: в сжатом, жидком и связанном (т.е. порошкообразном) видах. Для хранения водородного топлива сжатым виде нужны очень прочные сосуды (баллоны), для хранения в жидком и порошкообразном видах нужно создавать специальные баки. Связанный водород это вещество приведенное в порошковатую форму, и для того чтобы получать из него газ необходимо его нагреть в специальном сосуде.

Учеными из Санкт-Петербургского Политехнического университета была разработана технология получения водорода из воды непосредственно уже на борту автомобиля. Конечно, для такого способа получения водорода из воды потребовалось изобрести специальный реактор, но по конструкции он гораздо проще чем у специального баллона для сжатого водородного газа. Вместе с этим у него есть несколько преимуществ по сравнению с водородным баллоном.

В данном случае машина не будет связана с какими либо внешними факторами, и благодаря этому у нее не будут возникать проблемы с горючим. Достаточно лишь наполнить его бак водой, и больше

никаких проблем. В его бак вливается смесь воды с магнием в результате химической реакции появляется смесь чистого водорода и воды. Эта смесь в качестве добавки к бензину подается в двигатель. Не горючая смесь веществ делает машину полностью безопасной.

Конструкция созданного реактора будет относительно сложной, но останется полностью безопасной. Благодаря тому что прибор будет подавать водород через систему питания прямо в двигатель не скапливая его в специальных сосудах в нем не будет создаваться большое давление. Эта машина будет работать на чистом водороде, на смеси водорода и бензина, и на бензине.

Состав водородной смеси в разных режимах работы двигателя будет работать в режиме легкого хода с чистым водородом и в режимах с очень малым добавлением водорода, работая при максимальной нагрузке. В этих режимах водород хоть и будет добавляться по 5%, хоть это и мало но это будет значительно сокращать расход топлива. Установили что степень вредности газов выходящих из двигателя в режимах легкого и частных ходов может уменьшаться до 10 раз [1-3].

В результате подачи водорода в двигатель его КПД повышается на 5-7% (а в некоторых частных режимах до 20%), его долговечность увеличивается до 5-10%, а объем ядовитых газов выбрасываемых на окружающую среду сокращается до 10 раз [1-5, 7].

По данным полученным в результате многолетних опытов выявлено что водородное топливо в течении долгих лет находит свое применение и благодаря своей недорогой стоимости (не более чем 2-5 долларов за кг), в не далеком будущем вполне может найти себе более широкое применение в народном хозяйстве [3-5].

Двигатели внутреннего сгорания работающие на водородном топливе работают так же как и двигатели работающие на пропане. Согласно последним научным данным 35% от всех ядовитых газов приходится на машин различных видов. По данным предоставленным международным агентством энергетики к 2050 году эти цифры увеличатся вдвое. Поэтому применение водородных двигателей будут иметь практическую важность.

Вывод

1. В недалеком будущем появится возможность широкого научного и практического применения водородного топлива в Двигателях внутреннего сгорания грузовых автомобилей и тракторов.

2. Применение водородного топлива в машинах с большой мощностью поможет сократить затраты на топливо - смазочные материалы и улучшить экологическое состояние окружающей среды.

3. В результате применения водородного топлива объем ядовитых газов выбрасываемых в окружающую среду сократится в 10 раз.

Список литературы:

1. Вагнер В.А. Улучшение экономических и экологических характеристик дизелей методом насыщения жидкого топлива водородом. Автореф. дисс. ... к.т.н.-Барнаул, 1984. 16 с.
2. Галышев Ю.В. Конвертирование рабочего процесса транспортных ДВС на природный газ и водород. // Автореф. ... дисс. ... доктора техн. наук.-Санкт-Петербург, 2010 год. 36 с.
3. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике : учеб. пособие . – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 229 с.
4. Сиваков В.В. Проблемы в использовании водородного двигателя. // Актуальные направления научных исследований XX века: теория и практика. ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова.-Воронж: ВГЛУ, 2019. 419-422 с.
5. <http://www.technical sciences.com>

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12078

О РАСЧЕТЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ, УЛОЖЕННЫХ НА ЗАСОЛЁННЫХ ГРУНТАХ

Остонов Толиб Курбанович

канд. тех. наук,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд
E-mail: suvonqulov_i@rambler.ru

Бакаев Гайрат Субхонович

преподаватель,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд
E-mail: suvonqulov_i@rambler.ru

ABOUT CALCULATION OF STRUCTURAL ELEMENTS LAYED ON SALTED SOILS

Tolib Ostonov

Cand. those. Sciences,
Samarkand State University,
Republic of Uzbekistan, Samarkand

Gairat Bakaev

Teacher, Samarkand State University,
Republic of Uzbekistan, Samarkand

АННОТАЦИЯ.

В статье рассматривается вопрос расчета элементов конструкции, уложенных на засоленных грунтах используя нелинейную модель, которая учитывает физико-механические свойства этих грунтов. В рамках этой модели рассматривается расчет прямоугольной пластины методом последующего приближения.

ABSTRACT

The article discusses the issue of calculating structural elements laid on saline soils using a nonlinear model that takes into account the physical and mechanical properties of these soils. Within the framework of this model, the calculation of a rectangular plate by the method of subsequent approximation is considered.

Ключевые слова: засоленных грунт, расчетной модель, нелинейная модель, дифференциальное уравнение изгиба пластин, метод малых параметров.

Keywords: saline soils, computational model, nonlinear model, differential equation of plate bending, method of small parameters.

Известно, что одна из важнейших задач теории расчета конструкций – разработка теории, в большей степени отвечающая действительным физико-механическим свойствам грунтов. Учесть эти весьма сложные механические свойства грунтов практически полностью нельзя. Поэтому приходится вводить значительную схематизацию природных механических процессов, протекающих в грунтах, что возможно после замены основания сооружением некоторой расчетной механической моделью /1/.

Выбор модели является важным этапом проектирования любой конструкции на грунтовом основании, так как от степени соответствия модели действительному основанию зависит степень достоверности расчета, следовательно надежность и долговечность сооружения.

При расчете систем на упругом основании традиционно применяются модель Винклера-Фаусса-Циммерона, или ее простейшие обобщения – модель Рейсснера-Власова-Филоменко-Бородича /2/.

Такие модели приемлемы для малых перемещений. При больших перемещениях имеются некоторые отклонения от действительности. В большинстве случаев эти отклонения существенные /3/. Одной из моделей, учитывающая эти недостатки, является нелинейная модель типа /3/.

$$p = A_1 \omega + A_2 \omega^3,$$

где p - отпор основания

ω - перемещение системы

A_1 и A_2 - коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств грунта.

Ниже в рамках этой модели рассматривается расчет прямоугольной пластины с размерами a, b шарнирно опертую по оси x и жестко заделанную по оси y на пластину.

В этом случае дифференциальное уравнение изгиба пластин имеет вид /4/

$$\nabla^2 \nabla^2 \omega = \frac{q - p}{D},$$

где D - цилиндрическая жесткость пластины

$$D = \frac{E \cdot \delta^3}{12(1 - \nu^2)},$$

здесь E - модуль упругости;

δ - толщина пластины;

ν - коэффициент Пуассона;

∇^2 - оператор Лапласа от двух переменных;

q - нагрузка действующая на пластину.

Подставляя значение отпора основания (1) в дифференциальное уравнение изгиба пластины (2), получим

$$\nabla^4 \omega + 4 \cdot m^4 \omega + \varepsilon \cdot \alpha \cdot \omega^3 = \frac{q}{D},$$

где

$$4 \cdot m^4 = \frac{A_1}{D}, \quad \varepsilon \cdot \alpha = \frac{A_2}{D}$$

Граничные условия имеют вид:

- для шарнирной опоры:

$$\omega = 0, \quad \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0, \quad (x = 0, x = a),$$

- для заделанного края:

$$\omega = 0, \quad \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0, \quad y = \pm \frac{b}{2}.$$

Решение (3) ищем в виде ряда /5/

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot \omega_1 + \varepsilon^2 \cdot \omega_2 + \dots$$

Подстановка этого решения в /3/ дает после приравнивания выражений при одинаковых степенях малого параметра

$$\nabla^4 \omega_0 + 4 \cdot m^4 \omega_0 = \frac{q}{D},$$

$$\nabla^4 \omega_1 + 4 \cdot m^4 \omega_1 = -\alpha \cdot \omega_0^3,$$

$$\nabla^4 \omega_2 + 4 \cdot m^4 \omega_2 = -3\alpha \cdot \omega_0^2 \cdot \omega_1,$$

Первое уравнение в (6) отыскивает порождающее решение, все последующие уравнения дают поправочные функции.

Для нахождения решения в нулевом приближении (т.е. порождающие) уравнение поверхности прогибов принимаем в виде /4/

$$\omega = \sum_{m=1}^{\infty} Y_m \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{a},$$

где $Y_m = Y_m(y)$ - функции одного аргумента y подлежащие определению.

Для определения Y_m предварительно разложим нагрузку $q(x, y)$ в одинарный ряд

$$q(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} q_m(y) \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{a},$$

где

$$q_m(y) = \frac{2}{a} \int_0^a q(x, y) \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{a} dx$$

По формуле (9) при $q = \text{const}$ найдем

$$q_m = \frac{4 \cdot q}{m \cdot \pi}, \quad m = 1, 3, 5, \dots$$

$$q_m = 0, \quad m = 2, 4, 6, \dots$$

Подставив теперь в уравнение изгиба пластины третий член из (7) и из (8) и сократив обе части равенства на $\sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{a}$ получим

$$(4 \cdot m^4 + \lambda^4) Y_m - 2 \cdot \lambda^2 Y_m'' + Y_m'' = \frac{q_m(y)}{D},$$

где $\lambda = \frac{m \cdot \pi}{a}$ а штрихами обозначены производные по y .

Общий интеграл этого уравнения состоит из решения однородного уравнения, когда в правой части стоит ноль и частное решение, которое подбирается

так, чтобы при подстановке в это уравнение получилось равенство, т.е. оно непосредственно зависит от вида функции $q_m(y)$.

После некоторых математических операций получим порождающее решение (решение в нулевом приближении)

$$\omega_0(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[C_1 \cdot e^{-\sqrt{\lambda^2 + 2 \cdot m^2} y} + C_2 \cdot \cos \sqrt{\lambda^2 - 2 \cdot m^2} y + C_3 \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{a} \right],$$

где C_1, C_2, C_3 - константы, определяемые из граничных условий (4) и (5).

Подставляя (11) в равную части (6) и разрешая их относительно первого, второго и т.д. приближений (эти уравнения и их решение не приведены в

виду их громоздкости), получим решение поставленной задачи.

Произведен численный эксперимент при следующих характеристиках пластин и нагрузки

$$E = 2 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \quad \nu = 0.3; \quad \delta = 5 \text{ см}; \quad a = b = 300 \text{ см}; \quad q = 1$$

$$\text{при } x = \frac{a}{2} \quad \text{и} \quad y = \frac{b}{2} \text{ показывает что}$$

$$\omega_0 = 9.81 \text{ см}; \quad \omega_1 = 1.19 \text{ см}; \quad \omega_2 = 0.18 \text{ см}$$

Расчеты показывают, что последующие приближение не оказывает существенного влияния, поэтому можно ограничиваться с первыми тремя приближениями.

Таким образом, поправка, вносимая нелинейностью значительна и она составляет до 15% от общего перемещения пластин.

Поэтому не учет нелинейности деформирования грунтовых оснований приводит к значительной погрешности в определении напряженно-деформированного состояния сооружений на снижаемом основании.

Список литературы:

1. Ширинкулов Т.Ш., Зарецкий Ю.К. Ползучесть и консолидация грунтов. – Ташкент. «Фан», 1986.-390 с.
2. Власов В.В., Леонтьев Н.Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. – М.:Физматгит, 1960 – 550 с.
3. Кузьмин С.Е., Мурзаханов Н.Х., Остонов Т.К. Модель реактивного сопротивления загипсованных грунтов. – М.МГМИ, 1989, рук.деп. в ВИНТИ 21.07.89 г. №4897-В89
4. Александров А.В. Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высшая школа. 1990-400 с.
5. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М. : Наука, 1970-580 с.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

АЛГОРИТМЫ СОВМЕСТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кодиров Дилмурод Тухтасинович

*PhD, доцент,
Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, г. Наманган*

Кодирова Феруза Мухаммаджановна

*ст. преп.,
Наманганский инженерно-строительный институт
Узбекистан, г. Наманган
E-mail: alisher_lion90@mail.ru*

ALGORITHMS FOR JOINT ESTIMATION OF THE STATE VECTOR AND PARAMETERS OF DYNAMIC SYSTEMS

Dilmurod Kodirov

*PhD, Associate Professor,
Namangan Institute of Engineering and Technology,
Namangan, Uzbekistan.*

Feruza Kodirova

*Senior teacher,
Namangan engineering-construction institute.
Uzbekistan, Namangan city.*

АННОТАЦИЯ

Приводятся алгоритмы устойчивого оценивания расширенного вектора состояния динамической системы на основе методов условно-гауссовской фильтрации. Приведенные алгоритмы позволяют производить устойчивое совместное оценивание вектора состояния и параметров системы, и тем самым реализовать отдельные подсистемы оценивания и управления.

ABSTRACT

Algorithms for stable estimation of the extended state vector of a dynamic system based on conditional Gaussian filtering methods are presented. These algorithms allow us to produce a stable joint evaluation of the state vector and system parameters, and thereby implement separate evaluation and control subsystems.

Ключевые слова: динамическая система, расширенный вектор состояния, устойчивое оценивание, условно-гауссовская фильтрация.

Keywords: dynamic system, extended state vector, stable estimation, conditional Gaussian filtering.

Анализ состояния теории оценивания позволяет выявить особую роль марковских методов в задачах синтеза и анализа систем, которые предназначены для оценивания случайных процессов по результатам наблюдений, искаженных различного рода помехами. Дело в том, что в настоящее время теория марковских и условных марковских процессов является наиболее общим математическим аппаратом,

который позволяет с единых методологических позиций успешно решать разнообразные задачи оценивания [1-7].

Рассмотрим нелинейную непрерывную систему в дискретном времени

$$x_{k+1} = f(x_k, u_k, \theta, k) + g(\theta, x_k)w_k, \quad x(0) = x_0,$$

$$z_k = h(\theta)x_k + v_k,$$

где X_k – n -мерный вектор состояния; u_k – m -мерный входной сигнал управления; z_k – выходной сигнал размерности r ; θ – неизвестный вектор параметров размерности l ; f и g – некоторые функции; w_k и v_k – соответствующие последовательности гауссовых случайных переменных с нулевыми средними и ковариациями

$$E\{w_k w_k^T(j)\} = Q_k \delta_{kj}, E\{v_k v_k^T(j)\} = R_k \delta_{kj}.$$

Будем полагать, что состояние X_0 – случайная переменная со средним $\bar{x}_0$ и ковариацией P_0 . Определим составляющие вектора параметров θ как дополнительные переменные состояния, и будем считать, что для случая постоянных параметров справедливы следующие разностные уравнения, соответствующие некоторому алгоритму оценивания параметров

$$\theta_{k+1} = \theta_k, \quad \theta(0) = \theta_0, \quad (1)$$

а для случая параметров, известным образом зависящих от времени, справедливы другие уравнения

$$\theta_{k+1} = K_k \theta_k + c_k, \quad \theta(0) = \theta_0, \quad (2)$$

где K_k и c_k известны, θ_0 – гауссова случайная переменная с функцией плотности $p(\theta_0)$, представляющей априорное знание о векторе θ . Уравнения (1)

$$\begin{aligned} F_k &= \frac{\Delta \partial f'(X_{0,k}, u(X_0), k)}{\partial X_0}, & B_k &= \frac{\Delta \partial f'(X_0, u(X_0), k)}{\partial u(X_0)}, \\ \Gamma_k &= \frac{\Delta \partial g'(X_{0,k}, k)}{\partial X_0}, & C_k &= \frac{\Delta \partial h'(X_{0,k}, k)}{\partial X_0}. \end{aligned} \quad (8)$$

Известно [2,6], что при линеаризации уравнений оценивания весьма эффективным оказывается расширенный фильтр Калмана. При использовании та-

или (2) являются функцией нового вектора состояния X_k размерности $(n+l)$ [2,6]:

$$X_k^T = \{x_k^T, \theta_k^T\}, \quad X^T(0) = \{x_0^T, \theta_0^T\}. \quad (3)$$

Итак, имеем следующие уравнения состояния:

$$X_{k+1} = f'(X_k, u_k, k) g'(X_k) w_k, \quad X(0) = X_0, \quad (4)$$

$$z_k = h'(X_k) + v_k. \quad (5)$$

Заметим, что если используется уравнение (2) и величина c_k определена как гауссова случайная переменная [1,4], выражающая неопределенность алгоритма оценивания параметров, то в (4) w_k следует заменить на $w_k'^T = \{w_k^T, c_k^T\}$ с соответствующей коррекцией g' .

Предположим теперь, что

$$\begin{aligned} \Delta X_k &= X_k - X_{0,k}, \\ \Delta z_k &= z_k - z_{0,k}; \end{aligned} \quad (6)$$

тогда систему можно заменить моделью, линейной относительно приращений [2,3]

$$\begin{aligned} \Delta X_{k+1} &= F_k \Delta X_k + B_k u_k + \Gamma_k w_k, \\ \Delta z_{k+1} &= C_k \Delta X_k + v_k, \end{aligned} \quad (7)$$

где матрицы вычисляются заранее на основе всей имеющейся информации по формулам

кого фильтра линеаризация выполняется относительно предыдущей оценки $\hat{X}_{k|k}$. Тогда уравнения оценивания будут иметь вид [1,2,4]:

$$\hat{X}_{k+1|k+1} = f'(\hat{X}_{k|k}, u_k^*, k) + \hat{P}_{k+1|k+1} \hat{C}_{k+1}^T R_{k+1}^{-1} [z_{k+1} - \hat{C}_{k+1} f'(\hat{X}_{k|k}, u_k^*, k)], \quad (9)$$

$$\hat{P}_{k+1|k+1} = R_k + \hat{C}_{k+1}^T \hat{P}_{k+1|k} \hat{C}_{k+1}^{-1} \hat{P}_{k+1|k},$$

$$\hat{P}_{k+1|k} = \hat{F}_k \hat{P}_{k|k} \hat{F}_k^T + \hat{\Gamma}_k Q_k \hat{\Gamma}_k^T,$$

где матрицы $\hat{F}_k$, $\hat{B}_k$, $\hat{T}_k$ и $\hat{C}_k$, рассчитываемые в темпе реального процесса, являются функциями текущих оценок, аналогично (8):

$$\hat{F}_k \triangleq \frac{\partial f'(\hat{X}_k, \hat{u}_k^*, k)}{\partial \hat{X}}, \quad \hat{B}_k \triangleq \frac{\partial f'(\hat{X}_k, \hat{u}_k^*, k)}{\partial u^*}, \quad \Gamma_k \triangleq g'(\hat{X}_k, k), \quad C_k \triangleq \frac{\partial h'(\hat{X}_k, k)}{d\hat{X}}.$$

Описанные процедуры являются рекуррентными и, следовательно, хорошо приспособлены для реализации на основе современной вычислительной техники. Рекуррентный характер оптимального оценивания согласно (9) представляет собой следствие марковского характера совместного процесса (4). При решении практических задач это требование в принципе не является ограничительным, так как любой случайный процесс с заданной точностью может быть описан как составная часть марковского процесса за счет расширения размерности ненаблюдаемых компонент и соответствующего усложнения модели. Именно по этой причине рассматриваемые алгоритмы составляют предмет марковской теории оценивания.

Таким образом, если в момент времени t_k апостериорная плотность вероятности вектора ненаблюдаемых компонент является гауссовской, то для модели векторов состояния и наблюдения (4), (5)

апостериорная плотность вероятности в момент времени t_{k+1} также будет гауссовской. На основании метода математической индукции отсюда следует, что при гауссовском начальном распределении $p[x_0 | \theta_0]$ в рассматриваемом случае апостериорная плотность вероятности ненаблюдаемых компонент вектора X_k будет описываться гауссовским законом распределения в любой момент времени t_k , $k = 1, 2, \dots$. Именно по этой причине процесс (4), (5) называется условно-гауссовским [4,7].

Приведенные алгоритмы оценивания расширенного вектора состояния динамической системы на основе методов условно-гауссовской фильтрации позволяют производить устойчивое совместное оценивание вектора состояния и параметров системы, и тем самым реализовать отдельные подсистемы оценивания и управления.

Список литературы:

1. D.T.Kodirov., F.M.Kodirova., B.Xaydarov Algorithms For Stable Estimation Of The Extended State Vector Of Controlled Objects . Solid State Technology. 2020
2. Алимджанова, Д.И., Муйдинова Н.К. (2020). Повышение эффективности горения угольного топлива в кольцевой печи для обжига строительного кирпича. Universum: технические науки, (4-1 (73)), 67-71.
3. Богуславский И.А. Полиномиальная аппроксимация для нелинейных задач оценивания и управления. – М.: физ.-мат. лит., 2006. – 208 с.
4. Игамбердиев Х.З., Юсупбеков А.Н., Зарипов О.О. Регулярные методы оценивания и управления динамическими объектами в условиях неопределенности. – Т.: ТашГТУ, 2012. - 320 с.
5. Колос М.В., Колос И.В. Методы линейной оптимальной фильтрации. - М.: Наука, 2000. - 158 с.
6. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов. –М.: Энергоатомиздат, 1990. -208 с.
7. Синицын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. Изд-во: Логос, 2006. – 640с.
8. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах. / Под ред. К.Т. Леондеса Пер. с англ., - М.: Мир, 1980. - 407 с.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12072

**ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МЁРЗЛОЙ ГРУНТОВО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ
ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В КРИОЛИТОЗОНЕ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ
(НА ПРИМЕРЕ Г. НЕРЮНГРИ)**

Нерадовский Леонид Георгиевич

*д-р техн. наук,
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,
РФ, Республика Саха (Якутия), г. Якутск
E-mail: leoner@mpi.ysn.ru*

**EXPERIENCE OF STUDYING THE SUBSOIL-GEOLOGICAL ENVIRONMENT
BY THE METHOD OF GEORADIOLOCATION IN SOUTH YAKUTIA
(ON THE EXAMPLE OF NERYUNGRI)**

Leonid Neradovskiy

*Doctor of Technical Sciences,
Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Russia, the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk*

*Благодарность
Приношу благодарность и признательность заведующей лабораторией георадиолокации
Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН (ИГДС, г. Якутск)
Л.Л. Фёдоровой и её научным сотрудникам Д.В. Савину и Г.А. Куляндину
за проведённые в г. Нерюнгри работы методом георадиолокации и
любезное предоставление записи радарограммы для написания статьи.*

АННОТАЦИЯ

Методом георадиолокации в криолитозоне Южной Якутии на территории г. Нерюнгри экспериментально изучено строение грунтовой-геологической среды, составляющей основание проспекта Дружбы Народов. Анализ радарограммы показал, что мощность насыпного слоя грунтов равна 1,3–1,7 м. По этим слоям и слоем делювия-элювия на глубине 1,9–4,7 м залегает структурная граница – кровля коренных пород, представленных преимущественно песчаниками. Ниже, на глубине 10,4–13,4 м расположена петрофизическая граница – кровля относительно сохранных прочных песчаников. Знание положения этой границы представляет практический интерес для проектно-изыскательских и строительно-эксплуатационных работ. Научный интерес вызывает неравномерное повторение в слое делювия-элювия участков глинистых и крупнообломочных образований с почти вертикальными границами. Природа такого явления предположительно объясняется особенностями прочностного состояния песчаников, обусловленного действием тектонических процессов.

ABSTRACT

The structure of the subsoil-geological environment forming the basis of the prospect Drujbi Narodov has been experimentally studied by the method of georadiolocation in the cryolithozone of South Yakutia on the territory of Neryungri. The analysis of the radarogram has showed that the thickness of the bulk soil layer is 1.3–1.7 m. The structural boundary-the roof of bedrock, represented mainly by sandstones lies along these layers and the deluvium-eluvium layer at a depth of 1.9–4.7 m. Below, at a depth of 10.4–13.4 m, there is a petrophysical boundary-the roof of relatively preserved strong sandstones. Knowledge of the position of this boundary is of practical interest for design and survey and construction and maintenance works. The uneven repetition of clay and large-block formations with almost vertical boundaries in the deluvium-eluvium layer is of scientific interest. The nature of this phenomenon is presumably explained by the peculiarities of the strength state of sandstones caused by the action of tectonic processes.

Ключевые слова: георадиолокация, радарограмма, глубина залегания, радиоотражающие границы, скорость, делювий-элювий, коренные породы.

Keywords: georadiolocation; radarogram; cover thickness; radio-reflective borders; speed; deluvium-eluvium; solid rocks.

Среди методов инженерной геофизики метод георадиолокации наряду с методом электротомографии занимает заслуженное первенство по своим геолого-экономическим характеристикам и, прежде всего, по высокой детальности и производительности изучения горно-геологической и грунтовой среды. Работ в этой области очень много, но более всего, в последние годы метод георадиолокации стал применяться при изучении приповерхностной части Земли до глубины в первые единицы метров в таких областях наук и производства, как мерзлотоведение, почвоведение, археология, транспортное строительство и строительные материалы. В инженерной геологии и грунтоведении работ по георадиолокации существенно меньше и, в особенности, в криолитозоне Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В настоящей работе отчасти восполняется этот недостаток в части экспериментального изучения инженерно-геокриологических возможностей метода георадиолокации на примере хорошо изученной грунтовой-геологической среды, слагающей мёрзлое основание одного из инженерных сооружений в криолитозоне Южной Якутии на территории её административного центра г. Нерюнгри. Таким инженерным сооружением, представляющим собой объект исследования методом георадиолокации, являлся проспект Дружбы Народов протяжённостью 1465 м, ориентированный с запада на восток.

Эксперимент на этом объекте предусматривал решение 2-х важных для проектно-изыскательских и строительно-эксплуатационных работ инженерно-геологических задач в условиях широко развитой деятельности тектонических и криогенных процессов [3], а также влияния промышленных помех в городской инфраструктуре. Первая задача – определение мощности рыхлых отложений и глубины залега-

ния кровли коренных пород. Вторая задача – определение глубины залегания кровли относительно сохранных прочных коренных пород.

Решение этих задач было спланировано на весенний период года (апрель-месяц), когда сезонно-талый слой грунтовой-геологической среды был полностью проморожен и находился в твёрдомёрзлом состоянии. Благодаря этому потери энергии электромагнитной волны были минимальными, что, в свою очередь, обеспечивало максимально возможную глубину изучения мёрзлой грунтовой-геологической среды. При применении георадара ОКО-2 с антенным блоком АБДЛ («Тритон»), работающем на центральной частоте спектра излучения электромагнитной волны в воздухе, равной 50 МГц, глубина изучения грунтовой-геологической среды оказалась действительно большой и составила около 30 м.

Полевые измерения георадаром ОКО-2 были сделаны Д.В. Савиным и Г.А. Куляндиным – сотрудниками лаборатории георадиолокации Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН (ИГДС, г. Якутск). Математическая обработка с помощью программы Geoscan32, геологическая интерпретация результатов георадиолокации, написание и оформление рукописи статьи сделано её автором.

Записи сигналов георадиолокации выполнялись до двойного времени задержки 500 наносекунд (нс) с интервалом 0,78 нс в непрерывном движении антенн георадара, прикреплённых к автомобилю. Расстояние или шаг записи между трассами был принят равным 0,1 м. После корректировки к истинной длине проспекта Дружбы Народов шаг уменьшился до 0,065 м.

Результат георадарных исследований, состоящий из 22468 записей трасс сигналов георадиолокации, представлен в виде радарограммы на рис. 1 в сером тоновом изображении.

Рисунок 1. Радарограмма мёрзлой грунтовой-геологической среды в основании проспекта Дружбы Народов в апреле 2021 года

Из визуального анализа волновой картины радиопрограммы следует, что она выражает радиофизический образ сложнопостроенной мёрзлой неоднородной грунтово-геологической среды. Неоднородности в ней проявляют себя по-разному в зависимости от их конфигурации, размеров и материала, из которых они состоят или которым они заполнены (в случае полостей). В общем случае полости, заполненные воздухом, формируют интенсивные многократные отражения, которые зачастую в литературе по георадиолокации образно называют «звоном». Локальные неоднородности, размер которых соизмерим с длиной электромагнитной волны, формируют дифракционные отражения гиперболического типа. В иных случаях, как это видно на рис. 1 (дистанции 0–620 и 1060–1120 м), мелкие неоднородности, образующие систему хаотично расположенных рефлекторов – трещин, приводят к рассеянию энергии электромагнитных волн с помутнением волновой картины. Вместе с другими признаками этот визуальный эффект указывает на присутствие в коренных породах зон тектонического дробления и трещиноватости. Однако эта интересная тема применительно к объекту исследований выходит за рамки настоящей работы.

Нередки случаи, когда разного размера вертикально ориентированные неоднородности в виде единичных трещин размером в несколько сантиметров или системы трещин и иных разуплотнений, например, карстово-суффозионной природы размеров в несколько метров частично или полностью нарушают фазовую корреляцию отражений волн от плоских протяжённых и в разной степени радиоконтрастных горизонтально-наклонных границ.

Несмотря на все перечисленные помехи на радиопрограмме достаточно хорошо визуально распознаются и устойчиво прослеживаются в латеральном (горизонтальном) направлении три радиоотражающих границы. Их природа установлена на основании большого количества изученного в технических отчётах фактического материала, полученного по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных Южно-Якутским трестом инженерно-строительных изысканий (ЮжЯкутГИСИЗ) и материалов строительства инженерных сооружений на территории г. Нерюнгри. Кроме этого, принимались во внимание общие геологические и криогенные закономерности, установленные в криолитозоне Южной Якутии учёными МГУ (г. Москва) [3].

Первая хорошо коррелируемая синфазная радиоконтрастная граница №1 фиксируется по двойному времени отражения волн, равному 23–30 нс. Природа границы состоит в разделе грунтовой песчано-гравийной и армированной металлической решёткой насыпи полотна по проспекту Дружбы Народов и поверхности геологической среды.

Вторая также хорошо коррелируемая, но уже местами нарушаемая синфазная и в меньшей степени радиоконтрастная граница №2 зарегистрирована на двойном времени задержки, равном 70–100 нс. Природа этой структурной границы уже чисто геологическая. Граница разделяет слой мёрзлых и в

разной степени льдистых верхнечетвертичных делювиально-элювиальных образований от мёрзлой многолетнемёрзлой толщи мезозойских коренных пород осадочного генезиса, сложенной преимущественно песчаниками разной зернистости и прочности.

Ну, и наконец, граница №3. Она уже, не так отчетливо прослеживается и наблюдается на двойном времени задержки, равном 144–186 нс. Природа этой границы также геологическая, но уже не структурная, а петрофизическая и представляет собой кровлю относительно сохранных песчаников. Сам факт существования этой границы свидетельствует о том, что на ней происходит резкий переход от выветренной части песчаников к существенно более плотной их части. По точечному опробованию керна колонковых скважин положение этой границы по глубине установить весьма затруднительно. Однако, как показывает опыт проведения геофизических работ в криолитозоне Южной Якутии и на территории г. Нерюнгри, кровля сохранных коренных пород уверенно выделяется по объёмным данным метода вертикального электрического зондирования на постоянном токе (ВЭЗ) и сейсмического метода преломленных волн (КМПВ). По этим данным в геоэлектрическом и сейсмическом разрезе переход от выветренных разностей к прочным разностям коренных пород всегда сопровождается, хотя и в разной мере ростом удельного электрического сопротивления (УЭС) и скорости распространения упругих продольных волн. Эта петрофизическая особенность чаще всего, наблюдается на глубине около 10 м. Именно эта особенность в конкретных инженерно-геокриологических условиях была положена в основу идентификации геологической природы №3.

Анализ наклона ветвей гиперболических дифракционных отражений от локальных неоднородностей в разном количестве расположенных в верхней и нижней части грунтово-геологической среды дал возможность без данных контрольного бурения скважин с помощью программы Geoscan32 получить количественную оценку вещественной части комплексной диэлектрической проницаемости (далее, проницаемости), а через неё и скорости распространения электромагнитной волны.

В первом нерасчленённом по генезису горизонте, объединяющем мёрзлые слои насыпных грунтов и делювиально-элювиальных образований проницаемость изменялась от 3,5 до 16,9 отн. ед., а скорость от 0,161 до 0,073 м/нс при средних значениях равных 6,94 отн. ед. и 0,114 м/нс. Интегральная изменчивость по коэффициенту вариации этих электро-радиофизических характеристик в первом горизонте составляет 54,8 %. Во втором горизонте – массиве коренных пород проницаемость изменялась от 3,13 до 5,34 отн. ед., а скорость от 0,160 до 0,148 м/нс при средних значениях равных 3,79 отн. ед. и 0,154 м/нс. В этом консолидированном горизонте горных пород вариативность проницаемости и соответствующей ей скорости, как и ожидалось, существенно меньше и составляет 16,6 %.

Учёт проводимости в виде априорных оценок среднего значения УЭС первого и второго горизонта (700 и 1000 омметра), взятых из технических отчётов ЮжЯкутТИСИЗ, не изменяет скорректированные значения средних интервальных скоростей после её вычислений по формуле, приведённой в работе М.Л. Владельца и М.С. Судаковой [1, с. 42]. Скорости остаются равными 0,114 и 0,154 м/нс.

При полученных средних значениях проницаемости первого-второго горизонта и теоретическом допущении нормального падения фронта плоской электромагнитной волны на границу второго горизонта коэффициент отражения от неё составляет 0,15. При таком небольшом значении границу раздела первого и второго горизонта следует считать, как и отмечалось выше, слабоконтрастной в электрофизическом отношении.

С учётом предельной мощности первого горизонта, равной около 5 м и мощности второго горизонта равного 22,5 м, средневзвешенные по этим мощностям для всей изученной толщи мёрзлой грунтово-геологической среды значения проницаемости и скорости, равны 4,40 отн. ед. и 0,146 м/нс. По этой общей оценке скорости радарограмма была преобразования из масштаба времени в масштаб глубины. В этом масштабе был выполнен стандартный описательный статистический анализ изменчивости глубины залегания 1-3 границ. Значения глубин считывались с радарограммы через 50 м.

Глубина залегания первой границы или, что то же самое, мощность насыпного слоя грунтов песчано-гравийного состава изменялась от 1,3 до 1,7 м.

Результаты анализа по 2-3 границе представлены в табл. 1 и 2, а график изменчивости глубины по латерали показан на рис. 2.

Таблица 1.

Глубина залегания кровли коренных пород

Вероятностные характеристики	Глубина, м
Среднее арифметическое (СА)	3,4
Медианное среднее	3,3
Модальное среднее	2,8
Стандартное отклонение	0,7
Коэффициент вариации, %	20
Минимум	1,9
Максимум	4,7
Кол-во определений	30
Уровень доверительной вероятности СА (70 %)	0,1

Таблица 2.

Глубина залегания кровли относительно сохранных коренных пород

Вероятностные характеристики	Глубина, м
Среднее арифметическое (СА)	11,5
Медианное среднее	11,3
Модальное среднее	11,2
Стандартное отклонение	0,634
Коэффициент вариации, %	5,5
Минимум	10,4
Максимум	13,4
Кол-во определений	31
Уровень доверительной вероятности СА (70 %)	0,1

Из табл. 1 следует, что значения средних показателей глубины мало чем отличаются друг от друга и равны 2,8–3,4 м. Небольшая интегральная изменчивость по коэффициенту вариации, равная 20 % (от 1,9 до 4,7 м), наблюдается и по дистанции (латерали). Близость показателей средних значений и результаты тестовой проверки по критериям Колмогорова,

омега-квадрат и хи-квадрат с помощью программы «Стадия» [2] доказывают, что при небольшом, но достаточном для корректного статистического анализа количестве определений значения глубины распределены по нормальному закону со средним арифметическим значением $2,8 \pm 0,3$ м.

Среди локальных вариаций наблюдается небольшой, но существенный и статистически значимый линейный тренд уменьшения средних значений

Рисунок 2. Графики латеральной изменчивости глубины залегания кровли выветренных (а) и относительно сохранных (б) коренных пород

На закономерном фоне линейной изменчивости наблюдается аномалия (дистанция 100–600 м) с повышенными значениями глубины 3,9–4,7 м. Такой структурный признак – повышение мощности зоны выветривания дополняет и усиливает интерпретационную надёжность других неструктурных признаков (петрофизических), по которым на этом же участке проспекта была выделена тектоническая зона дробления и трещиноватости коренных пород. Результаты исследований в этом направлении в статье не приводятся.

Результаты статистического анализа вероятностной изменчивости по латерали (дистанции) значений глубины залегания кровли относительно сохранных коренных пород представлены в табл. 2. Из неё следует, что, несмотря на близость значений средних показателей, единичные значения глубины залегания кровли относительно сохранных коренных пород по результатам тестовой проверки распределены не по нормальному закону. В 58 случаях они сконцентрированы в виде максимума гистограммы (в статье она не приводится) возле среднего модального значения 11,2 м.

В отличие от кровли коренных пород такое вероятностное постоянство порождает важное для проектно-изыскательских и строительно-эксплуата-

глубины от 4,3 до 3,6 м в направлении от начала к концу проспекта Дружбы Народов, т.е. с запада на восток (рис. 2, а).

ционных работ следствие – незначительную латеральную изменчивость рассматриваемой границы с коэффициентом вариации 5,5 %. На этом спокойном фоне отмечаются три аномалии неизвестной геологической природы с локальным погружением границы до 12,2 и 12,9–13,4 м (см. рис. 2, б). Вероятность появления таких событий невелика и оценивается в 10 %.

Кроме выше рассмотренных структурных закономерностей представляет научный интерес явление неравномерного, но всё же, упорядоченного появления в слое делювия-элювия, сложенного преимущественно глинистым материалом (супесями, суглинками и реже, песками) участков с крупнообломочным материалом, представляющих собой высыпки камней разного размера (дресвы, щебня, гравия и глыб разборной скалы). Такая особенность нестрогой периодичности в изменчивости гранулометрического состава делювиально-элювиальных отложений установлена в обнажении одной из строительных канав на участке гаражей. Эта канава длиной 120 м глубиной до 3 м, расположена на юго-западной окраине г. Нерюнгри в 950 м от начала георадиолокационного профиля по пр. Дружбы Народов. Фото обнажения с отчётливым и почти вертикальным контактом крупнообломочного и глинистого материала показано на рис. 3.

Рисунок 3. Фото обнажения слоя рыхлых делювиально-элювиальных отложений по стенке строительной канавы: 1 – глинистые образования (супеси, суглинки); 2 – высыпка камней с глинистым заполнителем и примесью углистых веществ. Фото Л.Г. Нерадовского

Статистический анализ, сделанный по 19 замерам рулеткой расстояний вдоль строительной канавы между границами рыхлых отложений разного гранулометрического состава, показывает, что средняя ширина участков, сложенных глинистым и крупнообломочным материалом, по показателю медианы равна 7,9 и 3,9 м. По коэффициенту вариации более сильной интегральной изменчивостью ширины (53,3 %) отличаются участки крупнообломочного материала. Изменчивость ширины участков глинистого материала в 1,4 раза меньше (37,6 %).

В процентном отношении (к длине канавы 120 м) преобладание в слое делювия-элювия глинистого материала над крупнообломочным материалом составляет 63,3 %. На долю крупнообломочного материала остаётся 36,7 %.

В целом, по всей изученной строительной канаве границы смены глинистого материала на крупнообломочный материал, повторяются в латеральном направлении через 6,5–8,0 м.

Возникает вопрос, какой причиной или совокупностью каких причин вызвана эта необыкновенная повторяемость? Казалось бы, в условиях действия в прошлом геологическом времени общих экзогенных

процессов верхняя часть массива песчаников, слагающих водораздел, на котором построен г. Нерюнгри, должна разрушаться в одинаковой степени. Причём, с равномерным распределением по латерали гранулометрического состава выветренных коренных пород, но этого не наблюдается.

Вероятнее всего, это явление отражает в себе результат неодинакового сопротивления неоднородного по своей внутренней структуре и свойствам массива песчаников на мощное воздействие тектонических процессов. В результате этого действия с разнонаправленным и разновременным механическим напряжением образовалась вертикально ориентированная блочно-ячеистая структура песчаников с каналами дробления и трещиноватости. Эти каналы с максимальной степенью тектонического разрушения песчаников были благоприятной геологической средой для последующего разрушения процессами физико-химического выветривания и криогенного метаморфизма до состояния дисперсного материала (песка, супеси, суглинка). Более устойчивые блоки и ячейки песчаников разрушались этими процессами в меньшей степени, т.е. до состояния разборной скалы (глыб), гравия, щебня и дресвы.

Список литературы:

1. Владов М.Л, Судакова М.С. Георадиолокация. От физических основ до перспективных направлений. Учебное пособие. – М.: Изд-во «ГЕОС», 2017. – 240 с.
2. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 512 с.
3. Южная Якутия: мерзлотно-геологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12077

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДВУХПОЯСНЫХ РЕШЕТЧАТЫХ СТРУКТУР С ЗАДАНЫМИ УСИЛИЯМИ В СВЯЗЯХ

Суванкулов Илхомжон Шахобиддинович

канд. тех. наук,

Самаркандский государственный университет,

Республика Узбекистан, г. Самарканд

E-mail: suvonqulov_i@rambler.ru

ON THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF CONSTRUCTING TWO-LATTICE LATTICE STRUCTURES WITH GIVEN FORCES IN CONNECTIONS

Ilkhomjon Suvankulov

Cand. those. Sciences, Samarkand State University,

Republic of Uzbekistan, Samarkand

АННОТАЦИЯ

Рассматривается вопрос моделирования дискретного каркаса двухпоясных решетчатых структур. Приведены численные характеристики узлов и ячеек системы.

ABSTRACT

The question of modeling a discrete framework of two-belt lattice structures is considered. The numerical characteristics of the nodes and cells of the system are presented.

Ключевые слова: двухпоясных, структура, моделирования, система, конструкция.

Keywords: double belt, structure, modeling, system, construction.

При конструировании решетчатых систем нежелательным является возникновение в связях сильно отличающихся по величине усилий. Этот недостаток ухудшает технико-экономические показатели конструкции, так как приходится подбирать материал различного сечения, а при их унификации происходит перерасход материала.

В связи с этим актуальной является задача управления внутренними напряжениями за счет изменения формы покрытия. Это может дать дополнительные резервы в экономии материала. Формирование решетчатых систем с равными усилиями в связях поясов можно осуществлять статистическим геометрическим способом.

Для этого необходимо составить уравнение равновесия пары узлов поясов структуры, с учетом усилий в связях, а также дополнительных усилий в поясных связях.

Рассмотрение усилий равновесия можно провести для узлов структуры, показанных на рисунке 1.

Пусть на каждый соответствующий узел M структуры действуют внешние усилия T , стремящиеся сместить эти узлы в положение M_0 , при котором напряжения в связях структуры приравняются к заданной величине (рис. 2.)

Рисунок 1. Двухпоясная решетчатая структура

Рисунок 2. Управление внутренними напряжениями решетчатой структуры

Равновесие узла пояса структуры описывается векторным уравнением:

$$\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \bar{R}_3 + \bar{R}_4 + \bar{Q} = 0, \quad (1)$$

где $\bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{R}_3, \bar{R}_4$ – усилия в связях, сходящихся в связях,

$\bar{Q}$ – вектор внешней нагрузки на узел.

Пусть задана величина напряжения S , которую желательно иметь в связях пояса.

Условные усилия, приложенные к узлу M , стремящиеся уравнивать напряжения в связях сети будут равны:

$$\begin{aligned} \bar{T}_1 &= \bar{R}_1 - \bar{S}; \bar{T}_3 = \bar{R}_3 - \bar{S}; \\ \bar{T}_2 &= \bar{R}_2 - \bar{S}; \bar{T}_4 = \bar{R}_4 - \bar{S}; \end{aligned} \quad (2)$$

Геометрическая интерпретация уравнения равновесия (1) произвольного узла в координатной форме принимает вид:

$$(U_{i-1,j} - U_{i,j}) + (U_{i+1,j} - U_{i,j}) + (U_{i,j-1} - U_{i,j}) + (U_{i,j+1} - U_{i,j}) + T_{u,i,j} + Q_{u,i,j} = 0, \quad (3)$$

где

$$T_{u,i,j} = T_{u,1} + T_{u,2} + T_{u,3} + T_{u,4};$$

$$\begin{aligned} T_{u,1} &= \frac{(U_{i-1,j} - U_{i,j})(l_{i-1,j}^{i,j} - R/k)}{l_{i-1,j}^{i,j}}; T_{u,2} = \frac{(U_{i+1,j} - U_{i,j})(l_{i+1,j}^{i,j} - R/k)}{l_{i+1,j}^{i,j}}; \\ T_{u,3} &= \frac{(U_{i,j-1} - U_{i,j})(l_{i,j-1}^{i,j} - R/k)}{l_{i,j-1}^{i,j}}; T_{u,4} = \frac{(U_{i,j+1} - U_{i,j})(l_{i,j+1}^{i,j} - R/k)}{l_{i,j+1}^{i,j}}. \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{cases} k \sum_{i=1}^n (u_i^b - u_0^b) - T_{u,o}^b + Q_{u,o}^b + \sum_{t=1}^n P_{t,u,o}^b = 0, \\ k \sum_{i=1}^n (u_i^H - u_0^H) - T_{u,o}^H + Q_{u,o}^H + \sum_{t=1}^n P_{t,u,o}^H = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $Q_{u,i,j}$ – проекции внешней нагрузки на ось; k – коэффициент пропорциональности; U – обобщенное обозначение координат x, y, z .

Итерационный процесс решения задачи организуется следующим образом:

1. Строится сеть первого приближения.
2. Устанавливается требуемая величина усилия в связях S .
3. Устанавливается допустимая величина ξ отклонения усилия в связи от требуемой величины S .
4. По координатам узлов сети первого приближения определяются проекции условного усилия $T_{u,i,j}$ для каждого незакрепленного узла.

5. Для каждого незакрепленного узла составляются по три уравнения (3) соответственно для координат X, Y, Z узлов.

6. Производится совместное решение системы уравнений (3) для всех незакрепленных узлов и определяются новые координаты узлов сети.

7. Производится оценка точности полученного результата. Для этого сравниваются усилия, полученные в связях сети, с требуемой величиной S . Если для всех связей разница не превышает допустимой величины ξ процесс останавливается. В противном случае цикл повторяется, начиная с пункта 4.

Этот способ положен в основу формирования двухпоясных решетчатых структур с заданной величиной усилий в связях (рис. 2).

С учетом условных усилий, уравнивающих напряжений в связях (2) зависимость (1) в координатной форме будет иметь вид:

$$T_{u,o}^b = k \sum_{i=1}^n \frac{(u_i^b - u_o^b)(l_i^{b,o} - R/k)}{l_i^{b,o}}, \quad (6)$$

$$T_{u,o}^H = k \sum_{i=1}^n \frac{(u_i^H - u_o^H)(l_i^{H,o} - R/k)}{l_i^{H,o}}.$$

P – проекции на ось O_u условных усилий в межпоясных связях; u_o – координаты центральных узлов

соответствующих поясов структуры; u_i – координаты узлов, смежных с центром; k – коэффициент пропорциональности.

Для решения задачи формирования двухпоясной решетчатой структуры организуется итерационный процесс по приведенному выше алгоритму. В каждой последующей итерации по формулам (6) уточняются значения соответствующих условным усилиям для каждого из неизвестных узлов обоих поясов и подставляются в систему уравнений (6). Таким образом, решение задачи сводится к многократному решению системы уравнений (5) с периодической заменой значений $T_{u,o}^b$ и $T_{u,o}^H$. После каждой итерации сравниваются результаты предыдущего и последующего решений.

Список литературы:

1. Суванкулов И.Ш., Элмонов С.М. Приближенный способ формирования двухпоясных решетчатых. – Москва. UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. Научный журнал. Выпуск: № 6(75). Июнь 2020 г. Часть 2, с. 10-14.
2. Суванкулов И.Ш., Узоков Ш.Х., Элмонов С.М. Абдумоннонов М. Моделирование двухпоясных решетчатых структур – Москва. UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. Научный журнал. Выпуск № 6(78). Сентябрь 2020 г. Часть 2, с. 10-14.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СКАЧКОВ УПЛОТНЕНИЯ ПРИ ОТДЕЛЕНИИ ДВУХ ТЕЛ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ОДНО ПОД ДРУГИМ

Сафаров Рахмон

канд. техн. наук, доц.,

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Самарканд

E-mail: safarov-rahmon@mail.ru

Файзиев Зафар Хайдарович

докторант,

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Самарканд

E-mail: bender.zar@gmail.com

Шерматов Навруз Низомиддин угли

студент,

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Самарканд

MATHEMATICAL MODELING OF CERTAIN GEOMETRIC PARAMETERS OF DOMESTIC JUMPS AT SEPARATION OF TWO BODIES LOCATED ONE UNDER ANOTHER

Raxmon Safarov

Ph.D., associate professor,

Samarkand State Architectural and Construction Institute
Republic of Uzbekistan, Samarkand

Zafar Fayziev

doctoral student,

Samarkand State Architectural and Construction Institute
Republic of Uzbekistan, Samarkand

Navruz Shermatov

student,

Samarkand State Architectural and Construction Institute
Republic of Uzbekistan, Samarkand

АННОТАЦИЯ

В работе показаны особенности применения метода регрессионного анализа для получения математических моделей некоторых параметров, характеризующих геометрию типов скачков уплотнения. Получены некоторые математические модели и намечены пути дальнейшей работы в этом направлении.

ABSTRACT

The paper shows features of applying the method of regression analysis to obtain mathematical models of some parameters characterizing the geometry of types of shock waves. The obtained some specific mathematical models and outlined this way for further work in this direction.

Ключевые слова: метод, регрессионный анализ, математическая модель, геометрия, скачки уплотнения.

Keywords: method, regression analysis, mathematical model, geometri, compaction jumps.

Целью работы является решение следующей многопараметрической задачи: исследование влияния нескольких факторов на наиболее важные аэродинамические характеристики двух тел с учетом их

взаимного влияния, такие как: типы, форма, положение и геометрические характеристики скачков уплотнения или системы скачков уплотнения.

В качестве основных факторов, влияющих на интерференцию двух тел, приняты:

- 1) число Маха набегающего потока;
- 2) параметры линейного смещения одного тела относительно другого в вертикальной плоскости XOY (статические, или позиционные, положения одного тела относительно другого);
- 3) параметры углового положения обоих тел друг относительно друга и относительно потока;
- 4) кинематические параметры смещения одного тела относительно другого с целью выявления нестационарности процесса.

Исследования проводились для комбинации моделей из двух профилей, конфигурации которых показаны на рис. 1.

Исследование интерференции двух профилей проводилось при следующих значениях параметров:

число Маха: $M_\infty = 1,2 \div 1,0$;

перемещение нижнего профиля в направлении оси X:

$$\bar{X} = \frac{x}{b_1} = -0,5 \div 1,0$$

перемещение нижнего профиля в направлении оси Y:

$$\bar{Y} = \frac{y}{b_1} = 0 \div 1,0 \quad (b_1 - \text{хорда верхнего профиля});$$

угол атаки верхнего профиля: $0 \leq \alpha_1 \leq 15^\circ$;

угол атаки нижнего профиля: $\alpha_2 = \pm 15^\circ$;

вертикальная скорость перемещения нижнего профиля относительно верхнего: $V_y = 18 \text{ м/сек}$, 28 м/сек , что соответствует модельным значениям V_{yt} в 1000 раз меньше натурных, т.е. 18 мм/сек и 28 мм/сек .

Горизонтальная скорость перемещения нижнего профиля относительно верхнего:

$V_x = 44 \text{ м/сек}$, что соответствует модельному значению;

$$V_{xm} = 44 \text{ мм/сек}.$$

Здесь за Y принято расстояние между двумя крайними передними точками двух тел в направлении оси OX.

Начало координат соответствует крайней передней точке верхнего тела.

Заметим, что в разных исследованиях за параметр, характеризующий линейное смещение одного тела от другого в направлении оси OY, принимаются различные величины, т.е. в назначении параметра $\bar{Y}$ нет единообразия. В наших исследованиях за $\bar{Y}$ принято расстояние по перпендикуляру между касательными, проведенными соответственно к нижней поверхности верхнего тела и верхней поверхности нижнего тела. Такой выбор величины Y характеризует как бы пропускную способность среды в канале, образуемом нижней дужкой верхнего тела и верхней дужкой нижнего тела. При исследованиях скачков уплотнения такая величина в наибольшей степени соответствует физике процесса.

На последующем этапе развития аэродинамические исследования характеризуются большими потоками информации. Это вызывает необходимость показать новые пути с целью совершенствования методов регрессии и обработки экспериментальных данных. Наиболее эффективный путь – компьютеризация аэродинамических исследований. В этом плане перспективным является применение методов планирования экспериментов, которые могут служить основой одного из элементов комплекса алгоритмов и программ для обработки результатов аэродинамического эксперимента. В частности, здесь подразумевается получение функциональных зависимостей, аппроксимирующих результаты эксперимента с наименьшей погрешностью по заданному критерию.

В настоящей работе показываются особенности применения метода планирования эксперимента применительно к одной из частных задач отделения одного тела от другого.

Рисунок 1. Вид исследования моделей из двух профилей, конфигурации

Для интересующей нас задачи на безразмерную величину отхода скачка уплотнения от носика тела, например, могут влиять более 20 факторов, таких как число M_∞ , параметры X, Y , углы атаки α_1, α_2 , геометрические характеристики тел и т.д. Если учитывать все факторы, то для аналогового моделирования методом ГГА при пассивном планировании и варьировании одного из факторов необходимо выполнить очень большой объем экспериментов. Поэтому возникла необходимость в использовании методов оптимального планированного эксперимента, опирающихся на ряд результатов из теории вероятностей, математической статистики и других разделов математики. Эти методы позволяют по данным экспериментального исследования процесса построить математическую модель, существенно повысить точность, сократить затраты, объем и сроки проведения эксперимента. А, как известно, ценность математического описания заключается в том, что оно дает информацию о влиянии факторов на изучаемый объект, позволяет количественно определить значения функции отклика в данном режиме и может служить основой для оптимизации.

Теперь рассмотрим математические модели по четырехфакторному плану. На аэродинамические характеристики двух интерферирующих тел влияет большое количество факторов, из которых такие, как $M_\infty, \alpha_1, \alpha_2$, характеризуют режим обтекания, X, Y -линейное смещение тел друг относительно друга. Следует заметить, что учет факторов, характеризующих геометрию самих тел, позволил бы выполнить обобщение, т.е. вычислить характеристики тел без проведения испытаний для большого класса тел. Но, как известно, точное аналитическое описание формы сечения тела, т.е. формы профиля, отличающегося на практике точностью, представляет чрезвычайную трудность.

Если принять, что форма верхнего и нижнего тел задана, то 20 факторов можно свести к пяти таким, как $M_\infty, X, Y, \alpha_1, \alpha_2$.

Функциями отклика в нашем случае являются геометрические характеристики скачков уплотнения, такие как $\Delta_1; \Delta_2; m; a; k$ и т.п.

Задача состоит в том, чтобы на основе экспериментальных данных получить такие математические выражения для функции отклика, которые с достаточной точностью для метода ГГА описывали бы

геометрию скачков уплотнения. Поэтому необходимо выбрать такой план, который обеспечивал бы при достаточно большом количестве факторов минимально возможное число опытов и приводил бы к адекватной математической модели с наибольшей точностью коэффициентов.

При выборе плана также нужно учесть тот факт, что помимо линейного влияния факторов необходимо учитывать члены.

Одним из наиболее отработанных и эффективных планов является ротатбельный центральный композиционный план второго порядка (РЦКП). Для РЦКП второго порядка в качестве ядра плана используют матрицу полного факторного эксперимента (ПФЭ) $ck_0 \leq 5$. К ядру добавляют определенное количество звездных и нулевых точек. В этом случае необходимо выполнить количество опытов:

$$N = 2^{k_0} + 2k_0 + n_0,$$

где 2^{k_0} – число опытов в ядре плана;

$2k_0$ – число звездных точек;

n_0 – число опытов в центре плана;

k_0 – число факторов.

На первом этапе решения задач для построения математических моделей, описывающих скачки уплотнения, были выполнены эксперименты по четырехфакторному РЦКП.

В качестве входных параметров (действующих) факторов приняты число M_∞ , параметры X, Y , углы атаки α_1 и α_2 . Геометрия тел и α_1 принимались фиксированными. Рассматривались следующие диапазоны варьирования параметров:

$$M_\infty = 1,2 \div 2,0; \bar{x} = 1,0 \div 0,6; \bar{y} = 0 \div 0,1; \alpha_2 = \pm 14^\circ$$

Выходными параметрами (функциями отклика) являются Δ_1 и Δ_2 .

План-матрица эксперимента и результаты измерений представлены в табл. 1.

Переход от натуральных значений факторов к нормированным осуществляется по следующим формулам:

$$x_1 = \frac{M_\infty - 1,6}{0,2} \quad x_2 = \frac{\bar{y} - 0,6}{0,25} \quad x_3 = \frac{\bar{x} - (-0,2)}{0,4} \quad x_4 = \frac{\alpha - 0}{7}$$

1,6; 0,6; -0,2; 0 – соответственно средние значения числа M_∞ параметров X, Y и угла атаки α_2 (для выбранных диапазонов варьирования этих факторов);

2; 0,25; 0,4; 7 – шаги варьирования этих же факторов. Из четырех факторов план-матрица РЦКП 2-го порядка состоит из 31 строки, каждая из которых диктует условия отдельного опыта. Каждый фактор варьируется в опытах на пяти фиксированных уровнях, значения которых даны в табл. 2.

Таблица 1.

План-матрица эксперимента и результаты измерений

№	X_1	X_2	X_3	X_4	$y_0(\bar{\Delta}_1)$
1	-1	-1	-1	-1	0,633
2	-1	-1	-1	+1	0,572
3	+1	-1	-1	-1	0,522
4	+1	-1	-1	+1	0,568
5	-1	+1	-1	-1	0,510
6	-1	+1	-1	+1	0,540
7	+1	+1	-1	-1	0,548
8	+1	+1	-1	+1	0,568
9	-1	-1	+1	-1	0,335
10	-1	-1	+1	+1	0,340
11	+1	-1	+1	-1	0,180
12	+1	-1	+1	+1	0,258
13	-1	+1	+1	-1	0,243
14	-1	+1	+1	+1	0,248
15	+1	+1	+1	-1	0,158
16	+1	+1	+1	+1	0,231
17	-2	0	0	0	0,326
18	+2	0	0	0	0,235
19	0	-2	0	0	0,282
20	0	+2	0	0	0,235
21	0	0	-2	0	1,046
22	0	0	+2	0	0,531
23	0	0	0	-2	0,225
24	0	0	0	+2	0,298
25	0	0	0	0	0,244
26	0	0	0	0	0,219
27	0	0	0	0	0,243
28	0	0	0	0	0,244
29	0	0	0	0	0,245
30	0	0	0	0	0,245
31	0	0	0	0	0,42

Таблица 2.

Факторы в опытах на пяти фиксированных уровнях

Уровни факторов	Нормированные значения	Натуральные значения			
		M_∞	$\bar{y}$	$\bar{x}$	α_2 , град
Верхний звездный	+2	2,0	1,10	0,6	+14°
Верхний	+1	1,8	0,85	0,2	+7°
Нулевой (средний)	0	1,6	0,60	-0,2	0°
Нижний	-1	1,4	0,35	-0,6	-7°
Нижний звездный	-2	1,2	0,10	-1,0	-14°

Первые 16 строк матрицы описывают условия полного факторного эксперимента, т.е. все возможные комбинации факторов, варьируемых на двух уровнях (+1 и -1). В следующих восьми опытах каждый фактор поочередно принимает звездные значения при нулевых уровнях факторов. Завершают матрицу семь повторных опытов, в которых все факторы поддерживаются нулевого уровня.

Порядок реализации опытов, запланированных матрицей (в том числе повторных), выбирался с помощью таблицы случайных чисел. Это мероприятие,

называемое рандомизацией, позволяет исключить влияние систематических ошибок, связанных с внешними условиями проведения опытов. Кроме того, для повышения точности каждый опыт повторялся три раза – в расчет брались средние значения $\bar{\Delta}_1$ (табл. 1).

Обработка результатов эксперимента стандартна и состоит из трех этапов. На первом этапе вычислялись свободный член и коэффициенты модели, в качестве которой был принят полином второй степени:

$$y_0 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2$$

Коэффициенты вычислялись по нижеследующим формулам:

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[2\lambda^2(k_0 + 2) \sum_{j=1}^N x_{0j}y_j - 2\lambda c \sum_{i=1}^{k_0} \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_i \right]$$

$$b_{ui} = \frac{c^2}{\lambda N} \sum_{j=1}^N x_{ij}x_{uj}y_j$$

$$b_i = \frac{c}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij}y_j$$

$$b_{ii} = \frac{A}{N} \left\{ c^2[(k_0 + 2)\lambda - k_0] \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 + c^2(1 - \lambda) \sum_{i=1}^{k_0} \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j - 2\lambda c \sum_{j=1}^N x_{0j}y_j \right\}$$

$$c = \frac{N}{\sum_{j=1}^N x_{ij}^2} \quad \lambda = \frac{k_0 N}{(k_0 + 2)N_q} \quad A = \frac{1}{2\lambda(k_0 + 2)\lambda - k_0}$$

k_0 – число факторов;

N – число опытов;

N_q – число опытов без центральных;

i – номер фактора;

j – номер опыта.

По своему происхождению вычисленные коэффициенты являются коэффициентами уравнения регрессии.

Далее, используя данные повторных опытов с нулевым уровнем факторов, определяется дисперсия воспроизводимости опытов $S_{воспр}^2$. Затем путем регрессионного анализа с использованием критерия Стьюдента t проверялась значимость факторов.

На завершающем этапе выполнялся дисперсионный анализ. При том по критерию Фишера проверялась адекватность полученного уравнения регрессии опыту.

Результаты эксперимента даны в таблице 3.

Итак, имеем.

На рис. 2, 3 приведены графики зависимости безразмерных значений отходов ударной волны от числа Маха и безразмерных координат линейных смещений нижнего тела относительно верхнего при фиксированном a_1 . Сплошные линии отражают результаты расчета по уравнению регрессии, точки результаты аналогового эксперимента в гидроканале.

Таблица 3.

Результаты эксперимента

Коэффициенты регрессии	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_{12}	b_{13}	b_{14}
	0,243	−0,0252	−0,0175	−0,1448	0,0158	0,0175	−0,0204	0,0126
	b_{23}	b_{24}	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{44}		
	−0,0043	0,0060	0,0101	0,0058	0,1391	0,0066		
Доверительные интервалы коэффициентов	$b_0 = t[\sigma]S_b$				$\Delta b_i = 0,006$			
	$t[\sigma] = 2,447$				$\Delta b_{ui} = 0,007$			
					$\Delta b_{ii} = 0,005$			
Дисперсия и проверка адекватности	$S^2_{воспр} = 0,00013$				$F_p [10,6] = 5,0$			
					$F=4,49$

Рисунок 2. Графики зависимости безразмерных значений отходов ударной волны

Рисунок 3. Графики зависимости безразмерных значений отходов ударной волны

Следует отметить, что, пользуясь 4-факторным планом, удастся создать математические модели не для всех параметров, характеризующих геометрию 9 типов скачков уплотнения.

Анализ показывает, что требуется проведение дополнительной работы, связанной с определением такого шага варьирования всех 4 факторов, при которых в опытах реализовался бы только один тип скачка и относительно всех геометрических параметров, его характеризующих.

Показаны особенности применения метода регрессионного анализа для получения математических моделей некоторых параметров, характеризующих геометрию типа скачков уплотнения. Получены некоторые конкретные математические модели и

намечены пути дальнейшей работы в этом направлении.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве первичного контрольного материала при создании расчетных методов оценки влияния интерференции двух профилей на их аэродинамические характеристики.

Таким образом, подводя общие итоги, можно признать целесообразным проведение дальнейших исследований в области сверхзвуковой аэродинамики с помощью метода гидравлического аналогового моделирования, осуществляя при этом системный численно-аналоговый подход, а также привлекая перспективные статистико-вероятностные методы анализа обработки результатов моделирования.

Список литературы:

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976.
2. Махмудов М.М. Обработка и оформление экспериментальных результатов. – Самарканд, 2011.
3. Михайлов В.И., Федоров К.М. Планирование экспериментов в судостроении. – Л.: Судостроение, 1978.
4. Сафаров Р. Применение метода планированного эксперимента при разработке эффективных моделей и алгоритмов идентификации, определяющих параметры объекта. – Самарканд, 2016.

ТРАНСПОРТ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.88.7.12123

 ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ ИДЕАЛЬНОГО ЦИКЛА ОТТО КАК ПРЕЛЮДИЯ
 «МЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЯ ОТТО»

Кодиров Нодир

 независимый исследователь,
 Узбекистан, Ташкентская область

 A PARTICULAR CASE OF IDEAL OTTO CYCLE AS A PRELUDE
 "THE MECHANICAL THEORY OF OTTO ENGINE"

Nodir Kodirov

 Independent research,
 Uzbekistan, Tashkent region

АННОТАЦИЯ

В настоящей статье раскрываются неизвестные ранее детали об идеальном цикле Отто и анонсируется «Механическая теория двигателя Отто».

ABSTRACT

This article reveals previously unknown details about ideal Otto cycle and announced "The mechanical theory of Otto engine".

Ключевые слова: идеальный цикл Отто, поршневой двигатель, подвод теплоты при постоянном объеме, степень сжатия, термический КПД, «Механическая теория двигателя Отто».

Keywords: ideal Otto cycle, piston engine, heat input at a constant volume, compression ratio, thermal efficiency, "The mechanical theory of Otto engine".

Известно, что основой традиционной теории поршневых двигателей с подводом теплоты при постоянном объеме является идеальный цикл Отто [2, с.236; 3, с. 61]. Однако развитие темы степеней сжатия, на которых текущее давление в цилиндре сравнивается со средним давлением в тактах расширения и сжатие [1, с.5] привело к неожиданному результату. В цитируемой статье приведены выводы уравнений, являющихся уравнениями для вычисления степеней сжатия, на которых текущее давление в цилиндре сравнивается со средним давлением в тактах расширения и сжатие соответственно:

$$\varepsilon_{еср} = \sqrt[k]{\frac{(\varepsilon-1) \cdot (k-1)}{(1-\varepsilon^{(1-k)})}} [1, \text{с.7}] \quad (1)$$

и

$$\varepsilon_{еср} = \varepsilon \cdot \sqrt[k]{\frac{(1-\varepsilon^{(1-k)})}{(\varepsilon-1) \cdot (k-1)}} [1, \text{с.9}] \quad (2)$$

Выведем уравнения для вычисления углов поворота коленчатого вала (далее ПКВ), соответствующих этим степеням сжатия. Уравнение перемещения поршня [3, с.293]:

$$S = R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi - \frac{\lambda}{4} \cdot \cos 2\varphi\right),$$

где S-ход поршня, R-радиус кривошипа, φ -угол поворота коленчатого вала (далее ПКВ), λ -отношение радиуса кривошипа к длине шатуна L, $\lambda = \frac{R}{L}$.

Степень сжатия, на которой текущее давление в такте расширения равно среднему давлению во всем такте, зависит от угла ПКВ:

$$\varepsilon_{еср} = \frac{S^e + hc}{hc},$$

$$\text{где } hc = \frac{S}{\varepsilon-1},$$

где S^e -ход поршня на угле ПКВ, на котором текущее давление в цилиндре равно среднему давлению в такте, hc-высота камеры сгорания, S-ход поршня, ε - степень сжатия.

Так как:

$$S^e = R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} - \frac{\lambda}{4} \cdot \cos 2\varphi_{\text{ср}}\right)$$

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} - \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi_{\text{ср}}\right) + hc}{hc} = 1 + \frac{R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} - \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi_{\text{ср}}\right)}{hc}$$

Если приравнять правые стороны уравнений выше и решить новое, можно найти угол ПКВ $\varphi_{\text{ср}}$, на котором текущее давление в цилиндре становится равным среднему давлению в такте:

$$1 + \frac{R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} - \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi_{\text{ср}}\right)}{hc} = k \sqrt{\frac{(\varepsilon-1) \cdot (k-1)}{(1-\varepsilon^{(1-k)})}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} - \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi_{\text{ср}}\right)}{hc} = k \sqrt{\frac{(\varepsilon-1) \cdot (k-1)}{(1-\varepsilon^{(1-k)})}} - 1$$

Обозначим через m^1 :

$$m^1 = \frac{hc}{R} \cdot \left(k \sqrt{\frac{(\varepsilon-1) \cdot (k-1)}{(1-\varepsilon^{(1-k)})}} - 1\right) = \frac{hc}{R} \cdot (\varepsilon_{\text{ср}} - 1)$$

и перепишем решаемое уравнение:

$$1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} - \frac{\lambda}{4} \cdot \cos 2\varphi_{\text{ср}} - m^1 = 0$$

Так как:

$$\cos 2\varphi_{\text{ср}} = 2\cos^2\varphi_{\text{ср}} - 1$$

То:

$$1 + \frac{\lambda}{4} - \cos\varphi_{\text{ср}} + \frac{\lambda}{4} - \frac{\lambda}{2} \cdot \cos^2\varphi_{\text{ср}} - m^1 = 0$$

То:

После преобразований имеем:

$$-\frac{\lambda}{2} \cdot \cos^2\varphi_{\text{ср}} - \cos\varphi_{\text{ср}} + 1 + \frac{\lambda}{2} - m^1 = 0$$

Получилось квадратное уравнение. Обозначим:

$$x = \cos\varphi_{\text{ср}}$$

Меняем знак всех членов на противоположный и получаем:

$$\frac{\lambda}{2} \cdot x^2 + x - \left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^1\right) = 0$$

Теперь:

$$a = \frac{\lambda}{2}$$

И:

$$b = 1$$

А также:

$$c = -\left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^1\right)$$

Решение уравнения:

$$X_{1,2} = \arccos\left(\frac{-1 \pm \sqrt{1^2 - \frac{4 \cdot \lambda}{2} \cdot \left(-\left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^1\right)\right)}}{\frac{2 \cdot \lambda}{2}}\right), \text{ откуда}$$

$$X_{1,2} = \arccos\left(\frac{-1 \pm \sqrt{1^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^1\right)}}{\lambda}\right)$$

Численная проверка показала, что действительный корень только один:

$$\varphi_{\text{ср}} = \arccos\left(\frac{-1 + \sqrt{1^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^1\right)}}{\lambda}\right), \text{ рад} \quad (3)$$

Для такта сжатие уравнение для вычисления степени сжатия, на которой текущее давление в такте равно среднему давлению во всем такте, идентично

уравнению (3) с m^2 и уточнением «до верхней мертвой точки»:

$$m^2 = \frac{hc}{R} \cdot \left(\varepsilon \cdot k \sqrt{\frac{(\varepsilon-1) \cdot (k-1)}{(1-\varepsilon^{(1-k)})}} - 1\right) = \frac{hc}{R} \cdot (\varepsilon_{\text{ср}} - 1)$$

$$\varphi_{ссп} = \arccos \left(\frac{-1 + \sqrt{1^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^2\right)}}{\lambda} \right), \text{ рад (4)}$$

Анализируем уравнения (3) и (4) применительно к идеальному циклу Отто в одном частном случае, совершаемому в двигателе с КШИМ со стремящейся

к бесконечности длиной шатуна при показателе адиабаты k :

$$\text{если } L \rightarrow \infty, \text{ то } \lambda = \frac{R}{L} \rightarrow 0, \text{ то } \sqrt{1^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^{1,2}\right)} \rightarrow 1$$

$$\left(\frac{-1 + \sqrt{1^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2} - m^{1,2}\right)}}{\lambda} \right) \rightarrow 0, \text{ а } \varphi_{ссп}, \text{ ссп} \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

Анализируя уравнение перемещения поршня [3, с. 293] при бесконечной длине шатуна получаем:

$$\text{если } L \rightarrow \infty, \text{ то } \lambda = \frac{R}{L} \rightarrow 0, \phi \rightarrow \frac{\pi}{2} \text{ и } \cos \phi \rightarrow 0,$$

$$\text{а } S = R \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{4} - \cos \varphi - \frac{\lambda}{4} \cdot \cos 2\varphi\right) \rightarrow R,$$

и учитывая, что $S = 2 \cdot R$, приходим к выводу, что поршень в первой половине хода проходит такое же расстояние, что и во второй, означая, что в идеальном цикле Отто в рассмотренном выше частном случае углы ПКВ, на которых текущее давление в цилиндре равно среднему давлению в тактах расширения и сжатия, совершающихся при показателе адиабаты k , должны быть равны:

$$\varepsilon_{ссп} = \varepsilon_{ссп} = \sqrt{\varepsilon},$$

но это совершенно неочевидно, так как члены уравнений (3) m^1 и (4) m^2 не зависят от отношения радиуса кривошипа к длине шатуна λ .

А как теоретически поведут себя степени сжатия $\varepsilon_{ссп}$ и $\varepsilon_{ссп}$, а также углы ПКВ $\varphi_{ссп}$ и $\varphi_{ссп}$ в описанном выше частном случае для разных по величине средних показателей политроп? Из тех же уравнений (3) и (4) очевидно, что углы ПКВ $\varphi_{ссп}$ и $\varphi_{ссп}$ при стремящейся к бесконечности длине шатуна при любом среднем показателе стремятся к $\frac{\pi}{2}$, поршень в первой половине хода проходит такое же расстояние, что и во второй, но неочевидно, что степени сжатия $\varepsilon_{ссп}$ и $\varepsilon_{ссп}$ стремятся к равенству. Проанализируем, при каких условиях степени сжатия $\varepsilon_{ссп}$ и $\varepsilon_{ссп}$ стремятся к равенству. Их уравнения для реальных двигателей выглядят так:

$$\varepsilon_{ссп} = \sqrt[n_2]{\frac{(\varepsilon-1) \cdot (n_2-1)}{(1-\varepsilon^{(1-n_2)})}} \quad (1)$$

и

$$\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_c = \left| \frac{\lambda+1}{\lambda-1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{(k-1)}}\right) + \frac{2 \cdot k}{\varepsilon^{(k-1)} \cdot (\lambda-1)} \cdot \left(1 - \frac{T_o}{T_1}\right) \right| \cdot (0,5 - 0,159 \cdot \varphi_{vmax}) \quad (5)$$

$$\varepsilon_{ссп} = \varepsilon \cdot \sqrt[n_1]{\frac{(1-\varepsilon^{(1-n_1)})}{(\varepsilon-1) \cdot (n_1-1)}} \quad (2)$$

Численной проверкой установлено, что при неизменных отношении радиуса кривошипа к длине шатуна λ и средних показателях политроп расширения n_2 и сжатия n_1 , степени сжатия $\varepsilon_{ссп}$ и $\varepsilon_{ссп}$ стремятся к равенству, кроме того, углы ПКВ $\varphi_{ссп}$ и $\varphi_{ссп}$ стремятся к $\frac{\pi}{2}$ при снижении степени сжатия ε , что чревато снижением термического коэффициента полезного действия [2, с.239] (далее КПД):

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{(k-1)}}, \text{ если } \varepsilon \downarrow, \text{ то } \eta_t \downarrow$$

Итак, идеальным циклом Отто, термический КПД которого, что явствует из его общепризнанного профильной наукой уравнения, не зависит от механики, при изменении подхода допускается неоднозначное решение. Возможно, что существуют некие неизвестные факторы, такие, как, угол ПКВ, на котором скорость поршня максимальна [3, с. 295], а также не анализируемые технической термодинамикой по причине невозможности вспомогательные газообменные процессы [2, с.237]. Кстати, при стремящейся к бесконечности длине шатуна к $\frac{\pi}{2}$ стремится и угол ПКВ φ_{vmax} , на котором скорость поршня максимальна [3, с.295], решение уравнения которого однозначно (без вывода):

$$\varphi_{vmax} = \arccos \left(\frac{-1 + \sqrt{1+8 \cdot \lambda^2}}{4 \cdot \lambda} \right)$$

Именно неучтенные до сих пор факторы учитывает разработанная Автором настоящей статьи, но пока официально неопубликованная «Механическая теория двигателя Отто», в которой уравнение общего термического КПД в первом приближении выражает количество теплоты, преобразованной в механическую работу вращательного движения коленчатого вала :

где η_r – термический КПД поршня, η_r – термический КПД на коленчатом валу, Λ – степень повышения давления [1, с.6], T_0 – температура рабочего тела на начале такта впуск, T_1 – температура рабочего тела в конце такта впуск, что соответствует началу такта сжатие. Из уравнения (5) понятно, что даже при стремящихся к бесконечности длине шатуна и к единице степени сжатия общий КПД отличен от нуля, и равен нулю только при $T_0 = T_1$. Однако детальное

рассмотрение механической теории двигателя Отто выходит за рамки настоящей статьи.

В заключение стоит подчеркнуть, что хотя окончательно и бесповоротно цивилизация и отказалась от двигателя внутреннего сгорания, вероятно, будет небесполезно, если научное сообщество обратит внимание на настоящую статью хотя бы ради установления истины.

Список литературы:

1. Кодиров Н. Новое о степени сжатия в поршневых двигателях с подводом теплоты при постоянном объеме // Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XLVI междунар. науч.-практ. конф. – № 6(46). – М., Изд. «МЦНО», 2021, С. 4-11.
2. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. Учебн. пособие для неэнергетических специальностей вузов. М., «Высшая школа», 1975, с. 496.
3. Ховах М.С. и Маслов Г.С. Автомобильные двигатели. Изд. 2-е, пер. и доп. М., «Машиностроение», 1971, с. 456.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

DOI: 10.32743/UniTech.2021.88.7.12094

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОНВЕЙЕРОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ РУДЫ
ГОРНОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**Эшмуродов Зиёдулло Орипович**

канд. техн. наук,
Навоийский государственный горный институт,
Республика Узбекистан, г. Навои
E-mail: eshmurodov.60@mail.ru

Исмоилов Мухриддин Тулкин угли

ассистент, Навоийский государственный горный институт,
Республика Узбекистан, г. Навои
E-mail: imuxriddin@mail.ru

Орипова Умида Зиёдулло кизи

студент, Навоийский государственный горный институт,
Республика Узбекистан, г. Навои

MATHEMATICAL MODELS OF ORE TRANSPORTATION CONVEYORS
OF MINING TRANSPORT SYSTEMS**Ziyodullo Eshmurodov**

candidate of Technical Sciences,
Navoi State Mining Institute,
Republic of Uzbekistan, Navoi

Mukhriddin Ismoilov

assistant, Navoi State Mining Institute,
Republic of Uzbekistan, Navoi

Umida Oripova

4th year student Navoi State Mining Institute,
Republic of Uzbekistan, Navoi

АННОТАЦИЯ

В статье предлагается энергетическая модель, отличающаяся от ранее предложенных моделей тем, что в модели учитывается различное количество массы на длину по всей длине конвейера, и поэтому можно дать более точную оценку потребления энергии ленты. Приведены расчетные формулы потери в преобразователе, учет потерь в гармонике и в обмотке. Получены кривые потери в инвенторе, изменение КПД асинхронного двигателя при номинальных значениях мощности.

ABSTRACT

The article proposes an energy model that differs from the previously proposed models, in that the model takes into account a different amount of mass per length throughout the length of the conveyor, and therefore it can give a more accurate estimate of the energy consumption of the belt. The calculated formulas of losses to converters, accounting for losses in the harmonic and in the winding are given. The curves of losses in the inventory, the change in the efficiency of the asynchronous motor at the nominal values of the moshness are obtained.

Ключевые слова: конвейер, энергетическая модель, инвертор, эффективность, потери, преобразователь, асинхронная машина.

Keywords: conveyor, energy model, inverter, efficiency, losses, converter, asynchronous machine.

Большая часть современной литературы по моделированию ленточных конвейеров сосредоточена на динамическом моделировании, натяжении ленты, упругих свойствах материала ленты и моделировании отдельных видов сопротивления [2; 1; 5]. Однако также необходимо, чтобы энергетическая модель отражала величины материала, перемещаемого конвейерами, в целях оптимизации затрат на электроэнергию [5]. Текущие модели предполагают установившееся состояние с однородной массой материала на единицу длины всей ленты [6; 3].

Предлагаемая математическая модель использует уравнение в частных производных первого порядка для определения состояния материала на ленте и двухпараметрическое уравнение, полученное из устоявшегося в отрасли стандарта для количественной оценки требований к мощности конвейера. В

отличие от ранее предложенных моделей, наша модель учитывает различное количество массы на длину на всей протяженности конвейера, и поэтому можно дать более точную оценку потребления энергии ленты. Результаты показывают, что предложенная энергетическая модель дает значения мощности близкие к условиям максимальной нагрузки.

Желобчатый конвейер приводится в движение системой с приводом от электродвигателя и поддерживается системой шкивов, как показано на рис. 1. Транспортер переносит сыпучий материал на поверхность с желобами резиновой ленты. Желобчатая структура конвейерной ленты поддерживается наборами равномерно расположенных натяжных роликов (рис. 2). Ленты снабжены загрузочным желобом в хвостовой части и скребком под головной частью [8].

Рисунок 1. Упрощенный эскиз конвейера

Для регулирования скорости приводов используются частотные преобразователи. Общие потери в преобразователе частоты будут определяться по потере передачи и переключению в выпрямителе, а также в инверторе. Средние прямые потери $P_{VUmrDurch}$ для диодов и IGBT1 приводят к прямому напряжению U_F и дифференциальному сопротивлению r_F компонентов в постоянном токе. Инверторы из [7]:

$$P_{VUmrDurch} = U_F \bar{I} + r_F I^2. \quad (1)$$

При этом $\bar{I}$ и I являются средними и эффективными значениями токов, проходящих через компоненты. Выходной ток инвертора I_{Umr} делится в зависимости от процесса модуляции, степени модуляции и угла мощности в различных пропорциях на диодах и на IGBT. В дальнейшем характеристика потерь (U_F ; r_F) IGBT и диода определяется как принятая равной, таким образом, сумма пропускных потерь не зависит от модуляции и угла мощности.

Для потерь переключения в инверторе [4]:

$$P_{VUmrSchalt} = E_{Schalt}(I, U_{zk}) f_{Puls}. \quad (2)$$

При этом f_{Puls} – это частота импульсов инвертора, а $E_{Schalt}(I, U_{zk})$ – энергия потери переключения, которая в первом приближении пропорциональна току I и напряжению промежуточной цепи U_{zk} . Потери переключения линейно зависят от частоты пульса f_{Puls} , но частота пульса будет, как правило, выбираться при вводе в эксплуатацию и после этого больше не изменяется. Эти потери переключения не зависят от степени модуляции и угла мощности.

Зависимость потерь преобразователя от инвертора выходного тока I_{Umr} по (1) и (2) описывает полинома второй степени:

$$P_{VUmr} = C_1 + C_2 I_{Umr} + C_3 I_{Umr}^2. \quad (3)$$

Коэффициенты полинома функции подхода C_1 – C_3 определяются на основе данных таблицы. Некоторые производители (например, ПЭВ) дают при потере преобразователя частоты 100 % и 125 % номинальный ток P_{VUmr} 100 % и P_{VUmr} 125 %, а также на холостом ходу P_{VUmr} 0 %.

Коэффициенты $C_1 \dots C_3$ функции приближения (3) вытекают из [7]:

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{(1,25^2 - 1,25)I_N^3} \begin{bmatrix} (1,25^2 - 1,25)I_N^3 & 0 & 0 \\ (1 - 1,25^2)I_N^2 & (1,25^2)I_N^2 & -I_N^2 \\ (1 - 1,25 - 1)I_N & -1,25I_N & I_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{VUmr0\%} \\ P_{VUmr100\%} \\ P_{VUmr125\%} \end{bmatrix} \quad (4)$$

На рисунке 2 показана кривая потерь, аппроксимированная функцией приближения в (3).

Рисунок 2. Потери в инверторе в зависимости от выходного тока

Эффективность асинхронной машины в зависимости от нагрузки в DIN CLC / TS 60034-31 [4] введена приближением к КПД. На рисунке 3 представ-

лен КПД в зависимости от крутящего момента двигателя. Это основано на данных таблицы эффективности на 100 %, а также 75 % нагрузки и расчетной скорости двигателя. Приводы с переменной скоростью все чаще используются для использования энергосберегающих потенциалов в транспортных системах. Таким образом, определение эффективности в зависимости от нагрузки при скорости вращения без включения дополнительных потерь, вызванных работой инвертора, недостаточно. Поэтому здесь представлен метод, с помощью которого эффективность двигателя как для асинхронной машины, так и для синхронных машин с постоянным магнитным возбуждением, нагрузка и вращение определяются в зависимости от количества данных [1; 3; 4].

В большинстве квазистационарных приводных систем в настоящее время используются прочные и устойчивые асинхронные двигатели. В качестве энергоэффективной альтернативы также используются синхронные двигатели с постоянным магнитным возбуждением.

Рисунок 3. Изменение КПД асинхронного двигателя $P_n = 4$ кВт

Для асинхронных машин, в том числе 100 % и 75 % эффективности – η 100 % и η 75 %, а также номинальные значения мощности P_N , скорости n_N , тока I_{SN} , напряжения U_{SN} и коэффициента мощности $\cos(\varphi_N)$ указаны в техническом паспорте.

Для расчета потерь сначала оцениваются параметры схемы замещения из данных технического паспорта. Параметры схемы замещения позволяют рассчитать потери двигателя в зависимости от частоты вращения двигателя, а также от момента двигателя. В модели потери включают в себя медь, железо и потери трения, а также эффекты различных

способов управления, как, например, U/f^2 – управление или режим ослабления поля.

Учет потерь гармоник при работе преобразователя в дополнение к фундаментальным колебаниям усиливает дополнительную пульсацию тока, которая называется здесь током искажения. Для эффективного значения тока искажения I_{VZ} применяется (5) со степенью модуляции M и напряжением промежуточной цепи U_{zk} . Потери в обмотке из-за гармоник поэтому, P_{VCuOS} в (3.25) квадратично уменьшается с частотой импульсов [7]:

$$I_{VZ} = \frac{MU_{ZK}}{8\sqrt{3}f_{Puls}(L_{\sigma S} + L'_{\sigma R})} \sqrt{0,5 - 0,7M + 0,3M^2}, \quad M = \frac{2\bar{U}_s}{U_{ZK}}, \quad (5)$$

$$P_{Vcuos} = 3R_S I^2_{vz} \quad (6)$$

Пример для асинхронного двигателя 7,5 кВт (IN = 9; 4 A, $L_{sS} \approx L'_{sS} \approx 20 \text{ мГн}$) с одной частотой импульсов $f_{Puls} = 2 \text{ кГц}$ приводит к искажению тока $I_{VZ} \approx 130 \text{ мА}$ согласно (5). Поэтому гармоники едва увеличивают потери в обмотке и находятся на частотах импульсов $f_{Pulse} \geq 2 \text{ кГц}$.

Преобразователь частоты использует метод модуляции, такой как, например, пространственная векторная модуляция. Напряжение показывает рядом с основной вибрацией U_{S1} дополнительную гармоническую составляющую U_{Sv} . На рисунке 4 показаны ча-

стотные составляющие напряжения двигателя, фазовое напряжение U_S (соединение «звезда»). Напряжение проводника (фактор $\sqrt{3}$) и пиковое значение (фактор $\sqrt{2}$). Вибрации U_{Sv} лежат в боковых полосах, кратных частоте импульсов:

$$f_v = i f_{puls} \pm n f_1 (v, i, n \in \mathbb{Z}), \quad (7)$$

где n – числовая переменная соответствующих частот; i – кратная частота пульса и n интервала соответствующих боковых лент, кратного базовой частоте вибрации f_1 .

Рисунок 4. Вычисленные частотные доли спрямленного напряжения двигателя (модуляция пространственного указателя) с $f_1 = 50 \text{ Гц}$, $f_{Puls} = 8 \text{ кГц}$ и $\alpha = 500$

Эти гармоники также (вызывают) приводят к изменению магнитного потока Φ_v :

$$U_{s,v} \sim f_v \Phi_v \quad (8)$$

Таким образом, возникают дополнительные потери:

$$U_{Sv} \sim f_v \Phi^2_m \sim \frac{1}{f_v} U_{s,v}^2 \quad (9)$$

Дополнительные потери гистерезиса от высоких частот возникают из-за верхних колебаний.

Этот фактор понимается только как аппроксимация, так как здесь верхние колебания независимо накладываются друг на друга, что физически из-за наложения связанных магнитных полей неверно. Для расчета коэффициента используется пульсирующий узор шестигранника. Моделируются конвертеры с модуляцией 400V-Netz. Вычисленные амплитуды

верхнего и базового колебаний составляют коэффициент потерь k_{OS} , который на рис. 5 показан в качестве функции основного сдвига напряжения двигателя [7].

Рисунок 5. Отношение потерь относительно работы сети

Список литературы:

1. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О., Ташева Х.Т. Математические модели электроприводов горных машин // Проблемы информатики и энергетики. – 2017. – № 1. – С. 65–70.
2. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод : учеб. пособие / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского. – М. : ACADEMIA, 2004. – 202 с.
3. Монастырский В.Ф. Снижение энергозатрат при транспортировании насыпных грузов с помощью управления скоростью ленты конвейера / В.Ф. Монастырский, В.Ю. Максютенко, Р.В. Кирия, И.А. Бужинский // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2007. – № 10. – С. 35–37.
4. Эшмуродов З.О., Бобожанов М.К. Исследование эффективности конвейеров горнотранспортных систем // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020. – № 3. – С. 109–112.
5. Jenni F., Wüest D. Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter. vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich und B.G. – Teubner Stuttgart, Zürich, 1995.
6. Kolar J.W., Ertl H., Zach F.C. Influence of the Modulation Method on the Conduction and Switching Losses of a PWM Converter System // IEEE Transactions on Industry Applications. – 1991. – № 27.
7. Schützhold J., Benath K., Hofmann W. Berechnung des drehzahl- und lastabhängigen Wirkungsgrads von elektrischen Maschinen anhand von Datenblattangaben. ETG Fachbericht 139. – Int. ETG-Kongress, Berlin, 2013.
8. Zhang S., Xia X. A new energy calculation model of belt conveyor // IEEE AFRICON. – 2009. – P. 694–699.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 7(88)
Июль 2021

Часть 1

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3
16+