MONOGRAFIA
POKONFERENCYJNA

SCIENCE,
RESEARCH, DEVELOPMENT #36

TECHNICS AND TECHNOLOGY.

London

29.12.2020 - 30.12.2020

U.D.C. 004+62+54+66+082
B.B.C. 94
Z 40

Zbiór artykułów naukowych recenzowanych.

(1) Z 40 Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej (on-line) zorganizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych oraz badawczych z państw obszaru byłego Związku Radzieckiego oraz byłej Jugosławii.

(30.12.2020) - Warszawa, 2020.
ISBN: 978-83-66401-77-8

Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»
Adres wydawcy i redakcji: 00-728 Warszawa, ul. S. Kierbedzia, 4 lok.103
e-mail: info@conferenc.pl

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Powielanie i kopiowanie materiałów bez zgody autora jest zakazane. Wszelkie prawa do artykułów z konferencji należą do ich autorów.

W artykułach naukowych zachowano oryginalną pisownię.

Wszystkie artykuły naukowe są recenzowane przez dwóch członków Komitetu Naukowego.

Wszelkie prawa, w tym do rozpowszechniania i powielania materiałów opublikowanych w formie elektronicznej w monografii należą Sp. z o.o. «Diamond trading tour».

W przypadku cytowań obowiązkowe jest odniesienie się do monografii.

Publikacja elektroniczna.

«Diamond trading tour» © Warszawa 2020

ISBN: 978-83-66401-77-8

Redaktor naukowy:

W. Okulicz-Kozaryn, dr. hab, MBA, Institute of Law, Administration and Economics of Pedagogical University of Cracow, Poland; The International Scientific Association of Economists and Jurists «Consilium», Switzerland.

KOMITET NAUKOWY:

W. Okulicz-Kozaryn (Przewodniczący), dr. hab, MBA, Institute of Law, Administration and Economics of Pedagogical University of Cracow, Poland; The International Scientific Association of Economists and Jurists «Consilium», Switzerland;

С. Беленцов, д.п.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, Россия;

Z. Čekerevac, Dr., full professor, «Union - Nikola Tesla» University Belgrade, Serbia;

Р. Латыпов, д.т.н., профессор, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), Россия;

И. Лемешевский, д.э.н., профессор, Белорусский государственный университет, Беларусь;

Е. Чекунова, д.п.н., профессор, Южно-Российский институт-филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, Россия.

N. Yuriychuk, Ph. D in Pedagogics, Assistant Professor, Assistant Professor at the Chair for Ukrainian Linguistics and Methods of Education SHEI «Pereiaslav-Khmelnytskyi State Pedagogical Hryhorii Skovoroda University», Ukraina

U. Buts, PhD in Economics, Belarusian Agricultural Academy.

KOMITET ORGANIZACYJNY:

A. Murza (Przewodniczący), MBA, Ukraina;

А. Горохов, к.т.н., доцент, Юго-Западный государственный университет, Россия;

A. Kasprzyk, Dr, PWSZ im. prof. S. Tarnowskiego w Tarnobrzegu, Polska;

A. Malovychko, dr, EU Business University, Berlin – London – Paris - Poznań, EU;

S. Seregina, independent trainer and consultant, Netherlands;

M. Stych, dr, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, Polska;

A. Tsimayeu, PhD, associate Professor, Belarusian State Agricultural Academy, Belarus.

I. Bulakh PhD of Architecture, Associate Professor Department of Design of the Architectural Environment, Kiev National University of Construction and Architecture

Recenzenci:

L. Nechaeva, PhD, Instytut PNPU im. K.D. Ushinskogo, Ukraina;

М. Ордынская, профессор, Южный федеральный университет, Россия.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ОБЛІКУ ЧАСУ У ПРОГРАМНІЙ СИСТЕМІ ОРЕНДИ БАСКЕТБОЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ

Гриб Р. В., Онищенко К. Г. 6

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЗАДОВОЛЕНОСТІ СПОЖИВАЧА

Кочіна К. Р., Онищенко К. Г. 9

РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ВВОДУ/ВИВОДУ У МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Чернишов М. С. 13

LOAD BALANCING IN PARALLEL EQUITATIONS

Mitriaiev S. 16

INFORMATION STORAGE TECHNOLOGIES FOR E-COMMERCE SYSTEMS

Tukalo R.A., Bielievtsov V.V. 18

ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ КОРИСТУВАЧАМИ ТА ЗАКЛАДАМИ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

Ярушников Є. В., Онищенко К. Г. 20

OPTIMAL BINARY SEARCH TREES

Zhyla M.G. 23

ЗАСТОСУВАННЯ ФРЕЙМВОРКУ THREE.JS ПРИ ВИВЧЕННІ КУРСУ ПРОГРАМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Ракович Г.М.s 27

ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛІЗМУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Сергієнко О.С. 30

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИВОДУ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ГОЛОГРАФІЧНОГО ВІДЕОЗВ'ЯЗКУ

Безуглий І. В., Онищенко К. Г. 33

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРЕГАТНОГО МЕТОДУ РЕМОНТУ

Дьодьо Б. М, Мельянцов П.Т. 36

ОЦІНКА РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА МОДИФІКАЦІЇ НШ-К ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА
Соколов С. А., Мельянцов П.Т. 42

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Сажин В.Б. 51

ТЕОРЕМА БАЙЕСА НА ПРИКЛАДІ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТУ
Гриненко А. О., Олійник О. В. 60

PARADOX OF MONTY HALL AS MODEL OF REAL PROCESSES
Liutova K. 63

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ДЕМПСТЕРА-ШАФЕРА
Коба Ю.Ю., Олійник О.В. 65

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ОБРАБОТАННЫХ В БУРЕ
Шарабидзе М.Р., Гогинови К.М., Хвадагиани Л.С. 69

О ВОССТАНОВЛЕНИИ МОНООКСИДА МАРГАНЦА МОНООКСИДОМ УГЛЕРОДА
Пантейков С. П. 73

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ОБЛІКУ ЧАСУ У ПРОГРАМНІЙ СИСТЕМІ ОРЕНДИ БАСКЕТБОЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ.

Гриб Роман Владиславович
Харківський національний університет радіоелектроніки
студент кафедри Програмної інженерії

Онищенко Костянтин Георгійович
Харківський національний університет радіоелектроніки
асистент кафедри Програмної інженерії

Ключові слова: УКРАЇНСЬКИЙ БАСКЕТБОЛ, АРЕНДА БАСКЕТБОЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ, СПОРТ.

Keywords: UKRAININAN BASKETBALL, BASKETBALL COURT RENTAL, SPORT.

З 90-х років XX століття до сьогодення стрімко зростає інтерес населення до спортивної діяльності, від простого виконання фізичних вправ до професійного спорту, зокрема до гри в баскетбол.

Така зацікавленість визначена не тільки популяризацією американського баскетболу, а й діяльністю керівництва України, що спрямовано на розвиток спорту в країні, зокрема Федерація Баскетболу України (ФБУ) [1].

Серед позитивних результатів діяльності можна виділити збільшення кількості баскетбольних майданчиків в містах. Майже у кожній школі є власне місце для гри в баскетбол, а також у містах відведені спеціальні місця – корти для гри у баскетбол.

Але з плином часу, особливо на сьогодні – становище обладнання більшості майданчиків погіршується – покриття майданчика, кільця та щити становляться непригідними для гри, тобто зменшується кількість місць для гри для великої кількості населення, що є дуже серйозною проблемою серед гравців у баскетбол, так як нестача місця змушує гравців домовлятися між собою, що призводить до появи дискомфорту, особливо для людей, які прагнуть грати наодинці.

На сьогодні, не існує таких систем, які направлені на публічну безкоштовну оренду спортивних майданчиків. Але можна привести аналогії з іншими видами оренд, наприклад система PlaygroundFinder дозволяє користувачам знайти місцезнаходження всіх дитячих майданчиків твого міста. А система MeetingRoomApp – дозволяє здавати в оренду спеціально відведені приватні приміщення для використання [2,3].

Тому, пропонується розробити систему, яка допоможе у вирішенні даної проблеми. Ідея полягає у створенні спеціальної оренди баскетбольних майданчиків на певний час та для певної кількості людей.

Користувачі матимуть змогу спілкуватися онлайн, що значно спрощує комунікацію. Програмне забезпечення буде здійснювати контроль виконання правил оренди майданчику для запобігання порушення даних правил. Наприклад набуває популярності дуже поширений вид захисту через QR-код [4].

Система повинна складатися з серверної частини, веб-клієнту та мобільного застосунку, що буде доступний під Android та міститиме в собі функціонал відкриття доступу до баскетбольного майданчику через QR-код [4].

Користувачі матимуть змогу зареєструватись на певний час пограти у компанії гравців або наодинці. Час, дозволений на використання баскетбольного майданчику під час оренди повинен розраховуватися індивідуально для кожної людини, що створить однакові умови використання майданчику, а також буде заохочувати завзятих гравців до підвищення часу оренди. Для того щоб розрахувати максимальну кількість часу для кожної індивідуальності, пропонується наступний алгоритм.

Для того, щоб розрахувати максимальну кількість допустимого часу на користування орендованим майданчиком необхідно брати до уваги спортивну активність користувача. Буде враховуватися частота користування орендою, яка розрахується за наступною формулою:

Ч = (В(м) / 4) * К(гр) * 0.2, де:

В(м): загальна кількість відвідувань майданчиків за останній місяць, у результаті – ділиться на кількість тижнів (4).

К(гр): коефіцієнт відвідування гравця, який буде у кожного користувача, що буде розраховуватися за окремою формулою наведеною нижче.

К(гр) = Кільк(з) / Кільк(відв.), де:

Кільк(з): загальна кількість годин проведених на майданчику людиною взагалі.

Кільк(відв.): загальна кількість відвідувань гравцем баскетбольних майданчиків.

Але даний алгоритм не буде діяти для нових користувачів, які мають менш ніж 30 загальних відвідувань. На основі спостережень було проведено аналіз часу, який гравці витрачають на гру. У результаті чого було виявлено, що для повноцінного проводження часу на майданчику, гравцю необхідно від 1 до 2 годин.

Для нових користувачів доступний мінімальний час оренди буде складати – 1 година, максимальний – 2 години. Це необхідно зробити для того, щоб підтримувати зацікавленість системою, а також допомогти користувачу уникнути фізичного перенавантаження.

Під час проектування механізму орендування майданчику необхідно передбачити можливість вибору кількості гравців команди. Якщо дані клієнти вже зареєстровані, у системі необхідно передбачити можливість командного бронювання, що дозволить автоматизувати взаємодію між користувачами.

Механізм орендування буде здійснюватися на основі “черги”. Система повинна надавати користувачам можливість зареєструвати оренду на пев-

ний, вільний від оренди, час, у результаті чого буде створена “черга оренд”. У разі завчасного припинення використання оренди – користувач, зареєстрований у черзі наступним – отримає можливість увійти на майданчик. Такий спосіб орендування використовується у програмній системі MeetingRoomApp [3].

Система повинна містити можливість сканування QR-коду, який згенерувався під час створення оренди, для більш зручного отримання доступу до майданчику [4].

У результаті дослідження даної предметної області, було проаналізовано вплив баскетболу як спортивної діяльності на громадян України, а також здійснено оцінку теперішнього стану забезпечення баскетбольних майданчиків. Було досліджено проблему відсутності необхідної кількості місць для гри в баскетбол, у результаті чого було пропоновано систему, яка за допомогою спеціального алгоритму розподілення та обліку часу вирішити дану проблему.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Новини баскетболу в Україні. [Електронний ресурс]. URL:https://fbu.ua/ (Дата звернення 16.12.2020).
2. Playground Finder. [Електронний ресурс]. URL: https://www.playgroundfinder.com/ (Дата звернення 15.12.2020).
3. MeetingRoomApp. [Електронний ресурс]. URL: https://www.meetingroomapp.com/ru/(Дата звернення 15.12.2020).
4. An Overview of QR Code. [Електронний ресурс]. URL: https://www.qr-code-generator.com/blog/qr-code-security/ (Дата звернення 16.12.2020).

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЗАДОВОЛЕНОСТІ СПОЖИВАЧА

Кочіна Катерина Романівна
Харківський національний університет радіоелектроніки
студент кафедри Програмної інженерії

Онищенко Костянтин Георгійович
Харківський національний університет радіоелектроніки
асистент кафедри Програмної інженерії

Ключові слова: ІНДЕКС ЗАДОВОЛЕНОСТІ СПОЖИВАЧА, ІЗС, ЗАДОВОЛЕНІСТЬ СПОЖИВАЧІВ

Keywords: CUSTOMER SATISFACTION INDEX, CSI, CUSTOMER SATISFACTION

Кожен день сучасної людини наповнений ринковими відносинами –кожен момент хтось продає, а хтось купує. Будь-який бізнес має на меті свій розвиток, а будь-який споживач зацікавлений в отриманні якісного продукту чи послуги. Тому знання виробником ступеню задоволеності споживача є важливим для обох з них.

У світі маркетингу існує термін CSI – Customer satisfaction index – це показник, що відображає ступінь сприйняття клієнтом якості товару або послуги. Компанії використовують його як нефінансовий індикатор фінансової ефективності на довгострокову перспективу. Це пов›язано з тим, що в його основі лежить переконання, що чим більше задоволені споживачі, тим вище ймовірність, що вони залишаться лояльними і це призведе до успіху компанії на ринку.

Розрізняють два різновиди індексів задоволеності споживача: ACSI – American Customer Satisfaction Index – національний показник оцінки американськими споживачами якості товарів і послуг з 1994 року [1]; ECSI – European Customer Satisfaction Index – такий саме за своїм змістом показник, як і попередній, окрім того, що він був введений на території Європи у 1999 році [2].

Під час підрахунку індексу задоволеності споживача необхідно врахувати наступні цілі:

- визначити вразливі місця комплексу маркетингу з метою його зміни;
- визначити помилки у системі управління обслуговуванням;
- оцінити якості сервіс-менеджменту;
- визначити елементи бізнес-моделі, які необхідно поліпшити.

Перед розрахунком CSI необхідно провести опитування споживачів, які купували товар або ж послугу конкретного виробника останнім часом. У класичному варіанті опитування представлене у вигляді анкети, яку споживач заповнює особисто або від-

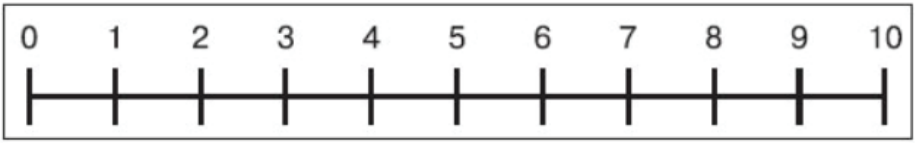

Рисунок 1 – Числова рейтингова шкала

повідаючи на запитання працівника кол-центру за телефоном. Питання в анкеті можуть бути різної тематики в залежності від специфіки підприємства-виробника, особливостей продукції, що виробляється, і послуг, що надаються. Клієнтів можна запитувати щодо загальної задоволеності товаром або послугою з використанням п›ятибальної шкали 1 вельми незадоволений, 5 дуже задоволений). Опитування споживачів після отримання послуги мають включати в себе комбінацію з оцінок, відповідей так/ні і якісних питань. Бажано, аби в якості інструменту дослідження виступали фокус-групи, які дозволяють отримати більш якісне уявлення про рівні задоволеності. З метою досягнення ефективності проведених розрахунків індексу задоволеності потрібно застосовувати і якісні, і кількісні методи дослідження.

Процес вимірювання індексу задоволеності повинен включати в себе чотири етапи:

- визначення важливих параметрів (атрибутів товару або послуги);
- проведення опитування споживачів і виявлення ставлення їх до даних параметрів;
- визначення важливості кожного параметра для споживача;
- аналіз отриманих відповідей і прийняття відповідних маркетингових заходів.

В процесі відбору споживачів для проведення опитування і вимірювання ступеня задоволеності необхідно застосовувати такі стимулюючі заходи як надання знижки або подарунку. Розрахунок індексу CSI треба проводити на основі оцінок, які зробили споживачі щодо певного набору атрибутів якості товару/послуги. Оскільки ці компоненти по-різному здатні впливати на задоволеність, вони часто (при підрахунку ACSI) мають свій ваговий коефіцієнт. Отже, далі отримані результати необхідно зважити за допомогою вагових коефіцієнтів. Сума цього зважування і є величиною індексу CSI.

Таким чином, CSI – це середнє між усіма елементами, які грають роль у задоволеності споживачів.

Для надання оцінки суб'єктивному відчуттю існують два популярні методи оцінювання: метод числової рейтингової шкали (Numeric rating scale, NRS [3]) (рисунок 1) та метод візуально-аналогової шкали (Visual analog scale, VAS [4])(рисунок 2). Відповідно до досліджень щодо порівняння NRS та VAS, що проводились здебільшого в сфері медицини, статистично резуль-

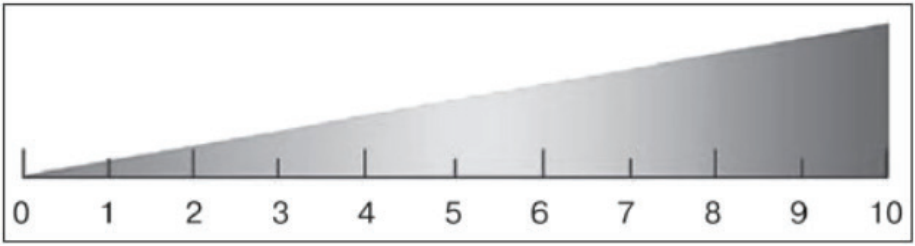

Рисунок 2 – Візуально-аналогова шкала

тати, що надаються за обома шкалами, мають досить невеликий розбіг, проте оцінювання за допомогою візуально-аналогової шкали є більш чутливим до змін, а оцінювання за допомогою числової рейтингової шкали є більш зручним у випадку усного опитування великої кількості реципієнтів [5].

Користуючись технологіями, що пропонує нам сьогодення, наприклад, звичайним смартфоном, який зараз мається майже у кожної людини, опитування реципієнтів можна зробити анкетованим за допомогою відповідного ПЗ. Оскільки в цьому разі кожний опитуваний відповідатиме на запитання, що відтворюються на екрані девайсу, опитування доречно проводити за допомогою методу візуально-аналогової шкали, що буде зручніше та візуально приємніше користувачу, та надаватиме більш точну оцінку завдяки інтерпретації відповіді у 100-бальну шкалу [6][7].

Таким чином, якщо проводити збір оцінок ступеню задоволеності споживача за списком критеріїв за допомогою ПЗ, є можливість та сенс використовувати візуально-аналогову шкалу аби дістати відповіді з більшою точністю від опитуваних. Після чого результат опитування, узятого таким чином, слід інтерпретувати в число від 0 до 100 та помножити на ваговий коефіцієнт критерію. Та в результаті розрахувати суму, що і буде результуючою оцінкою задоволеності.

Отриманий результат буде надавати таку ж саму, або більшу точність оцінки, аніж прийнятий за європейським або американським стандартами. Проте він матиме трохи більшу точність результату та буде більш приємним для споживача, що проходить опитування, а враження від будь-якої взаємодії споживача з виробником завжди впливає на лояльність першого, що, як згадувалося вище, грає немалу роль в успіху компанії на ринку.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. American Customer Satisfaction Index. [Електронний ресурс]. URL: https://www.theacsi.org/about-acsi (Дата звернення 13.12.2020).
2. Relation Monitor. [Електронний ресурс]. URL: https://relationmonitor.dk/uk/analysis/about_our_research/effektprofil_analysis/ (Дата звернення 13.12.2020).
3. Physiopedia. Numeric Rating Scale. [Електронний ресурс]. URL: https://www.physio-pedia.com/Numeric_Pain_Rating_Scale (Дата звернення 13.12.2020).

4. Physiopedia. Visual Analog Scale. [Електронний ресурс]. URL: https://www.physio-pedia.com/Visual_Analogue_Scale (Дата звернення 13.12.2020).
5. NEJM Journal Watch. [Електронний ресурс]. URL: https://www.jwatch.org/em200305140000005/2003/05/14/visual-analog-scale-vs-numerical-rating-scale (Дата звернення 13.12.2020).
6. Afanasieva I. Data exchange model in the Internet of Things concept / I. Afanasieva, N. Golian, O. Hnatenko, Y. Daniiel, K. Onyshchenko // Telecommunications and Radio Engineering, New York, 2019. – 10(78). – p. 869-878.
7. Даниель Я.Д. Сбор результатов опроса методом визуально-аналоговой шкалы для дальнейшей обработки в медицинском веб-приложении / Я.Д. Даниель, А.П. Турута // ScienceRise. – 2017. – 5(2). – С. 27-30.

РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ВВОДУ/ВИВОДУ У МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Чернишов М. С.
Студент
Харківський національний університет радіоелектроніки

Ключові слова: паралельне програмування, потік, процес, Python

Сьогодні надзвичайно важливою галуззю програмування стало паралельне програмування. Тому важливо розуміти, яким чином програмістам можна використовувати багатоядерність в процесі розробки програмного забезпечення, для яких задач та з використанням яких інструментів це ефективно і дає значне прискорення [1, с. 23].

Доволі часто мову програмування Python використовують з метою парсингу веб-сторінок, отримання певних даних із них [2, с. 67]. Тому розглянемо, як можна зберегти зображення, знаючи посилання на нього, та зберегти на жорсткому диску. Дізнаємося, чи вдасться прискорити виконання створеної програми за рахунок паралелізму.

Скрипт використовуватиме ряд бібліотек, таких як numpy (для генерації псевдовипадкових чисел), time (для заміру часу), requests (для отримання ресурсів у мережі Інтернет), concurrent.futures (конкурентне програмування). Фрагмент скрипту з основними функціями наведено на рисунку 1.

Спочатку визначається масив посилань для завантаження фото (дано одне посилання, що повторюватимуться по 100 разів, саме таку кількість посилань і міститиме список urls).

Функція save_image() призначена для збереження зображення на жорсткому диску. Вхідний параметр – посилання на веб-ресурс. За допомогою функції get() модуля requests, що отримує посилання на зображення, робимо запит до веб-сторінки й отримуємо екземпляр класу requests.Response, двійковий вміст якого (зображення), що міститься в полі content, зберігаємо в змінній binary. Створюємо файл під назвою photoЧИСЛО.png, де ЧИСЛО – випадкове ціле від 0 до 9999. У створений файл зберігаємо зображення в поточному каталозі, де знаходиться скрипт.

Для послідовного завантаження кожного зображення з певної колекції створено функцію, що отримуватиме колекцію посилань і кожен її елемент передаватиме параметром викликаної на кожній ітерації функції save_image(). Дана функція отримала назву sequential_image_saving().

Спробуємо розпаралелити процес завантаження зображень, використовуючи клас ThreadPoolExecutor з модуля concurrent.futures. Створимо пул потоків, кількість яких визначається першим аргументом функції та розподілимо між потоками виконання функції save_image() для кожного посилання з

```
urls = ['http://youngdeveloper.com.ua/img/cpp_logo.png'] * 100


def save_image(url):
    res = requests.get(url)
    binary = res.content

    with open('photo' + str(np.random.randint(9999)) +
              '.png', 'wb') as f:
        f.write(binary)


def sequential_image_saving(collection):
    for k in collection:
        save_image(k)


def concThPoolSaveIm(thread_num, collection):
    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(thread_num) as executor:
        executor.map(save_image, collection)


def concPrPoolSaveIm(thread_num, collection):
    with concurrent.futures.ProcessPoolExecutor(thread_num) as executor:
        executor.map(save_image, collection)
```

Рисунок 1 – Фрагмент коду з основними функціями скрипту

колекції, яка є другим аргументом. Даний код реалізовано в рамах функції concThPoolSaveIm(). Виконаємо те саме, але з використанням пулу процесів (класу ProcessPoolExecutor з того ж модуля). Відповідна функція отримала назву concPrMultiProcPoolSaveIm().

Для визначення часу виконання фрагменту коду було розроблено функцію, котра визначає час на початку виконання коду, викликає відповідну функцію та отримує час по її завершенню. Кінцевий час віднімається від початкового і отримуємо час виконання функції в секундах. Результати ефективності розроблених функцій наведено на рисунку 2.

Відповідно до результатів експерименту, де для паралельного режиму використовувався пул із 8 потоків та 8 процесів, отримуємо, що при використанні потоків вдалося пришвидшити виконання процесу завантаження зображень більш ніж у 2 рази, а при використанні процесів – майже в 4 рази.

Із результатів експерименту можна зробити висновок, що розпаралелювання виконання задач вводу-виводу, таких

```
Sequential algorithm: 9.950201034545898 c.
concurrent.futures.ThreadPoolExecutor: 4.369333028793335 c.
concurrent.futures.ProcessPoolExecutor: 2.498208522796631 c.
```

Рисунок 2 – Час виконання послідовної та паралельних функцій

як завантаження даних із мережі Інтернет та збереження їх на жорсткому диску комп'ютера, є досить ефективним і може дати виграш у часі виконання від 2 до 4 разів в залежності від інструментів використання: потоків чи процесів.

Список використаної літератури

1. Лучано Р. Python. К вершинам мастерства / Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 768 с.
2. Jaworski M., Ziadé T. Expert Python Programming – Birmingham: Packt Publishing, 2019. – 629 с.

LOAD BALANCING IN PARALLEL EQUITATIONS

Mitriaiev Sergiy
Student of the Kharkiv National University of Radioelectronics

Keywords: Load balancing, Parallel computations, Static balancing, Dynamic balancing

The main reason for the slow deployment of parallel programs is that effective parallel programs are difficult to write. Parallel programming adds a second dimension to programming. A huge number of applications that are parallelized do not have a regular structure for efficient parallelization. Such applications require load balancing for efficient parallel operation. The load in these applications can also change over time, which requires rebalancing. The programmer has a choice: either randomly distribute the calculations, create programs that work poorly, or spend more time developing, including the load balancing code in the application.

In recent years, new types of "parallel" computers have appeared. Networks of domestic workstations make parallel calculations available to a growing group of researchers [2, p. 206]. Workstation networks present new challenges for the application programmer. Now, in addition to application imbalance, the parallel program must deal with the background load from other concurrent users. Parallel programs can run on workstation clusters or on interactive user workstations, where the primary user allows parallel computing only when the computer is not used interactively [5]. Finally, computing clusters may expand over time, but with the rapid increase in computing power, new processors are likely to be faster than the old machines they complement. To maximize throughput, load balancers in parallel programs must take all of these factors into account.

Labor migration is a unified scheme for eliminating load imbalance [4], associated with both applications and external causes. The difficulty with transferring work is that either the work is redistributed depending on the program that burdens the programmer, or automatic migration is supported, but with low accuracy due to lack of knowledge about a particular application.

Object migration provides a way to perform accurate and detailed automatic load balancing. Objects usually have small, well-defined areas of memory in which they operate, which reduces the cost of migration. Using the Charm ++ object model, the runtime system measures the work represented by specific objects, rather than extracting runtime from the heuristics of a particular application. In addition, the executable system writes patterns of interaction between objects.

There are only two types of load balancing – static and dynamic [1].

First, static balancing is performed before running the program. Genetic algorithms are often used, and experience

from the previous application of the program is used during the distribution of logical processes. But pre-placement of processes has no effect. This can be explained by the fact that the computing node where the distributed program is executed may already be busy with another process and other calculations, the share of which has the opportunity to grow [4]. But the computing environment can be changed in the node, any node for computing can fail.

For any of these reasons, the gain from the previous distribution of logical processes on the computing nodes for parallel processing becomes inefficient.

Dynamic load balancing involves the redistribution of computational load on the nodes during the execution of the application [3]. Software in which dynamic balancing is implemented can be determined by a certain bandwidth of communication lines and the frequency of message exchange between different nodes.

The data collected about the distributed application is a factor on the basis of which the system decides on the transfer of logical processes from one node to another.

References:

1. Yemelianov A. Балансировка нагрузки: основные алгоритмы и методы [Електронний ресурс] / Andrei Yemelianov. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://habr.com/ru/company/selectel/blog/250201/.
2. Качко Е. Г. Параллельное программирование: Учебное пособие / Е. Г. Качко. – Харьков: Форт, 2011. – 528 с.
3. Prashant J. S. Static Load Balancing [Електронний ресурс] / J. S. Prashant, M. V. Harrick // Introduction to Multimedia Storage Servers. – 2002. – Режим доступу до ресурсу: https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/static-load-balancing.
4. Балансировка нагрузки в распределенных системах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://masters.donntu.org/2012/fknt/volokhova/library/article3.htm.
5. Сибгатулин М. ECMP и превратности балансировки на сетевом оборудовании [Електронний ресурс] / Марат Сибгатулин. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://nag.ru/articles/reviews/105272/ecmp-i-prevratnosti-balansirovki-na-setevom-oborudovanii.html.

INFORMATION STORAGE TECHNOLOGIES FOR E-COMMERCE SYSTEMS

Tukalo R.A.
student
Kharkiv National University of Radioelectronics

Bielievtsov V.V.
student
Kharkiv National University of Radioelectronics

Keywords: e-commerce, databases, DBMS

The use of information technology, in particular, databases, provides expansion of sales channels, increasing the level of service, which creates the preconditions for increasing the profitability of enterprises. Modern relational database management systems support different dialects of the SQL, which leads to the dependence of databases on a particular DBMS. At the same time, the spread of Internet technologies aims to create tools that allow the independent use of databases.

Distributed information systems, which are created to support e-commerce, use the following approaches to data organization: a centralized database, which is accessible to all participants in the system; distributed database, divided into separate fragments.

Each fragment (or shard) of the distributed database operates under the control of a separate database management system, which accesses its data. Users interact with the database through local and global applications. The local one allows the user to work with their local data and does not require access to other fragments. The global one allows you to work with shards located on other computers or servers on the network.

Distributed databases are divided into homogeneous (focused on the use of one DBMS) and heterogeneous (different DBMSs can be used in different network nodes). Homogeneous distributed databases are usually created within a single organization, which consists of many departments, the interaction between which can be performed via the Internet.

Creating and managing heterogeneous systems is a more complex task that requires attention to a range of issues related to building a global integrated distributed database model and developing additional interface and gateway software products. The ability to use heterogeneous databases in e-commerce systems is provided using XML technology. In this case, each member of such a system can use its own database: the connection of disparate databases is based on a single DTD or XML Schema, defined for use in a virtual organization.

In the simplest case, to solve this problem, special DTD-files are created, which include a description of tags and attributes for a specific subject area. They are

provided to all members of the virtual organization or components of the e-commerce system. Each participant generates documents for forwarding in an XML view using DTD, and the recipient of the document parses it using an analyzer program. With this approach, each participant can use their own database management systems.

XML allows to implement some elements of databases (saving in the format of XML documents, data schemas, query languages XQuery, XQL, etc.), but does not support many features of classic databases (cost-effectiveness of saving, indexes, transactions, multi-user access, triggers, etc.). Therefore, XML documents can be used as databases only in environments with small amounts of data or low performance requirements. However, its use is ineffective in solving tasks that require a large number of users or have strict requirements for data integrity and performance.

Data-oriented XML documents are characterized by a clear ordered structure and deep processing. The data source for documents of this type is either a database or XML documents. In the first case, it can be large arrays of information stored in relational databases and which must be presented in XML format, in the second one it can be data created in the web environment and which must be stored in the database for further processing.

Thus, there is a need for programs that convert data from XML documents into a database format and vice versa. Based on the considered points of information storage and data exchange between the components of information systems distributed in the web environment, we can conclude that XML-technologies are an effective tool for solving the problem of cross-platforming of applications.

References:

1. Bure, R. XML and databases: [E-resource] / R. Bure // Open systems. – 2000. – № 10. – Access mode: http://www.osp.ru/os/2000/10/178269/
2. Zhezhnych P.I. SQL-scenarios generating using XSLT transformings / P.I. Zhezhnych // Information systems and networks: National university "Lviv Polytechnic" publication. – Lviv: Lviv Polytechnic publishing house, 2010. – № 673. – P. 289-295.
3. Kozak I.A. Information technologies of virtual organizations: Student book. – Kyiv: Kyiv National Economic University, 2005. – 336 pages.

ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ КОРИСТУВАЧАМИ ТА ЗАКЛАДАМИ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

Ярушников Євген Володимирович
Харківський національний університет радіоелектроніки
студент кафедри Програмної інженерії

Онищенко Костянтин Георгійович
Харківський національний університет радіоелектроніки
асистент кафедри Програмної інженерії

Ключові слова: КЛІЄНТ-СЕРВЕРНА АРХІТЕКТУРА, БАЗА ДАНИХ, MONGODB, БЕЗПЕКА ПАРОЛІВ, «СІЛЬ», ПРОТОТИПИ, MOQUPS.

Keywords: CLIENT-SERVER ARCHITECTURE, DATABASE, MONGODB, PASSWORD SAFETY, «SALT», PROTOTYPES, MOQUPS

У наш час існує безліч закладів громадського харчування, що пропонуються до відвідування для всіх бажаючих. Будь-яка людина хоче якомога швидше знайти підходящий заклад для відвідування, будь то бронювання столику на певний час чи пошук його під час прогулянки містом. Саме тому виникає потреба у створенні програмної системи (ПС) для полегшення процесу пошуку закладу для користувачів. Досягти полегшення пошуку бажаного закладу можна за рахунок реалізації наступних функцій ПС: перегляд кількості вільних місць у найближчих закладах у даний час; перегляд меню і можливість фільтрації закладів по ньому; перегляд акцій, які пропонують заклади; бронювання обраного столу на зручний час. Оскільки доступ до ПС буде надаватися з любої точки, де буде наявний доступ до Інтернету, то доречно буде створити мобільний застосунок для реалізації функцій відвідувачів, а веб-сайт для функцій по управлінню закладами.

Для досягнення виконання цих функцій необхідно розглянути деталі їх реалізації. Щоб переглянути кількість вільних місць потрібно реалізувати можливість сканування унікальних QR кодів, які генеруються для кожного закладу та столику, щоб відстежувати його актуальний статус. Бронювання: кожному відвідувачу має надаватися актуальний макет закладу, де він зможе вибрати бажаний для себе столик і забронювати його на певний час, після чого ПС має згенерувати QR код, за яким користувач і зможе зайняти обраний стіл в цьому закладі. Так як не всі користувачі будуть мати можливість сканувати такі коди, то для коректного відстеження вільних столів, персонал закладу також повинен мати можливість змінювати їх статус. Фільтрація закладів по меню: кожен заклад має різну кухню, наприклад вегетаріанська, американська і т.д., тому

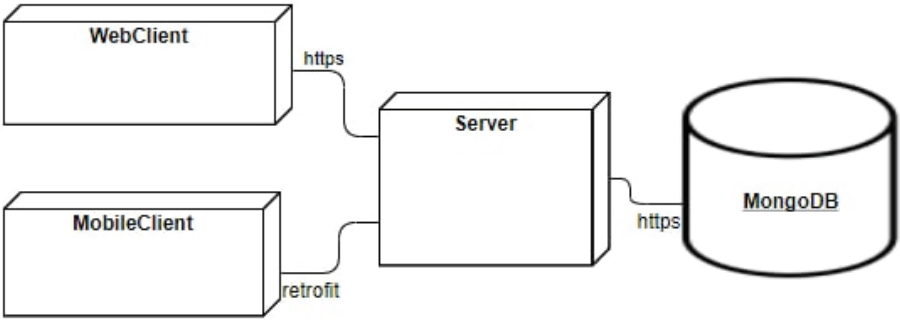

Рисунок 1 – діаграма розгортання

необхідно дати можливість відсіювати заклади за обраними кухнями.

На наступному етапі проектування ПС було обрано клієнт-серверну архітектуру [1]. Вона дозволить організувати коректну взаємодію між сервером, мобільним застосунком та веб-клієнтом. Також її використання підвищить масштабованість та доступність ПС, що дозволить більшій кількості користувачів працювати з системою одночасно. Крім того, для зберігання даних, була обрана БД MongoDB через високу продуктивність при виконанні простих запитів, зручність в управлінні і легке оновлення схеми БД без втрати існуючих даних. Для того, щоб показати взаємодію компонентів при обраній архітектурі, доречно побудувати діаграму розгортання програмної системи (рис. 1) [2].

На етапі написання технічного завдання (ТЗ), особу увагу треба приділити ролям у ПС та їх правам. ПС буде містити 3 ролі: власник, що повинен мати повні права по управлінню закладу; персонал, права котрого назначає власник, і відвідувач з повними правами на свої функції. Так як в ПС буде наявна реєстрація і авторизація, то важливим моментом буде опис безпеки зберігання даних в БД. Для безпечного зберігання паролів користувача було обрано хешування через свою швидкість та зручне зберігання результату у БД. Пароль буде хешуватися з використанням глобальної «солі» (однаковою для всіх користувачів) [3]. Це дозволить мінімізувати шанс відновлення пароля по хешу.

Останнім етапом проектування ПС буде створення макетів. В ході цього етапу необхідно буде вибрати колірну стилістику проекту та створити прототипи сторінок, як для мобільного застосунку, так і для сайту. Прототипи будуть створюватися використовуючи сервіс Moqups за рахунок наявності безлічі шрифтів, різних шаблонів і зручності в своєму використанні.

У результаті проектування було вирішено які функції потрібні системі для організації взаємодії між користувачами і закладами громадського харчування та аспекти їх реалізації. Було обрано архітектуру і базу даних, які будуть використовуватися при створенні ПС. Було

розроблено ТЗ, у якому чітко описано всі ролі, права та їх функції, які мають бути реалізовані під час розробки ПС. Було розроблено макети сторінок для клієнтської частини та загальна колірна стилістика системи. Отриманих даних достатньо для початку розробки ПС.

Список літератури

1. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2019. – 352с.
2. Вендров А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. 2 изд. М.: Финансы и статистика, 2005. – 544с.
3. Вікіпедія. Сіль (криптографія). [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1-%D1%96%D0%BB%D1%8C_(%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F) (Дата звернення 18.12.2020)

OPTIMAL BINARY SEARCH TREES

Zhyla M.G.
students of the group PZPI-19-2
Faculty of Computer Science

Supervisor:
Oleinik Elena Vladimirovna
Senior Lecturer SE
Kharkiv National University of Radio Electronics

The purpose of this article is not only to introduce the reader to optimal binary search trees, but also to demonstrate the use of knowledge of probability theory and algorithms in solving applied problems.

In general terms, the task is formulated as follows:

Given sorted keys $K = (k_1, k_2, k_3, \ldots, k_n)$. For each k_i the search probability is known: p_i.

There are also dummy keys $d_0, d_1, \ldots, d_n$, which correspond to values do not present in K.

d_0 for $x < k_1$

d_i for $k_i < x < k_{i+1}$

d_n for $x < k_n$

For each d_i, the probability of finding is q_i.

Now let us define how to build a search tree for the problem we are trying to solve. Each key k_i in our tree will be an internal node and each dummy key d_i will be a leaf (Figure 1).

Define that a search in our tree can be successful and unsuccessful. A successful search is one in which the key k_i was found. Unsuccessful search – the key was not found, i.e., the search terminated at node d_i. These events are complementary (Formula 1)

$$\sum_{i=1}^{n} p_i + \sum_{i=0}^{n} q_i = 1 \quad (1)$$

Formula 1

The more nodes we check, the longer our program runs, so let's introduce the notion of search cost, which defines the number of nodes which have been checked. You can see that the number of nodes that we have checked is the depth multiplied by one.

Then the mathematical expectation of the search cost in the tree T is:

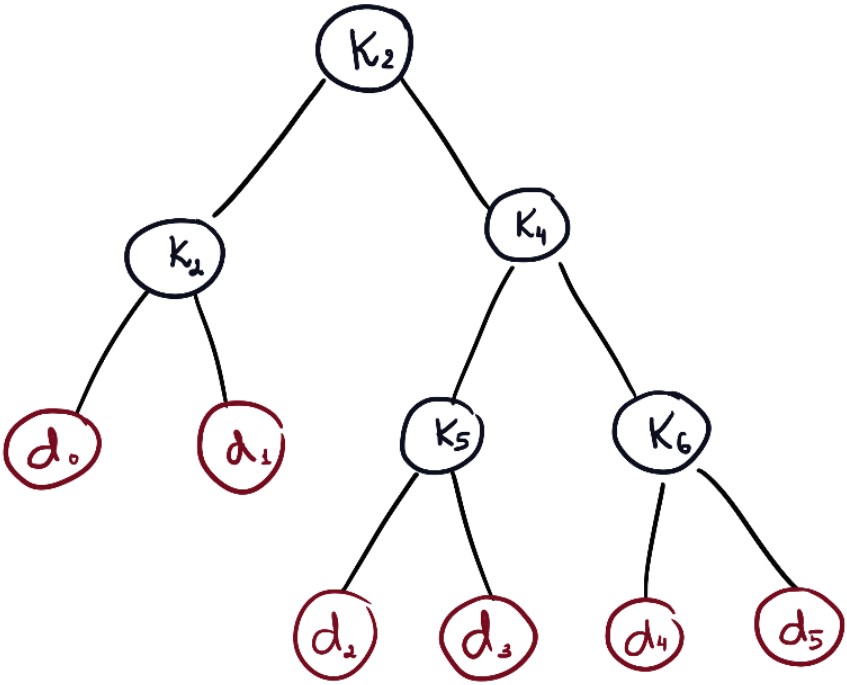

Figure 1 – Example of a search tree

$$E[T] = \sum_{i=1}^{n} (depth_T(k_i) + 1) \cdot p_i + \sum_{i=0}^{n} (depth_T(d_i) + 1) \cdot q_i$$

$$= \sum_{i=1}^{n} depth_T(k_i) \cdot p_i + \sum_{i=1}^{n} p_i + \sum_{i=0}^{n} depth_T(d_i) \cdot q_i + \sum_{i=0}^{n} q_i$$

$$= \sum_{i=1}^{n} depth_T(k_i) \cdot p_i + \sum_{i=0}^{n} depth_T(d_i) \cdot q_i + 1 \quad (2)$$

Formula 2

The mathematical expectation describes the average value of a random variable. It is obvious that the lower the mathematical expectation of the value, the faster our search will work for a set of random data.

You can use brute force to find the tree with the lowest mathematic expectation, but the number of such trees is exponential.

It can easily be noticed that if you consider a tree with a minimum mathematical expectation, then any subtree must also have a minimum mathematical expectation. To prove this simple statement, it is sufficient to use proof by contradiction.

Thus, our problem is reduced to solving sub-problems, so it can be solved using dynamic programming.

Suppose we have a set of keys k – k_i, …, k_j which make up a subtree. We find a key k_r, where $i \le r \le j$, which generates a subtree with the minimum expectation.

Then at each step we go through the keys that can be used as the root, where the subtrees for a given root will be the previously solved problems, i.e., trees with the minimum mathematical expectation.

To store previously solved problems, create some array *e*. In this array, the minimum expectation of the tree with keys k_i, …, k_j will be stored in cell. The answer to this problem is.

We also need to make construction rules for the case where the key k_r is the parent of one or two dummy nodes. As the basis of our dynamics, let us assume that if $j = i - 1$ the tree is one dummy key $d_{i-1} \Rightarrow e[i][i-1] = q_{i-1}$.

From the above, if $j \ge i$, we enumerate k_i, …, k_j, choosing some root k_r, which have as left subtree the optimal tree for keys k_i, …, k_{r-1}, and as right one for keys k_{r+1}, …, k_j.

If we have a tree, then for its right or left subtree with keys k_i, …, k_j the expectation is recalculated according to the formula 3:

$$\sum_{s=i}^{j}(depth(k_s)+1)\cdot p_s + \sum_{s=i-1}^{j}(depth(d_s)+1)\cdot q_s = \sum_{s=i}^{j} depth(k_s)\cdot p_s + \sum_{s=i}^{j} p_s + \sum_{s=i-1}^{j} depth(d_s)\cdot q_s + \sum_{s=i-1}^{j} q_s \quad (3)$$

Formula 3

It follows that when some tree becomes a subtree, its mathematical expectation is increased by the sum of the probabilities:

$$w[i,j] = \sum_{s=i}^{j} p_s + \sum_{s=i-1}^{j} q_s \quad (4)$$

Formula 4

If we have some root k_r for the subtree k_i, …, k_j, the value of cell *e[i,j]* is:

$$e[i,j] = p_r + \left(e[i,r-1] + w(i,r-1)\right) + \left(e[r+1,j] + w(r+1,j)\right) \quad (5)$$

Formula 5

Because:

$$w(i,j) = w(i,r-1) + p_r + w(r+1,j) \quad (6)$$

Formula 6

We get it:

$$e[i,j] = e[i,r-1] + e[r+1,j] + w(i,j) \quad (7)$$

Formula 7

Expressing this with a recurrence formula 8:

$$e[i,j] = \begin{cases} q_{i-1} & j = i-1 \\ \min\limits_{i \le r \le j}(e[i,r-1] + e[r+1,j] + w(i,j)) & i \le j \end{cases}$$

Formula 8

We have found the minimum mathematic expectation for our tree, but we need not only to calculate the value, but also to build the tree. We can reconstruct the structure by creating an array *root[i,j]*, which will store the corresponding root k_r of subtree k_i, …, k_j. This array can be filled at the same time with array *e*.

In terms of time, it can be estimated that this solution will take $\Omega(n^3)$ and in terms of memory $\Omega(n^2)$.

The reader may be wondering where this structure can be applied. A simple and straightforward example would be the translation task, where we need to place words according to their frequency. Translated words would be the keys, and untranslated words would be the dummy-keys. Using the optimal search tree in this problem we will be able to minimize the number of nodes visited.

Literature

1. Introduction to Algorithms, By, Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest and Clifford Stein, PHI, 2009 – 1292 p.

ЗАСТОСУВАННЯ ФРЕЙМВОРКУ THREE.JS ПРИ ВИВЧЕННІ КУРСУ ПРОГРАМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Г.М. Ракович,
ас. кафедри інформатики і кібернетики
МДПУ ім. Б.Хмельницького, м. Мелітополь

Ключові слова: OpenGL, webGl, three.js, javascript, сцена, 3D об'єкт, меш.
Keywords: OpenGl, webGl, three.js, javascript, scene, 3D object, mesh.

Програмування комп'ютерної графіки базується на використанні відкритої графічної бібліотеки OpenGL та написанні коду на C++. Такий підхід потребує встановлення спеціальних компіляторів та / або середовища розробки. Для отримання окремих виконуваних файлів під різні операційні системи (Windows, Mac Os, Linux) потрібно виконувати компіляцію під кожну з цих платформ, що може значно сповільнити виконання лабораторних чи практичних робіт студентами. Більш зручним засобом є бібліотека WebGL. WebGl – це той самий OpenGl, лише для веб. Для створення WebGL додатку потрібно лише відкрити html – файл у браузері. Сам файл. html повинен містити посилання на файл з кодом на javascript або вбудований javascript – код.

У процесі навчання у викладачів часто виникає необхідність надання студентам файлів з готовим кодом для ілюстрації роботи команд та алгоритмів, що вивчаються. Перевагою WebGL у такому випадку є можливість розміщення на будь-якому ресурсі файлів з кодом, які можуть бути використані. Немає потреби у розробці інсталяторів для розповсюдження.

WEbGL – це низькорівнева бібліотека, яка оперує лише такими примітивами, як: точка, лінія, трикутник. Створення тривимірних об'єктів передбачає виконання матричних перетворень: процес трансформації координат (x,y,z) 3-вимірного світу у 2D-координати екрану з урахуванням особливостей сприйняття зображень оком людини та графічної системи координат дисплею. Всі операції з матрицями та шейдерними програмами (програми, які виконуються графічним процесором і є невід'ємною частиною програмування графіки) необхідно виконувати вручну.

Отже, для побудови простих геометричних об'єктів (наприклад, трикутник або куб), потрібно докласти чимало зусиль та написати дуже багато рядків коду. На рис. 1 наведено код обчислення матриць обертання та результат роботи програми, яка використовує цей код [1]

Рис. 1 Код обчислення матриць обернення для побудови кубу

```
rotateX: function(m, angle) {
  var c=Math.cos(angle);
  var s=Math.sin(angle);
  var mv1=m[1], mv5=m[5], mv9=m[9];
  m[1]=m[1]*c-m[2]*s;
  m[5]=m[5]*c-m[6]*s;
  m[9]=m[9]*c-m[10]*s;

  m[2]=m[2]*c+mv1*s;
  m[6]=m[6]*c+mv5*s;
  m[10]=m[10]*c+mv9*s;
},

rotateY: function(m, angle) {
  var c=Math.cos(angle);
  var s=Math.sin(angle);
  var mv0=m[0], mv4=m[4], mv8=m[8];
  m[0]=c*m[0]+s*m[2];
  m[4]=c*m[4]+s*m[6];
  m[8]=c*m[8]+s*m[10];

  m[2]=c*m[2]-s*mv0;
  m[6]=c*m[6]-s*mv4;
  m[10]=c*m[10]-s*mv8;
},

rotateZ: function(m, angle) {
  var c=Math.cos(angle);
  var s=Math.sin(angle);
  var mv0=m[0], mv4=m[4], mv8=m[8];
  m[0]=c*m[0]-s*m[1];
  m[4]=c*m[4]-s*m[5];
  m[8]=c*m[8]-s*m[9];

  m[1]=c*m[1]+s*mv0;
  m[5]=c*m[5]+s*mv4;
  m[9]=c*m[9]+s*mv8;
},

translateZ: function(m, t){
  m[14]+=t;
}
```

Для автоматизації виконання низькорівневих дій, які необхідні для побудови кожного з об'єктів, розроблено фреймворк Three.js. Це бібліотека javascript, яка містить набір готових класів для створення та відображення інтерактивної комп'ютерної 3D-графіки та написання потужних графічних додатків з високим рівнем деталізації об'єктів. [2]

Кожна програма на three.js містить сцену, камеру, об'єкт для рендерінгу (візуалізації) та набір геометричних об'єктів сцени. Кожний об'єкт – це сукупність геометрії та матеріалу, які разом утворюють фігуру (меш).

Приклад створення кубу:

const cubeGeometry = new THREE. BoxGeometry(10,10,20,20);

const material = new THREE. MeshBasicMaterial(

{ color: "0xFfCcDd"});

const cube = new THREE. Mesh(cubeGeometry, material);

… scene.add(cube);…

Щоб виконати обертання кубу за потрібними осями, слід викликати вбудовані методи об'єкту. На відміну від WebGL, обертання об'єкту реалізується за допомогою одного рядка:

cube.rotation.x += 0.01;

cube.rotation.y += 0.01;[4]

Для коректного виставлення параметрів камери у WebGL потрібно виконувати ряд складних обчислень, в той час як у three.js розроблений клас для роботи з камероюб який містить необхідні методи та вслативості.

Приклад підключення камери у three.js:

const camera = new THREE.PerspectiveCamera(45, window.innerWidth / window.innerHeight, 0.1, 1000);

Тут 45 – це кут огляду камери;

Другий параметр – співвідношення сторін;

Третій, четвертий – мінімальна та максимальна відстані від камери, які візуалізуються.[3]

Three.js має багато класів для побудови геометричних фігур, а також клас Geometry для створення власних геометрій. Вся робота з шейдерами прихована, проте є можливість написання власних шейдерів для створення незвичайних ефектів.

Отже, використання фреймворку Three.js надає можливість розробляти логіку програм за допомогою вбудованих класів, створювати потужні графічні програми без занурення в низькорівневі команди та функції. Використання великої кількості методів та змінення властивостей об'єктів відкриває широкі можливості для творчості та розробки власних проектів.

Література

1. WebGL Academy: tutorial to learn WebGl: [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.webglacademy.com/courses.php#3
2. Коічи Мацуда, Роджер Лі WebGL: програмування тривимірної графіки: [Електронний ресурс]. 2015. – Режим доступу: http://www.knigograd.com.ua/index.php?dispatch=products.view&product_id=225749
3. Three.js docs / examples: [Електронний ресурс] // https://threejs.org/docs/#api/en/cameras/PerspectiveCamera
4. Three.js docs / examples: [Електронний ресурс] /
5. https://threejs.org/docs/#manual/en/introduction/Creating-a-scene

ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛІЗМУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Сергієнко О.С.
Студентка групи ПЗПІ-18-3 Харківський національний університет радіоелектроніки
E-mail: oleksandra.serhiienko@nure.ua

Ключові слова: паралельне програмування, багатопроцесорність, багатопроцесорна обробка, модуль multiprocessing.

Key words: parallel programming, multiprocessing, multiprocessing module.

Вступ: Python – високорівнева мова програмування загального призначення, яка орієнтована на підвищення продуктивності розробника та покращення читабельності коду. Найбільш важливим аспектом під час розробки є не тільки її зручність, але й ефективність роботи програми, досягнення якої є можливим завдяки використанню принципів паралельного програмування. Тобто обчислення відбуваються в часових відрізках, що перетинаються, а не є послідовними. У мові програмування Python для оптимізації програмного коду засобами паралелізму можна скористатися модулем для багатопроцесорної обробки multiprocessing. У роботі буде безпосередньо розглянуто програмний код для обчислення факторіалу з використанням та без використання паралелізму та проведено порівняльний аналіз часу виконання.

Викладення матеріалу та результатів: Модуль multiprocessing – це модуль для мови програмування Python, який підтримує нерест процесів за допомогою API потокового модуля (threading) стандартної бібліотеки [2]. Модуль multiprocessing поширюється у стандартній бібліотеці ще з Python 2.6. Особливостями модуля multiprocessing є те, що:

Об'єкти можуть бути поділені між процесами за допомогою серверного процесу або за допомогою спільної пам'яті, яка використовується для простих даних.

Клас Pool дозволяє легко подавати завдання до пулу робочих процесів.

Модуль multiprocessing є частиною pathos, фреймворку Python, який призначений для гетерогенних обчислень [3]. Даний модуль пропонує як локальну, так і віддалену паралельність, ефективно застосовуючи побічно Global Interpreter Lock та використовуючи підпроцеси замість потоків. Саме це дозволяє повністю використовувати кілька процесорів на заданій машині. Модуль, що розглядається, працює як на Unix, так і на Windows.

У модулі multiprocessing існує безліч класів для побудови паралельної програми, таких як клас Process, клас Queue та клас Pool. Саме ці класи мо-

```
def factorial1(num):     #Функція для підрахунку факторіалу з використанням циклу for
    result = 1
    for i in range (1, num + 1):
        result *= i
    return result
```

Рисунок 1 – Функція для підрахунку факторіалу з використанням циклу for

```
def ordinary_factorial1():
    area = [5, 10, 15, 20, 25, 50]
    result = []
    for i in range(len(area)):
        result.append(factorial1(area[i]))
    for i in range(len(result)):
        print("Факторіал числа ", area[i], "=", result[i])
```

Рисунок 2 – Обчислення факторіалу для елементів списку

```
def parallel_factorial1():
    area = [5, 10, 15, 20, 25, 50]
    pool = multiprocessing.Pool(8)
    output = pool.map(factorial1, area)
    for i in range(len(output)):
        print("Факторіал числа ", area[i], "=", output[i])
    pool.close()
    pool.join()
```

Рисунок 3 – Обчислення факторіалу для елементів списку з multiprocessing

жуть стати у нагоді під час побудови паралельної програми.

В якості програми для прикладу застосування паралелізму розглянемо задачу, що пов'язана з пошуком факторіалу цілого числа, а саме, наївний підхід з використанням циклу for [1]. Виконання програми здійснюється за допомогою Jupyter Notebook.

Для початку створюємо функцію factorial1, яка реалізує обчислення факторіалу за допомогою циклу for (рис. 1).

Далі створюємо функцію для послідовного обчислення факторіалів. Для цього необхідно задати список, в якому вказано числа, факторіали яких будуть обчислюватися. Таким чином, викликаємо раніше створену функцію factorial1 та виконуємо її стільки разів, скільки елементів в списку. Наведемо програмний код функції ordinary_factorial1, яка реалізує обчислення факторіалів елементів списку (рис. 2) без використання модулю multiprocessing.

Для того, щоб реалізувати паралельне виконання необхідно створити окрему функцію, в моєму випадку функція має назву parallel_factori-

al1 рис. 3). Скористаємося класом Pool. Необхідно створити пули робітників, тобто ініціалізувати робочі процеси за допомогою multiprocessing.Pool(). В змінну output записуються підраховані факторіали кожного з елементів списку area, а за допомогою методу map() робота розподіляється між різними процесами. Для того, щоб завдання більше не надсилалися до пулу застосовуємо метод close(), а для завершення процесів – join().

Для заміру часу скористаємося пакетом time та його методом time(). Для звичайної функції час виконання становить 0.30804 секунди, а для розпаралельованої 0.003988 секунд.

Висновки: Отже, у ході роботи було розглянуто модуль багатопроцесорної обробки multiprocessing та реалізовано функції підрахунку факторіалу без його використання та з використанням. Під час порівняння результатів, визначили, що розпаралельована функція є ефективнішою за звичайну, що свідчить про необхідність використання паралельного програмування для підвищення ефективності роботи програми.

Список літератури:

1. Шитов А. Алгоритмы быстрого вычисления факториала [Електронний ресурс] / Андрей Шитов – Режим доступу до ресурсу: https://habr.com/ru/post/255761/ (Дата звернення: 12.12.2020).
2. Multiprocessing in Python | Set 1 Introduction) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.geeksforgeeks.org/multiprocessing-python-set-1/ (Дата звернення: 14.12.2020).
3. multiprocessing – Process-based parallelism [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://docs.python.org/3/library/multiprocessing.html (Дата звернення: 15.12.2020).

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИВОДУ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ГОЛОГРАФІЧНОГО ВІДЕОЗВ'ЯЗКУ

Безуглий Ілля Вікторович
Харківський національний університет радіоелектроніки
студент кафедри Програмної інженерії

Онищенко Костянтин Георгійович
Харківський національний університет радіоелектроніки
асистент кафедри Програмної інженерії

Ключові слова: ГОЛОГРАМА, ВІДЕОЗВ'ЯЗОК, ПРОЕКТУВАННЯ; ПРОЕКТОР, ВІДЕОПОТІК.

Keywords: HOLOGRAM, VIDEO COMMUNICATION, PROJECTION, PROJECTOR, VIDEO STREAM.

Комунікація між людьми завжди була невід'ємною частиною будь-якого суспільства. Від початку часів, люди спілкувались між собою різними засобами: наскальними малюнками, димовими сигналами, та іншими способами обміну інформацією. Але всі вони мають один недолік – використовуючи їх, не можна побачити співрозмовника прямо перед собою.

Під час реальної зустрічі, співрозмовники мають можливість побачити один одного у повний зріст. Сучасні засоби комунікації, такі як голосовий або відеозв'язок не передають жести, міміку, мову тіла, та інші особливості живого спілкування. Вирішенням даної проблеми можуть стати системи голографічного зв'язку, що забезпечать ефект присутності співрозмовника. Головною проблемою таких систем є їх повна відсутність на ринку програмних та апаратних продуктів. Отже, необхідно розробити сервіс, що матиме на меті вирішення даної проблеми та створення нового способу комунікації між людьми.

Ідея проектування зображення в повітрі не нова. Вже існують засоби, за допомогою яких, можна імітувати цей ефект. Розглянемо прилади та методи, за допомогою яких, можна імітувати виведення зображення в повітрі.

«Голографічний вентилятор» Dsee-78H представляє собою пристрій з шістьма лопатями, на яких розміщується LED стрічка, яка виводить зображення, і за рахунок високої швидкості обертання, самі лопаті «зникають» з поля зору людини, залишаючи тим самим тільки картинку у повітрі. Цей метод виведення зображення має декілька ключових недоліків: по перше – він небезпечний, при виході з ладу, за рахунок великої швидкості обертання, прилад може завдати шкоди людині, чи майну, по друге – він має надзвичайно малу роздільну здатність (960x960 пікселів), і невеликий розмір, що дозволяє за його допомогою, виводити лише мало деталізовані, і невеликі зображення та відео, і по трете – спостерігати за зображенням на цьому

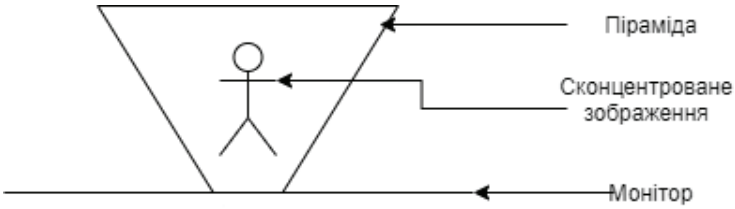

Рисунок 1 – Схематичне зображення пристрою

пристрої, можна тільки з фронтальної частини. Підсумовуючи, можна сказати що це де-факто екран, який виводить зображення, за допомогою обертання пікселів, насправді – він не виводить зображення в повітрі[1].

Іншим варіантом реалізації є «голограми» побудовані на проекції зображення на майже прозорі матерії (проекція на дим, пар, сітки). Ці методи мають один загальний недолік – їх реалізація потребує багато зусиль. У випадку з проекцією за пар, треба використовувати парогенератор і проектор, що неможливо в маленьких приміщеннях, і також обмежує кут перегляду зображення. У випадку сітки – треба використовувати декілька проекторів, що одночасно будуть подавати світло на неї із різних кутків приміщення, роблячи тим самим, підготовку до такої вистави дорогою, і трудомісткою.

Проаналізувавши існуючі методи та засоби імітації зображень у повітрі, було встановлено, що за допомогою розглянутих засобів неможливо повноцінно відобразити зображення у повітрі, без ризику, чи великих обмежень. Виходячи з цього, було прийнято рішення, про необхідність розробки власного сервісу голографічного відеозв'язку. Головна функція, реалізується, за допомогою відбивачів та монітора в якості проектора, тим самим, відображаючи співбесідника в повітрі. Відбивач встановлюється на монітор, центрується, і після цього – проектор готовий для використання. Необхідна швидкість підключення до мережі для використання цієї функції системи – залежить від роздільної здатності камери, з якої захоплюється відеопотік. Між роздільною здатністю камери, та необхідною швидкістю існує лінійна залежність. Але з впевненістю можна казати, що для передачі потоку з роздільною здатністю 1080p, буде достатньо 5 Mbps[3].

Проекція голографічного зображення буде здійснюватися за допомогою ефекту Пеппера. Чотирикутна зрізана піраміда, що зроблена із прозорого матеріалу(скло чи пластик), відбиває світло всередину себе, тим самим концентрує його, формуючи зображення (рис.1)[2].

Проектором зображення виступає монітор, розміщений над пірамідою, що передає відеопотік на кожну із сторін піраміди. Зображення може передаватись із будь-якого джерела, що здатно здійснювати потокову передачу відеосигналу (камера смартфону\вебкамера\ТВ камера).

Процес відображення користувача проходить таким чином: користувач 1 передає свій відеопотік користувачу 2, на боці користувача 2, відеопотік виводиться з чотирьох боків піраміди, відбивається від сторін піраміди, і концентрується всередині. В результаті, користувач 2, може бачити зображення користувача 1, відображеним у повітрі.

Сучасні методи комунікації не дозволяють повністю реалізувати ефект присутності візаві, і мають простір для розвинення, але за допомогою існуючих систем, чи методів – це зробити неможливо. Імітування ефекту проектування в повітрі можна добитись, але є багато обмежень чи ризиків. Є спосіб відобразити співрозмовника в повітрі, використовуючи ефект Пеппера, і саме він буде використаний при розробці нової системи голографічного відеозв'язку.

Список джерел

1. DSee-78H: [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://www.dseelab.com/profession?i=2 Дата звернення 24.12.2020)
2. Ефект Пеппера: [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://www.comsol.com/blogs/explaining-the-peppers-ghost-illusion-with-ray-optics/ (Дата звернення 24.12.2020)
3. Інформація про швидкість підключення: [Електронний ресурс] // Google LLC – Режим доступа: https://support.google.com/youtube/answer/78358?hl=ru (Дата звернення 24.12.2020)

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРЕГАТНОГО МЕТОДУ РЕМОНТУ

Дьодьо Б. М,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, магістрант кафедри «Надійність і ремонт машин»

Мельянцов П.Т.,
кандидат технічних наук, доцент, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, доцент кафедри «Надійність і ремонт машин»

Ключові слова: метод ремонту, машинно-тракторний парк, агрегатний метод, роботоздатність, трудомісткість, ефективність.

Keywords: repair method, machine and tractor park, aggregate method, workability, labor intensity, efficiency.

Відновити роботоздатність і ресурс машини та її складових частин дає можливість поточний або капітальний ремонти. Поточний ремонт здійснюється з метою забезпечення роботоздатності машини в процесі її експлуатації. Його розглядають в якості основного способу відновлення роботоздатності машини при експлуатації. Він заключається в проведенні заміни, відновленні і регулюванні окремих агрегатів та механізмів з малим ресурсом. При поточному ремонті проводяться діагностичні операції для виявлення вузлів і агрегатів, які потребують заміни. Після складання і регулювання машини проводять її обкатку та випробовування.

Поточний ремонт в залежності від складності робіт може проводитись як на об'єктах ремонтно-обслуговуючої підприємства, яке безпосередньо експлуатує машину, так і на спеціалізованих підрозділах другого та третього рівнів ремонтно-обслуговуючої бази агропромислового комплексу України.

Капітальний ремонт проводиться для відновлення роботоздатного стану машини та її технічного ресурсу. Він характеризується повним розбиранням машини та її агрегатів, багатостадійним очищенням вузлів і деталей, заміною зношених деталей на нові або відновлені, складанням та регулюванням агрегатів, вузлів та машини в цілому [1, 2].

При проведенні ремонтів машин на виробництві застосовують наступні методи ремонту: незнеособлений, знеособлений та агрегатний. При не знеособленому ремонті, деталі та групи деталей після ремонту встановлюють на ту ж машину або агрегат з якої вони знімались. Такий метод застосовується в майстернях господарств або в майстернях загального призначення, технічна озброєність яких не дає можливості відновити весь перелік

дефектів у деталей та виконати всі операції загального типового технологічного процесу з ремонту агрегату або машини в відповідності до технічних вимог [3].

В випадку знеособленого ремонту деталі після ремонту встановлюються на любу машину або агрегат, що проходять ремонт. Такий метод застосовується на спеціалізованих ремонтних підприємствах, технічна та організаційна підготовка яких характеризується передовими технологічними процесами, реалізація яких забезпечує високу якість ремонту деталей не залежно від їх технічного стану, а значить агрегату та машини в цілому [3].

При агрегатному методі ремонту агрегати машини замінюють новими або відремонтованими, як правило в умовах власної ремонтно-обслуговуючої бази. При цьому, тривалість простоювання машини буде обумовлюватися наявністю чи відсутністю відремонтованого або нового агрегату і на скільки машина готова до його установки.

На сьогоднішній день в результаті зменшення кількості спеціалізованих ремонтних підприємств, із-за зростання вартості ремонтних послуг та зниження їх якості, підприємства, що експлуатують машинно-тракторний парк, зменшують замовлення ремонтів агрегатів по кооперації і проводять ремонтні роботи власними силами, широко застосовуючи агрегатний метод ремонту. Заміну несправного агрегату вони проводять, встановлюючи новий агрегат або відремонтований власними силами з застосуванням своєї ремонтно-обслуговуючої бази.

Відновлення роботоздатності машини за таким методом, характеризується різною експлуатаційною надійністю, так як встановлені агрегати будуть мати різний технічний стан, який обумовлюється якістю виготовлення агрегату на заводі для нового агрегату, та якістю ремонту агрегату на ремонтному підприємстві. Крім того, вартість даного ремонту також буде різною, так як новий агрегати як правило буде дорожчим ніж відремонтований.

В зв'язку з цим **метою роботи є** – підвищення технічної готовності машинно-тракторного парку за рахунок виявлення напрямків з підвищення ефективності його ремонту агрегатним методом.

Основною перевагою агрегатного методу ремонту, в порівнянні з незнеособленим та знеособленим методами, є значне скорочення часу, що витрачається на ремонт машини. Процес ремонту носить стохастичний характер. Випадковими є: моменти виходу з ладу і напрацювання агрегатів на відмову, інтенсивність експлуатації мобільної машини, час відновлення агрегатів та ін..

Є очевидним, що при достатньому числі агрегатів простої машини в ремонті (t_p) зводяться тільки до необхідних витрат часу ($t_м$) на демонтаж несправних агрегатів і установку відремонтованих або нових агрегатів оборотного фонду. Однак, це твердження очевидне лише на перший погляд, на якому засновані відомі методики опти-

мізації фонду оборотних агрегатів, і потребує суттєвого уточнення.

При агрегатному методі, середній час простоювання машини в ремонті $(\overline{t}_p)$ буде дорівнювати середнім витратам часу на демонтаж несправного і монтаж заздалегідь відремонтованого агрегату $(\overline{t}_м)$, та часу на очікування відремонтованого агрегату, ремонт якого проходить на спеціалізованому підприємстві з застосуванням знеособленого методу ремонту $(\overline{t}_{з.р})$, тобто:

$$\overline{t}_p \quad \overline{t}_м \quad \overline{t}_{з.р} \ , \qquad (1)$$

де $\overline{t}_м$ – середній час монтажно-демонтажних робіт, люд-год;

$\overline{t}_{з.р}$ – середній час ремонту агрегату знеособленим методом в спеціалізованому ремонтному підрозділі, люд-год.

За умови, коли ремонт агрегату проходить з застосуванням потужностей власної ремонтно-обслуговуючої бази і при цьому застосовується незнеособлений метод ремонту, а агрегат встановлюється на ту ж саму машину, час ремонту мобільної машини дорівнює:

$$\overline{t}_p \quad \overline{t}_м \quad \overline{t}_{нз.р}, \qquad (2)$$

де $\overline{t}_{нз.р}$ – середній час ремонту агрегату незнеособленим методом на потужностях власної ремонтно-обслуговуючої бази, люд-год.

Час монтажно-демонтажних робіт $(\overline{t}_м)$ можна тимчасово виключити з подальшого розгляду, оскільки він однаковий не залежно від того, яким методом ремонтуються агрегати, знеособленим чи незнеособленим.

Тоді середній час ремонту мобільної машини агрегатним методом буде характеризуватися середнім часом її простоювання в очікуванні оборотних агрегатів, які ремонтуються в спеціалізованому ремонтному підрозділі знеособленим методом $(\overline{t}_{з.р})$ та на потужностях власної ремонтно-обслуговуючої бази незнеособленим методом $(\overline{t}_{нз.р})$.

Очевидно, що час простою мобільної машини буде обумовлюватися часом ремонту її агрегату на різних рівнях об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази, спеціалізованого ремонтного підрозділу $(\overline{t}_{з.р})$ та власної ремонтно-обслуговуючої бази $(\overline{t}_{нз.р})$, що і буде давати уявлення про ефективність агрегатного методу ремонту. Чим більше середній час очікування, тим нижче ефективність агрегатного методу в порівнянні з незнеособленим і знеособленим, як окремими методами.

Ефективність агрегатного методу ремонту пропонується оцінювати коефіцієнтом ефективності:

$$K_e \quad \frac{\overline{t}_{нз.р} \quad \overline{t}_{з.р}}{\overline{t}_{з.р}} \quad 1 \quad \frac{\overline{t}_{нз.р}}{\overline{t}_{з.р}}, \text{при } (\overline{t}_{з.р} \le \overline{t}_{нз.р}) \qquad (3)$$

Коефіцієнт ефективності (K_e) агрегатного методу ремонту визначає відносне скорочення часу простою мобільної машини при агрегатному методі в порівнянні з незнеособленим та знеособленим методами ремонту, які не передбачають наявності оборотних агрегатів. Надалі – відносний коефіцієнт.

З виразу (3) випливає, що відносний коефіцієнт знаходиться в інтервалі від $K_e \quad 0$ при $\overline{t}_{з.р} \quad \overline{t}_{нз.р}$, до $K_e \quad 1$ при $\overline{t}_{з.р} \quad 0$. Умова, коли

K_e 1 виконується при $\overline{t}_{з.р}$ 0 і характеризується застосуванням нового агрегату при агрегатному методі ремонту машини.

За умови, коли трудомісткість ремонту агрегату при знеособленому методі ремонту наближається до трудомісткості ремонту при незнеособленому методі ремонту, значно зростає собівартість ремонту для останнього, що буде зменшувати ефективність агрегатного методу ремонту, так як зменшення трудомісткості ремонту при незнеособленому методі потребує значного технічного переозброєння, щоб досягти технічного рівня спеціалізованого підприємства.

І навпаки, при зменшенні трудомісткості робіт при знеособленому методі ремонту агрегату ($\overline{t}_{з.р}$ 0) також буде зменшуватись і собівартість ремонтних робіт, що буде вказувати на ефективність агрегатного методу ремонту. Зменшення собівартості ремонту в даному випадку характеризується забезпеченням максимальної номенклатури деталей, які придатні для відновлення, за рахунок застосування технологічних процесів, що забезпечують максимальну механізацію робіт на робочих місцях, фізико-механічні властивості відновлених поверхонь в відповідності до технічних вимог, якісну механічну обробку деталей за геометричною формою, розмірами та шорсткістю поверхні та ін..

Зростання кількості відновлених деталей впливає на собівартість ремонту агрегату, так як зменшується кількість покупних (нових) деталей, а собівартість відновлених, як правило менше вартості покупних, що підтверджується коефіцієнтом економічної доцільності відновлення деталі:

$$K_t \quad \frac{S_{\partial}^{н}}{S_{\partial}^{н} \quad S_{\partial}^{р}}, \qquad (4)$$

де $S_{\partial}^{н}$ – прейскурантна вартість нової деталі, *грн*;

$S_{\partial}^{р}$ – витрати на ремонт деталі, *ãðí* (обумовлюються технологією, яка застосовується для ремонту деталі, рекомендується: $S_{\partial}^{р}$ p (0,5...0,7)$S_{\partial}^{н}$).

Раніше відмічалось, що на сьогоднішній день застосування агрегатного методу ремонту характеризується встановленням нового агрегату або відремонтованого власноруч з застосуванням незнеособленого методу ремонту, в зв'язку з тим, що на спеціалізованих підприємствах низька якість ремонту при високій його собівартості і крім того, кількість спеціалізованих підприємств не достатня для виконання наявних потреб з ремонту агрегатів.

Для визначення скорочення витрат, що виникають при агрегатному методі ремонту, в порівнянні з встановленням нового агрегату і агрегату відновленого на власному підприємстві незнеособленим методом, пропонується коефіцієнт ефективності агрегатного методу ремонту $K_{еа}$ (далі – абсолютний коефіцієнт), який визначається за виразом:

$$K_{еа} \quad \frac{\overline{B}_{нз.р} \quad \overline{B}_{р}}{\overline{B}_{нз.р}} \quad 1 \quad \frac{\overline{B}_{р}}{\overline{B}_{нз.р}}, \qquad (5)$$

де $\overline{B}_{нз.р}$ $C_в$ $\overline{t}_{нз.р}$ – питомі витрати від простою машини при незнеособленому методі ремонту агрегату;

$C_в$ – витрати від простою машини в одиницю часу, грн.;

$\overline{t}_{нз.р}$ – середній час ремонту агрегату незнеособленим методом;

$\overline{B}_р$ $C_в$ $\overline{t}_в$ $C_а$ $\overline{t}_а$ – питомі витрати від простою автомобілів та агрегатів в очікуванні один одного при агрегатному методі ремонту;

$\overline{t}_в$ – середній час простою несправного автомобіля в очікуванні надходження агрегату;

$C_а$. – витрати від простою агрегату в одиницю часу, грн.;

$\overline{t}_а$ – середній час простою готового агрегату в очікуванні установки на машину.

Витрати від простою справних агрегатів, відремонтованих незнеособленим методом ремонту, практично відсутні, так як їх ремонт проходить безпосередньо в підприємстві і тому приймаються рівними нулю.

Разом з тим, за умови застосування агрегату із оборотних фондів для відновлення роботоздатності машини, виникає ймовірність втрати часу від простою машини в очікуванні агрегату, наявність якого відсутня в силу різних причин, наприклад пошук нового агрегату за оптимальною ціною або не своєчасний ремонт агрегату при замовленні по кооперації, і навпаки, виникає ймовірність простою готового агрегату в очікуванні його установки на машину, так як машина не підготовлена для його установки.

Порівняльна оцінка відносного ($K_е$) і абсолютного ($K_{еа}$) коефіцієнтів ефективності агрегатного методу ремонту показує, що $K_е$ f $K_{е∂}$ тільки в випадках в разі відсутності простою агрегатів, коли $C_а$ $\overline{t}_а$ 0 то $K_е$ $K_{еа}$.

Таким чином, за допомогою будь-якої відомої методики оптимізації фонду оборотних агрегатів для підприємства з визначеним кількісним складом машинно-тракторного парку, користуючись виразами (1-5), можна легко встановити фактичні простої машин в ремонті і коефіцієнти ефективності агрегатного методу ремонту для даного підприємства.

В цілому проведені дослідження з визначення напрямків з підвищення ефективності агрегатного методу ремонту дають можливість зробити наступні висновки:

1. На сьогоднішній день застосування агрегатного методу ремонту характеризується встановленням нового агрегату або відремонтованого на потужностях власної ремонтно-обслуговуючої бази з застосуванням незнеособленого методу ремонту, так як на спеціалізованих підприємствах низька якість ремонту при високій його собівартості і їх кількість не достатня для виконання наявних потреб з ремонту агрегатів.

2. Час простою мобільної машини буде обумовлюватися часом ремонту її агрегату на різних рівнях об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази, спеціалізованого ремонтного підрозділу ($\overline{t}_{з.р}$) та власної ремонтно-обслуговуючої бази ($\overline{t}_{нз.р}$), що і буде давати уявлення про ефективність агрегатного методу ремонту.

3. Коефіцієнт ефективності ($K_е$) агрегатного методу ремонту визначає

відносне скорочення часу простою мобільної машини при агрегатному методі в порівнянні з незнеособленим та знеособленим методами ремонту, які не передбачають наявності оборотних агрегатів.

4. При застосуванні незнеособленого методу ремонту агрегатів на потужностях власної ремонтно-обслуговуючої бази, для реалізації агрегатного методу ремонту, необхідно оптимізувати затрати на технічне переозброєння виробничих підрозділів, які забезпечать зменшення трудомісткості ремонтних робіт при їх оптимальній собівартості.

5. Зменшення трудомісткості робіт при знеособленому методі ремонту агрегату ($\overline{t}_{з.р}$ 0) і їх собівартості характеризується забезпеченням максимальної номенклатури деталей, які придатні для відновлення, за рахунок застосування технологічних процесів, що забезпечують максимальну механізацію робіт на робочих місцях, фізико-механічні властивості відновлених поверхонь в відповідності до технічних вимог, якісну механічну обробку деталей за геометричною формою, розмірами та шорсткістю поверхні та ін..

6. Абсолютний коефіцієнт ефективності ($K_{еа}$) агрегатного методу ремонту враховує втрати часу від простою машини в очікуванні агрегату, наявність якого відсутня в силу різних причин, та витрати від простою готового агрегату в очікуванні його установки на машину, із-за не підготовленості машини для його установки, зменшення яких можливе організаційними заходами.

Література

1. Сідашенко О. І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [О. І. Сідашенко, О. А. Науменка, Т. С. Скобло, О. В. Тіхонов та ін., – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.
2. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник. [Текст] / В. І Дирда, П. Т. Мельянцов, Є. В. Калганков та ін. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015.- 292 с.
3. Ремонт машин / Под ред. Тельнова Н. Ф. – М.: Агропромиздат,1992.-500с.

ОЦІНКА РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА МОДИФІКАЦІЇ НШ-К ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА

Соколов С. А.,
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, магістрант кафедри «Надійність і ремонт машин»

Мельянцов П.Т.,
кандидат технічних наук, доцент, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, доцент кафедри «Надійність і ремонт машин»

Ключові слова: насос шестеренний, гідравлічна система, ремонтна технологічність, гідроабразивне зношення, технологія ремонту.

Keywords: gear pump, hydraulic system, repair manufacturability, hydroabrasive wear, repair technology.

Досягнення високого технічного рівня тракторів і сільськогосподарських машин тісно пов'язане з підвищенням робочих параметрів їх гідравлічних систем, визначаючим для яких являється продуктивність шестеренного насоса. На сьогоднішній день в гідравлічних системах тракторів широке застосування знайшли насоси модифікації НШ-К, що обумовлюється їх конструктивними особливостями, які забезпечують більшу експлуатаційну довговічність за рахунок конструктивних особливостей, до яких слід віднести наявність в качаючому вузлі систем компенсації торцевого і радіального зазорів при їх зростанні в результаті зношення деталей [1,2].

Аналіз роботи тракторів, в гідравлічних системах яких застосовуються насоси модифікації НШ-К, показав, що в умовах рядової експлуатації відсоток відмов, які припадають на насоси, досягає 30% [3].

Також вдалось встановити, що за своїм характером відмови розподіляються наступним чином: зношення деталей качаючого вузла-70-75%; порушення герметичності в з'єднанні «кришка-корпус» – 10-11%; порушення герметичності в спряженні «манжета-вал ведучої шестерні» – 10-11%, пошкодження деталей – 3-10%

Являється явним, що такі відмови в насосі, як порушення герметичності, усуваються заміною ущільнювальних кілець та манжет, а зношення деталей качаючого вузла потребує для відновлення їх роботоздатності застосування поточного або капітального ремонтів.

Як правило, тривалість ремонтних дій характеризується обумовлює простоювання трактора. Втрати часу пов'язані з відновленням роботоздатного стану гідравлічного насосу в значній мірі будуть обумовлюватися ремонтною техноло-

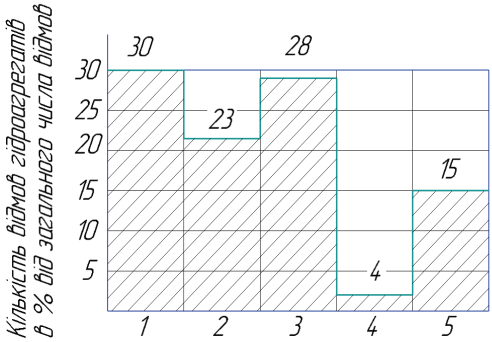

Рис. 1. – Кількість відмов основних елементів гідросистеми [3]: 1 – гідронасос; 2. – гідророзподільник; 3 – гідроциліндр; 4 – фільтр робочої рідини; 5 – рукава гідравлічні.

гічністю його деталей, технічною підготовкою виробничого підрозділу, який спеціалізується по ремонту гідронасосів, а також прийнятими технологічними процесами для ремонту та відновлення їх деталей.

Аналіз технологічних процесів, які реалізуються для відновлення роботоздатного стану гідронасосів, проводиться в роботах [1,2,4]. В них в основному розглядаються загальні технологічні процеси, які знайшли реалізацію на ремонтних підприємствах, їх ефективність з точки зору довговічності. При цьому, не достатньо звернуто увагу на функціональну залежність між ремонтною технологічністю деталей і способами їх ремонту, які забезпечують необхідну післяремонтну довговічність.

В цілому, проведений аналіз технологічних процесів, показує, що вони сформовані без врахування оцінки ремонтної технологічності деталей гідронасоса, реалізація якої забезпечить зниження трудомісткості ремонтних робіт та їх собівартості і забезпечить необхідну післяремонтну довговічність.

Метою роботи є – визначення факторів, які впливають на оцінку ремонтної технологічності ресурсолімітуючих деталей гідравлічних насосів і обґрунтування заходів з впливу на них, для підвищення ефективності технологічних процесів з їх ремонту.

Оцінка ремонтної технологічності деталей характеризується пристосованістю їх до відновлення роботоздатного стану. На ремонтну технологічність деталей впливають конструктивні і технологічні особливості, ступінь зношення і пошкодження.

Для визначення критеріїв оцінки ремонтної технологічності деталей розглянемо наступні види ремонтних дій. Роботи пов'язані з відновленням робочих поверхонь деталей (технологічні процеси підготовки деталі до нарощування нового шару метала, механічна обробка для придання деталі необхідного розміру та фізико-механічних властивостей і якості робочій поверхні тертя). Ці

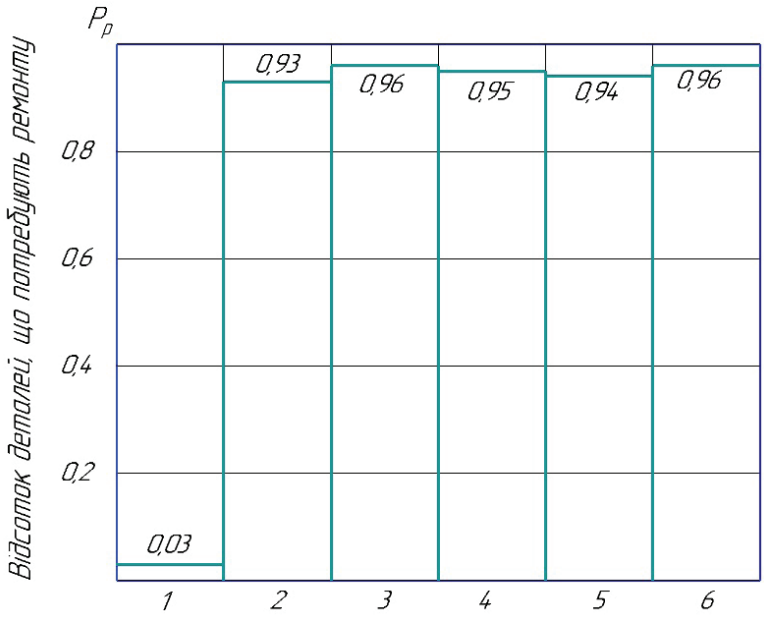

Рис. 2 – Ймовірність технічного стану ресурсолітуючих, які потребують ремонту: 1 – корпус гідронасоса; 2 – підтискна обойма; 3 – підшипникова обойма; 4 – ведуча шестерня; 5 – ведена шестерня; 5 – платики-замикачі.

операції являються основними, а трудомісткість їх виконання складе ($t^{ос.}$). Одночасно в процесі ремонту деталей виникають допоміжні операції, проведення яких обумовлено необхідністю створення нових установчих баз, допоміжних контрольних операцій пов'язаних з особливістю конструкції деталі, і які не передбачені технологією їх виготовлення. Їх трудомісткість складе ($t^{доп.}$).

Для визначення впливу конструкції і технології виготовлення деталі на її ремонтну технологічність представимо всю трудомісткість з відновлення роботоздатності в наступному вигляді:

$$t^{в.р} = t^{ос.} + t^{доп.}, \quad (1)$$

де $t^{в.р}$ – трудомісткість відновлення роботоздатного стану деталі, *ëþ ä. – ãí ä.*;

$t^{ос.}$ – трудомісткість робіт, направлених на відновлення робоздатного стану деталі, які передбачені конструктивними особливостями деталі, *ëþ ä. – ãí ä.*;

$t^{доп.}$ – трудомісткість робіт, що витрачається при відновленні роботоздатного стану деталі, не передбачених конструкцією і технологією її виготовлення, *люд. – год.*

Для виявлення впливу технічного стану деталей, що поступають до ремонту, на їх ремонтну технологічність необхідно визначити ймовірність появи наступних несумісних дій: деталь являється придатною без ремонту $P_п$; деталь потребує ремонту $P_р$; деталь непридатна $P_{н.п}$. Згідно теореми суми ймовірностей: $P_п + P_р + P_{н.п} = 1$, значення цих ймовірностей визначається за виразами [5]:

Таблиця 1
Ймовірності технічного стану деталей гідравлічних насосів

№ п/п	Найменування деталі	Деталь являється придатною без ремонту $P_{п}$.	Деталь потребує ремонту $P_{р}$.	Деталь непридатна $P_{н.п}$
1	Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,02
2	Підтискна обойма	0	0,93	0,07
3	Підшипникова обойма	0	0,96	0,04
4	Ведуча шестерня	0	0,95	0,05
5	Ведена шестерня	0	0,94	0,06
6	Платики-замикачі	0	0,96	0,04

$$P_п = \frac{n_п}{n_з};\ P_р = \frac{n_р}{n_з};\ P_{нп} = \frac{n_{нп}}{n_з}, \qquad (2)$$

де $n_з$ – загальна кількість деталей одного найменування, які поступають до ремонту, *од*;

$n_п$ – кількість придатних без ремонту деталей, *од*;

$n_р$ – кількість деталей, які потребують ремонту, *од*;

$n_{нп}$ – кількість непридатних деталей, які потребують заміни, *од*.

В процесі ремонту гідравлічних насосів модифікації НШ-К, основний об'єм робіт припадає на відновлення деталей спряжень качаючого вузла: «підшипникова обойма-цапфа шестерні», «підтискна обойма-цапфа шестерні», «платик-торець зуба», «підтискна обойма-головка зуба».

В зв'язку з цим, нами проводився аналіз технічного стану гідравлічних насосів, які поступали до ремонту. Ймовірність технічного стану деталей визначалася проведенням дефектувальних робіт за відомими методиками [1,2,4]. Результати ймовірностей технічного деталей гідравлічних НШ-К представлені в табл.1. і на рис.2.

Проведений аналіз отриманих результатів показує, що найбільшу ймовірність в потребі ремонту, яка знаходиться в інтервалі $P_р = 0,93...0,96$, мають деталі качаючого вузла. Це обумовлюється тим, що на робочих поверхнях всіх деталей мають місце сліди гідроабразивного спрацювання, для усунення яких, необхідне застосування шліфувальних або притирочних операцій, при відновленні деталей способом ремонтних розмірів, або відновлювальних операцій з послідуючою механічною обробкою.

Кількість деталей, технічний стан яких відновлюється, обумовлюється технологією відновлювальних робіт. На спеціалізованих підприємствах для відновлення робочих поверхонь деталей застосовується спосіб ремонтних розмірів для деталей спряження «підшипникова обойма-цапфа шестерні», «підтискна обойма-цапфа шестерні», «платик-замикач-торець зуба», «підтискна обойма-головка зуба».

При значному зношенні такі деталі, як підтискна і підшипникова обойми відновлюються з застосуванням аргонодугового наплавлення з послідуючою механічною обробкою під ремонтний розмір, а інші деталі з'єднань оброблюються механічно під ремонтний розмір. Так, у шестерень шліфуються поверхні цапф та торцева поверхня зуба шестерні під ремонтний розмір, а у платиків-замикачів робоча поверхня шліфується, а потім притирається під ремонтний розмір за його висотою.

Кількісна оцінка ремонтної технологічності деталі визначеного найменування буде формуватися з врахуванням її технічного стану при поступанні до ремонту, пристосованості її конструкції і технології виготовлення до відновлення, складності ремонтного обладнання та економічної доцільності ремонту. З врахуванням вище наведених факторів показник ремонтної технологічності можна визначити за виразом [5]:

$$P_{p.m.}^{\partial} = P_n + P_p \frac{\sum_{i=1}^{m} t_i^{oc} \cdot K_{\kappa i}}{\sum_{i=1}^{m} t_i^{oc} \cdot K_{\kappa i} + \sum_{j=1}^{z} t_j^{don} \cdot K_{\kappa j}} K_o \cdot K_e, \quad (3)$$

m – кількість основних операцій, які застосовуються для відновлення роботоздатності деталі, *од*;

z – кількість допоміжних операцій, які застосовуються для відновлення роботоздатності деталі, *од*;

t_i^{oc} – трудомісткість i-ї основної операції з відновлення деталі, *люд.–год.*;

t_j^{don} – трудомісткість j-ї допоміжної операції з ремонту деталі, *люд.–год.*;

$K_{\kappa i}$ – коефіцієнт кваліфікації робіт i-ї основної операції при ремонті деталі;

$K_{\kappa j}$ – коефіцієнт кваліфікації робіт j-ї допоміжної операції з ремонту деталі, *люд.–год.*;

K_o – коефіцієнт складності обладнання та оснастки;

K_e – коефіцієнт економічної доцільності ремонту.

Визначимо на прикладі ремонту технологічність підтискної обойми качаючого вузла насоса, яка має найбільший показник непридатних деталей до відновлення ($P_{н.п} = 0,07$).

Трудомісткість основних операцій для відновлення підтискної обойми, складе $t_i^{oc} = 2,37 люд.–год.$ (включають в себе очисні операції, дефектувальні, відновлювальні та ін.). Трудомісткість допоміжних операцій, яка включає в себе обробку пазів під платик-замикач складе $t_j^{don} = 0,7 люд.–люд.$

Коефіцієнт кваліфікації робіт ($K_{\kappa i}$) визначається за виразом [4]:

$$K_{\kappa i} = \frac{S_c^{н}}{S_c^{ф}}, \quad (4)$$

де $S_c^н$ – тарифна вартість робіт за найнижчим розрядом кожної спеціальності, *грн*;

$S_c^ф$ – тарифна вартість робіт за фактичним розрядом відповідно технологічному процесу ремонту деталі, *грн*.

Технологічний процес ремонту гідравлічних насосів характеризується застосуванням робітників високої кваліфікації – слюсарі п'ятого розряду за тарифною сіткою, що обумовлюється складністю конструкції агрегатів, а також виготовленням деталей за високими класами чистоти поверхні.

Найменший розряд при ремонті гідроагрегатів відповідає третьому (слюсар виконує зовнішню очистку агрегату, очистку деталей, підрозбирання та розбирання агрегатів), тарифна вартість робіт складає $S_c^н = 6,34 грн$. Найвищий (фактичний) розряд відповідає п'ятому (слюсар проводить дефектацію деталей, відновлення робочих поверхонь, складання агрегатів, випробування агрегатів та ін.). Тарифна вартість робіт для даного розряду складає $S_c^ф = 8,22\, грн$.

Тоді коефіцієнт кваліфікації робіт ($K_{кі}$) визначається:

$$K_к = \frac{6,34}{8,22} = 0,77$$

Коефіцієнт складності обладнання та оснастки визначається за виразом [5]:

$$K_o = \frac{S_o^н}{S_o^p}, \qquad (5)$$

де $S_o^н$ – вартість обладнання для обробки поверхонь, які відновлюються, при виготовленні нової деталі (відновлювальними вважаються ті поверхні, які оброблюються для усунення дефекту при ремонті даної деталі), *грн*;

S_o^p – вартість ремонтного обладнання для відновлення роботоздатності деталі згідно технологічного процесу ремонту, *грн*.

Розглянемо коефіцієнт складності обладнання для відновлення підтискної обойми насоса. Робоча поверхня підтискної обойми працює з зубом шестерні, утворюючи радіальний зазор в спряженні «підтискна обойма-головка зуба». Втрата роботоздатності даної деталі характеризується

гідроабразивним зношенням робочої поверхні підтискної обойми, що приводить до зростання радіального зазору і збільшення витоків робочої рідини. Отже, для відновлення робочої поверхні підтискної обойми необхідно відновити її геометричну форму і клас чистоти робочої поверхні. На заводах-виробниках для основної обробки поверхні застосовують горизонтально-фрезерні верстати, вартість даного обладнання складе $S_o^н = 80500\, грн$.

На спеціалізованому ремонтному підприємстві при наявності значного зношення поверхні обойми застосовують аргонодугове наплавлення з наступним розточуванням під ремонтний розмір. Вартість обладнання для даної реалізації даної технології складе $S_p^н = 110000 грн$

Таблиця 2
Результати оцінки ремонтної технологічності деталей

Найменування деталі	Критерії, які характеризують ремонтну технологічність							
	P_n	P_p	$\sum_{i=1}^{m} t_i^{oc} \cdot K_{ki}$	$\sum_{j=1}^{z} t_j^{don} \cdot K_{kj}$	$K_к$	K_o	K_e	$P_{p.m.}^{д}$
Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,924	0,150	0,77	1,0	0,59	0,97
Підтискна обойма	0	0,93	1,83	0,54	0,77	0,73	0,59	0,31
Підшипникова обойма	0	0,96	1,62	0,53	0,77	0,73	0,59	0,31
Ведуча шестерня	0	0,95	2,15	0,27	0,77	1,0	0,59	0,50
Ведена шестерня	0	0,94	1,99	0,20	0,77	1,0	0,59	0,50
Платики-замикачі	0	0,96	0,64	0,16	0,77	1,0	0,59	0,45

Отже згідно виразу (5) коефіцієнт складності обладнання та оснастки буде дорівнювати:

$$K_o = \frac{80500}{110000} = 0,73$$

Коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі визначається за виразом:

$$K_e = \frac{S_д^н}{S_д^н + S_д^p}, \qquad (6)$$

де $S_д^н$ – прейскурантна вартість нової деталі, *грн* (вартість підтискної обойми $S_д^н = 300$ *грн*);

$S_д^p$ – витрати на ремонт деталі, *грн* (обумовлюються технологією, яка застосовується для ремонту деталі, рекомендується $S_д^p \prec 0,7S_д^н$), за запропонованою технологією $S_д^p = 210$*грн.*

Тоді коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі складе:

$$K_e = \frac{300}{300 + 210} = 0,59$$

Підставимо отримані значення до виразу (3) і визначимо показник ремонтної технологічності підтискної обойми ($P_{p.m.}^{д}$):

$$P_{p.m.}^{д} = 0 + 0,93 \cdot \frac{2,37 \cdot 0,77}{2,37 \cdot 0,77 + 0,7 \cdot 0,77} \cdot 0,73 \cdot 0,59 = 0,31$$

Аналогічні розрахунки проводяться для інших деталей, ймовірності технічного стану яких представлені в табл.1, а отримані результати наводяться в табл. 2. та на (рис.3).

Аналіз отриманих результатів показує, що найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^{n.o} = 0,31$) мають підтискна та підшипникова обойми, що обумовлюють-

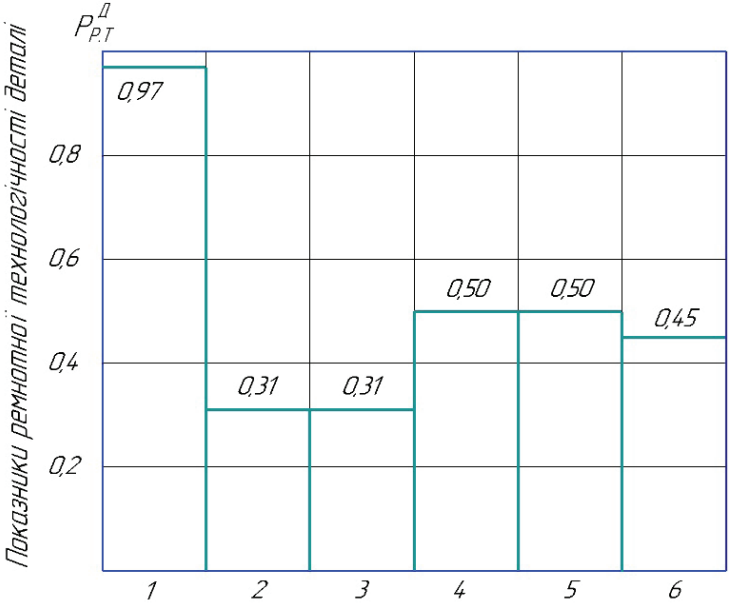

Рис.3. – Показники оцінки ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса модифікації НШ-К: 1 – корпус гідронасоса; 2 – підтискна обойма; 3 – підшипникова обойма; 4 – ведуча шестерня; 5 – ведена шестерня; 5 – платики-замикачі.

ся конструктивними особливостями деталей, у яких відновлюються робочі поверхні аргонодуговим наплавленням з послідуючою механічною обробкою. Для виконання даних операцій застосовується обладнання та оснастка, що приводить до зменшення коефіцієнта складності обладнання та оснастки до ($K_o = 0,73$) і в цілому впливає на показник технологічності.

Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P^{\partial}_{р.т.} = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

Високий показник ремонтної технологічності корпуса насоса ($P^{к.н}_{р.т.} = 0,97$) обумовлюється високим показником придатності деталі без ремонту ($P_n = 0,95$), отриманий по результатам його дефектації.

Показник ремонтної технологічності шестерень насоса становить ($P^{ш}_{р.т.} = 0,50$), що обумовлюється відносно високим показником коефіцієнта складності обладнання та оснастки, який становить ($K_o = 1,0$), а також не значною трудомісткістю допоміжних операцій, на які припадає 10% від трудомісткості основних операцій.

В цілому, проведені дослідження оцінки ремонтної технологічності деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К дають можливість зробити наступні висновки:

1. Показник ймовірності технічного стану деталей качаючого вузла насоса, які потребують ремонту, знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93...0,96$, що обумовлюється наявністю слідів гідроабразивного зношення на їх робочих поверхонь, для усунення яких необхідне застосування відновлювальних та механічних операцій.

2. Найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^{n.o} = 0,31$) мають підтискна та підшипникова обойми, що обумовлюється складністю конфігурацій робочих поверхонь, які зношуються, і для відновлення яких необхідно додаткове обладнання і оснастка, що впливає на зменшення показника складності обладнання, а через нього на зменшення показника ремонтної технологічності.

3. Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P_{p.m.}^{\partial} = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

3. На ремонтну технологічність деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К основний вплив мають конструктивні особливості робочих поверхонь деталей, а також технології їх ремонту, які формують показник складності обладнання та впливають на трудомісткість допоміжних операцій технологічного процесу.

4. Резервом для покращення показників ремонтної технологічності деталей гідронасосів модифікації НШ-К, які лімітують його ресурс, слід вважати впровадження технологічних процесів, які розроблюються на основі прогресивних способів відновлення робочих поверхонь деталей, і реалізуються не залежно від характеру та виду їх зношення.

Література

1. Агрегаты гидроприводов сельскохозяйственной техники. Технические требования на капитальный ремонт [Текст] / – М.: ГОСНИТИ, 1981 – 160 с.
2. Ачкасов К. А. Справочник начинающего слесаря: Ремонт, регулирование приборов системы питания и гидросистемы тракторов, автомобилей, комбайнов -2-е изд. перер. и доп. [Текст] / К. А. Ачкасов, В. П. Вегера – М.: Агропромиздат, 1987.-352 с.
3. Ісаєнко В. Ю. Підвищення експлуатаційної надійності гідравлічних насосів модифікації НШ-К застосуванням епіламних покриттів робочих поверхонь деталей / В. Ю Ісаєнко, П.Т. Мельянцов // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Miedzynarodowej Naukowo- Praktycznej « Inżynieria i technologia. Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2016» (30.12.2016) – Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2016. – S 22-28.
4. Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем 2-е изд., перер. и доп. [Текст] / В. Е. Черкун – М.: Колос, 1984. – 256 с.
5. Иващенко Н. И. Технология ремонта автомобилей [Текст] / Н. И. Иващенко – Киев, «Вища школа», 1977 – 360 с.

ПОДСЕКЦИЯ Химические технологии

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сажин В.Б.
академик, профессор, доктор технических наук, директор Российский инвестиционно-инновационный Фонд «Научная Перспектива», Москва, Россия

Ключевые слова: химия, технология, сушка, дисперсный, сажин
Keywords: chemistry, technology, drying, dispersed, sazhin

Эффективность имеет четыре главных составляющих: интенсивность (определяющая скорость и продолжительность процесса, а, следовательно, производительность), экономичность, качество (готового продукта) и безопасность (как экологическая так и производственная) технологического процесса и производства в целом. Указанные характеристики имеют первостепенное значение для всех технологических процессов, любых отраслей промышленности. Так, например, одной из важнейших отраслей промышленности (любой страны) является текстильная. Она во многом определяет занятость населения, имеет кратчайшие сроки окупаемости вложенных средств и ряд других преимуществ, к сожалению, недооцененных в России на современном этапе, что является одной из главных причин сравнительно низкой эффективности действующих технологических процессов и производств [1]. Следует отметить, что, в целом, положение в химической и смежных отраслях — немногим лучше.

Для решения проблем, связанных с повышением эффективности промышленных производств, необходимо выделить лимитирующие процессы, к числу которых, несомненно, следует отнести процессы сушки и промывки материалов. Это — наиболее энергоемкие и распространенные процессы, часто определяющие качество получаемой продукции [2-3].

Как сушке так и промывке подвергается огромное количество материалов. Необходимо в первоочередном порядке рассматривать типовые процессы (то есть сходные по условиям проведения и характеристикам обрабатываемых материалов). По сушке (скажем, для текстильной отрасли) можно выделить три группы материалов: рулонные материалы (тканые и нетканые полотна, трикотаж и др.), материалы, высушиваемые в бобинах, «куличах» (нити после процессов намотки), дисперсные и диспергируемые материалы (дисперсные материалы, вспомогательные вещества и др.).

При подготовке специалистов следует учитывать новые теории и технологии (применительно к процессам сушки и промывки), разработанные в рамках научной школы академика Б.С.

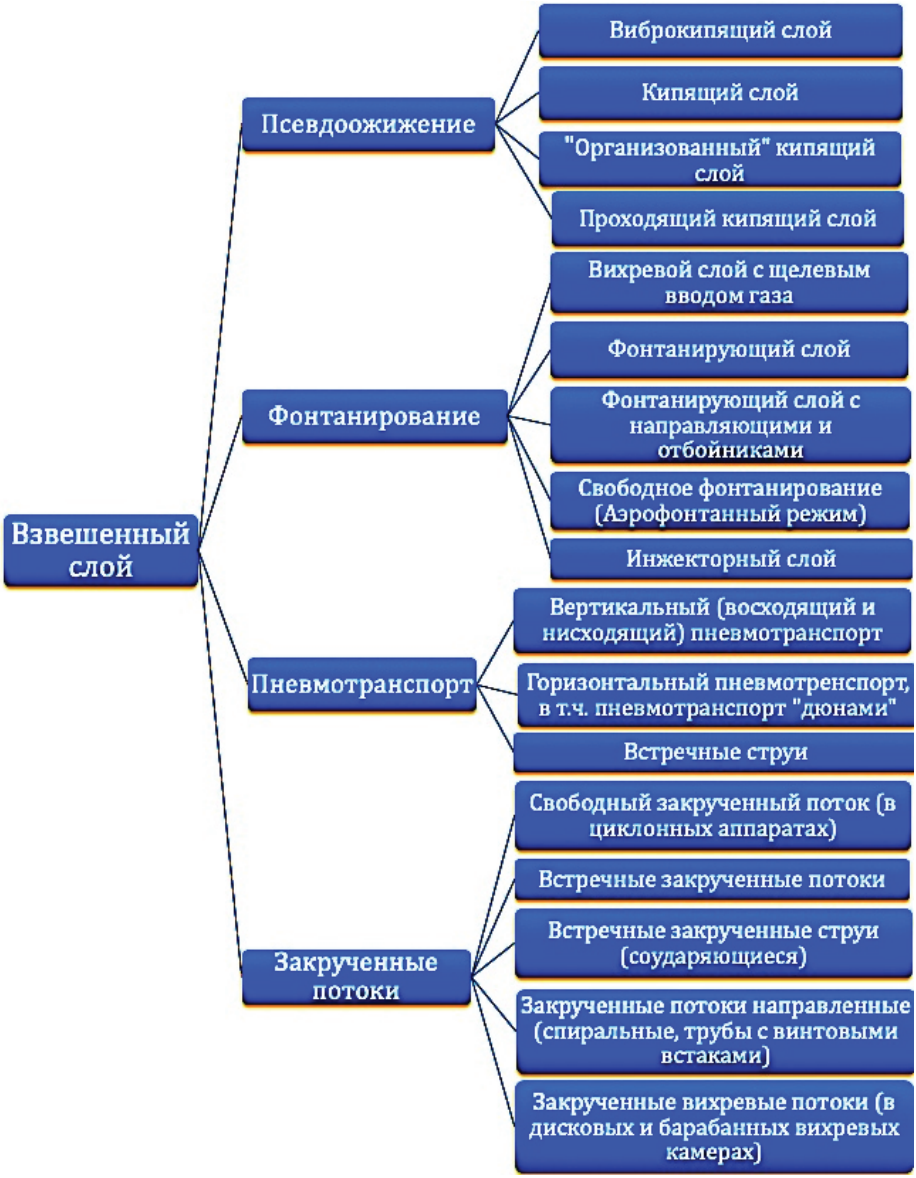

Рис. 1. Классификация гидродинамических режимов взвешенного слоя (Классификация Сажина)

Сажина [1-4]: новая теория массопередачи, в основе которой — обобщенное уравнение массопередачи, известное в специальной литературе как уравнение Сажина-Реутского; теория эксергетического анализа применительно к промышленным технологиям; теория активных гидродинамических режи-

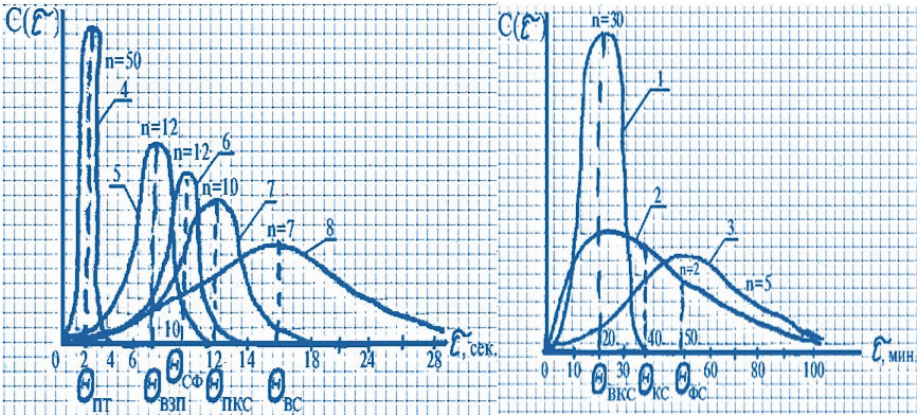

Рис. 2. С-кривые отклика основных гидродинамических режимов взвешенного слоя по дисперсной фазе: 1 – Виброкипящий слой (ВКС); 2 – Кипящий слой (КС); 3 – Фонтанирующий слой (ФС); 4 – Пневмотранспорт восходящий (ПТ); 5 – Встречные закрученные потоки (ВЗП); 6 – Свободное фонтанирование (СФ); 7 – Проходящий кипящий слой (ПКС); 8 – Вихревой слой (ВС); n – число псевдосекций (Источник: данные автора)

мов, в том числе взвешенного слоя [4;7;9;10-12]; теория комплексного анализа и классификации материалов как объектов сушки и промывки [5;6;8]; теория и методы расчета процессов сушки на основе сорбционно-структурных характеристик, критического радиуса пор и адгезионных показателей материалов и др. Следует отметить, что новая теория массопередачи и обобщенное уравнение массопередачи, показавшие свою эффективность во многих технологических процессах (сушка, абсорбция, адсорбция, хемосорбция, промывка и др.), должны рассматриваться параллельно с классической теорией массопередачи, так как исторически инженерные расчеты сушильных и промывных машин проводились на базе обычных уравнений массопередачи и массоотдачи. Основное преимущество обобщенного уравнения массопередачи (Сажина-Реутского) заключается в том, что оно не требует (в отличие от обычного уравнения массопередачи) искусственного деления кинетической кривой на периоды со своей методикой расчета каждого периода (границы между периодами обычно определены очень ориентировочно, деление на периоды является вынужденным, условным). Реальные процессы не состоят из частей с разными закономерностями, а преобладание тех или иных сил в ходе процесса не имеет строгих границ раздела.

Самого серьезного внимания заслуживает мощное средство интенсификации технологических процессов — активные гидродинамические режимы, в том числе режимы взвешенного слоя. Разработанная нами теория активных гидродинамических режимов исходит из того, что любой тепломассобменный процесс

Таблица 1.
Некоторые показатели гидродинамических режимов взвешенного слоя (Источник: данные автора)

Наименование	ГДУ	ГДМ	n_x (число псевдосекций)	СЭ, кВ	Ранг*	Режимные параметры		
						ΔP, кПа	v, м/с	ε_{cp}
Кипящий слой (КС)	1	1	1÷2	5	1	1,5÷5,0	0,1÷1,5	0,6÷0,75
Проходящий кипящий слой (ПКС)	4	6	5÷7	1	10	0,2÷0,5	1.5÷15	0,7÷0,85
Фонтанирующий слой (ФС)	6	3	3÷5	3÷5	3	3,0÷30	8÷60	0,65÷0,8
Режим свободного фонтанирования (СФ)	5	6	5÷10	1	4	0,1÷0,3	10÷40	0,9÷0,99
Виброкипящий слой (ВКС)	5	10	40÷100	0,5÷2	6	0,1÷0,2	0,005÷0,8	0,6÷0,7
Вихревой слой (ВС)	6	6	5÷10	1÷3	8	1,5÷2,5	10÷80	0,65÷0,8
Пневмотранспорт (ПТ)	6	8	20÷30	0,5÷1	9	0,2÷1,0	10÷50	0,8÷0,99
Закрученные потоки (ЗП)	8	6	5÷10	1	10	0,6÷2,0	15÷40	0,85÷0,95
Встречные закрученные потоки (ВЗП)	10	6	5÷10	1	10	0,5÷2,5	10÷50	0,8÷0,99

Примечание: ГДУ – гидродинамическая устойчивость; ГДМ – гидродинамическая модель; СЭ – статическое электричество; * – показатель активности гидродинамического режима в области его рационального применения

зависит от гидродинамики. Это находит отражение в критериальных уравнениях для теплообмена и массообмена (как тепловой, так и диффузионный критерии Нуссельта являются функцией критерия Рейнольдса). Поэтому в интенсификации процессов весьма важную роль играет активизация гидродинамических режимов, связанная с увеличением скорости относительного движения фаз и степени турбулизации потоков. Особенно значимые результаты достигнуты при использовании гидродинамических режимов взвешенного слоя [4;7;9;10-15] который (и ошибочно!) отождествляют с режимом кипящего слоя, в то время как последний является лишь одним из режимов группы псевдоожижения. Так в нашей классификации (в литературе – «Классификация Сажина гидродинамических режимов взвешенного слоя») (Рис. 1) — четыре основных группы: псевдоожижение, фонтанирование, пневмотрнаспорт, закрученные потоки.

Собственно кипящий слой (описываемый ячеечной моделью с числом ячеек, стремящимся к единице, а на практике – регистрируемый С-кривыми отклика с числом псевдосекций в пределах от 1 до 10-15) (рис. 2) имеет ряд недостатков, ограничивающих область его рационального использования: широкий спектр време-

Таблица 2.
Классификационная таблица влажных дисперсных материалов как объектов сушки (по классификации Сажиных)

Показатель технологической задачи (Bi')	Класс материалов	Шифр (класс, группа, разряд)	Критический диаметр пор $d_{кр}$, нм	Группа пор	Ранг адгезионно-аутогезионного коэффициента $K_{а-к}$	Показатель дисперсности		Характеристика пористой структуры материала и вида связи влаги	Продолжительность сушки в эффективном гидродинамическом режиме
						Грубодисперсные	Тонкодисперсные		
$Bi'<0,1$	Первый	1.1.1.	Более 100	0	2	1		Непористые материалы со свободной влагой	0,5-2,0 с
		1.1.2.					2		
		1.2.1.			3	1			
		1.2.2.					2		
$Bi'<1$	Второй	2.1.1.	100-8	1	2	1		Широкопористые материалы со слабо связанной влагой (Испарение жидкости из жидкой пленки)	3,0-5,0 с
		2.1.2.					2		
		2.2.1.			3	1			
		2.2.2.					2		
		2.3.1.			4	1			
		2.3.2.					2		
$Bi'<10$	Третий	3.1.1.	8-6	2	2	1		Высоковлажные материалы с переходными порами со свободной и связанной влагой (Кнудсеновская диффузия)	10-40 с
		3.1.2.					2		
		3.2.1.			3	1			
		3.2.2.					2		
$Bi'<20$	Четвертый	4.1.1.	6-4	3	2	1		Тонкие поры со свободной и связанной влагой (Кнудсеновская и поверхностная диффузия)	0,5-2,0 мин
		4.1.2.					2		
		4.2.1.			3	1			
		4.2.2.					2		
$Bi'\geq20$	Пятый	5.1.1.	4-2	4	2	1		Микропоры со связанной влагой (поверхностная диффузия)	2-20 мин
		5.1.2.					2		
$20<Bi'<<30$	Шестой	6.1.1.	Менее 2	5	1	До 1 мм	–	Ультрамикропоры соизмеримые с размерами молекул (твердотельная диффузия)	2-20 мин

ни пребывания в аппарате обрабатываемых частиц дисперсного материала; гидродинамическая неустойчивость, особенно при обработке влажных материалов; ограниченный диапазон показателя полидисперсности обрабатываемого материала; образование значительных, опасных для технологического процесса зарядов статического электричества; ограниченная нагрузка по газовой фазе, а следовательно, относительно невысокая производительность аппарата и др. (таблица 1).

Активным гидродинамическим режимом следует считать такой, при котором достигается наибольшая эффективность процесса за счет средств гидродинамики. При этом ошибочным является мнение, что чем больше скорость потока, тем активнее режим. Например, режим пневмотранспорта, отличающийся большими скоростями, активен при сушке широкопористых материалов и не является активным при сушке тонкопористых материалов, так как в последнем случае имеют место неоправданные затраты большого количества тепла.

Получил большое распространение в последние годы разработанный нами

метод расчета продолжительности процессов (особенно процесса сушки) путем суммирования времен опорожнения групп пор определенного диаметра (все поры по диаметрам пор разделены на пять групп). Этот метод (в частности, для процессов сушки дисперсных материалов) в сочетании с разработанной нами классификационной таблицей, позволяет в сотни раз сократить время на исследования по выбору рационального типа аппарата и расчету продолжительности процесса без проведения экспериментальных исследований.

Нами разработан и успешно реализуется метод выбора рационального аппаратурно-технологического оформления процесса сушки (без проведения прямых исследований по сушке материала на лабораторных или опытных сушилках) на основе комплексного анализа материалов как объектов сушки с использованием принципа соответственных состояний и данных по кинетике сушки типовых модельных материалов. Для выбора типовых модельных материалов необходима классификация материалов как объектов сушки. Такая классификация разработана на основе сорбционно-структурных характеристик (ответственных за диффузионное сопротивление в процессе сушки) и обобщенного технологического показателя, характеризующего адгезионно-когезионные свойства высушиваемого материала. Показателем, однозначно определяющим принадлежность материала к определенному классу, является критический диаметр пор — наименьших по размеру пор, из которых по технологическим условиям надо удалять влагу. Предложена методика определения критического диаметра пор из кривых распределения пор по радиусам, полученных по десорбционной ветви изотермы сорбции-десорбции с использованием уравнения Кельвина-Томсона, которая в отличие от большинства известных методов (ртутная порометрия, рентгено-структурный анализ и др.) пригодна не только для гидрофобных, но и для гидрофильных материалов, так как определяет не чисто геометрический, а эффективный радиус пор с учетом взаимодействия поверхности пор с удаляемой влагой. Полученный таким образом критический диаметр пор является показателем сложности технологической задачи и наибольшего диффузионного сопротивления в процессе сушки данного материала. Для каждого класса классификационной таблицы выбраны типовые материалы, проведен их детальный комплексный анализ как объектов сушки и определены скорости удаления влаги в активных гидродинамических режимах из всех групп пор (в соответствии с известной классификацией пор по размерам). Построена номограмма, позволяющая по кривым распределения пор по размерам построить кривую кинетики сушки материала, не прибегая к непосредственным опытам по сушке данного материала на лабораторных или опытных сушилках. Таким образом, был осуществлен переход от статики к кинетике сушки, используя принцип соответ-

Таблица 3.
Оптимальные гидродинамические режимы и типовые сушилки для дисперсных материалов классификации Сажиных

Класс влажного материала	Эффективный гидродинамический режим	Тип сушилки
Первый	Закрученный поток (ЗПЦ)	Циклонная (ЦС)
	Пневмотранспорт (ПТ)	Труба-сушилка в одну ступень (ТС-1)
Второй	Пневмотранспорт (ПТ)	Труба-сушилка в две ступени (ТС-2)
	Проходящий кипящий слой (ПКС)	С проходящим кипящим слоем (СПКС)
	ПКС+ЗПЦ	Комбинированная циклонная (КЦС)
Третий	Встречные закрученные потоки (ВЗП)	С встречными закрученными потоками (СВЗП)
	Проходящий кипящий слой с режимом свободного фонтанирования (ПКС+СФ)	Комбинированная аэрофонтанная (КАС)
Четвёртый	Вихревой слой (ВС)	Вихревая камера (ВК)
	ВС+ВЗП	Комбинированная безуносная (по твёрдой фазе) с закрученными потоками и вихревой камерой (СВЗП-ВК)
Пятый	Виброкипящий слой (ВКС)	С виброкипящим слоем (ВКС)
Шестой	Виброкипящий слой модифицированный (ВКСМ)	Кипящего слоя с вибрирующими поверхностями нагрева, погружёнными в слой (КСВПН)

ственных состояний. В последнее время создана новая классификация материалов как объектов сушки (в литературе – «классификация Сажиных», учитывающая распределение пор по радиусам, диффузионный критерий Био, наличие или отсутствие в материале пылевой фракции (для правильного формирования состава сушильной установки), приведённая в соответствие с наиболее авторитетным классификациям (Ребиндера, Гамаюнова, Чураева Лыкова, НИИХИММАШа), но обладающая существенно большими прогностическими характеристиками и возможностью практического использования (табл. 2).

Для каждого класса классификационной таблицы рекомендован типовой аппарат, реализующий те гидродинамические режимы взвешенного слоя, которые являются активными при сушке материалов данного класса (таблица 3). Важнейшим фактором, определяющим пригодность типового аппарата для обработки материалов данного класса, является гарантия обеспечения требуемого времени пребывания материала в аппарате, то есть обеспечения получения высушенного продукта при любой начальной влажности (в пределах реальной технологии) и размерах частиц дисперсного материала до 4 мм (материалы с размерами частиц более 4 мм относятся уже к гранулированным материалам).

В связи с проблемой пылеочистки в последние годы были разработаны

многофункциональные безуносные аппараты со встречными закрученными потоками и управляемой гидродинамикой (ВЗП), которые могут быть рекомендованы в качестве нового поколения типовых аппаратов для материалов с критическим диаметром пор 60 Å (с первого до четвертого класса материалов по усовершенствованной классификации). Возможности сушилок со встречными закрученными потоками (СВЗП) ограничиваются сравнительно небольшим временем пребывания материала в зоне сушки, поэтому принципиальное значение имеют последние работы по выявлению и исследованию нового гидродинамического режима в аппаратах СВЗП — режима вращающегося кольца дисперсного материала, позволяющие в 5-6 раз увеличить время пребывания высушиваемого материала в аппарате и за счет этого на несколько тысяч наименований расширить ассортимент материалов, высушиваемых в аппаратах СВЗП. Для микропористых материалов (четвертая группа) в качестве типовых аппаратов рекомендуются комбинированные безуносные сушилки, в которых для увеличения времени обработка материала в верхней части типовых сушилок СВЗП пристраиваются дисковые вихревые камеры. Для ультрамикропористых материалов, попрежнему, рекомендуются сушилки с виброкипящим слоем материала (предпочтительно сушилки с погруженными в слой вибрирующими поверхностями нагрева).

Таким образом, выбор рационального аппаратурно-технологического оформления процесса сушки интересующего нас дисперсного материала сводится к определению типового аппарата, рекомендуемого для соответствующего класса дисперсных материалов, а для определения класса достаточно знать критический диаметр пор и ранг адгезионно-когезионного коэффициента данного материала.

Литература

1. Процессы промывки тканей и методы их интенсификации/ Б.С. Сажин, Ф.Л. Альтер-Песоцкий и др.. М.: Легпищепром, 1984. 176 с.
2. Сажин, Б.С. Гидродинамические и диффузионные процессы/ Б.С. Сажин, Гудим Л.И., Реутский В.А. М.: Легпромбытиздат, 1988. 200 с.
3. Сажин, Б.С. Сушка и промывка текстильных материалов: теория, расчет процессов/ Б.С. Сажин, В.А. Реутский М.: Легпромбытиздат, 1990. 224 с.
4. Сажин, Б.С. Научные основы техники сушки / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. – М.: Наука, 1997. – 448 с.
5. Сажин, В.Б. Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов/ Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. М.: Химия, 2012. 776 с.
6. Сажин, Б.С., Сажина М.Б., Кошелева М.К. Процессы сушки и промывки текстильных материалов/ Б.С. Сажин и др. – М.: МГУДТ. 2012. 375 с.
7. Сажин, В.Б. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования/ В.Б. Сажин, Б.С. Сажин,. М.: Химия, 2013. 544 с..
8. B. S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology /New York -Connecticut-Wallingford (U.K.): Begell House Inc., 2007. 506 PP.
9. Сажин, В.Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические

решения / В.Б. Сажин, М.Б. Сажина. М.: РосЗИТЛП, 2001. 324 с.
10. Сажин, В.Б. Выбор и расчет аппаратов с взвешенным слоем/ В.Б. Сажин, М.Б. Сажина. М.: РосЗИТЛП, 2001. 336 с.
11. Сажин, Б.С. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б.С. Сажин, А.П. Булеков, В.Б. Сажин. – М.: МТИ, 2000. – 297 с.
12. Сажин В.Б. Научные основы техники сушки дисперсных материалов при эффективных гидродинамических режимах взвешенного слоя. Дисс … доктора технических наук. М.: Изд-во РХТУ, 2000. Т. 1 – 617 с., Т. 2 – 203 с.
13. V.B. Sazhin & B.S. Sazhin. Actual contemporary problems of effective drying of dispersed materials in swirled flows //Sciences of Europe, # 34, 2018, in 4vv.- Vol. 1. Techical Science. (ISSN 3162-2364, Praha). – 66 p. – PP. 50-63&
14. V.B. Sazhin & B.S. Sazhin. The problem of analysis of dispersed materials as objects of drying and the strategy for its solution // Science, research, development #24. Technics and technology. Warszawa: 2019. Str. 35-41.
15. V.B. Sazhin & B.S. Sazhin. Efficient non-dusting dryers with a rotating annular layer of dispersed material // The priorities of the world science: experiments and scientific debates. – USA. Morrisville: Lulu Press, 2019. P.17-21.

ТЕОРЕМА БАЙЕСА НА ПРИКЛАДІ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТУ

Гриненко А. О.
студент,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Кафедра програмної інженерії,
група ПЗПІ-19-4,

Олійник О. В.
соавтор
старший викладач кафедри програмної інженерії,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Кафедра програмної інженерії

Ключові слова: теорія ймовірності, теорема Байєса, статистика, гіпотеза, ймовірність, подія.

Теорема Байєса є однією з найбільш значущих теорем у всій теорії ймовірностей[1]. У реальному житті з появою нових даних ми постійно коригуємо оцінку ситуації. Наприклад, якщо ви оцінюєте ймовірність отримання надбавки до зарплати з деякою ймовірністю, то отримавши позитивні відгуки від менеджера, можна скорегувати оцінку в кращу сторону, і, навпаки, зменшити її, якщо зламали кавоварку на роботі. Так відбувається уточнення вже існуючої інформації новою.

Основна ідея теореми полягає в тому, щоб отримати більшу точність оцінки ймовірності події, спираючись на обставини, що могли бути пов'язані з цією подією. Принцип теореми простий: є первісна оцінка ймовірності, яку уточнюють з отриманням більшої кількості інформації.

Застосування теореми поширене не лише в статистиці і в різних областях фінансової сфери, але й в медицині та фармакології, наприклад, для визначення точності результатів медичних тестів, беручи до уваги, наскільки ймовірно, що у якоїсь конкретної людини є хвороба, і загальну точність тесту.

Метою роботи є показати, що теорему Байєса можна використовувати в різних сферах життя, зокрема у повсякденному житті. Прикладне значення теореми в роботі буде розглянуте на прикладі затримок транспорту.

Нехай подія A може наступити лише за умови появи однієї з несумісних подій H_1, H_2, …H_n, які утворюють повну групу подій. Якщо подія A вже сталась, то ймовірності гіпотез можуть бути переоцінені за формулою Байєса [2]:

$$P(H_k|A) = \frac{P(H_k)\cdot P(A|H_k)}{P(A)} \text{ (формула 1)},$$

де A та H є подіями.

$P(H_k)$ – апріорна ймовірність k-ї гіпотези;

$P(H_k|A)$ – ймовірність гіпотези H_k при настанні події A;

Таблиця 1
Дані щодо затримок автобусу

Номер автобуса	1	2	3	4
Кількість всіх автобусів	64	41	64	47
Кількість автобусів, що затрималисьь	12	3	20	11

$P(A|H_k)$ – ймовірність настання події А при істинності гіпотези H_k;

P(A) – ймовірність події А.

$P(H_k|A)$ – це приклад апостеріорної ймовірності, тобто такої, що вимірює вірогідність якогось певного стану навколишнього світу (а саме стану, при якому відбулася подія А). Коли $P(H_k)$ – приклад завжди апріорної ймовірності, що може бути виміряна при будь-якому стані навколишнього світу.[3]

Для ілюстрації використання теореми Байєса наведемо приклад. Є 4 автобуси, якими можна доїхати до метро. Протягом дня з однаковою ймовірністю в будь-який момент до зупинки підходить людина і сідає в перший автобус, що під'їде. Нашим завданням буде визначити ймовірність, з якою автобус, на якому поїде людина, буде мати номер «1», «2», «3» або «4», якщо відомо, що він запізнився.

Запізненням вважатимемо затримку більше за одну хвилину від розкладу. Розклад автобусів отримано з офіційного документу «Розклад» в кожному з автобусів. Затримки автобусів отримані експериментальним шляхом (табл. 1).

Для розв'язання задачі уведемо до розгляду такі події: А = «автобус запізнився», H_1 = «під'їхав автобус з номером "1"», H_2 = «під'їхав автобус з номером "2"», H_3 = «під'їхав автобус з номером "3"», H_4 = «під'їхав автобус з номером "4"». Автобус запізнився, оскільки це прямо прописано в умові.

Всього автобусів 64 + 41 + 64 + 47 = 216.

Знайдемо ймовірності появи кожного з автобусів.

Розглянемо залежну подію А. Розрахуємо ймовірність для кожного автобусу, з якою той запізниться.

За формулою повної ймовірності:

Проведемо розрахунки за формулою Байєса (формула 1). Маємо ймовірність появи автобуса за номером:

Вирішивши задачу, ми виявили, що при затримці автобусу найбільш вірогідною буде поява автобусу під номером «3» – 43,48%. Ймовірність, що людина поїде на автобусі «4» – 23,91%, а на автобусі «1» – 16,09%. Найменш ймовірним виявилось, що людина сяде на автобус під номером «2».

Таким чином, було розглянуто приклад життєвої ситуації, коли доречно застосовувати теорему Байєса.

*Отже, теорема Байєса – сильний інструмент, що має дійсно широке застосування як в наукових дослідженнях, економіці та статистиці, так і в повсякденному житті. Дійсно, майже завжди ймовірність подій не є стовідстотковою, тому т*еорема Байєса нагадує нам, що зіткнувшись з новою інформацією, ми повинні бути відкритими до нових змін та враховувати їх.

Джерела

1. Теорема Байеса: [Електроний ресурс] // tass.ru – Режим доступу: https://tass.ru/sci/6815287 Дата звертання: 15.12.2019).
2. Попов В. А. Теория вероятностей. Часть 1. Элементарная теория вероятностей: Учебное пособие. Казань: Казанский университет, 2013.
3. Теорема Байеса: [Електроний ресурс] // habr.com – Режим доступу: https://habr.com/ru/company/otus/blog/473468/ (Дата звертання: 15.12.2019).

PARADOX OF MONTY HALL AS MODEL OF REAL PROCESSES

Liutova K.
Student of Kharkiv National University of Radio Electronics

Key words: Probability theory; paradox; mathematics; Monty Hall; conditional probability.

Imagine that you have become a participant of the game, in which you should choose one of three doors. Behind one of them there is a car, behind other two there are goats.

You choose one of the doors, for example, number 1, then the show-host, who knows where is the car, opens one of the remaining doors, for example, number 3, behind which there is a goat. After that, he asks you if you would like to change your choice and choose door number 2. Will your chances of winning a car increase if you accept the host's offer and change your choice? [1]

Paradox of Monty Hall

Monty Hall problem is one of the known problems of probability theory, the solution of which, at the first blush, runs counter to common sense. The task is formulated as a description of a game based on the American TV show "Let's Make a Deal", named after the host of this show.

The most common formulation of this problem was published in 1990 in Parade Magazine [2]. After publication, it immediately became clear that the problem was formulated incorrectly: not all conditions were discussed. For example, what if the host offers to change the choice only when the player chooses the car at the start? Then it is obvious, that a change in the initial choice will lead to a guaranteed loss. People, while solving this problem, usually reason like this: the host always removes one door with goat, so that the probability of winning the car becomes equal to 1/2, regardless of the initial choice.

In fact, the probability that initially was chosen the door with the goat is 66% (2/3) [2]. And this has nothing to do with the fact that the presenter opened the door; You selected the goat with a probability of 66% (2/3). Consequently, changing selected door will provide a 66% (2/3) probability of winning a car.

Increase the number of doors

In order to make it easier to understand the essence of what is happening let us consider a specific case, when the player sees not three doors, but, for example, one hundred. Meanwhile, there is a car behind one of the doors, and goats – behind the other 99. The player chooses one of the doors. In 99% of cases he will choose a door with a goat and the chances of choosing the door with the car immediately become very small – 1%. After that, the presenter opens 98 of 100 doors (all with goats) and invites the

player to choose one of two remaining doors (initially chosen door and another – not opened one). In 99% of cases, the goat will be behind this initially chosen door, because the chances that the player immediately chose the right door are very small. It is clear that in this situation, player must always accept the lead's offer to change the choice.

Monty Hall show statistics

However, in the entire history of the Monty Hall TV show, the people who changed the decision, were twice as likely to win: Of the 30 players, who changed the initial decision, 18 have won the Cadillac – that is 60%. Of the 30 players who remained with their choice, 11 have won the Cadillac – that is, about 36%.

So, given reasons, no matter how illogical they may seem, are field-proven.

Mathematical justification of Monty Hall Paradox

Let the case, when the prize is inside box number i, be "Bi" (box i).

Probability for each box to be prize one is equal to 1/3:

$P(B1) = P(B2) = P(B3) = 1/3$.

Let the case, when the host opens an empty box, be "O" (open). {B1, B2, B3} – are collectively exhaustive events, so, we may use the Law of total probability and Bayes' theorem.

$P(O) = P(O|B1) * P(B1) + P(O|B2) + P(O|B3)$.

O|B1 – designation of case, when the host opens the second box, while the prize is in the first one. Since the prize is in the first box (initially chosen), the host is able to choose, what box to open. It makes no difference and the probability is 50%.

$P(O|B1) = 1/2$.

O|B2 – is the case, when the prize is in the second box. It acts contrary to the rules. So: $P(O|B2) = 0$.

O|B3 – is the case, when the prize is in the third box. Initially selected box is number one, the host won't open box with prize, whether or the host will open the second box: $P(O|B3) = 1$.

Substituting into the formula: $P(O) = 1/2 * 1/3 + 0 * 1/3 + 1 * 1/3 = 1/2$.

By Bayes' theorem: $P(B1|O) = P(O|H1)*P(H1)/P(O) = (1/2*1/3)/(1/2) = 1/3$.

$P(B2|O) = 0$ – it is obvious, $P(B1|O) + P(B2|O) + P(B3|O) = 1$ as distribution B is complete and incompatible). It means, $P(B3|O) = 1 – P(B1|O) = 2/3$.

Conclusion

Thus, the participant should change his initial choice, in this case his probability of winning will be 2/3. This conclusion contradicts the intuitive perception of the situation by the majority of people; Therefore, described task is called the Monty Hall paradox, i.e. paradox in practical sense. [3].

Bibliography:

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Парадокс Монти Холла (Дата обращения 12.09.2018)
2. Marilyn vos Savant. Ask Marilyn column. Parade Magazine: Sept. 9, 1990
3. http://elementy.ru/problems/23 Дата обращения 12.09.2018)

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ДЕМПСТЕРА-ШАФЕРА

Коба Ю.Ю.
студентка,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Кафедра програмної інженерії,
група ПЗПІ-19-6,

Олійник О.В.
соавтор
старший викладач кафедри програмної інженерії,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Кафедра програмної інженерії

Ключові слова: теорія ймовірності, теорія Демпстера-Шафера, довіра та правдоподібність, нульова гіпотеза, припущення, компенсація ймовірностей

Теорія Демпстера-Шафера (інакше теорія функцій стверджень чи теорія доведень) є загальною основою для роздумів, пов'язаних з невизначеністю, із ймовірністю та можливістю неточних подій. Ця математична теорія заснована на функції довіри та функції правдоподібності, які використовуються, для того щоб поєднати окремі частини інформації для обчислення вірогідності події [1]. Вперше вона була представлена Артуром Демпстером, пізніше розвинута Гленном Шафером.

Суть теорії полягає в тому, що вона розглядає множини припущень та ставить кожному з них ймовірнісний інтервал довіри, якому має належати степінь впевненості в кожному припущенні [2].

Існує формула:

pl(p)=1-bel(not(p)), де

bel – це міра довіри (від англ. belief), яка вимірюється від нуля (вказує на відсутність доказів на користь множини припущень) до одиниці (означає повну визначеність), pl – це міра правдоподібності (від англ. plausible), яка також лежить в інтервалі від 0 до 1, яка знаходиться за вищезазначеною формулою.

Цю теорію також називають методом злиття сенсорів, адже вона заснована на двох ідеях: на отриманні ступеню впевненості для одного питання із суб'єктивних ймовірностей пов'язаного з ним іншого питання та правилі Демпстера для об'єднання таких ступенів впевненості, коли вони засновані на незалежних доказах [3].

Для наочного відображення теорії наведемо приклад. Припустимо, досвідченому спортивному аналітику можна довіряти на 85% (саме така вірогідність того, що він назве правильно результат матчу). Він говорить, що команда А переможе. Використовуючи традиційну теорію ймовірностей, можна зробити висновок, що вірогідність того, що результат матчу буде

Таблиця 1
Таблиця компенсації ймовірностей, коли обидва аналітики говорять про перемогу команди А.

	Професіональний аналітик правий (85%)	Професіональний аналітик помиляється (15%)
Аналітик-любитель правий (55%)	Команда А перемагає: 85% * 55% = 0.85 * 0.55 = 0,4675 = 46,75%	Команда А перемагає: 15% * 55% = 0.15 * 0.55 = 0,0825 = 8,25%
Аналітик-любитель помиляється (45%)	Команда А перемагає: 85% * 45% = 0.85 * 0.45 = 0,3825 = 38,25%	Невстановлений результат матчу: 15% * 45% = 0.15 * 0.45 = 0,0675 = 6,75%

Таблиця 2
Таблиця компенсації ймовірностей, коли лише другий аналітик говорить про перемогу команди А.

	Професіональний аналітик правий (85%)	Професіональний аналітик помиляється (15%)
Аналітик-любитель правий (55%)	Неможливий результат: 85% * 55% = 0.85 * 0.55 = 0,4675 = 46,75%	Команда А програє: 15% * 55% = 0.15 * 0.55 = 0,0825 = 8,25%
Аналітик-любитель помиляється (45%)	Команда А перемагає: 85% * 45% = 0.85 * 0.45 = 0,3825 = 38,25%	Невстановлений результат матчу: 15% * 45% = 0.15 * 0.45 = 0,0675 = 6,75%

іншим, дорівнює 15%. Саме цим теорія доведень і відрізняється від класичного поняття теорії ймовірності: в 15%, що залишились, ми не знаємо точно, що аналітик помилився. Оскільки його прогноз правильний у 85% випадків, то у 15% – неправильний, однак, за означенням теорії Демпстера-Шафера, це значить, що у 15% випадків його прогнози щодо результатів можуть бути як правильним, так і неправильними. Таким чином, саме ці 15% відносяться не до доповнення нульової гіпотези, а до набору усіх гіпотез.

Саме це різниця між теорією ймовірності та теорією функцій стверджень призводить до наступних наслідків. Такий звичайний для нас вираз:

не буде актуальним, через це більше не можна використовувати ймовірність того, що гіпотеза істинна, щоб знайти ймовірність того, що вона є хибною.

З цього випливає, що мало висловити твердження стосовно гіпотези, яке якимось чином об'єднане з твердженням, що гіпотеза неправильно за допомогою лише одного значення. Замість цього використовується цілий діапазон ймовірностей. Діапазон має вигляд [bel(H);pl(H)], де

Тобто можна сказати, що нижня межа – це ймовірність, з якою можна припустити, що гіпотеза істинна чи хибна.

У наведеному прикладі все вказує на те, що спортивний аналітик правильно визначить результат матчу bel(H)=0.85. У нас немає ніяких підстав думати, що аналітик помилиться саме цього разу:, тому pl(H)=1. Отже,

Таблиця 3
Таблиця компенсації ймовірностей, коли лише другий аналітик говорить про перемогу команди А (правильний варіант розрахунку)

	Професіональний аналітик правий (85%)	Професіональний аналітик помиляється (15%)
Аналітик-любитель правий (55%)	0	Команда А програє: 8,25% / 53, 25% = 15,5%
Аналітик-любитель помиляється (45%)	Команда А перемагає: 38,25% / 53,25% = 71,8%	Невстановлений результат 6,75% / 53,25% = 12,7%

ймовірність правильного результату матчу знаходиться у діапазоні від 0.85 до 1,0.

Далі поговоримо про комбінацію доказів. Наш досвідчений аналітик все ще говорить, що команда А переможе. Інше джерело у вигляді аналітика-любителя також говорить, що команда А переможе, але його словам можна довіряти лише на 55%. Наведемо таблицю для компенсації ймовірностей подій (див. табл. 1).

У трьох із чотирьох наступних випадків гіпотеза така: професіональний спортивний аналітик підтвердив, що він є надійним джерелом. Значить, із ймовірністю 46,75% + 8,25% + 38,25% = 93,25% можна сказати, що команда А переможе. У четвертому випадку (6,75%) гіпотеза не може бути утверджена. Це означає, що bel(H)=0,9325, а також

Загалом, докази e_i правдивості теорії, у кожного з яких є своя гіпотеза H, яка підтримує цю теорію, призводять до формули:

Таким чином, маємо формулу для доказів, які говорять проти гіпотези:

Об'єднаємо два докази, які суперечать один одному. Припустимо, що наш досвідчений спортивний аналітик говорить, що команда А програє (пам'ятаємо, що ймовірність правильного твердження 85%). Зважаючи на думку аналітика любителя побудуємо таблицю (див. табл. 2).

Варіант, у якому обидва твердження правильні – неможливий (оскільки команда не може одночасно виграти та програти). Відповідно до теорії Демпстера-Шафера, всі варіанти потрібно перерахувати заново: всі значення можливих випадків варто поділити на суму цих випадків (див. табл. 3):

Можна зробити припущення, що команда А переможе з ймовірністю 71,8%, а програє з ймовірністю 15,5%. Тому, діапазон ймовірності перемоги команди А буде від 0,718 до (1 – 0,155) = 0,845.

Отже, описані у статті моменти є лише вершиною айсберга цієї великої теорії. Її перевага над класичною теорією ймовірності полягає в тому, що вона значно глибше описує вірогідності подій, враховує залежності від групи гіпотез, допомагає подивитися на проблему під іншим кутом. У цієї теорії є майбутнє, тому вона потребує подальшого дослідження та вивчення її іншими.

Посилання:

1. Теория Демпстера-Шафера: [Електронний ресурс] // Википедия – Режим

доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_Демпстера_–_Шафера (Дата звертання: 27.11.2020).
2. Теория доказательства Демпстера-Шафера: [Електронний ресурс] // Студопедия – Режим доступу: https://studopedia.info/6-57781.html (Дата звертання: 28.11.2020)
3. Dempster, Arthur P.; A generalization of Bayesian inference, Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Vol. 30, pp. 205–247, 1968

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ОБРАБОТАННЫХ В БУРЕ

Шарабидзе М.Р.
Профессор, д.т.н., Кутаисский университет им. А. Церетели
Гогинови К.М.
Доктор инженерии, Кутаисский университет им. А. Церетели
Хвадагиани Л.С.
Доктор инженерии, Кутаисский университет им. А. Церетели

Ключевые слова: Шелк, шерсть, полиамид, бура, рентгеноструктурный анализ.
Keywords: Silk, wool, polyamide, borax, X-ray diffraction analysis.

Текстильные волокна характеризуются высокой анизотропией макромолекул. Анизотропия и подвижность макромолекул определяют такие параметры волокон, как прочность, упругость и эластичность, деформационная способность. На уровень анизотропии текстильных волокон значительное влияние оказывает их обработка в различных химических соединениях, при которых происходят изменения строения, структуры и химического взаимодействия в молекулах текстильных волокон. В результате имеет место изменение ряда физико-механических и химических свойств волокон, таких как прочность, упруго-деформационные, сорбционные и красящие свойства.

Известно, что первичным элементом кристаллического участка волокнистого полимера является макромолекула. В зависимости от химического состава, ее строение может быть зигзагообразным или спиральным. Для натурального шелка и полиамида характерна зигзагообразная, а для шерсти – спиральная конформация, которая на следующем уровне организации образует трехмерную структуру, элементарным звеном которого является параллелепипед. На следующем этапе происходит их объединение в монокристаллы и сферолиты, и как следствие, образование фибриллярной структуры волокон. Исследования показали, что обработка натурального шелка, полиамида и шерсти в растворах буры приводит к изменению физико-механических и химических свойств текстильных волокон. Считаем, что это является следствием изменения соотношений между кристаллическими и аморфными участками фибриллярных структур текстильных волокон.

Целью исследования является изучение структурных изменений текстильных волокон – натурального шелка, полиамида и шерсти, обработанных бурой.

Возможность образования борных комплексов с волокнами натурального шелка и полиамида, а также с шерстью

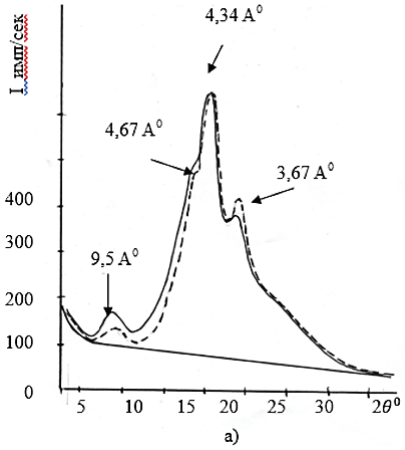

Рисунок 1. Рентгенограммы натурального шелка, обработанного (–-) и необработанного ( ) в буре.

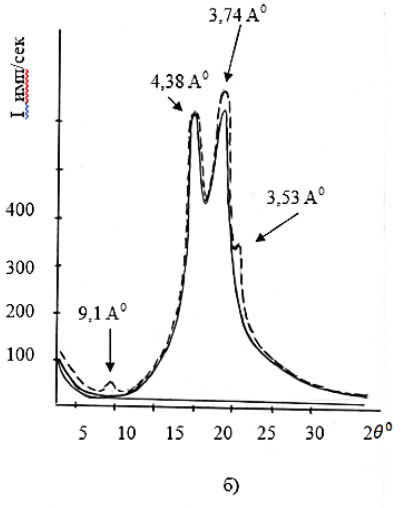

Рисунок 2. Рентгенограммы полиамида, обработанного (–-) и необработанного ( ) в буре.

была изучена методом дифракции рентгеновских лучей. С целью исследования структурных изменений был проведен рентгеноструктурный анализ на диффрактометре общего назначения ДРОН-1,5 с медным анодом и графитовым монохроматором.

При обработке волокон в растворах буры малых концентрации (0,12 г/л) резких изменений в структурах волокон не происходит. Однако, некоторое повышение кристалличности, структурированности и упорядоченности все же наблюдается. На рентгенограммах это выявляется в уменьшении интенсивности импульса, характерного аморфным участкам, появлении новых рефлексов, а также в повышении интенсивности и их степени разрешения характерных рефлексов. На рис 2-а показаны рентгенограммы натурального шелка, обработанного и необработанного в буре. Как видно из рис.4-а, выделяются три рефлекса: характеризующие кристаллическую область – 3,67 Å, 4,34 Å и аморфную область – 9,5 Å. После обработки в буре появляется новый рефлекс малой интенсивности – 4,67 Å. Должно быть его появление свидетельствует об увеличении степени упорядоченности в структуре волокна натурального шелка; тем более, что его появление сопровождается уменьшением интенсивности рефлекса аморфной области.

На рис.2-б показаны рентгенограммы капрона, обработанного и необработанного в буре. Выделяются два основных рефлекса 3, 76 Å и 4,38 Å. После обработки в буре их интенсивность растет. Кроме этого, выделяются два новых рефлекса 3,5 Å и 9,1 Å. Можно предположить, что это следс-

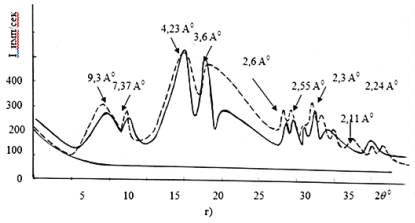

Рисунок 3. Рентгенограммы кератина шерсти, обработанного (–-) и необработанного ( ) в буре.

твие структурированности макромолекулы волокна. Рентгеноструктурный анализ показал, что в результате комплексообразования структура волокон натурального шелка и полиамида (капрона), обработанных в буре, становится более упорядоченной и структурированной, чем у необработанных. Что же касается шерсти, то из рис.2.-г видно, что шерсть сама по себе является менее структурированной чем натуральный шелк и капрон, однако после обработки в буре, и в ее структуре происходят изменения. В частности, происходит упорядочение и структурирование системы, о чем свидетельствует некоторое повышение интенсивности импульсов, характерных кристаллическому участку волокна.

Анализ рентгенограмм кератина шерсти показал, что как для обработанных, так и необработанных в буре полимеров, интенсивность и степень разрешения характерных рефлексов кристаллических участков не меняется (рис. 3). Это подтверждает предположение, что изменения физико-механических и химических свойств волокон связаны с преображениями в аморфных участках. В частности, на рентгенограмме видно, что характерный рефлекс аморфной области от 9,5 Å смещается к 9,3 Å и при этом, интенсивность рефлекса повышается в »1,4 раз. Это означает, что аморфная область кератина шерсти становится более упорядоченной и кристаллизованной. Свидетельством этого предположения является уменьшение аморфной области от 0,16 нм до 0,09 нм. Это значит, что после обработки в буре, аморфная область становится более ориентированной, упорядоченной и сжатой.

Таким образом, рентгеноструктурный анализ модифицированных бурой текстильных волокон показал, что на рентгенограммах модифицированных полимеров значительно меняются форма, интенсивность и соотношения рефлексов кристаллических и аморфных участков. Для натурального шелка и полиамида интенсивность рефлексов, характерных для кристаллических участков растет, а аморфных – снижается; степень разрешения рефлексов повышается; появляются новые рефлексы за счет повышения структурированности и упорядоченности полимеров. Для кератина шерсти интенсивность характерных рефлексов кристаллических участков не меняется, а рефлексов аморфного участка – повышается, так как в результате образования борных комплексов, происходит ее сжатие, уплотнение и повышение структурированности и степени упорядоченности. В следствие, указанные структур-

ные изменения приводят к изменениям физико-механических и химических свойств текстильных волокон, модифицированных бурой.

Литература:

1. М. Шарабидзе, К.Гогинови. Исследование структурных изменений кератина модифицированной шерсти. «Наука, техника и образование». №11 (41), 2017. Ст.8-11
2. М. Шарабидзе, К.Гогинови, Л.Хвадагиани. Исследование свойлачивания модифицированной шерсти. IX International scientific conference INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH. International center for scientific cooperation "Science and education", 12 June, 2017. Ст.26-29
3. М. Шарабидзе, Л.Хвадагиани. Исследование влияния деформационных свойств модифицированной шерсти на процесс свойлачивания. Международный научный журнал «Молодой ученый» №23 (157), 2017. ст.180-183.

О ВОССТАНОВЛЕНИИ МОНООКСИДА МАРГАНЦА МОНООКСИДОМ УГЛЕРОДА

Пантейков Сергей Петрович
канд. техн. наук, доцент, Днепровский государственный технический университет, г. Каменское, Днепропетровская область, Украина, ser_pant_in@mail.ru, ser_pant_in@ukr.net
Ключевые слова: углерод, оксид, марганец, газ, реакция, энергия Гиббса.

Keywords: carbon, oxide, manganese, gas, reaction, Gibbs energy.

Почти во всех железных рудах и в агломератах присутствует Mn в виде его оксидов в различных количествах. Восстанавливаются они (как и оксиды железа) в соответствии с принципом последовательных превращений – от высших оксидов к низшим, а в конце – от самого низшего оксида к восстанавливаемому марганцу: $MnO_2 \rightarrow Mn_2O_3 \rightarrow Mn_3O_4 \rightarrow MnO \rightarrow Mn$ [1].

Считается [2], что в восстановительных печах под воздействием газа-восстановителя CO из более высшего оксида марганца можно полностью восстановить его более низший оксид:

$$2MnO_2 + CO = Mn_2O_3 + CO_2 + 227{,}56\ МДж; \quad (1)$$

$$3Mn_2O_3 + CO = 2Mn_3O_4 + CO_2 + 170{,}77\ МДж; \quad (2)$$

$$Mn_3O_4 + CO = 3MnO + CO_2 + 52{,}08\ МДж \quad (3)$$

По поводу восстановления Mn из низшего оксида MnO за счёт CO существуют различные теории [2-13].

По одной из них [7, 9, 14] Mn из MnO может восстанавливаться газом CO по реакции непрямого восстановления [2]:

$$MnO + CO = Mn + CO_2 - 121{,}80\ МДж \quad (4)$$

По второму варианту предполагается [2, 3, 10, 12], что для протекания реакции (4) непрямого восстановления марганца требуется менее 0,01% CO_2 в газовой фазе, а в реальных условиях восстановительной плавки это недостижимо; при этом даже при небольших количествах CO_2 возможна обратная реакция (4). На основании несоответствия реального состава газовой фазы в печи указанным якобы необходимым условиям протекания реакции (4) принимают, что Mn из MnO в реальных условиях может восстанавливаться только прямым путём, т.е. за счёт твёрдого углерода.

Третий вариант предусматривает [1, 4-6, 8, 11], что косвенным путём (за счёт CO) Mn из MnO восстанавливается значительно труднее, чем Fe из FeO, поэтому реакция (4) непрямого восстановления марганца в условиях реальной вос-

становительной плавки практически невозможна, а Mn из MnO восстанавливается только прямым путём, да и то частично.

На основании двух последних теорий считают, что заключительная стадия восстановления марганца из его оксидов – это эндотермическая реакция прямого восстановления Mn из MnO твёрдым углеродом [2]:

$$MnO + C = Mn + CO - 288{,}29\ МДж, \quad (5)$$

а количество восстанавливаемого марганца, согласно данной реакции (5), существенно возрастает с повышением температуры.

Однако при этом реакцию (5) часть учёных всё же пытается объяснять косвенным восстановлением марганца «через газовую фазу»[1] (по теории Г.И. Чуфарова) – за счёт протекания реакции (4) и реакции газификации углерода, более известной как реакция Белла-Будуара, т.е. допускают протекание реакции (4) «в присутствии твёрдого углерода» [3, 9, 13, 14].

Чтобы устранить указанные противоречия по данному вопросу рассмотрим возможность восстановления Mn и указанных выше его оксидов за счёт газа CO с современных позиций физической химии.

Известно, что восстановление более низших оксидов металлов из их более высших оксидов, а также металлов (в том числе и марганца) из их оксидов возможно только при использовании веществ-восстановителей, обладающих более высоким химическим сродством к кислороду, нежели восстанавливаемые соединения (оксиды) или элементы (металлы).

Из теории металлургических процессов известны следующие реакции окисления Mn, MnO, Mn_3O_4 [7], Mn_2O_3 [15], C (до CO) и CO [7]:

$2Mn + O_2 = 2MnO$,	$\Delta G° = -770372 + 147{,}46 \cdot T$, Дж/моль O_2;	(6)
$6MnO + O_2 = 2Mn_3O_4$,	$\Delta G° = -464534 + 234{,}12 \cdot T$, Дж/моль O_2;	(7)
$4Mn_3O_4 + O_2 = 6Mn_2O_3$,	$\Delta G° = -210510 + 168{,}54 \cdot T$, Дж/моль O_2;	(8)
$2Mn_2O_3 + O_2 = 4MnO_2$,	$\Delta G° = -164850 + 213{,}72 \cdot T$, Дж/моль O_2;	(9)
$2C + O_2 = 2CO$,	$\Delta G° = -221120 - 179{,}75 \cdot T$, Дж/моль O_2;	(10)
$2CO + O_2 = 2CO_2$,	$\Delta G° = -565390 + 175{,}17 \cdot T$, Дж/моль O_2	(11)

О степенях химического сродства к кислороду указанных в левой части приведённых химических реакций (6)-(11) элементов и соединений можно судить по значениям расчётных величин свободной энергии Гиббса (изобарно-изотермного потенциала) $\Delta G°$ каждой реакции в зависимости от температуры T, которые проиллюстрированы на построенном автором рис.1.

Если значение $\Delta G°$ при образовании оксида с повышением температуры увеличивается, то это свидетельствует об уменьшении степени химического сродства окисляемого (исходного) вещества к кислороду с ростом температуры (т.е.

1 Расплывчатая и непонятная автору формулировка, к тому же противоречащая положению физической химии о химическом сродстве к кислороду элементов и соединений.

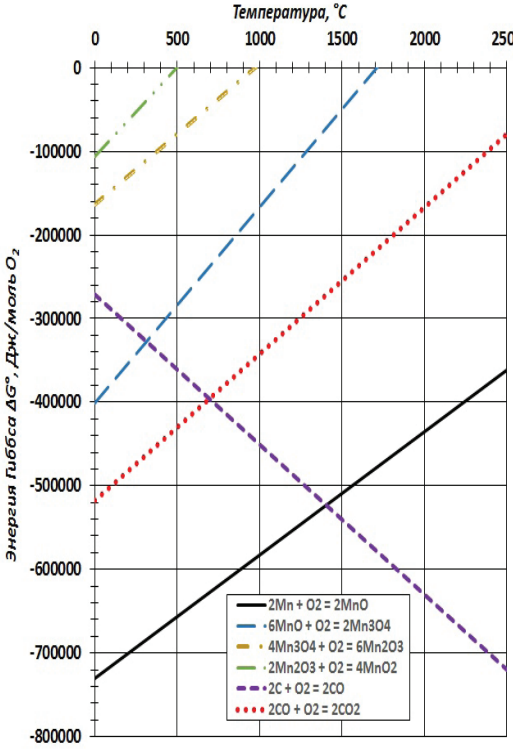

Рисунок 1 – Зависимости изобарно-изотермного потенциала ΔG° от температуры T для реакций образования оксидов Mn и C

окисление затормаживается) [16]. И наоборот, если с повышением температуры значение ΔG° при образовании оксида падает, это говорит о том, что степень сродства исходного элемента или соединения к кислороду возрастает (т.е. окисление ускоряется) [16]. Чем ниже на рис.1 расположена линия ΔG°=*f*(T) (т.е. чем меньше расчётные значения ΔG°), тем более устойчивее будет получаемый оксид (продукт реакции), а значит – тем сильнее восстановительная способность исходного вещества (элемента или соединения) [17]. Рассчитанные по формулам (6)-(11) значения ΔG° (см. рис.1) свидетельствуют о следующем:

• газ CO может восстанавливать Mn_2O_3 из MnO_2, Mn_3O_4 из Mn_2O_3 и MnO из Mn_3O_4 после T=0°C;

• газ CO не может восстанавливать Mn из MnO после T=0°C.

Это говорит о том, что в восстановительных печах выделяющийся при неполном горении угля или кокса газ CO будет восстанавливать Mn_2O_3 из MnO_2, Mn_3O_4 из Mn_2O и MnO из Mn_3O_4, но не восстановит Mn из MnO, при этом восстановителем марганца из его монооксида вероятно является исключительно твёрдый углерод при температурах свыше 1400°C (см. рис.1), т.е. когда у углерода степень сродства к кислороду превысит таковую у марганца [18]. Странно, что подобного явления «не замечают» при процессах восстановления железа, ошибочно полагая [19], что Fe восстанавливается из FeO при высоких температурах за счёт взаимодействия последнего с газом CO, хотя у железа при T>765,7°C степень сродства к кислороду становится выше, чем у CO [20].

Вывод: Газ CO при температурах свыше 0°C не является восстановителем Mn из MnO в силу своей более низкой в сравнении с марганцем степени химического сродства к кислороду.

Литература

1. https://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/domennaya-pech/394-domennyj-protsess-polucheniya-chuguna.html.
2. Металлургия чугуна: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. // Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев и др. / Под редакцией Ю.С. Юсфина. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. -774 с.
3. Готлиб А.Д. Доменный процесс.– М.: Метталургия, 1966.– 503 с.
4. Борнацкий И.И. Теория металлургических процессов.– Киев-Донецк: Вища школа, 1978.– 288 с.
5. Щербаков В.П. Основы доменного производства.– Владимир: Металлургия, 1969. – 326 с.
6. Камкіна Л.В., Надточій А.А., Анкудінов Р.В., Бабенко О.В. Системи технологій промисловості. Частина 1: Конспект лекцій (російською мовою). – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014. – 53 с.
7. http://nf.misis.ru/download/mt/Teoriy_metallurgicheskih_processov.pdf.
8. https://helpiks.org/3-94007.html.
9. https://studfile.net/preview/6214849/page:4/.
10. https://studfile.net/preview/9584850/page:14/.
11. https://studopedia.ru/19_407407_vosstanovlenie-margantsa-kremniya-fosfora-i-drugih-elementov.html.
12. https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635a2bc78b4d53b88421306c27_0.html.
13. http://okvsk.ru/metallurgiya-chuguna/1763-vosstanovlenie-marganca.html.
14. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов.– М: Металлургия, 1986.– 463 с.
15. Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. – М.: Наука, 1991.– 302 с.
16. https://ttvsif.at.ua/page2.html.
17. Карапетьянц М.Х. Введение в теорию химических процессов. Учеб. пособие.– М.: Высшая школа, 1970.– 288 с.
18. https://waste.ua/eco/2009/industrial-waste/ferromanganese/.
19. https://studfile.net/preview/1865388/page:2/.
20. Пантейков С.П. О возможности восстановления вюстита монооксидом углерода // Monografia pokonferencyjna “SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT. #31” (Rotterdam, 30.07.2020-31.07.2020). – Warszawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2020. – Str.8-11.