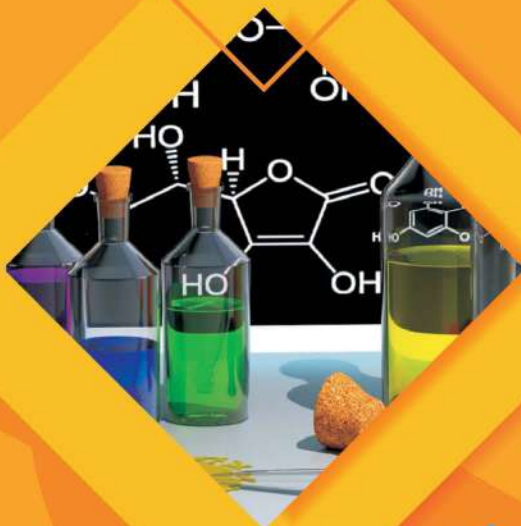




**Университет
“Проф. д-р Асен Златаров”
Бургас**

**Asen Zlatarov University
Burgas, Bulgaria**



**ГОДИШНИК
ANNUAL**



ТОМ XLV, КНИГА 1, 2016

ТЕХНИЧЕСКИ И ПРИРОДНИ НАУКИ

VOLUME XLV, BOOK 1, 2016

TECHNICAL AND NATURAL SCIENCES

**УНИВЕРСИТЕТ
„ПРОФ. Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ“ – БУРГАС**

ГОДИШНИК

ТОМ XLV, КНИГА 1, 2016

ТЕХНИЧЕСКИ И ПРИРОДНИ НАУКИ

**ASSEN ZLATAROV UNIVERSITY
BURGAS, BULGARIA**

ANNUAL

Vol. XLV, BOOK 1, 2016

TECHNICAL AND NATURAL SCIENCES



БУРГАС • 2016 • BURGAS

Editor-in-Chief

Prof. DSc Margarita Terzieva

Co-Editors

Prof. DSc Lyubomir Vlaev
Assoc. Prof. Penka Peeva, PhD
Asst. Prof. Ivan Sokolov

Editorial Boards**Section I: Technical Sciences**

Assoc. Prof. Magdalena Mitkova, PhD
Prof. Valentin Nenov, PhD
Prof. Sotir Sotirov, PhD
Assoc. Prof. Irena Markovska, PhD
Assoc. Prof. Yovka Nikolova, PhD
Assoc. Prof. Dimitrina Kiryakova, PhD
Assoc. Prof. Husein Yemendzhiev, PhD

Section II: Natural Sciences

Assoc. Prof. Svetlana Zheleva, PhD
Prof. Nina Sultanova, PhD
Assoc. Prof. Zhechka Mihailova, PhD

Section III: Social Sciences and Humanities

Prof. Bratoy Koprinarov, PhD
Assoc. Prof. Todor Palichev, PhD
Prof. Valentina Terentieva (Russia)
Prof. Kiril Chekalov (Russia)
Prof. Marina Yanich (Serbia)
Prof. Zaur Zavrumov (Russia)
Prof. Yordan Nikov (France)
Prof. A. Baran Dural (Turkey)
Prof. Nedelcho Nedelchev, PhD
Assoc. Prof. Galina Petrova, PhD

Section IV: Public Health and Health Care

Prof. Mimi Stoycheva, PhD
Prof. Borislav Vladimirov, PhD
Assoc. Prof. Antoaneta Grozeva, PhD

Technical Assistant: Iliana Ishmerieva

Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас
Годишник, т. XLV, кн. 1, 2016 г.
ISSN 1312-1359

Assen Zlatarov University
Annual, Vol. XLV, Book 1, 2016
Burgas 8010, Bulgaria
ISSN 1312-1359

Том XLV. Книга 1. Съдържание

<i>Маргарита Терзиева</i>	Талант и професионализъм <i>Рецензент: доц. д-р Д. Станев</i>	7
<i>Милчо Скумов</i>	Катедра „Органични химични технологии” при Университет „Проф. д-р Асен Златаров” – създаване и развитие <i>Рецензент: доц. д-р М. Миткова</i>	10
<i>Irena Markovska, Svetlana Dimitrova, Dimitar Rusev</i>	Study of the Mechanical Properties of WC-Reinforced Metal Matrix Composites <i>Рецензент: доц. д-р С. Корудерлиева</i>	14
<i>Ивайло Беловски, Димитър Димитров</i>	Генератор на сигнали и директен цифров синтез на честотата <i>Рецензент: доц. д-р П. Рахнев</i>	19
<i>Ivaylo Belovski</i>	Thermoelectric Cooling System Modeling <i>Рецензент: доц. д-р П. Рахнев</i>	24
<i>Liliya Staneva, Lenko Erbakanov, Ivelina Vardeva, Elena Vardeva-Todorova</i>	Intuitionistic Fuzzy Estimations of Noise Filtering in Speech <i>Рецензент: доц. д-р А. Леви</i>	29
<i>Stancho Edrev, Emil Bogoslovov, Vasil Vasilev</i>	Analytical and Experimental Calculation of the Moment of Inertia of Oberbeck’s Pendulum <i>Рецензент: доц. д-р Д. Парашкевов</i>	32
<i>Dobrin Georgiev, Zhivko Ivanov</i>	On the Fluid Dynamic Generated by 4-Inclined-Blade Modified Mixing Impellers in Stirred Reactors <i>Рецензент: проф. д-р Ж. Стефанов</i>	37
<i>Магдалена Дюлгерова</i>	Използване на структурно-блоков модел за разкриване на междупредметните връзки при обучението в техническите специалности <i>Рецензент: доц. д-р Хр. Михалева</i>	42
<i>Полина Милушева</i>	Изследване и оптимизиране на напреженията в радиално-аксиалния лагерен възел на турбина, работеща с фреон <i>Рецензент: доц. д-р Хр. Генчев</i>	47
<i>Живко Иванов, Добрин Георгиев</i>	Експериментално определяне на специфичната междуфазова повърхност при ректификация в лабораторна колона, оборудвана с три ситести тарелки <i>Рецензент: проф. д-р Ж. Стефанов</i>	52
<i>Живко Иванов, Мариана Караиванова</i>	Моделиране на специфична междуфазова повърхност при ректификация в лабораторна колона, оборудвана с три ситести тарелки <i>Рецензент: доц. д-р П. Пипева</i>	56

<i>Адриана Георгиева, Краси Панайотова</i>	Изследване механизма на формиране на наноразмерни структури в микроемулсионни условия посредством съвременни методи на компютърното моделиране	
	<i>Рецензент: проф. д-р Ст. Петров</i>	61
<i>Адриана Георгиева, Краси Панайотова, Десислава Колева</i>	Определяне на вредните емисии от технологичното оборудване при нефтопреработката, съхранението и транспорта на нефтопродукти	
	<i>Рецензент: доц. д-р Й. Ташева</i>	66
<i>Diana Indzhelieva</i>	Effects of Different Starter Cultures on the Sensory Characteristics of the Raw-Dried Meat Product Strandzhansko Dyado	
	<i>Рецензент: проф. д-тн Ц. Годжевъргова</i>	73
<i>Yordanka Topuzova, Denislava Angelova</i>	Influence of Structuring Agents on the Quality of Bakery Gluten-Free Fried Products	
	<i>Рецензент: проф. д-тн Ц. Годжевъргова</i>	77
<i>Anton Palichev, Yordanka Tasheva, Todor Palichev</i>	Investigation of the Effect of a Low-Octane Component	
	<i>Рецензент: доц. д-р Яна Колева</i>	82

Volume XLV (I). Contents

<i>Margarita Terzieva</i>	Talent and Professionalism	7
<i>Milcho Skumov</i>	Department of Organic Chemical Technology at Prof. Dr. Asen Zlatarov University: Establishment and Development	10
<i>Irena Markovska, Svetlana Dimitrova, Dimitar Rusev</i>	Study of the Mechanical Properties of WC-Reinforced Metal Matrix Composites	14
<i>Ivaylo Belovski, Dimitar Dimitrov</i>	Direct Digital Synthesis Generator	19
<i>Ivaylo Belovski</i>	Thermoelectric Cooling System Modeling	24
<i>Liliya Staneva, Lenko Erbakanov, Ivelina Vardeva, Elena Vardeva-Todorova</i>	Intuitionistic Fuzzy Estimations of Noise Filtering in Speech	29
<i>Stancho Edrev, Emil Bogoslovov, Vasil Vasilev</i>	Analytical and Experimental Calculation of the Moment of Inertia of Oberbeck's Pendulum	32
<i>Dobrin Georgiev, Zhivko Ivanov</i>	On the Fluid Dynamic Generated by 4-Inclined-Blade Modified Mixing Impellers in Stirred Reactors	37
<i>Magdalena Dyulgerova</i>	Structural Block Model as Identification of Interdisciplinary Technical Education	42
<i>Polina Milusheva</i>	Research and Optimization of Tensions in the Radial and Axial Bearing Unit of Freon Turbines	47
<i>Zhivko Ivanov, Dobrin Georgiev</i>	Experimental Determination of the Specific Interfacial Area by Rectification in Laboratory Column Equipped with Three Sieve Trays (Part 1)	52
<i>Zhivko Ivanov, Mariana Karaivanova</i>	Modeling of the Specific Interfacial Area by Rectification in Laboratory Column Equipped with Three Sieve Trays (Part 2)	56
<i>Adriana Georgieva, Krasi Panayotova</i>	Investigation of the Mechanisms of Formation of Nanosized Structures in Microemulsion Conditions Through the Contemporary Methods of Computer Aided Modelling	61
<i>Adriana Georgieva, Krasi Panayotova, Desislava Koleva</i>	Determination of Harmful Emissions from Technological Equipment in Petroleum Refining, Storage and Transport of Oil	66
<i>Diana Indzhelieva</i>	Effects of Different Starter Cultures on the Sensory Characteristics of the Raw-Dried Meat Product Strandzhansko Dyado	73
<i>Yordanka Topuzova, Denislava Angelova</i>	Influence of Structuring Agents on the Quality of Bakery Gluten-Free Fried Products	77
<i>Anton Palichev, Yordanka Tasheva, Todor Palichev</i>	Investigation of the Effect of a Low-Octane Component	82

**ТАЛАНТ И ПРОФЕСИОНАЛИЗЪМ
(СТО ГОДИНИ ОТ РОЖДЕНИЕТО НА ПРОФ. Д-Р АЛЕКСАНДЪР ЛИПЧИНСКИ)**

Маргарита Терзиева

**TALENT AND PROFESSIONALISM
(ONE HUNDREDTH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF
PROF. DR ALEKSANDAR LIPCHINSKI)**

Margarita Terzieva
E-mail: mtterzieva@gmail.com

ABSTRACT

The paper traces the life and work of Aleksandar Lipchinski, the first professor of the first higher school in Burgas. His family background, professional environment and scientific research and achievements have been analyzed by means of the biographical approach.

Key words: analytical chemistry, higher school, scientific achievements

На 12 септември 2016 г. се навършват сто години от рождението на първия професор на днешния Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – проф. Александър Липчински. Със своето научно творчество и професионални ангажименти той е свързан с първите стъпки на висшето образование в Бургас. Целта на статията е чрез средствата на биографичния метод да разкрие личността на този учен, неговите търсения и постижения.

Семейна среда

Ако е вярна сентенцията, че семейството формира човека като личност, може да се твърди, че духовното израстване на юношата Александър Липчински е резултат от влиянието на две невероятни жени със силен дух – майка му Олга Липчинска и сестра му Татяна Липчинска.

Бъдещият учен е роден в семейството на Павел и Олга Липчински в Киев през 1916 г. Той е второто дете, сестра му е родена през 1913 г. Бащата загива на фронта през 1917 г. и цялата отговорност за отглеждането и възпитанието на децата пада върху майката. През 1921 г. тя отпътува с тях за Турция, а през 1922 г. се установява в България.

Олга Липчинска (1894-1965), родена в Лодз, е завършила девически институт във Варшава през 1911 г. За да издържа семейството си, работи като учителка в Попово – 1922-1925, в Руската гимназия в Шумен – 1925-1934, и накрая – в Бургас. Тук е гимна-

зиален учител и преподавател в Учителския институт по руски език. През 1955 г. заедно с дъщеря си се преселва в СССР. Починала е на 11.02.1965 г. във Волгоград.

Татяна Липчинска (1913-1983) е родена в Лодз. Учи в Руската гимназия в Шумен, която завършва с отличен успех през 1932 г. Следва в Сорбоната френски език и литература, като паралелно изучава английски език в Кеймбридж през 1938-1939 г. Избухването на Втората световна война налага завръщането ѝ в България и тя се установява в Бургас. Работи като учител по френски език в мъжката и девическата гимназия, а след откриването на Учителския институт в града става преподавател по френски на курсистите от първите випуски. Името ѝ се среща сред лекторите на педагогическите съвещания, провеждани в учебното заведение в началото на 50-те години. Тя запознава колегите си и учителите от региона с планирането на учебната и извънучебната дейност, с начина за отчитане на планираните резултати. Става завуч – завеждащ учебната дейност – на Учителския институт през периода 1953-1955, но го напуска, за да придружи майка си в пътуването ѝ до СССР. Връща се след смъртта ѝ отново в Бургас, където преподава английски език в двете езикови гимназии в града – немската (1967-1971) и английската (1971-1975). Нейни бивши ученици я наричат „духовен аристократ“ и споделят за голямата ѝ любов към България и

всичко българско, за перфекционизма и като преподавател.

Професионално израстване

В такава атмосфера на духовност и стремеж към задълбочени знания расте Александър Липчински, който на 6-годишна възраст се озовава в България. Живее с майка си и сестра си в Попово и Шумен, където завършва Руската гимназия. На него също му се удават езиците, но за разлика от сестра си, той избира да учи химия и се записва в Софийския държавен университет. Служи по време на Втората световна война в зенитната артилерия и противовъздушната отбрана, защитавайки небето на София от бомбардировачи.

В семейните архиви и в Алманаха на аналитичната химия в България професионалният му път е отразен в следната хронология:

- 1942 – 1946 - завеждащ химическа лаборатория в мина „Черно море“ – Бургас;

- 1946 – 1949 – преподавател по неорганична и аналитична химия във ВТУ – Русе;

- 1949 – 1959 - редовен асистент по аналитична химия в Държавна политехника – София;

- 1959 – 1963/64 – доцент във Фармацевтичния факултет на ВМИ – София;

- 1963 – 1976 – преподавател и дългогодишен ръководител на катедрата по Аналитична химия в ХТИ – Бургас, преименуван впоследствие на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“; два мандата зам.-ректор, отговорен секретар за издаването на Годишника на висшето учебно заведение и негов главен редактор през 1965-1967 и 1971-1973 г..

На 5 октомври 1963 г. е избран за професор на заседание на Академичния съвет на ХТИ – Бургас. Официално получава академичната длъжност на 1 януари 1964 г. Носител е на орден „Кирил и Методий“ – първа степен.

Личност

В своето семейно обкръжение проф. Липчински съумява да предаде наследената любов към книгата, стремежа към знания и отговорно отношение към интелектуалния труд.

В този дух със съпругата си Атанаска Липчинска – художник-аранжор – възпитават двете си деца. Екатерина Липчинска (р. 1948) е инженер-химик, преводач от английски език. Павел Липчински (р. 1954) е магистър филолог, преводач от чешки, словашки, руски, сърбохърватски, английски. Самият проф. Липчински владее руски и френски, ползва английски език.

Запомнен е от близки и познати с книга в ръка. Предпочитаните му четива са биографиите на известни личности. Слуша оперна и класическа музика. Спортува активно – до пенсионирането си пробягва всеки ден по 5 км из Морската градина в Бургас. Обича да пътува – със съпругата си посещава редица страни от Европа и Северна Африка.

В спомените на своите колеги и студенти проф. Липчински е респектираща фигура, овладян темперамент, впечатляващ със знанията си човек.

Научна и научно-приложна дейност

Проф. Липчински има разностранна научна и научно-приложна дейност, която намира отражение в следните аспекти:

Научни трудове и публикации

Първите му изследвания са в областта на химичния и електрохимичен анализ, където работи под ръководството на проф. Б. Загорчев и Хр. Шейтанов. През 1957 година защитава дисертация на тема „Пълно дробно откриване на катиони в присъствието на арсенатни, арсенитни и фосфатни йони“.

Други негови разработки са посветени на приложението на галваничния принцип в полярографията и създаване на хибридни методи, развитие на някои високочувствителни електрохимични методи и т.н. Той осъвременява и доразвива аналитичната химия, акцентирайки върху разделите „Редоксиметрия“, „Комплексонометрия“, „Буферни разтвори“.

Броят на научните му публикации надхвърля 100. Те са публикувани в български и чужди специализирани издания. Участва с научни доклади на редица представителни международни форуми в Германия, СССР, Дания, Югославия и др.

Преподавателска работа

В своята 30-годишна преподавателска дейност Александър Липчински чете лекции на студенти от столицата и провинцията, които се обучават в различни специалности - химически, технически, медицински. Провежда и курсове за следдипломна квалификация по проблемите на аналитичната химия. Интересува се от научните новости, които въвежда в лекционните си курсове и прави достойни на студентската аудитория и колегите си.

Самият той има дългосрочни специализации в Санкт-Петербург и Москва, отстоявайки разбиранята си, че ученият винаги трябва е да е в крак с времето, да ползва актуална

информация в научната област, в която извършва проучванията си.

Преводи на учебна литература

За целите на обучението по химия в средното училище Ал. Липчински превежда учебника за 7 клас на Д. М. Кирюшкин заедно с Н. Генджева през 1951 г., обнародван от издателство „Народна просвета“. Той има преиздания през 1952, 1953, 1954, 1955 г.

През 1952 г. заедно с В. Бонев превежда и издава „Курс по химия. Учебно пособие за педагогическите училища“ на Ф. Валков и А. Харин.

Научен ръководител и рецензент

Известно е, че проф. Липчински е научен ръководител на петима докторанти, някои от които са членове на академичния състав на висшето училище в Бургас. В НБКМ се откриват следните имена и научни теми:

- Иван Генев – „Амперометрия без прилагане на външно напрежение. Галванична полярометрия“, Бургас, 1973, 151 с.;

- Ефимия Попова-Бозаджиева – „Комбинирани методи за определяне на молибден в промишлени обекти“, Бургас, 1977, 142 с.;

- Стоян Стамов – „Инверсионна волтамперометрия на някои благородни метали“, София, 1985, 142 с.

Освен това проф. Липчински има и отговорната задача да бъде научен рецензент на редица дисертационни трудове, някои от които са:

- Владимир Лесичков – „Относно взаимодействието на някои химически реагенти с минерализирани биологични структури“, Бургас, 1971;

- Радка Цонева – „Изследване на комплексите на арсен (III) с някои органични киселини и използването им за полярографското определяне на арсена“, София, 1974;

- Цветанка Неделчева – „Общо решение на задачата за електролиза върху живачен електрод, свързана с равновесни процеси на комплексобразуване“, София, 1975;

- Надежда Еленкова – „Някои проблеми при изследването на комплексни съединения при ниски концентрации на комплексобразуващия реактив“, София, 1976;

- Маргарита Стойчева-Златева – „Полярографски изследвания със самопочистващ се ротиращ електрод“, София, 1979.

Всичко това утвърждава представата за него като уважаван учен и добър професионалист.

Събраният фактологичен материал и опитите за неговия научен анализ водят до следните обобщения:

Дългогодишният опит и международни контакти на проф. Липчински допринасят за изграждането на първото висше училище в Бургас и за израстването на научните му кадри.

Като едно от знаковите имена в аналитичната химия той превръща ръководената от него катедра в изследователски център и полага основите на дългогодишно творческо сътрудничество със сродни катедри в чужбина.

Професор Александър Липчински е личност, съчетаваща таланта на учения с високия професионализъм на изследователя. Това го прави достоен за подражание пример за академичните среди.

ЛИТЕРАТУРА:

Алманах на аналитичната химия в България. Пловдив, 2006, с. 125-128.

Терзиева, М. Педагогическо образование в Бургас през втората половина на XX век. Бургас, 2008.

Семеен архив на сем. Липчински, предоставен на автора.

Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – половинвековна научна традиция. Юбилеен сборник. Бургас, 2013.

www.nationallibrary.bg

REFERENCES:

Almanah na analitichnata himiya v Bulgaria. Plovdiv, 2006, s. 124-128.

Terzieva, M. Pedagogicheskoto obrazovanie v Burgas prez vtorata polovina na XX vek. Burgas, 2008.

Semeen arhiv na sem. Lipchinski, predostaven na avtora.

Universitet „Prof. d-r Asen Zlatarov“ – polovinvekovna nauchna traditsiya. Ubileen sbornik. Burgas, 2013.

www.nationallibrary.bg

**КАТЕДРА „ОРГАНИЧНИ ХИМИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ” ПРИ УНИВЕРСИТЕТ „ПРОФ.
Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ” – СЪЗДАВАНЕ И РАЗВИТИЕ**

Милчо Скумов

**DEPARTMENT OF ORGANIC CHEMICAL TECHNOLOGY AT PROF. DR. ASEN
ZLATAROV UNIVERSITY: ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT**

Milcho Skumov
E-mail: skumov@abv.bg

ABSTRACT

A brief history of the Department of Organic Chemical Technologies at Prof. Dr Asen Zlatarov University in the period from 1963 to 2016. Structure, management, academic staff, bachelor and master degree programmes.

Историята на катедра „Органични химични технологии” е част от историята на ВХТИ-Бургас от неговото откриване през 1963 година [1]. През този дълъг период академичният състав от научните специалности „Нефт и газ”, „Органичен синтез” и „Полимери” са били заедно или в различни катедри. В началото е катедра „Обща химична технология”, която включва широк кръг преподаватели по органична химия, основи на химичната технология, по дисциплините от полимерната химия и технология, органичния синтез и горивата.

До края на 1974 г. катедрата е все още в този си състав и ръководител е проф. Иван Младенов [2]. След отделяне на преподавателите по „Органична химия” в самостоятелна катедра, тя се оформя във вида на трите специалности от областта на органичните химични технологии: горива, органичен синтез и полимери. Влиянието на групата специалисти по полимери начело с проф. Младенов е толкова силно, че много често в запазените документи, наред с ОХТ [3], катедрата носи името „Полимери” [4]. И след заминаването на проф. Младенов в София на 16.04.1971 г. [5], дълго време той продължава да бъде ръководител на катедрата. Обикновено го замества доц. Марков, а понякога – проф. Куртев. Научната дейност на катедрата се направлява и ръководи главно от проф. Младенов. Хабилютиран преподавател, освен него, е само проф. Николински. По-късно доценти стават Димитър Минков, Марко Марков и др.

В края на 1974 г. проф. Г. Ангелова е избрана за хоноруван преподавател в катедра ОХТ по дисциплината „Химия и технология на нефта” [6]. Скоро след това се обособява самостоятелна катедра „Технология на горивата”, на която тя е ръководител [7]. Останалата част от голямата катедра е катедра „Полимери”. В заповед на ректора за определяне индивидуалната заетост на преподавателите за учебната 1974/75 година [8], академичният състав на катедра „Полимери” включва всички преподаватели от областта на полимерите, органичния синтез и основи на химичната технология, а отделно - в катедра „ОХТ”, са преподавателите от областта на горивата. В списъка на последната катедра хабилютиран преподавател е само проф. Ангелова. В един друг списък от 02.12.1975 г. Димитър Минков, като главен асистент, е записан като ръководител на катедра „Технология на нефта и газа”, а Марко Марков – като изпълняващ длъжността ръководител на катедра „Полимери” [9].

В следващия период до началото на 1984 г. преподавателите от специалността „Органичен синтез” се отделят в самостоятелна катедра. През м. май същата година в катедра „Полимери” са само преподавателите по полимерните дисциплини и ръководител на тази катедра е проф. Младенов [10]. На 10.05.1984 г. за ръководител на катедра „Полимери” е избран доц. М. Марков, който остава на тази длъжност около 2 години.

Ръководители на катедра „Полимери” след проф. Младенов

10.05.1984 – 27.07.1986	доц. д-р Марко Марков
28.07.1986 – 15.06.1992	доц. д-р Нечка Христова
15.06.1992 – 30.05.2000	доц. д-р Троян Георгиев
20.06.2000 – 01.12.2000	проф. дхн Георги Костов

Към 28.06.1984 г. преподавателите по органичен синтез и горива са в обединена катедра „Технология на органичния синтез и горивата” с ръководител проф. Г. Ангелова [11]. От март 1986 г. катедрата е разделена на две самостоятелни катедри: „Технология на основния органичен синтез” и „Технология на горивата” [12].

Ръководители на катедра „Технология на основния органичен синтез”

28.03.1986 – 23.06.1992	проф. дтн Курти Куртев
24.06.1993 – 01.06.1995	проф. дтн Енчо Балболов [13]
02.06.1995 – 01.12.2000	проф. дтн Курти Куртев

След пенсионирането на проф. Ангелова през 1989 г., през по-голямата част от периода до реструктурирането на университета през 2000 г., ръководител на катедра „Технология на горивата” е проф. Минков. В началото на 2000 г. двама преподаватели от катедрата са преместени в новосъздадената катедра „Производствени технологии” [14], която по-късно влиза в състава на Факултета по обществени науки.

В изпълнение на постановлението на Министерския съвет ПМС № 36 от 24.03.2000 г. за преобразуване на основни звена в структурата на висши училища и съответните решения на Академичния съвет, със заповед на ректора от 21.04.2000 г. [15] съществуващите факултети по органични химични технологии и неорганични химични технологии се закриват. Разкрива се Факултет по технически науки, като в него са включени катедрите „Технология на нефта и газа и химмотология”, „Технология на пластмасите” и „Технология на органичния синтез”. Вероятно в заповедта е допусната грешка и вместо „Технология на пластмасите” трябва да се чете „Технология

на полимерите”, както е записано в следващи документи и както следва от съдържанието на понятието „полимери” – каучук и пластмаси. На други места името на катедра „Технология на нефта и газа и химмотология” е съкратено на „Технология на нефта и химмотология”. Катедра „Производствени технологии” е включена в състава на Факултета по обществени науки. За ръководител на катедра „Технология на нефта и химмотология” е избран проф. Д. Минков, на „Технология на органичния синтез” – проф. К. Куртев, на „Технология на полимерите” – проф. Г. Костов.

С решения № 5.3 и 5.4 на Академичния съвет от 08.06.2000 г. [16] се правят нови структурни промени: закрива се катедра „Технология на нефта и химмотология”, като двама от преподавателите в нея се включват в състава на катедра „Технология на органичния синтез”. Фактически в обединената катедра преминава само доц. Г. Коралски.

В края на 2000 г. със заповед на ректора № РД-125 от 01.12.2000 г. [17] и на основание Решения № 1 и 2 на Академичния съвет от 30.11.2000 г. [18], катедри „Технология на органичния синтез” и „Технология на полимерите” с целия си академичен състав се обединяват в катедра „Органични химични технологии” с ръководител проф. К. Куртев. На 19.12.2000 г. за ръководител на катедрата е избран проф. Г. Костов. След пенсионирането на доц. Коралски в катедрата остават само специалисти в областта на органичния синтез и полимерите.

Ръководители на катедра „Органични химични технологии”

01.12.2000 – 19.12.2000	проф. дтн Курти Куртев
20.12.2000 – 10.09.2001	проф. дхн Георги Костов
11.09.2001 – 20.09.2004	проф. дтн Курти Куртев
21.09.2004 – 27.11.2006	проф. дтн Енчо Балболов
28.11.2006 – 20.06.2007	доц. д-р Магдалена Миткова
21.06.2007 – 31.03.2016	доц. д-р Милчо Скумов

В началото на 2016 г., с цел осигуряване финансова стабилност на Университета, Академичният съвет приема мерки за оптимизиране на финансите, сред които е прекратяване трудовите договори с преподаватели, навър-

шили съответната възраст за пенсиониране. Вследствие на това академичният състав на катедра „Органични химични технологии“ намалява под необходимия минимум по Закона за висшето образование (чл. 26д) от 7 души на основен трудов договор. В подобно състояние изпадат и други катедри. С Решение на Академичния съвет № 5 от 21.04.2016 г. [19] катедрата се обединява с катедра „Химично инженерство“ под името катедра „Органични химични технологии и химично инженерство“ в структурата на ФТН с академичния състав на закритите катедри.

До реструктурирането от 2016 година катедра „Органични химични технологии“ е водеща катедра за обучението по специалност „Органични химични технологии“ за образователно-квалификационните степени „бакалавър“ и „магистър“ в рамките на професионално направление 5.10. Химични технологии. Последната програмна акредитация е получена от Националната агенция за оценяване и акредитация на 30.05.2013 г.

Специалността „Органични химични технологии“ (ОХТ) е създадена на база материалната обезпеченост, преподавателския състав и многогодишен опит в подготовката на инженер-химици по специалностите „Технология на нефта и газа“, „Технология на основния органичен синтез“ и „Технология на полимерите“ с решение на Академичния съвет на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ от 26.06.1997 г. По посочените три специалности в Университета се провежда обучение от 1963 г. Прием по специалност ОХТ за първи път е проведен за учебната 2008/2009 г.

Специалността „Органични химични технологии – Технология на нефта и газа“ (ОХТ-ТНГ) е създадена с решение на Академичния съвет на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ с Протокол № 8 от 22.03.2012 г. Разкриването на специалността е по повод засиления интерес към обучение на специалисти с висше образование в производството на горива, включително и от чужбина – от арабски и африкански държави. Прием по специалността ОХТ за първи път се прави през учебната 2012/2013 г.

Академичният състав на катедрата към 31.03.2016 г. е един професор (проф. д-р Петко Петков), петима доценти (доц. д-р Милчо Скумов, доц. д-р Магдалена Миткова, доц. д-р Маруся Любчева, доц. д-р Йордан Денев и доц. д-р Недялка Петкова) и двама главни

асистенти (гл. ас. д-р Антония Илиева и гл. ас. д-р Ивайло Танков).

През изминалите 50 години преподаватели от катедрата са заемали най-високи ръководни длъжности в университета, включително четирима ректори (проф. Младенов, проф. Ангелова, проф. Петков и доц. Миткова), четирима заместник-ректори (проф. Куртев, проф. Костов, проф. Петков и доц. Миткова), декани и заместник-декани на факултети. Огромен брой инженер-химици, специалисти в областта на горивата, органичния синтез и полимерите намериха реализация на различни нива в действащите производства в „Нефтохим“, заводите в Девня, Стара Загора, Ямбол, Видин, Димитровград, Русе, Плевен и другаде. Много от тези предприятия вече не съществуват. Бъдещето на катедрата е в пряка зависимост от развитието на производствата на органични продукти, като и на общата перспектива на индустриалните производства в България.

Забележка: По-голямата част от предлагания текст е поместен в сборник, посветен на 50-годишния юбилей на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“. Освен допълнителната информация, в статията са дадени и използваните оригинални документи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас. Половинвековна научна традиция. Бургас, Изд. Libra Scorpi, 2013, стр. 39-42.
2. Отчет за научноизследователската работа на ВХТИ за 1974 г. (Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 13, л. 123 сл.).
3. Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 9, л. 120, 176; а.е. 10, л. 32, 116, 210, 227; а.е. 12, л. 71-80; а.е. 13, л. 123 сл., 158, 295; а.е. 73, л. 1, 19-25.
4. Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 8, л. 17, 18; а.е. 9, л. 129-134; а.е. 10, л. 200; а.е. 12, л. 126, 131; а.е. 13, л. 159; а.е. 20, л. 357.
5. Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 8.
6. Доклад на проф. Младенов, в качеството му на ръководител на катедра, до ректора от 12.09.1974 г. (Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 12, л. 69).
7. Доклад от 25.11.1976 г. (архив на университета).

8. Заповед № 227 от 21.12.1974 г. (Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 20, л. 331-352).
9. Държавен архив – Бургас, ф. 1021, оп. 2, а.е. 74, л. 1-3.
10. Протокол № 5 от 07.05.1984 г. на катедрения съвет (Държавен архив – Бургас).
11. Решение на Академичния съвет от 27.06.1984 г., протокол № 13 (архив на университета).
12. Заповед № РД-114-54/12.03.1986 г. на Зам.-министъра на МНП (Държавен архив – Бургас).
13. Законът „Панев” е в сила от 24.12.1992 до 30.03.1995 г.
14. Заповед РД-31/19.04.2000 г. на Ректора на университета (архив на университета).
15. Заповед РД-32/21.04.2000 г. на Ректора на университета (архив на университета).
16. Решения на Академичния съвет от заседанието, състояло се на 08.06.2000 г. (архив на университета).
17. Заповед РД-125/01.12.2000 г. на Ректора на университета (архив на университета).
18. Решения на Академичния съвет от заседанието, проведено на 30.11.2000 г. (архив на университета).
19. Решения на Академичния съвет от проведеното заседание на 21.04.2016 г., Протокол № 14 (архив на университета).

REFERENCES:

1. Universitet „Prof. d-r Asen Zlatarov“ – Burgas. Polovinvekovna nauchna traditsiya. Burgas, Libra Scorp, 2013, s. 39-42.
2. DA – Burgas, f. 1021.
3. DA – Burgas, f. 1021.
4. DA – Burgas, f. 1021.
5. DA – Burgas, f. 1021.
6. DA – Burgas, f. 1021.
7. Arhiv na universiteta – 25.11.1976.
8. DA – Burgas, f. 1021.
9. DA – Burgas, f. 1021.
10. DA – Burgas, f. 1021.
11. Arhiv na universiteta – 27.06.1984.
12. DA – Burgas. Zapoved РД-114-54/12.03.1986.
13. Zakonat „Pnev“ e v sila ot 24.12.1992 do 30.03.1995 g.
14. Arhiv na universiteta - zapoved РД-31/19.04.2000 g.
15. Arhiv na universiteta – zapoved РД-32/21.04.2000 g.
16. Arhiv na universiteta – AS - 08.06.2000 g.
17. Arhiv na universiteta - zapoved РД-125/01.12.2000 g.
18. Arhiv na universiteta – AS - 30.11.2000 g.
19. Arhiv na universiteta – AS - 32.04.2016 g.

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF WC - REINFORCED METAL MATRIX COMPOSITES

Irena Markovska, Svetlana Dimitrova, Dimitar Rusev

Prof. Dr Assen Zlatarov University, Burgas 8010, Bulgaria

E-mail: imarkovska@btu.bg

ABSTRACT

This study reviews the deposition of powder mixture of tungsten carbide (WC) and Stellite 6 over austenitic stainless steel substrates for reinforcement in order to produce surface metal matrix composites (MMCs). They were investigated intensively because of their great resistance to abrasive wear. Plasma melt injection (PMI) process was employed for layers of thickness 5-6 mm formed by two representative powders consisting volumetric fraction of WC - 10% and - 20%. The micromechanical characteristics were investigated as well as: Vickers hardness, Young modulus and SAR number, the structures with the interface zones observed. Samples were machined and grinded and their resistance to abrasion tested according to ASTM G75-01. As a result it is shown that the MMCs twice exceed the wear resistance of the reference base stainless steel.

Key words: MMCs, tungsten carbide, Stellite 6, plasma melt injection, wear resistance

INTRODUCTION

The development of new composite materials providing good strength characteristics as well as increased wear and surface resistance to metals and metal alloys is particularly relevant nowadays. A variety of challenging tribological situations can be found in the chemical and power industries and they can be solved through the application of protective wear-resistant MMCs with advanced properties [1-6].

A new approach to the formation of surface metal composites based on tungsten carbide using an overlaying technology is proposed. Stainless steel matrix base material used for the preparation of samples by means of plasma technique may result in layers of thicknesses between 1 and 6 mm.

The coatings were produced by injection of powder blend into the zone of plasma arc action. The resulting materials are with promising characteristics for application in harsh abrasive conditions.

The method of plasma melt injection with powder dispersed in the molten metal has the following particular advantages: process flexibility (wide range of controllable parameters), excellent adhesion to a substrate, low coating porosity, protection from the ambient atmosphere. This method allows to obtain local coating depo-

sition with varying line width of 10-15 mm (more for thicker substrates). It is possible to deposit a protective coating exactly on the desired area exposed to severe wear conditions. The purpose of this research is to investigate the mechanism of formation of stable multiphase systems and suggest a technology for obtaining composites with preset properties.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Two different composites were studied both with stainless steel type X5CrNi18-10 according to EN 10088-4:2009, used as the matrix material. The mixture of commercially available Stellite 6 (Deloro Stellite® 6, GmbH, Germany) and 10-20 vol% WC particles (Deloro Stellite® 6, GmbH, Germany) was utilized as reinforcement, with granular size of ~ 63 µm. The chemical composition of the matrix material is given in Table 1. The metal matrix composites were produced by plasma technique.

Table 1. Content of elements in X5CrNi18-10, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Fe
0.07	1.0	2.0	0.045	0.015	18.5	9.0	rest

Methods

The raw materials and MMC were studied mainly by X-ray analysis, infrared (IR) spectroscopy, differential thermal analysis (DTA), scanning electron microscopy (SEM), etc.

Thermal analyses were carried out on a complex apparatus for thermal analysis (STA 449 F3 Jupiter), NETZSCH - Germany, under heating up to 1,000°C at a speed of raising the temperature 10°C/min.

Infrared spectroscopy FT-IR - spectra were made with Tensor 27 Fourier infrared spectrophotometer FTIR (Bruker, Germany) in the range of 400-4000 cm⁻¹. Measurements were carried out at room temperature, samples (0.3 mg) was tabletted with KBr (100 mg) at a pressure of 2-4 atm.

Measurement of structure – micro and macro structure - the study of microstructure was carried out with microscope Axiovert 200MAT and Axiovision camera for recording. Metallographic samples were etched by a mixture of 10 ml HNO₃, 20 ml of HCl and 30 ml H₂O. The samples were held in the solution for 15 min, then polished.

Measurement of hardness - the study of the mechanical properties of materials in the range of a few micrometers were performed according to EN ISO 6507-1 with UMT-2M (Bruker-Cetr, USA), working with a load of 2 N and allowing measurement with maximum sensitivity of samples with dimensions in the millimetre range area.

Resistance to abrasion measurement – SAR measured with Miller tester according to ASTM G75-01 for the abrasive response of the WC composite which gives the relevant values for the approved properties compared to the general stainless steel characteristics in abrasive conditions.

Roughness measurement - according to surface quality requirements as per EN 25178-70:2014 performed by Hommel Etamic "T8000".

EXPERIMENT

The process of MMCs deposition consists of the following stages: powder preparation, delivery into the zone of the melt and deposition inside the pool produced by the plasma arc [7, 8]. A powder mixture of Cr 17.5, Mo 28, Si 3.4, and rest Co with WC with a mesh size of -100/+325 (particle diameters between 45 and 150 µm and volumetric ratio between the two components of

5:1 and 10:1) was used in order to produce a hard, composite coating on stainless steel substrates, using the laser overlaying technique [9]. The powder mixture was introduced into the shielding gas of the plasma equipment providing a flow of defined quantity into the melting pool.

The samples were produced after laser cladding of the base material with powder feeder (carrying gas is argon). The large amounts of carbides present in the microstructures can be described as composites with extremely hard carbides in a softer face centered-cubic (fcc) Cr-Fe alloy matrix of the austenitic steel [10].

Experimental set-up and procedure

The application was plasma assisted with forced powder mixture. The samples were with starting thicknesses of 4 mm. The use of the technique of plasma melt injection avoided complex operations when combining the individual components, which is a typical disadvantage in obtaining composite materials, such samples are prepared with only one operation from the starting melt chemically defined. Dendrite formation was inhibited by the absence of convection in the crystallizing melt. Due to the zone melting the obtained samples had a small section. Characterization of the raw materials was made using thermal analysis and infrared spectroscopy.

Powder characterization

Thermal analysis

Figure 1 shows the observed DSC plot of the Co-based powder with WC. The corresponding peaks show the resulting melting temperatures of the received powder mixture.

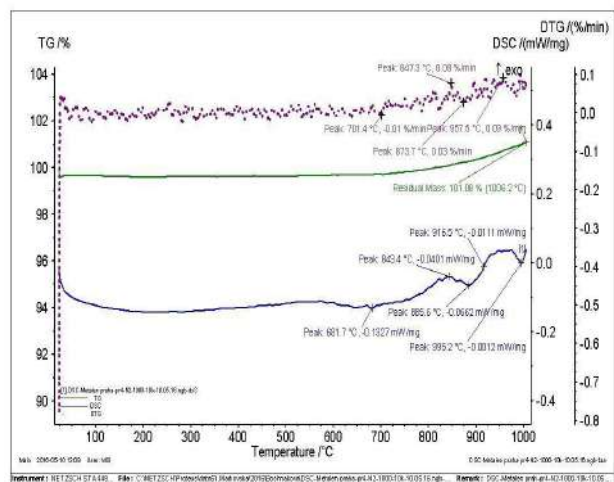


Fig. 1. DSC of initial powder

Infrared spectroscopy

Figure 2 shows the infrared spectrum of the initial powder (powder mixture of WC and Stellite 6).

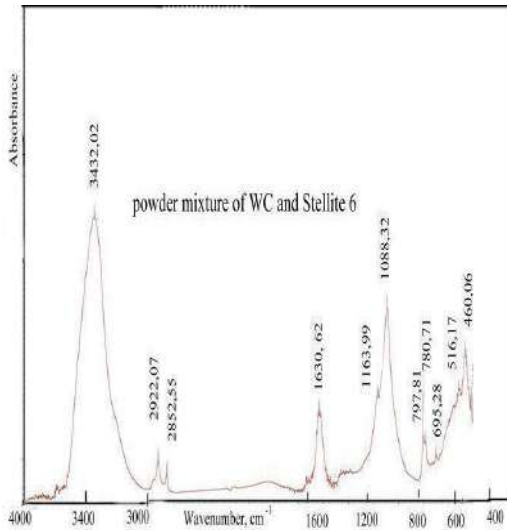


Fig. 2. FT-IR - spectra of initial powder

For the wave number 1088.32 cm^{-1} the W-C bonding is found whereas the Co-O one and the Si-C are found on 797 cm^{-1} and 1164 cm^{-1} respectively. The schematic representation is of importance for defining the constituents in the mixture.

RESULTS AND DISCUSSION

Different kinds of tests were used to characterize the obtained coatings.

First, the identification (e.g. morphology nature) was performed by granulometry measurements to understand the occurring phenomena and the particle size distribution. The resulting from the mixed powder manufactured MMCs are compared in terms of microstructures and mechanical properties.

MMCs characterization

Figure 3 shows the observed intermetallic carbides which formed on the chromium basis. They make the composite harder and increase the plasticity in a defined direction [11-12].

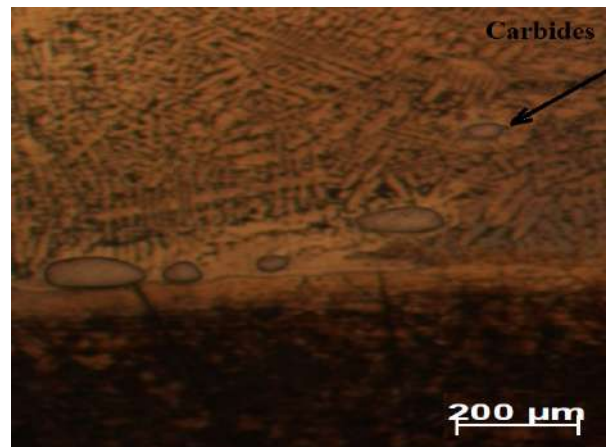
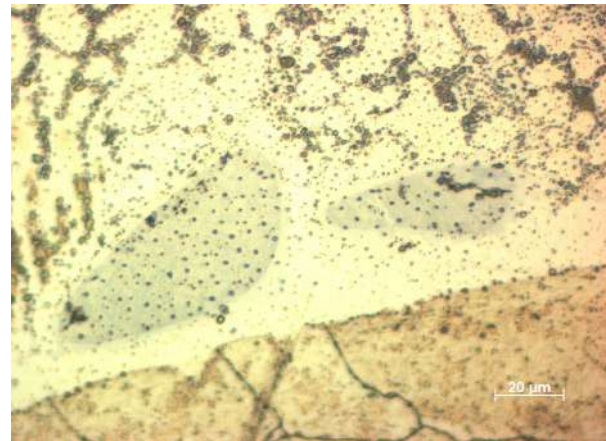


Fig. 3. Micrographs of the microstructures formed as a reinforcing phase in SS substrate

The basic hardness values of the stainless steels are compared with the ones achieved after the surface modification with WC. For the layers of SiC a Vickers hardness of 2600 MPa is achieved only over the SiC hardfaced.

A standard slurry abrasivity test was run according to ASTM G75-01 to determine the SAR /slurry abrasion response/.

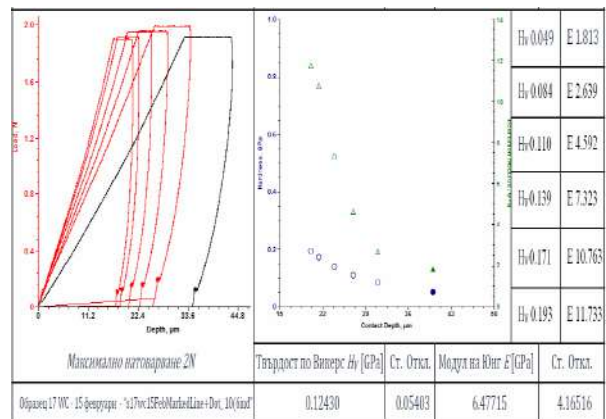


Fig. 4. Hardness and Young modulus

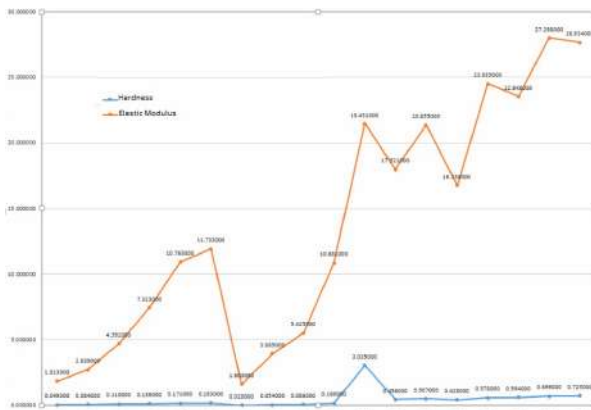


Fig. 5. Hardness and Young modulus distribution

The solid-fluid-mixture of distilled water and 0.045-0.075 mm particles of alumina powder (99.7% Al_2O_3 , 0.2% Na_2O , 0.02% Fe_2O_3 , 0.02% SiO_2) in the slurry abrasion process via simulation of oscillating movement is used to determine the test samples material resistance. Two coated samples of X5CrNi18-10 with WC are compared to uncoated ones in order to determine the cumulative mass loss and the wear.

Since the resulting composites obtained in experimental conditions are of small thickness ≈ 6 mm, the study of the mechanical properties consists of measurement of microhardness [6, 7, 8].

The present measurement of microhardness follows the Vickers method. The average values of the measurements are reported.

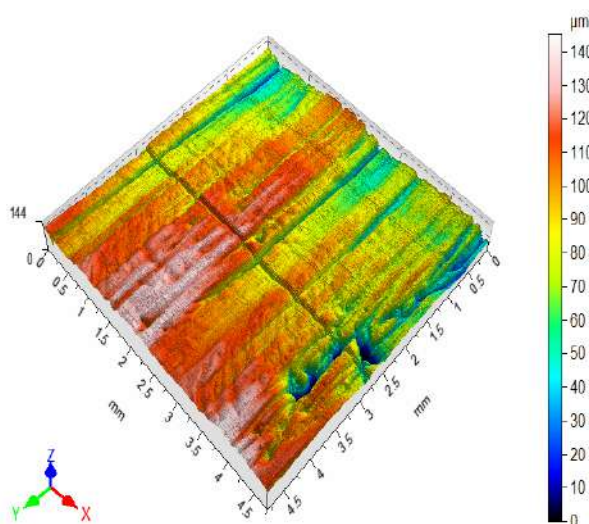


Fig. 6. Surface profile of MMC

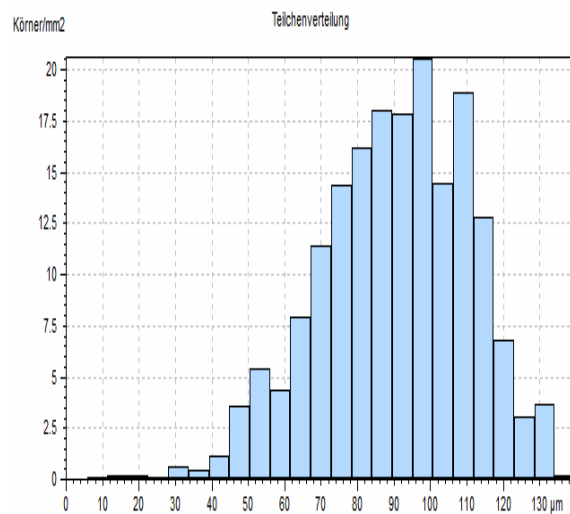


Fig. 7. Roughness on surface profile

The study of the microhardness parameters give an idea of the overall picture of the mechanical properties of the material and of its structural features. The special position of the microhardness among the other mechanical properties is a sequence of the mere physical nature of the test. In fact it is a complex internal characteristic, depending on the basic mechanical properties of the material and is thus fully characterizing the elastic-plastic properties.

With the testing of the WC samples a departure of -6% and a lap wear of 0.01 mm is obtained, thus showing the increase in the wear resistance properties for the MMC sample.

The wear resistivity can be seen in the chart of Figure 8.

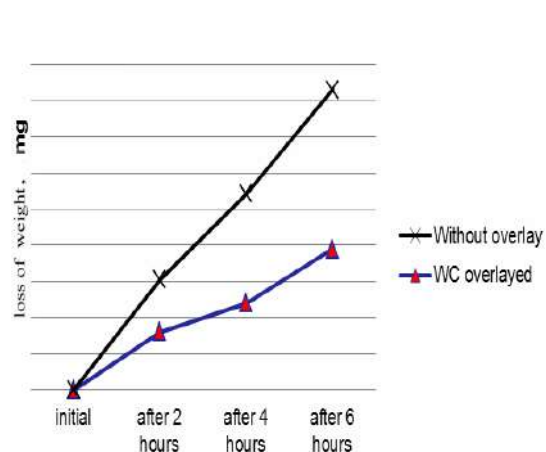


Fig. 8. Slurry abrasion response determination by Miller Number System

The figure shows that the measured values of the microhardness of the zones formed in the

metal matrix composite from 0.3 to 0.7 mm, exceeded significantly the values of the hardness of the steel base layer located at a depth of 0.7 to 1.2 mm. This shows that in this zone a layer with a metal composite has been formed with strength of the reinforcing layer larger than the base material layer. The smoothness of the distribution curve and the absence of the peak values of the hardness show that the metal composite is completely connected and in thermo-dynamic and kinetic coherence with the primary phase. Roughness values for the tested samples show $R_a = 0.8 \mu\text{m}$ initial up to $R_a = 2.25 \mu\text{m}$ after the wear test.

CONCLUSIONS

The possibility to prepare MMC with great resistance to abrasive wear using powder mixture of tungsten carbide (WC) and Stellite 6 as coating was studied. Coatings with tailored properties were deposited by plasma melt injection through different powders introduction in the melting pool.

From the tests performed the following experimental results were obtained:

- The technological procedure for PMI obtainment of metal matrix composite based on X5CrNi18-10 steel is proposed;
- Examined were the microhardness and abrasive response of the metallic composite material in order to characterize the obtained stable multiphase system;
- The measured values of the microhardness in the areas of the formed metal matrix composite significantly exceed the hardness of original steel thus allowing the receiving of hard faced layers without losing the ductile and corrosion resistivity of the metal inside.

REFERENCES

1. Mortensen, A. and J. Lorca. *Annual Review of Materials Research*, 40 (2012), p. 243.
2. Atanasov A., S.Turmanova and D. Kiriakova Composite Materials, *University Prof. Dr. Assen Zlatarov, Burgas*, 2013
3. Ishai O and I. Daniel., *Engineering Mechanics of Composite Materials*, Oxford University Press, 1994, p. 19
4. Watts A., Commercial Opportunities for Advanced Composites ASTM SPT 704, 1980, p. 85-86,
5. A. Evans, C.S. Marchi, and A. Mortensen, *Metal Matrix Composites in Industry*, Kluwer Academic Pub., Dordrecht, 2003, p. 150
6. Chawla, K. *Composite Materials Science & Engineering*, 2nd edition Springer-Verlag, New York, 1998, p.210-235
7. Yakovlev A., Ph. Bertrand, I. Smurov, *Thin Solid Films* **453-454** (2004), p.133-138
8. Meiyang L., W. Yong, H. Bin, Z. Weimin and Tao H. *Applied Surface Science* **255** (2009), p.7574-7579
9. Peillon N., J. Fruhauf, S. Gourdet, J. Feraille, S. Saunier and C. Desrayaud, *J. Alloy Compd.*, 619, 2015, 157-164.
10. Boshnakova S., D. Rusev and I. Markovska, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, **50**, (2015), p. 557 – 560
11. Boshnakova S., D. Rusev and I. Markovska, Proc. University of Ruse “Angel Kanchev”, 52, 2013, p. 246.
12. Boshnakova S., I. Markovska and D. Rusev, Proceedings of University of Russe “Angel Kanchev”, 2015, volume 54, seria 10.1, p. 12.

ГЕНЕРАТОР НА СИГНАЛИ С ДИРЕКТЕН ЦИФРОВ СИНТЕЗ НА ЧЕСТОТАТА

Ивайло Беловски, Димитър Димитров

DIRECT DIGITAL SYNTHESIS GENERATOR

Ivaylo Belovski, Dimitar Dimitrov
E-mail: ivbel@abv.bg

ABSTRACT

Digital frequency synthesis is a term that is used in electronic devices for generating a signal with stable frequency and amplitude. These devices convert the input reference frequency in one or several new frequencies. A DDS has many advantages over its analog counterpart, the phase-locked loop (PLL), including a much better frequency agility, improved phase noise, and precise control of the output phase across frequency switching transitions. The purpose of this paper is to propose, develop and study a variant of a direct digital synthesis generator which is capable of generating sine/square wave with frequency ranging from 0 – 20 MHz with a view to its application in engineering practice.

Key words: digital frequency synthesis, digital generator, DDS

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременната електронна техника ежедневно се налага използването на специализирани измервателни генератори. Това води до тяхното прогресивно развитие и ги прави широко приложими – в системите за специализирани измервания, за нуждите на медицинската електроника и т.н.. Измервателните генератори се използват също и за оценка на радиочестотни спектри, с цел разработване и усъвършенстване на методи и алгоритми за анализ на сигнали, чиито аргументи (носителни на определена информация) биха предизвикали реакция на автоматизирана система за управление.

Генераторите, използващи директен синтез на честотата (DDS – Direct Digital Synthesis), позволяват директна модулация на изходния сигнал [2, 3].

Всички съвременни електронни системи използват цифрови технологии за управление и контрол на желаните сигнали. Цифровият синтез на честота е термин, който се използва при електронни устройства за генериране на сигнали със стабилна честота и амплитуда. Тези устройства преобразуват входна еталонна честота в една или няколко нови честоти. Новите честоти са контролирани от сериен регистър (адресен брояч), с което на изхода се постига цифровият синтез [4, 5].

Предимствата на подобни цифрови синтезатори са:

- осигуряване на широк честотен диапазон;
- възможност за директна модулация;
- стабилност в изходната амплитуда;
- прецизност на генерираната честота;
- непрекъснатост на фазата на изходния сигнал;
- ниско ниво на шума и допълнителните хармонични съставни.

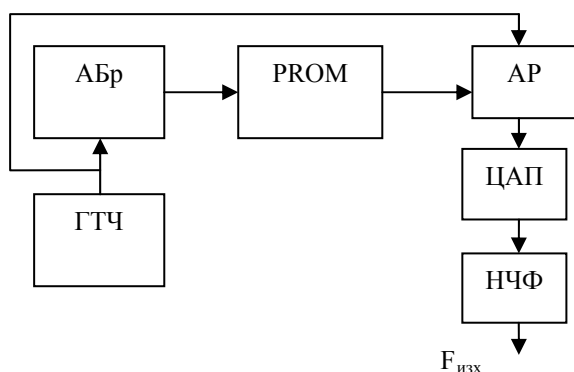
През последните години този метод за синтезиране на честоти е толкова разпространен, че всички съвременни цифрови устройства използват предимствата на тази технология. Благодарение на него се намалиха размерите и нарасна удобството при експлоатация. Същевременно се увеличиха качествените показатели и сигурността на използваната измервателна техника.

Целта на настоящата разработка е да се предложи, реализира и изследва вариант на сигнал – генератор с директен синтез на честотата в обхвата от 0,1Hz до 20MHz, с оглед приложението му в инженерната практика.

ИЗЛОЖЕНИЕ

DDS синтезаторите имат възможност да генерират множество изходни честоти чрез използване на еталонен източник. Основна структурна схема на подобен генератор е

показана на фиг. 1. Генераторът на тактова честота (ГТЧ) управлява адресен брояч (АБр), а той от своя страна адресира памет за четене (PROM), в която се съхраняват един или повече периода на изходния сигнал. Чрез адресния брояч се избира желаната клетка от паметта. Еквивалентният цифров запис от тази памет през адресен регистър (АР) постъпва към цифрово-аналогов преобразувател (ЦАП), откъдето се преобразува в аналогов сигнал с желаната честота. Полученият сигнал се филтрира от нисчестотен филтър (НЧФ). Спектралната чистота на получения аналогов сигнал зависи основно от параметрите на вградения цифрово-аналогов преобразувател.



Фиг. 1 Основна структурна схема на DDS генератор

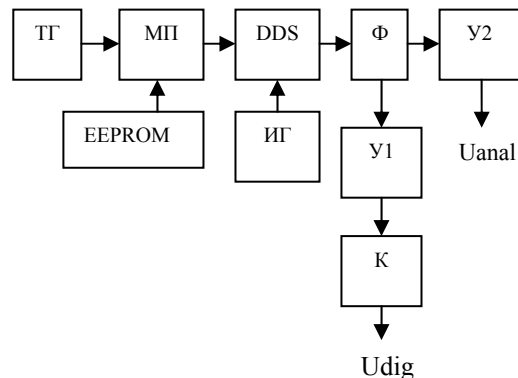
Основен недостатък тук е, че по-високи хармонични съставки в изхода на ЦАП могат да попаднат в честотната лента на генерирания сигнал, което ги прави трудни за филтриране. Решението на този недостатък е реализацията на генератор с фазов контрол на честотата, който лесно може да филтрира нежелани хармоници от по-висок ред.

Посочената структурна схема може да генерира стабилни изходни сигнали, но нейният основен недостатък е, че изходната честота може да се променя само чрез промяна на еталонния тактов генератор или чрез препрограмиране на PROM паметта.

Отчитайки недостатъците на горепосочената структура и съобразявайки се с предварително поставените изисквания към DDS генератора, а именно:

- честотен обхват: 0,1Hz до 20MHz;
- изходно напрежение: от 0V до 4V, при товар $R_L=50\Omega$;
- отношение сигнал/шум = 50dB (работна честота от 10MHz);

- коефициент на запълване на импулсната поредица - 50%;
- време на нарастващия фронт - по-малко от 4ns;
- стъпка на изменение на честотата: 0,1Hz в диапазона от 0.1Hz – 9.9999999MHz и 1Hz в диапазона от 10MHz – 20MHz, беше синтезирана следната блокова схема:



Фиг. 2 Блокова схема на синтезирания DDS генератор

Означенията на отделните блокове са, както следва: ТГ – тактов генератор; МП - микропроцесор; EEPROM – програмируема памет за четене; DDS – генератор с директен цифров синтез на честотата; ИГ – импулсен генератор; Ф – филтър; У 1,2 – усилватели; К – компаратор.

В така синтезираната блокова схема от фиг. 2 микропроцесорът управлява всички входно-изходни функции на синтезатора. Предвиденият генератор на правоъгълни импулси се използва като тактов генератор за управление на вградения микропроцесор. Вграденият EEPROM съхранява всички начални данни за работа на приложния фърмуер (работен обхват, настройка на избрани клетки от паметта). Използваният процесор е свързан към LCD Дисплей, като директно управлява цифровия DDS генератор. Така цифровият синтезатор се управлява от импулсен тактов генератор на 50MHz.

Полученият изходен сигнал от DDS има значителни изкривявания (поради високите нива на страничните хармоници) и затова в изхода му се свързва филтър за извеждане единствено на желания спектър. Полученият синусоидален сигнал е с недостатъчна амплитуда, което налага неговото усилване. Тази задача се изпълнява от операционен усилвател, който усилва ниската изходна амплитуда на синтезатора. За удовлетворяване на поста-

вените изисквания към схемата на измервателния генератор, като DDS синтезатор се използва специализираната интегрална схема (ИС) AD9835. Тя осигурява много добра интеграция при специализирани измервателни устройства и високочестотни схеми за комуникация. Структурата на специализирания генератор е комбинация от цифрово контролиран осцилатор с фазово управление, косинус прекодираща таблица за управление на изходната цифрова дума, фазово/честотен модулатор, цифрово-аналогов преобразувател [6].

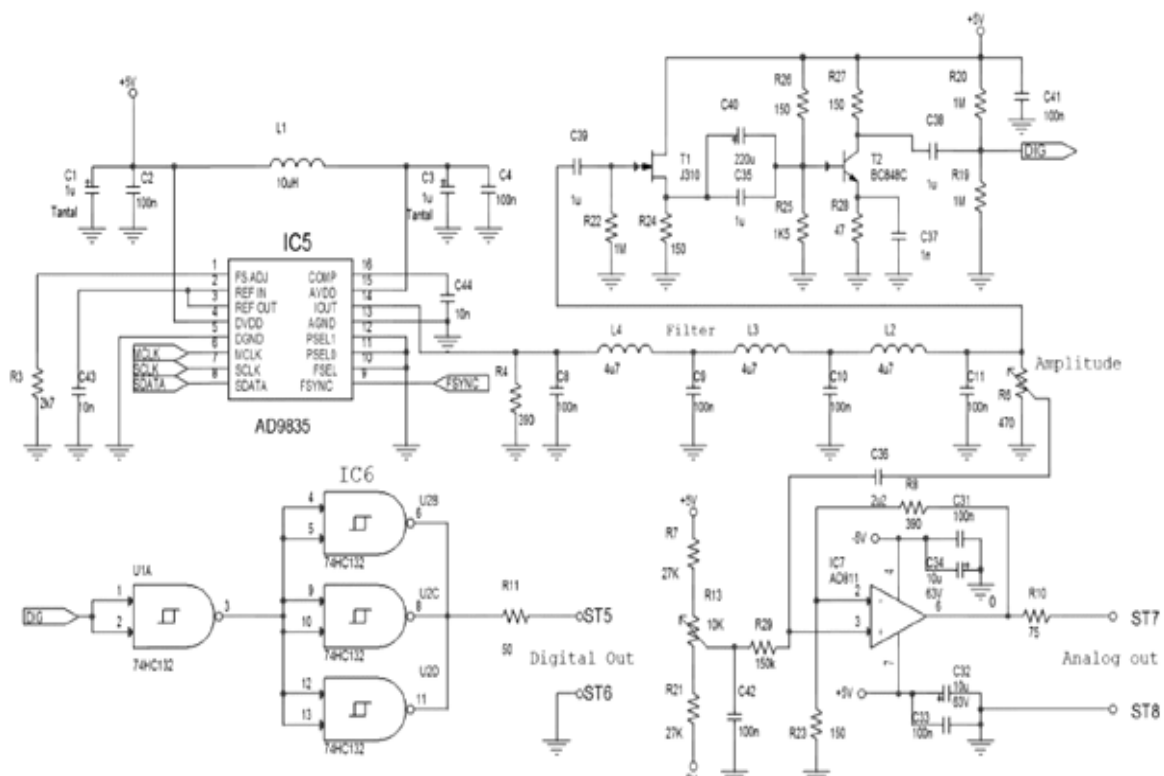
Структурната схема се състои от три основни части:

- цифров контролиран осцилатор и фазов модулатор;
- косинус прекодираща таблица за обработка на данните, формиращи изходния сигнал;
- цифрово-аналогов преобразувател (ЦАП).

AD9835 е напълно интегриран чип за директен цифров синтез. За генерирането на прецизни сигнали чипът намира приложения и при специализирани системи с използване на модулация. Този тип модулатори са напълно приложими в цифровите устройства, което им позволява да генерират сложни импулсни последователности и дори реализация на сложни алгоритми, приложими при DSP технологии.

Като процесор се използва ИС KS57C2308 - специализиран микропроцесор за управление на DDS генератор AD9835. Той контролира всички входно-изходни функции на генератора.

Част от принципната електрическа схема на генератора, включваща ИС AD9835, филтъра, двата усилвателя и компаратора, е показана на фиг. 3.



Фиг. 3 Част от принципната електрическа схема на DDS генератор

Цифровият генератор се управлява от кварцов резонатор с работна честота 50MHz. Към изхода на синтезатора (извод 14, I_{OUT}) се свързва прецизен резистор R4, върху който се получава напрежение, еквивалентно на големината на тока. Големината на резистора се определя при минимален изходен ток $I_{OUT} =$

4mA и ограничение в максималното изходно напрежение до $U_{OUT} = 1,35V$.

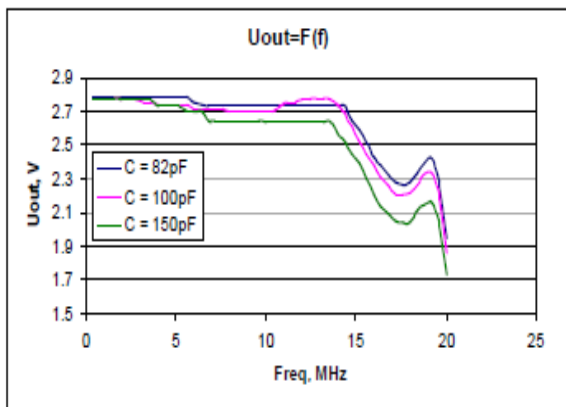
Използваният нискочестотния филтър (C8, L4, C9, L3, C10, L2, C11) премахва нежеланите смущения в изходния сигнал. Филтърът е свързан и към резистор R6, който служи за амплитудна настройка.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На лицевия панел на синтезирания DDS генератор е разположена клавиатура от три бутона, с които се въвежда желаната изходна честота. В предложения макет е предвидено и плавно регулиране с помощта на ротационен енокодер, който може да изменя изходната честота в рамките на няколко mHz. В комбинация с двата управляващи бутона „<” и „>” може да се изменя настройката на желания разряд от дисплея. Чрез завъртане на ротационния енокодер стойността може да се увеличава или намаля в зависимост от посоката на въртене. Когато стойността се препълни, преминава към следващата по-голяма или по-малка цифра.

Амплитудата на синусоидалния сигнал се коригира с помощта на потенциометър R6 (фиг.3) в диапазона от 0 V до 0,9 Vrms. Това ниво се подава на входа на изходния усилвател и може да бъде усилено до 3 пъти. Следователно, максималната изходна амплитуда може да достигне до 2,7 V.

Проведени са редица тестове на DDS генератора за установяване параметрите на изходните сигнали. На фиг. 4 е представена изходната характеристика – изходно напрежение U_{out} във функция от генерираната честота при различен капацитивен товар.

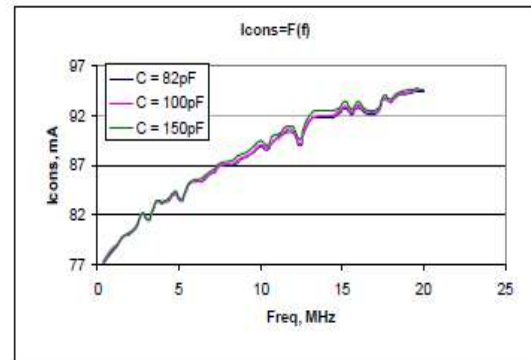


Фиг. 4 Изходна характеристика – $U_{out} = f(f_{out})$ при $C_T = \text{const}$

От графиките се вижда, че в честотния диапазон 0,1Hz до 15MHz изходното напрежение е почти константно, а в диапазона 15÷20MHz спада с около 1V.

На фиг. 5 е представена зависимостта на консумирания ток I_{cons} във функция от изходната честота f_{out} . Графиките показват, че консумацията на ток нараства почти линейно и

при трите товара, като по-сериозно отклонение се наблюдава при честота 12 MHz. Причината за тази нелинейност в консумацията е промяна в разредността на фазовия регистър, т.е. при всяка промяна на броя на значещите разряди се променя и регистрираната консумация на синтезатора.



Фиг. 5 Изходна характеристика – $I_{cons} = f(f_{out})$ при $C_T = \text{const}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощта на високо интегрирания чип AD9835 и сравнително малък брой елементи е реализиран високо качествен DDS генератор за синусоидални и правоъгълни сигнали. Максималната изходна честота е ограничена съгласно теоремата на Найкуйст и е на половината от тактовата честота, т.е. 25MHz. На практика обаче се използва само 40% от тактовата честота, т.е. 20MHz. Така предложеният DDS генератор може да се използва както от студенти по време на лабораторни упражнения, така и от инженери – при проектиране, изпитване и ремонт на електронна апаратура.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, А., Г. Горанов, П. Хубенов. ШИМ генератор основан на математически анализ, реализиран в програмируема среда - *Машиностроене и електроника*, бр.5-6, 2015 стр.20-26.
2. <http://www.thinksrs.com/downloads/PDFs/ApplicationNotes/DDS.pdf>
3. Brandon, D. *Direct Digital Synthesizers in Clocking Applications*. Application Note AN-823, Analog Devices, 2006.
4. Mortezapour S., E. Lee. *Design of low-power ROM-less direct digital frequency synthesizer using nonlinear digital-to-analog*

converter. IEEE J. SolidState Circuits, vol. 34, 1999.

5. Taslakov M. *Direct Digital Synthesizer With Quasi Continuous Temperature Compensation*. Proc. of the 2001 IEEE International Frequency Control Symposium. 6-8 June 2001, Seattle, Washington, U.S.A., pp. 811 -815.

6. Analog Devices, *50 MHz Direct Digital Synthesizer DDS AD9835, Waveform Generator*, Analog Devices Inc., 2011.

REFERENCES

1. Aleksandrov, A., G. Goranov, P. Hubenov. SHIM generator, osnovan na matematičeski analiz, realiziran v programiruemaa sreda. – Mashinostroene i elektronika, br.5-6, 2015 s. 20-26.

2. <http://www.thinksrs.com/downloads/PDFs/ApplicationNotes/DDS.pdf>

3. Brandon, D. *Direct Digital Synthesizers in Clocking Applications*. Application Note AN-823, Analog Devices, 2006.

4. Morteza pour S., E. Lee. *Design of low-power ROM-less direct digital frequency synthesizer using nonlinear digital-to-analog converter*. IEEE J. SolidState Circuits, vol. 34, 1999.

5. Taslakov M. *Direct Digital Synthesizer With Quasi Continuous Temperature Compensation*. Proc. of the 2001 IEEE International Frequency Control Symposium. 6-8 June 2001, Seattle, Washington, U.S.A., pp. 811 -815.

6. Analog Devices, *50 MHz Direct Digital Synthesizer DDS AD9835, Waveform Generator*, Analog Devices Inc., 2011.

THERMOELECTRIC COOLING SYSTEM MODELING

Ivaylo Belovski
E-mail: ivbel@abv.bg

ABSTRACT

Peltier module is the main part in a thermoelectric pump. It is successfully used for cooling small volumes by converting the electrical energy into a temperature gradient. Thermoelectric cooling systems have been gaining popularity in recent years. They are widely used in different areas: in modern automobiles - for cooling and preserving products during their transportation; in portable cooling bags, in computer, military and medical equipment. This article presents a simple model of the thermoelectric cooling system. The method of finite differences has been used for the modeling and simulation of processes related to the cooling of a product.

Key words: thermoelectric cooling system, Peltier module, finite differences method

NOMENCLATURE

T1	- Cold side heat sink temperature, °C;	t_{prod}	- Cooled product temperature, K;
T2	- Hot side heat sink temperature, °C;	N_{tec}	- Cold side heat sink thermal flow, $\text{W}\cdot\text{K}^{-1}$;
T3	- TCS volume temperature, °C;	t_{cold}	- Cold side heat sink temperature, K;
T4	- TCS outer wall temperature, °C;	$t_{\text{vol}}^{t+\Delta\tau}$	- Change volume air temperature for time $\Delta\tau$, K;
T5	- TCS inner wall temperature, °C;	V_{vol}	- Volume air in the container, m^3 ;
T6	- Water container temperature, °C;	V_{prod}	- Volume of cooled product, m^3 ;
T7	- Ambient temperature, °C;	ρ_{vol}	- Volume air density, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
$\Delta\tau$	- Sampling time, s;	C_{vol}	- Volume air specific heat capacity, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
α	- Convective heat transfer coefficient, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$;	$t_{\text{prod}}^{t+\Delta\tau}$	- Change cooled product temperature for time $\Delta\tau$, K;
v	- Air velocity, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;	ρ_{prod}	- Cooled product density, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
$Q_{\text{env.}}$	- Heat flow between the environment and the air in the volume, W;	C_{prod}	- Cooled product specific heat capacity, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
Q_{prod}	- Heat flow between the cooled product and the air in the volume, W;	P	- Power input for TEC, W
Q_{tec}	- Heat flow between the heat sink and the air in the volume, W;	I	- Current, A
$t_{\text{env.}}$	- Ambient temperature, K;	U	- Voltage, V
t_{vol}	- Volume temperature, K;	ΔT	- Temperature difference - $\Delta T = T_2 - T_1$, °C
F_{wall}	- Area of walls and the ceiling, m^2 ;	Q_c	- Refrigeration capacity, W.
α_{out}	- Convective heat transfer coefficient between the environment and external wall of the container, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$;		
α_{in}	- Convective heat transfer coefficient between the inner walls of the container and air inside, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$;		
δ_{wall}	- Thickness of the walls of container, m;		
λ_{wall}	- Thermal conductivity coefficient, $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;		
$\alpha_{\text{prod}}^{\text{in}}$	- Convective heat transfer coefficient between cooled product and the air in the container, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$;		
F_{prod}	- Cooled product surface area, m^2 ;		

INTRODUCTION

The major node in a thermoelectric cooling system (TCS) is the thermoelectric pump (TEP), in which a thermoelectric module (TEM) is integrated [1]. The thermoelectric module is the smallest purchase element that is composed of Peltier elements. These are the elements that convert electrical energy into a temperature gradient [2]. Today, thermoelectric devices are successfully used in our everyday life, enhancing a better comfort and quality of life [3]. Cooling

based on the Peltier effect has several indisputable advantages. The devices are relatively simple and with small dimensions, they possess a good construction reliability and long service life (over 200,000 hours). They do not have any moving parts or environmentally harmful refrigerants. Modern TEM are highly effective - with power up to several hundred watts.

That is why the methods of designing, modeling, analysing and constructing thermoelectric devices are attracting a still wider range of specialists. In recent years, thermoelectric cooling systems have been widely used [4]. They have been applied in modern vehicles for cooling and preserving products during their transportation, in portable cooling bags, computer, military and medical equipment.

The purpose of this study is to synthesize a thermoelectric cooling system model with a limited calculation procedure using finite differences method.

EXPERIMENT

For the purpose of the modeling an experiment has been carried out, the results of which have been analyzed and used to create the model of TCS.

A thermoelectric cooling system has been designed in order to carry out the experiment. It consists of a thermoelectric pump 1 and a 10 liter container with double walls 7 and 8, between which a thermal insulation layer 9 (Fig. 1) is embedded. Thermoelectric pump 1 is constructed according to Peltier TEM 4 and a heat conductor 5, hot side heat sink 3 and cold side heat sink 6 of Peltier module and fan 2 attached to the hot side heat sink for temperature withdrawal. A plastic bag with water 10 is placed into the container. There is only natural convection, without any additional ventilation.

The cold side heat sink temperature is measured with thermometer T1, the hot side heat sink temperature with thermometer T2, the temperature in the TCS volume with thermometer T3, the TCS outer wall temperature with thermometer T4, the TCS inner wall temperature with thermometer T5, the temperature in the water container with thermometer T6 and the ambient temperature with thermometer T7.

The electric power consumption of the thermoelectric pump during the test is $P = 88\text{W}$. The optimal DC mode which generates the lowest temperature of the cold side heat sink $T1 = -12^\circ\text{C}$

and the lowest temperature in the container volume $T3 = 5^\circ\text{C}$: $I = 8\text{A}$, $U = 11\text{V}$ ($P = U.I$).

The maximum temperature difference ΔT between the hot and cold side of the TEM is $\Delta T = 45^\circ\text{C}$. At this ΔT and $I = 8\text{A}$, from catalog data of TEM the absorbed thermal power is $Q_c = 15\text{W}$.

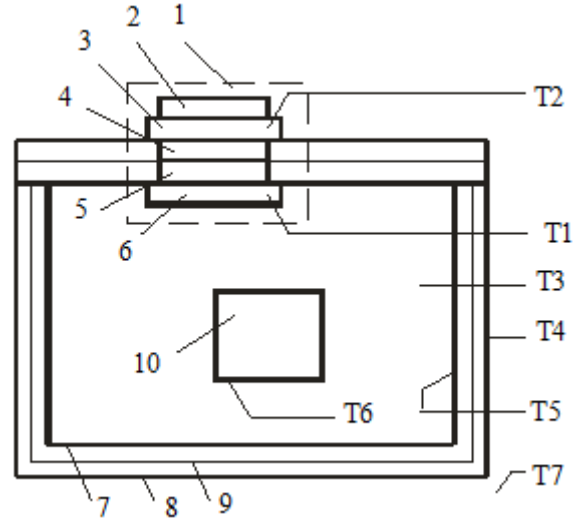


Fig. 1 Thermoelectric cooling system

For the purpose of modeling, the method of finite differences [5, 6] is applied. According to this method, time and space are broken down into infinitesimal parts. It is assumed that in order to reduce the calculation procedure the air temperature in the TCS, and the temperature of the cooled product should be identical in their entire volume [7, 8]. It is also assumed that during the infinitely small time interval ($\Delta\tau$) the parameter values are constant.

For the purpose of modeling, the method of a small time interval ($\Delta\tau$) is applied, the parameter values are constant. To reduce the calculation procedure, taking into account the identical air parameters in the entire volume, it is assumed that there is a heat transfer through the bent flat wall with an area, insulation characteristics and a specific heat capacity suitable for the container sides.

It is assumed that the TCS is located in a confined space which provides the heat transfer between the outer walls and the environment by way of a natural convection. The coefficient of convective heat transfer is calculated according to the model of McAdams [9]:

$$\alpha = 5,6 + 4.v, \quad (1)$$

where v is air velocity.

Considering the presence of a heat sink on the cold side of the Peltier module, it is assumed that the heat transfer between the air volume inside and the inner walls of the container is through convection.

The energy balance of air inside the container is the sum of: Q_{env} , Q_{prod} and Q_{tec} :

$$Q_{env} + Q_{prod} + Q_{tec} = 0 \quad (2)$$

Each of these heat flows, in turn, is expressed through: [2, 5, 6].

$$Q_{env} = \frac{(t_{env} - t_{vol}) \cdot F_{wall}}{\frac{1}{\alpha_{out}} + \frac{\delta_{wall}}{\lambda_{wall}} + \frac{1}{\alpha_{in}}} \quad (3)$$

$$Q_{prod} = (t_{prod} - t_{vol}) F_{prod} \cdot \alpha_{prod}^{in} \quad (4)$$

$$Q_{tec} = N_{tec} (t_{cold} - t_{vol}) \quad (5)$$

The change of the air temperature inside the container for a period of time $\Delta\tau$ is determined by: [7], [8].

$$t_{vol}^{t+\Delta\tau} = t_{vol}^t + \frac{(Q_{env} + Q_{prod} + Q_{tec}) \cdot \Delta\tau}{(V_{vol} - V_{prod}) \cdot \rho_{vol} \cdot C_{vol}} \quad (6)$$

The change of temperature of the cooled product for a period of time $\Delta\tau$ is similarly determined:

$$t_{prod}^{t+\Delta\tau} = t_{prod}^t + \frac{(Q_{prod}) \Delta\tau}{V_{prod} \cdot \rho_{prod} \cdot C_{prod}} \quad (7)$$

The modeling algorithm of the thermoelectric cooling system is as follows - after initial definition of the conditions, the following data are calculated successively:

- The power of heat flow between the air in the volume and outside the container - Q_{env} ;
- The power of heat flow between the cooled product and the air inside the container - Q_{prod} ;
- The temperature change in the volume of the container. - t_{vol} ;
- The temperature change of the cooled product - t_{prod} .

The results are presented in graphics.

RESULTS AND DISCUSSION

On the basis of synthesized mathematical model a user application TECS v.1.0 was created within Microsoft Visual Studio 2010.

The operating interface consists of an input tabular part and an output - drawings. In the tabular part, the following parameters are given:

- Simulation duration;
- Sampling period;
- Air velocity outside TCS;
- Air velocity in the volume of TCS;
- Ambient temperature;
- Initial temperature of TCS ;
- Initial temperature of a cooled product;
- Length, width and height of the TCS container;
- Thermal conductivity of the walls of a container;
- Thickness of the walls of the container;
- Surface area of a cooled product;
- Mass of a cooled product;
- Specific heat capacity of a cooled product;
- Volume of a cooled product;
- Relative power of the cold side heat sink of TEP;
- Electric power of TCS.

The input part is shown in Figure 3. After pressing the "Simulate" button, simulation of processes in the TCS can be carried out and the results are displayed in graphical form.

The application offers users two modes:

- Mode "**True values**" – in this mode, the simulation of processes in the TOC is compared to the experimental data. The results are presented in graphical form – Figure 4.

- Mode "**Constant**" - in this mode, it is believed that the cold side heat sink has already reached a certain temperature (set by the user) and at this point a product is put into TOC for cooling. The program simulates:

- The air temperature in the TCS - time function - $t_{vol} = f(t)$;
- Temperature of a cooled product $t_{prod} = f(t)$;
- The power of heat flow between the cold side heat sink of the TEP and the air in the volume of a container - Q_{tec} ;
- The power of heat flow between a product for cooling and the air in the volume of a container - Q_{prod} ;
- The power of heat flow between the environment and the air passing through the walls of a container - Q_{env} ;
- Efficiency (COP) of TCS - figure 5.

TauMax, s: 18600
 dt Tau, s: 1
 Скорост на вятъра (вън), m/s: 0
 Скорост на вятъра (вътре), m/s: 0
 Темп. на околната среда, °C: 22
 Нач. темп в хлад. чанта, °C: 21
 Нач. темп на продукт, °C: 19
 Дължина на хл, m: 0,282
 Ширина на хл, m: 0,157
 Височина на хл, m: 0,24
 Коэф. на топлопр., W/m.K: 0,22
 Дебелина на стена, m: 0,019
 Повърхност на продукт, m²: 0,03
 Маса на продукт, kg: 1
 Спец. топл. капац на продукт, J/kg.K: 4179
 Обем на продукт, m³: 0,001
 Относ. мощност студ. рад., W/°C: 0,8
 Електрическа мощност, W: 88

Реални стойности
 Темп студ рад. A: -30,697
 k: -0,206
 C: 20,781

Експерим. данни

Минута	Стойност
0	21
5	15
10	10
15	8
20	7
25	7
30	7
35	7
40	7
45	7
50	7
55	7
60	6
70	6
80	6
90	6
100	6
110	6
120	6
130	6
140	6
150	6
160	6

Константа
 Темп студ рад. °C: -10

Simulate

Fig. 3 Input part of the user application

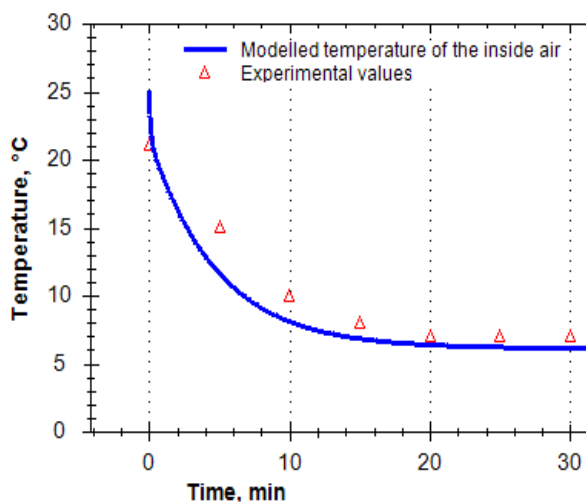


Fig. 4 Temperature modeling - t_{vol}

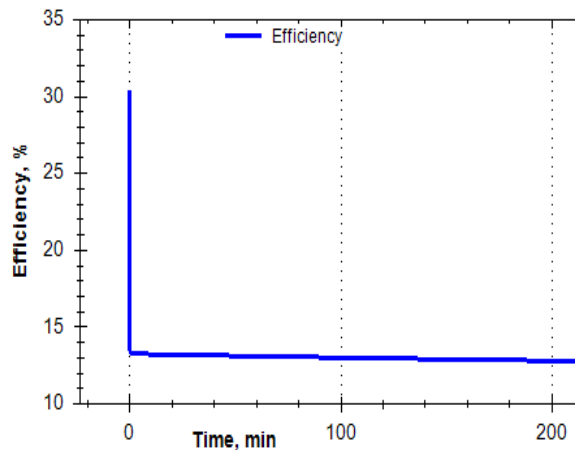


Fig. 5 Efficiency (COP) of TCS time function - t

A model of a thermoelectric cooling system has been synthesized. It has been significantly simplified from a technical standpoint in order to limit the calculation procedure.

Experimental tests were carried out on a thermoelectric cooling system, developed for the purpose, to find out dependence of the cold side heat sink t_{cold} , the air temperature in the volume t_{vol} and the temperature of a cooled product t_{prod} on time - t .

The experimental results were used for comparing and validating the simulation results.

REFERENCES

1. Al-Nimr Moh'd A., M. Tashtoush et al., *Modeling and simulation of thermoelectric device working as a heat pump and an electric generator under Mediterranean climate*, Energy, 2015 Part 2, Vol. 90, p1239-1250.
2. Garrido J., A Casanovas, *The central role of the Peltier coefficient in thermoelectric cooling*, Journal of Applied Physics, 2014, Vol. 115 Issue 12, p123517-1-123517-6.
3. Горанов, Г., А. Александров. *Регулиране на температурата чрез CPLD система за управление по метода cycle by cycle*. Сборник доклади на НКМУ ЕЛЕКТРОНИКА '2014, София-2014, стр.339-343.
4. Шостаковский П., *Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники*, Силовая электроника, №12, 2009.
5. Velev D., *Technical Thermodynamics and Conductivity*. Technics, Sofia, 1984, p. 288.

6. Gustafsson B., *Fundamentals of Scientific Computing*, Chapter 10: Finite Difference Method. Springer. 2011.
7. Evstatieva N., G.Georgiev, N.Mihailov. *Modelling the Energy Exchange in a Food Storage Refrigerated Chamber*, Proceedings of The 23rd International Scientific Conference NAV-MAR-EDU, Constanta, Romania, "Mircea cel Bartran" Naval Academy Publishing House, 2013, pp. 25-32.
8. Evstatieva N., G.Georgiev, *Operation Algorithm of an Electronic System for Control of the Loading-Unloading Duration in a Food Storage Refrigerated Chamber*, Proceedings of The 23rd International Scientific Conference NAV-MAR-EDU, Constanta, Romania, "Mircea cel Bartran" Naval Academy Publishing House, 2013, pp. 19-24
9. McAdams W., *Heat transmission*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 1954.

INTUITIONISTIC FUZZY ESTIMATIONS OF NOISE FILTERING IN SPEECH

Liliya Staneva, Lenko Erbakanov, Ivelina Vardeva, Elena Vardeva-Todorova
E-mail: anestieva@mail.bg

ABSTRACT

The use of applications for noise reduction often changes the characteristics of the input signal. The successful methods for eliminating noise unfortunately require high computational complexity, and thus the process of obtaining the final result is slow.

The present article studies a model demonstrating the coding signal of human speech, visualizing the noise in signal and its reduction through the Matlab application.

It is necessary to definite the level of detail for performance of each step of the algorithm, as well as the provisions for possible exits and rules for making decisions. An ongoing analysis of the processes occurring during the execution algorithm is carried out. Intuitionistic fuzzy sets are used to estimate noise reduction in speech.

Key words: voice signal, filter, intuitionistic fuzzy estimations, signal discretization, noisy voice signals, Matlab

INTRODUCTION

Speech is a basic means of communication between people. Human speech is a fundamental way for humans to convey information to one another. With a bandwidth of only 4 kHz; speech can convey information with the emotion of the human voice. Some properties of the speech signal are: a one-dimensional signal, time as its independent variable, random in nature, non-stationary and the frequency spectrum not constant in time. Although human beings have an audible frequency range of 20 Hz to 20 kHz, human speech has significant frequency components only up to 4 kHz. The effect of interference noise in speech signals is the most common problem in speech processing.

Speech is distributed in the form of a sound wave which spreads from the source in all directions and which is perceived by the auditory system. Speech wave is seen as an analog signal controlled by the photon apparatus of man. It is presented in the form of a signal with a certain amplitude and length (wavelength). Speech signals consist of analog speech models based on undergoing of the process of converting a continuous analog signal into a signal with discrete values called discretization, analysis and symbolic presentation of the speech (Figure 1) [3-4]. Each sound wave can be represented as a spectrum of the incoming into its composition frequencies.

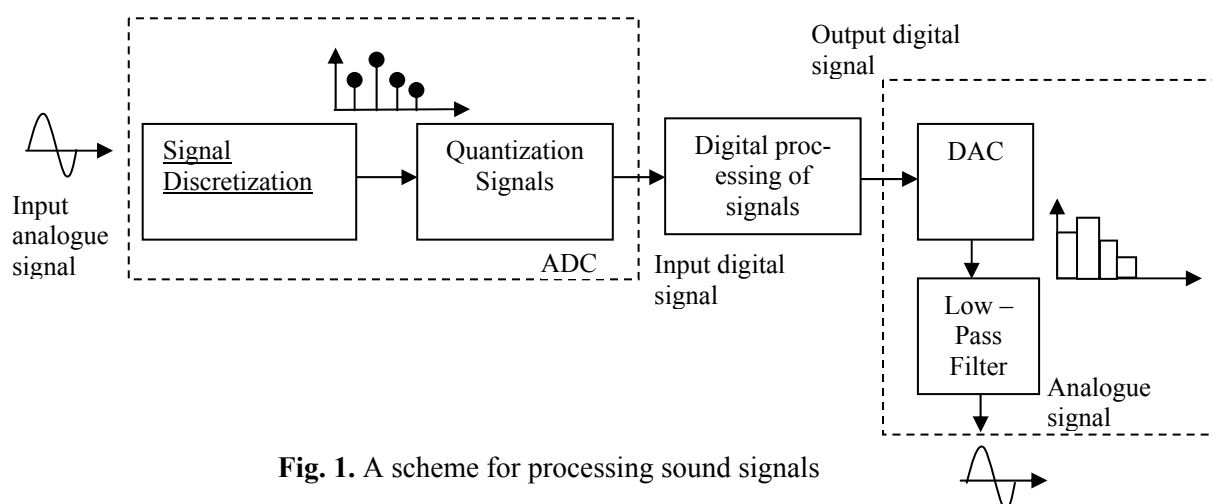


Fig. 1. A scheme for processing sound signals

When doing research on any spoken language, first of all the individual phones must be identified. Then it is determined in what position and what sound environment they meet each other and what their distribution is. The phoneme as the smallest segmental unit of speech serves as a differentiation of morphemes and word forms. The phoneme system of Bulgarian language consists of 45 phonemes: 6 vowels (vocals) and 39 consonants. In speech it is realized in the form of various options. The sensing characteristics of human speech have been estimated using the phonemes of the phoneme system of Bulgarian language.

This article is the first of a series of articles exploring many problems associated with noise filtering and recognition of Bulgarian speech. It examines how to apply filters to reduce noise and improve the original source voice recording. Then it will be used **OM** to describe the flow of the processes during training and at the end it will be used **IRO** to compile the assessment of the applied filters in the current examination. With the Matlab application a large number of experiments are conducted to maximize noise reduction. Figures 2 and 3 present a noisy speech signal and an estimated speech signal.

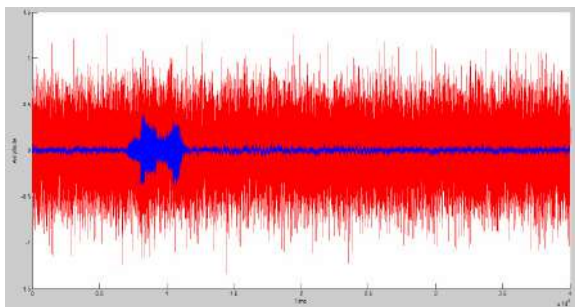


Fig. 2. Noisy speech signals

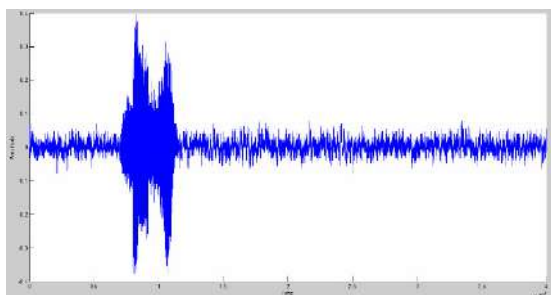


Fig. 3. Filtered speech signals

Interference noise masks the speech signal and reduces its comprehensibility. It can come from acoustical sources such as ventilation equipment, crowds, traffic, reverberation and echoes. It is possible to arise electronically from thermal noise, distortion products or tape hiss. If the sound system has unusually large peaks in its frequency response, the speech signal can even end up masking itself.

GENERALIZED NET MODEL

The generalized net model describes the process of applying algorithm and estimations in terms of IFS [1-2]. Initially, the following tokens enter the generalized net with the respective information characteristics:

In place l_{11} , a token enters with a characteristic “*speech signals*”;

In place L_{2A} a token enters with a characteristic “*algorithms for noise filtering*”;

In place L_{3A} a token enters with a characteristic “*compared algorithms*”;

In place L_{4A} a token enter swith a characteristic “*calculating of intuitionistic fuzzy estimations*”.

A generalized net model with an introduced set of transitions $A: A = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$ is developed, where the transitions describe the following processes, respectively:

Tasks performed by **speech recorder** – transition Z_1 ;

Tasks performed by **noise filtering algorithms** – transition Z_2 ;

Tasks performed by **compared input and filtered signals** – transition Z_3 ;

Calculation of intuitionistic fuzzy estimations – transition Z_4 .

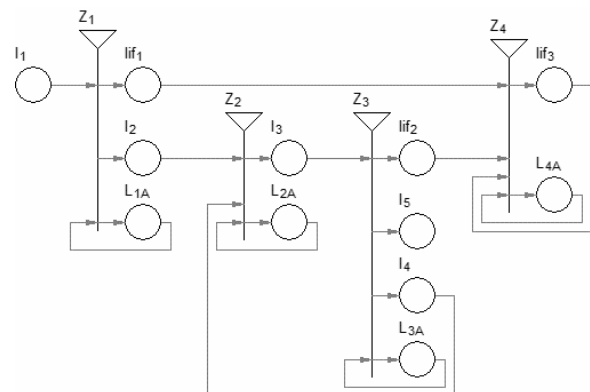


Fig. 4. GN-Model of noise reduction in speech

The $Z_1 = \{l_1, L_{1A}\}, \{l_{if1}, l_2, L_{1A}\}, R_1, (l_1, L_{1A})$ index matrix of the transition conditions is:

$$R_1 = \begin{array}{c|ccc} & l_{if1} & l_2 & L_{1A} \\ \hline l_1 & false & false & true \\ L_{1A} & W_{1A,if1} & W_{1A,2} & true \end{array} \quad (1)$$

where:

$W_{1A,if1}$ = “is available signal”;

$W_{1A,2}$ = “is available signal to noise filtering”.

The token entering place l_2 obtains new characteristics “signal for noise filtering”.

The $Z_2 = \{l_2, l_4, L_{2A}\}, \{l_3, L_{2A}\}, R_2, (l_2, l_4, L_{2A})$ index matrix of the transition conditions is:

$$R_2 = \begin{array}{c|cc} & l_3 & L_{2A} \\ \hline l_2 & false & true \\ l_4 & false & true \\ L_{2A} & W_{2A,3} & true \end{array} \quad (2)$$

where:

$W_{2A,3}$ = “noise filtering is complete”.

The $Z_3 = \{l_3, L_{3A}\}, \{l_{if3}, l_4, l_5, L_{3A}\}, R_3, (l_3, L_{3A})$ index matrix of the transition conditions is:

$$R_3 = \begin{array}{c|ccc} & l_{if3} & l_4 & l_5 & L_{3A} \\ \hline l_3 & false & false & false & true \\ L_{3A} & W_{3A,if2} & W_{3A,4} & W_{3A,5} & true \end{array} \quad (3)$$

$W_{3A,if2}$ = “good noise filtering”;

$W_{3A,4}$ = “additional application of filters”;

$W_{3A,5}$ = “noised or rejected signal”.

The index matrix of the transition conditions is:

$Z_4 = \{l_{if1}, l_{if2}, l_{if3}, L_{4A}\}, \{l_{if3}, L_{4A}\}, R_3, (l_{if1}, l_{if2}, l_{if3}, L_{4A})$

$$R_4 = \begin{array}{c|cc} & l_{if3} & L_{4A} \\ \hline l_{if1} & false & true \\ l_{if2} & false & true \\ l_{if3} & false & true \\ L_{4A} & W_{4A,if3} & true \end{array} \quad (4)$$

where:

$W_{4A,if3}$ = “results are estimated”.

The token entering at place L_{4A} obtains characteristic “estimations μ_i, v_i ”.

All calculated estimations take initial values of $\{0, 0\}$, when $i \geq 0$, the current $(i+1)^{\text{st}}$ estima-

tion is calculated on the basis of the previous estimations according to the iterative formula:

$$(\mu_{i+1}, v_{i+1}) = \left(\frac{i\mu_i + \mu}{i+1}, \frac{i v_i + v}{i+1} \right), \quad (5)$$

where are the previous estimations and (μ, v) is the latest estimation of the messages for $\mu, v \in [0, 1]$ and $\mu + v \leq 1$.

In this way the token at place l_{if3} forms the final estimation of noise reduction on the basis of the previous and the last calculated algorithm.

CONCLUSIONS

Efficient algorithms are applied for noise filtering through Matlab partial filtering of noise from speech signals. Tools for visualization of the signals in different stages of the obtained results are used.

GRATITUDES

The authors are thankful for the support provided by the Bulgarian National Science Fund under Grant Ref. No. DFNI-I-02-5 “InterCriteria Analysis: A New Approach to Decision Making”.

REFERENCES

1. Atanassov, K. *Generalized Nets*, World Scientific, Singapore, 1991.
2. Atanassov K., *Intuitionistic Fuzzy Sets: Theory and Applications*, Springer Physica Verlag, Berlin, 1999, pp. 1-137.
3. Bondarev V.N, Troester G., Chernega V.S, *Digital signal processing: Methods and Instruments*, Ukraine, 2001.
4. Jangir, J., Singh, B., Ali, M., *Voice Identification Secure System by Statistical Model of Speech Signal Using Normalization Technique*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 3 Issue 1, 2014.

ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL CALCULATION OF THE MOMENT OF INERTIA OF OBERBECK'S PENDULUM

Stancho Edrev, Emil Bogoslovov, Vasil Vasilev
ebogoslovov@gmail.com

ABSTRACT

The paper presents a methodology for analytical and experimental calculation of the moment of inertia of Oberbeck's pendulum. The results achieved are quite close, which is a testament of the high level of precision of the work. Using Oberbeck's pendulum one can calculate the demonstrated momentums of mechanisms as well as the friction losses in them.

Key words: *mechanics of a solid body, momentum, torque, forces of resistance and friction, mechanical energy*

INTRODUCTION

Oberbeck's pendulum [1], shown in Fig. 1, consists of weight m (indicated by 1), moving in a vertical plane under the action of weight G and the tensile force T by the thread (indicated by 2), thereby driven in rotation around a fixed axis - the spool (indicated by 3). The spool is an assembled unit that is composed of the hub (Fig. 2) on which four identical rods are fastened symmetrically by means of a threaded joint (Fig. 3 b), on which four identical masses m_0 are attached on random places at uniform distances from the center by locking screws (Fig. 3 a). On the hub two channels are cut, respectively having diameters of 50 and 100 mm, in which an unstretchable thread is wound.

Upon releasing the body of mass m from height h_1 with zero initial speed and stopping it after one pseudoperiod at height h_2 with a final speed of zero, the kinetic energy of forward movement is zero. The change of the full mechanical energy ΔW equals only the change of its potential energy ΔW_p . The work is given by the expression [3, 6]:

$$A = mg(h_1 - h_2). \quad (1)$$

Measuring heights h_1 and h_2 and knowing the mass of the weight and the radius of the channel r in the hub, we can calculate the friction torque in the support M_{TP} [1]:

$$M_{TP} = \frac{mgr(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2 + r}. \quad (2)$$

The angular acceleration ε of the reel is obtained by measuring the time t_1 , which it takes to travel the distance h_1 :

$$\varepsilon = \frac{2h_1}{t_1^2 r}. \quad (3)$$

To determine the engine momentum M it is necessary to know the force T_1 of the tension of the thread, which in [1] is the output of the expression:

$$T_1 = m \left(g - \frac{2h_1}{t_1^2} \right). \quad (4)$$

For the dynamic study of different mechanisms it is necessary to know their given moment of inertia at their input shaft, which can be determined by Oberbeck's pendulum as it is clamped to the input shaft. The pendulum, which is actually an accumulator of mechanical energy, will move the relevant mechanism and, by determining the necessary power and kinematic characteristics of the movement and through the basic equation of dynamics, one can determine the moment of inertia of the pendulum - mechanism system. Then using the known moment of inertia of the pendulum, one can define the moment of inertia of the mechanism.

The aim of the study is to present a methodology for determining the moment of inertia of the pendulum, which can be done analytically, as well as experimentally.

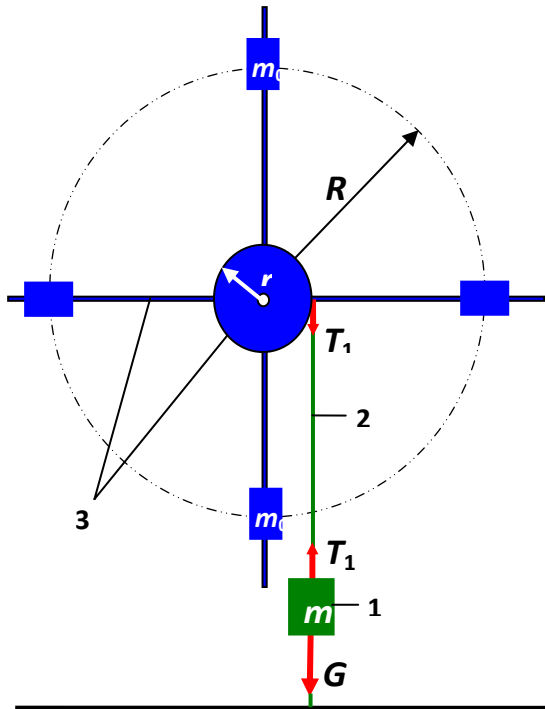


Fig. 1. Oberbeck's pendulum.

RESEARCH METHODS

The moment of inertia of Oberbeck's pendulum is determined analytically. The construction and the geometrical dimensions of the pendulum are given in Fig. 2 and Fig. 3.

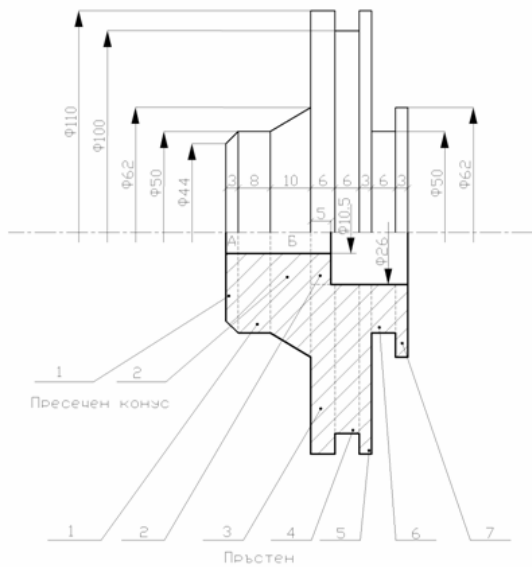


Fig. 2. Geometrical dimensions of the hub of Oberbeck's pendulum.

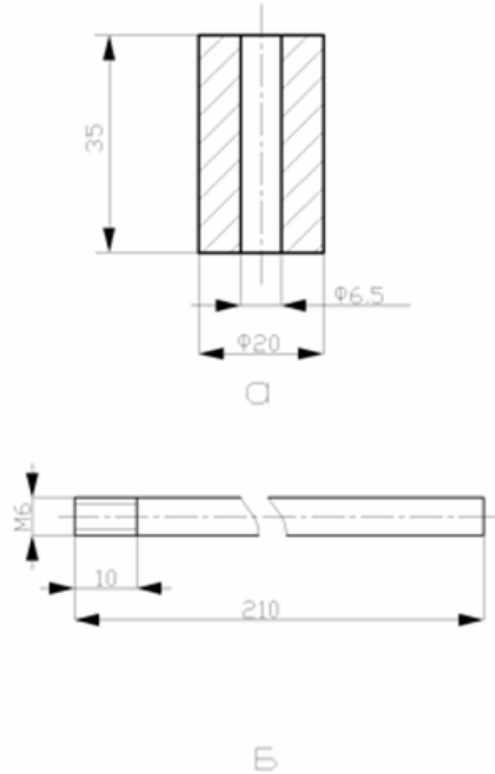


Fig. 3. Geometrical dimensions of weight (a) and rod (b) of the cross-shaped pendulum of Oberbeck's pendulum

To determine the moment of inertia of the hub, it is split into elementary bodies (cylinder, cone and ring), whose moments of inertia are defined using formulas [2], shown in Table 1. The symbols, used in the table are: γ - weight per unit volume; q - weight per unit length. For the cross-shaped pendulum and the weights we use Steiner's theorem [1, 2, 3].

For the experimental determination of the moment of inertia of Oberbeck's pendulum we use formula (9) from paragraph 2.3, reference [1]:

$$I = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{M_1 - M_{\text{TP}}}{\varepsilon} = \frac{rT_1 - M_{\text{TP}}}{\varepsilon}. \quad (5)$$

After substituting equations (2), (3) and (4) in (5) and transforming we get:

$$I = \left[r \cdot m \left(g - \frac{2h_1}{t_1^2} \right) - \frac{mgr(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2 + r} \right] \cdot \frac{t_1^2 r}{2h_1}. \quad (6)$$

Formula (6) is used for experimentally defining the moment of inertia of Oberbeck's pendulum.

Table 1. Moment of inertia of some homogenous bodies.

Figure	Mass moment of inertia
	<p>Round ring with a rectangular cross-section</p> $I = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{\pi R b h}{2} \cdot (4R^2 + b^2)$
	<p>Standing circular cylinder</p> $I = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{\pi r^4 h}{2}$
	<p>Standing truncated circular cone</p> $I = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{\pi h}{10} \cdot \frac{R^5 - r^5}{R - r}$
	<p>Section (standing circular cylinder): l – length</p> $I = \frac{q}{3g} \cdot [(l+a)^3 - a^3]$

To calculate the moment of inertia for random values of the distance R of the additional weights m_0 a regression model of second degree is derived:

$$I = b + a_1 R + a_2 R^2, \quad (7)$$

where: b, a – regression coefficients.

To assess the quality of the regression models using the coefficient of determination R^2 , which determines the degree of linear correlation between the regressors included in the model and

the predicted value of the output [4, 5]. The criterion of Fisher is used to check the significance of R^2 . [7, 8]

$$F = \frac{R^2}{(1 - R^2)} \cdot \frac{(N_1 - k)}{(k - 1)}, \quad (8)$$

where: k – number of estimated parameters in the model; N_1 – the size of the sample of experimental data.

The Fisher criterion has degrees of freedom $\nu_1 = k - 1$ and $\nu_2 = N_1 - k$.

If $F > F(\alpha, v_1, v_2) = F_{crit}$ the value of R^2 is significant and can be used to determine the adequacy of the model. The higher the calculated value of R^2 is, the more reliable the regression model is.

RESULTS AND DISCUSSION

The moment of inertia values of the hub (rings, cones and cylinder) and the cross-shaped pendulum are calculated analytically by using the

formulas in Table 1. The geometrical dimensions of the elements of the pendulum are given in Fig. 2 and Fig. 3.

The calculated moment of inertia values are presented in Table 2.

The moment of inertia of the hub I_{hub} is a sum of the moment of inertia values of the simple bodies that build it (rings and cones), while the cylinders are neglected due to their insignificant contribution:

$$I_{hub} = 0,0096267 + 0,0000849 = 0,00971137 \text{ kg.m}^2.$$

Table 2. Geometrical dimensions and calculated moment of inertia values of the hub (rings, cones and cylinder) and the cross-shaped pendulum.

HUB (RINGS)					
N _o	h [m]	b [m]	R [m]	γ [N / m ³]	$I = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{\pi R b h}{2} \cdot (4R^2 + b^2)$ [kg.m ²]
1	0,008	0,020	0,030	73600	0,00022627
2	0,006	0,042	0,068		0,00409145
3	0,006	0,037	0,063		0,00284240
4	0,003	0,042	0,068		0,00204573
5	0,006	0,012	0,038		0,00019088
6	0,003	0,018	0,044		0,00022591
7	0,005	0,005	0,015		0,00000409
0,00962674					
HUB (CONES)					
N _o	h [m]	R [m]	r [m]	γ [N / m ³]	$I = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{\pi h}{10} \cdot \frac{R^5 - r^5}{R - r}$ [kg.m ²]
1	0,003	0,025	0,022	73600	0,00001087
2	0,010	0,031	0,025		0,00007410
0,00008497					
HUB (CYLINDER)					
N _o	h [m]	r [m]	γ [N / m ³]	g [m / s ²]	$I = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{\pi r^4 h}{2}$ [kg.m ²]
1	0,013	0,005	73600	9,81	0,00000010
CROSS-SHAPED PENDULUM (1 ROD)					
N _o	a [m]	l [m]	q [N / m]	g [m / s ²]	$I = \frac{q}{3g} \cdot [(l+a)^3 - a^3]$ [kg.m ²]
1	0,025	0,200	2,22	9,81	0,000858053

The moment of inertia of the cross-shaped pendulum I_{cr} is a sum of the moment of inertia values of the four rods:

$$I_{cr} = 4 \cdot I_{rod} = 4 \cdot 0,000858053 = 0,003432212, \text{ kg.m}^2,$$

where I_{rod} is the moment of inertia of one rod.

The moment of inertia values of the weights are for the minimal ($r = 50$ mm) or the maximal ($r = 50$ mm) radii:

$$I_{MIN} = 4 \cdot M \cdot r^2 = 4 \cdot 0,075 \cdot 0,05^2 = 0,00075 \text{ kg.m}^2,$$

$$I_{MAX} = 4 \cdot M \cdot r^2 = 4 \cdot 0,075 \cdot 0,20^2 = 0,012 \text{ kg.m}^2.$$

The moment of inertia I of the pendulum is the sum of the moment of inertia values of the elements that build it. The minimal and maximal values are as follows:

min: $I = 0,013893582 \text{ kg.m}^2$;
 max: $I = 0,025143582 \text{ kg.m}^2$.

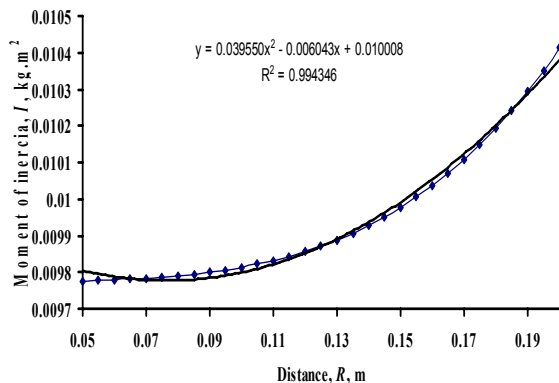


Fig. 4. Relation between the moment of inertia I and the distance R .

When conducting the experiment, the following input data are used: $m = 0,1 \text{ kg}$; $r = 0,025 \text{ m}$; $h_1 = 1,1 \text{ m}$; $h_2 = 0,745 \text{ m}$ and $t_1 = 6.4 \text{ s}$. After substituting in formula (6) we calculate a value of $0,009774 \text{ kg.m}^2$. If this value is compared to the analytically estimated one we can determine that there is a relative error of 0.6% , which shows the high level of precision of the work.

The moment of inertia for random values of the distance R is calculated by using a second degree regression model.

Fig. 4 illustrates the relation between the moment of inertia I and the distance R . The quality of the models is determined by using the determination coefficient and the calculated value of the F -criterion (165.2514) for testing its significance. The critical value of the F -criterion is 2.37. The calculated value of F is significantly higher which shows that the values of R^2 are significant and their proximity to 1 is an indicator for the good quality of the determined models.

CONCLUSIONS

1. The moment of inertia values of the hub (rings, cones and cylinder) and the cross-shaped pendulum of Oberbeck's pendulum are calculated analytically. The moment of inertia values is calculated analytically and experimentally.

2. If the values calculated using the two methods are compared, we can determine a relative error of 0.6% , which shows the high level of precision of the work.

3. The moment of inertia for random values of the distance R is calculated by using a second degree regression model.

4. The quality of the models is estimated by using the coefficient of determination and the calculated value of the F -criterion (165.2514) for testing of its significance. The critical value of the F -criterion is 2.37. The calculated value is significantly higher, which means that the values of R^2 are significant and their proximity to 1 is an indicator for the good quality of the determined models.

5. Oberbeck's pendulum can be used to determine the moments of inertia of mechanisms as well as the friction losses in them.

REFERENCES

1. Nikolaeva, Z, N. Sultanova, St. Kasarova, Z. Dimitrova. *Laboratory Experiments in Physics*. Print base University "Prof. Dr Asen Zlatarov", Burgas, Bulgaria, ISSN 978-619-7123-37-1, 2015.
2. Kisjov, I. *Manual engineer*, Second part, Mechanics, ed. "Equipment", Sofia, Bulgaria, 1979.
3. Serway, R., J. Beicher and J. Jewett. (2000). *Physics for Scientists and Engineers*. North Carolina State University and California State Poly-technic University – Pomona, p. 579.
4. Dimitrova, R., G. Mihailova. *Training System Statistics and Statistical Calculations with Excel*. <http://teststat.hit.bg/>.
5. Markov, S. *Mathematical Modeling*. Science, Sofia, Bulgaria, 1997.
6. Uvarov, E., A. Isaacs. *The Penguin Dictionary of Science*. Petar Beron, Sofia, Bulgaria, 1992.
7. Nikolaeva, Z, I. Dombalov. *Modeling Relationship between Total Solar Radiation and Ground Level of Ozone in Atmospheric Air*. Journal of Balkan Ecology, ISSN 1311-0527, Vol. 18, Book 1, 2015, pp. 55-62, ICV 4.79.
8. Georgieva, A., K. Panayotova, Z. Stefanov, B. Bogdanov. *Modeling the Formation of Nanostructures of CaCO₃ in Reverse (W/O) Microemulsion System*, "Science & Technologies", publisher "Union of Scientists - Stara Zagora", volume III, Number 4, 2013, Technical studies, pp. 25 - 30.

ON THE FLUID DYNAMIC GENERATED BY 4-INCLINED-BLADE MODIFIED MIXING IMPELLERS IN STIRRED REACTORS

Dobrin Georgiev, Zhivko Ivanov
E-mail: dpg@abv.bg

ABSTRACT

The flow patterns generated by inclined-blade mixing impellers with modified shapes have been studied. The research focuses on specific alterations including leading edge wings. The geometry modifications are as follows: a general type of a trapezium-shaped blade TB, a four-blade shielded version of TB, indicated as STB, and a conventional inclined blade impeller with a 45° pitch blade PBT. CFD (Computational fluid dynamic) method has been used to solve the equations of fluid motion. The relation between the impeller shape and the flow patterns has been discussed. The observed effects are explained by reduced zones of extremely low backpressure and decreased separation flow at the blades suction sides that lead to reduced rotational flow and increased circulation.

Key words: mixing, inclined-blade impeller, CFD

INTRODUCTION

Stirred vessels are used extensively in the processing industry to perform chemical reactions, produce pharmaceuticals and food, or cultivate microorganisms. Most of these processes require advanced mixing technology and enhanced operational parameters. High mixing and aeration rates are major requirements. Mixing time and gas-liquid mass transfer coefficient are the corresponding performance parameters. They depend on the relative distribution of turbulent dispersion and convection and, thus, on the ratio between shear and flow. Because impeller shear and flow are characteristic for its geometry, a vast combination of design components could be tested to improve a stirred reactor performance. Within the framework of the generally wide scope of mixing devices, of specific interest for gas-liquid application are the components of an inclined-blade turbine. Only recently, Kumaresan and Joshi [1] studied the flow patterns and mixing relationships for nine versions of inclined blade impellers mainly in the downflow mode of operation, the discussion being focused on impeller with six blades. Design components have been blade angle, blade width and tip chord angle or twist. Earlier papers [2-4] also emphasized on six blade versions of the PBT and downflow mode. In spite of its high performance in gas-liquid dispersion [5], the upflow mode has been scarcely measured or discussed. On the other hand, some new design components of the inclined blade impeller, such as blade wings have

shown good preliminary results, but no further information for their effect on the flow has been given [6].

Complementary to the work above, this study presents an analysis of the effect of two design components that are believed to enhance streamlining and to improve convection, namely, blade width variation and addition of blade slats. The aim of the study was to examine the mixing and aeration performance characteristics of these design modifications, in view of contributing to energy-saving. Some results on these components represented by design with two blades have already been reported in the preliminary stage of analysis [7].

EXPERIMENT

Designs considered

An analysis of the reported trends in the literature [1, 6-9] has put forward two design versions in view of two expected achievements:

- (1) Reducing the total contact area and the contact angle expecting reduction of the form drag and adverse pressure gradients at the blade rear.
- (2) Fitting a shield over the blade to form slotted channel for axial flow acceleration intended to reduce the static pressure leading to back-blade flow separation.

Thus, in parallel to the classical (45°) pitched blade impeller PBT, a general type of a trapezium-shaped blade TB, and a shielded version of TB, indicated as STB, were examined. Fig. 1 represents the schematics of the separate design.

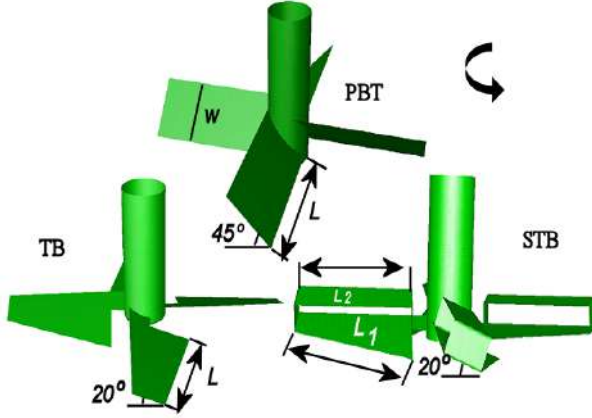


Fig. 1. Impeller schematics

The physical model setup included a stirred vessel with diameter $T = 0.4\text{m}$ with a single impeller sized $D = T/3$ located centrally. The stirred liquid bed height was $H = T$. The blade width w was 16, 14 and 10 mm of PBT, TB and STB, respectively. The blade angle α was 45° related to PBT and was reduced to 20° for TB and STB. Blade length L was 55mm related to PBT and 50mm for the TB and STB. Correspondingly, the projected area of PBT at $1.12 \times 10^{-3}\text{m}^2$ was reduced to $0.73 \times 10^{-3}\text{m}^2$.

Method employed

The following procedures were accomplished: (1) Numerical experiment based on the standard Reynolds-Averaged Navier-Stokes equations (RANS model) and Multiple Reference Frames technique (MRF) [10] to determine the velocity field, pressure contours and power numbers of the stirrers; (2) Laboratory experiment to test the validity of the predicted power numbers as well as to determine global macro-parameters (mixing time θ_m and gas-liquid mass transfer coefficient $k_L a$) for the three impellers.

Numerical simulation

The commercial software tool Fluent [11] was employed involving in particular computational based on a 800 000 cells mesh (mixed mode with grid refinement): the MRF technique was assumed to be appropriate for the objectives of the comparative approach proposed; the realizable k-

ϵ turbulence model at convergence level 10^{-4} was performed; The discrete interval has been body forced weighed for the pressure and second order upwind for the momentum, turbulent kinetic energy and dissipation of turbulence. The average number of iterations ending in convergence was 4000.

The pressure upon the blade surface was represented by the pressure coefficient C_p computed with reference to zero pressure at the blade surface using the equation:

$$C_p = \frac{\Delta p}{0,5\rho V^2} \quad (1)$$

The power number P_0 was determined by the torque M :

$$P_0 = \frac{2\pi N M}{\rho N^3 D^5} \quad (2)$$

The model employed has been tested for validity in numerous studies. However, in order to avoid inaccuracies originating from the specific mesh and mode of application, the macro-parameters, determined by the models, were compared with values derived from the laboratory. Thus, a good predictability of the experimental estimates has been ensured. For example, the numerical values obtained for the power number coincided with the values, published for four inclined-blade impellers in the literature [6].

Measurement techniques

Power. Apart from the modelling, the power requirements of various designs have been determined experimentally. A measurement system comprising a sensor for torque and telemetric control (Electroinvent®), was employed. The system was tested by comparing its output with other reference sets reported in [12].

Mixing time. It was determined by conduction metering unit using tracers [13]. The time θ_m was marked by tracer (HCl) injection till 95% equilibrium concentration was monitored. The probe was positioned at 1/3 away from bottom distance and close to the wall. The tracer was introduced under the liquid surface in the middle of the vessel radial dimension.

Mass transfer coefficient ($k_L a$). The mass transfer was studied by aeration in liquid using

the equipment shown in Fig. 2. The dynamic measurement technique with single dissolved oxygen probe has been used [14, 15]. Initially, the liquid was purged with gaseous CO₂ to achieve oxygen-free bed. Further, using control valves, air was pumped in a stepwise manner. The dynamic response of the liquid phase was evaluated by assuming complete mixing for both phases, i.e. based on the MM (mixed-mixed two-phase flow) model [16]:

$$D_R = \frac{R_t - R_0}{R_s - R_0} \quad (3)$$

Where R is the probe response at saturation (R_s), at $t = 0$ (R_0) and at time t (R_t). Thus, the k_{LA} value was determined based on the slope of the linear function $\ln(1-D_R)$ versus t . The probe (*Ingold*®) dynamic response and constants has been considered [14].

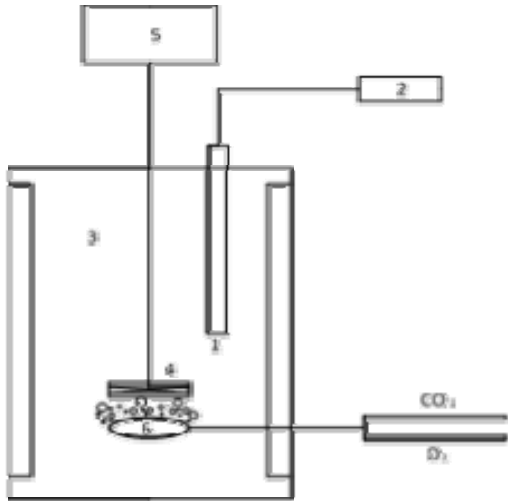


Fig. 2. Experimental set-up: oxygen probe (1), O₂ meter (2), mixing reactor (3), impeller (4), mixing controller (5), gas inlets (6).

RESULTS AND DISCUSSIONS

Being an important estimate for present-day energy-saving trends, the impeller power requirements were analyzed first. At this stage, the validity of the simulation technique was also tested. The results are shown in Fig. 3. In the range of Reynolds number exceeding 8×10^4 , power number P_0 is expectedly constant both as predicted (solid lines) and as determined in the lab (the symbols). Compared to PBT ($P_0 = 1.4$),

P_0 of TB and STB is significantly lower, e.g. 0.2 and 0.3 respectively. Consequently, the result classifies both modifications as low shear designs.

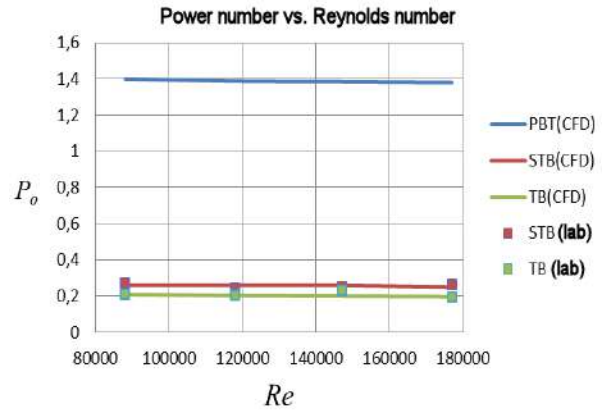


Fig. 3. Impeller power numbers vs. Reynolds number: measurements and simulated (CFD) values.

Taking into account the good coincidence of the P_0 values predicted by CFD method and those measured, one could realize the validity of the turbulence model and computational grid generation technique employed.

Secondly, the impeller flow patterns were analyzed. The velocity contours relevant to the vertical plan are illustrated in Fig. 4.

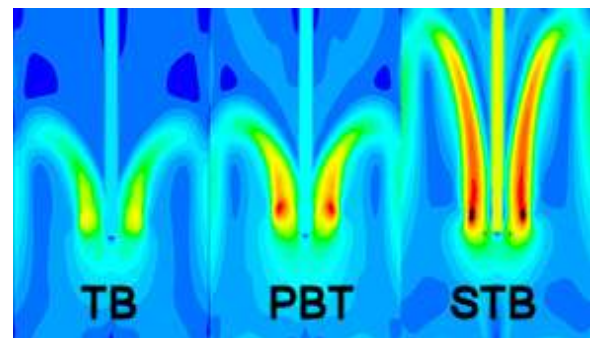


Fig. 4. Velocity contour showing accelerated flow by STB

Assuming PBT to represent the basic design, the two inclined-blade modifications TB (left) and STB (right), respectively, showed flow field improvements. Referring to the 45° inclined blades, the flow patterns caused by TB are radial and axial, while STB generates a strong axial flow only. One could conclude that the leading-edge wing at STB imposes additional flow circu-

lation that shift the flow to enhanced axial circulation patterns. Presumably, this is due to the channel, formed between the wing slat and the flat blade-base. Over the main flat blade, the fluid flow obtains a high momentum as a result of the liquid acceleration through the rectangular tunnel formed between the slat and the blade. This also decreases the tendency of the flow to separate, so that higher liquid discharge coefficients were possible.

The later possibility was examined by generation of pressure drop contours along the impeller blade surface, as illustrated in Fig. 5. The contour plots of the pressure fields in the blade vicinity on the blade suction side are represented by the distribution of the pressure coefficient.

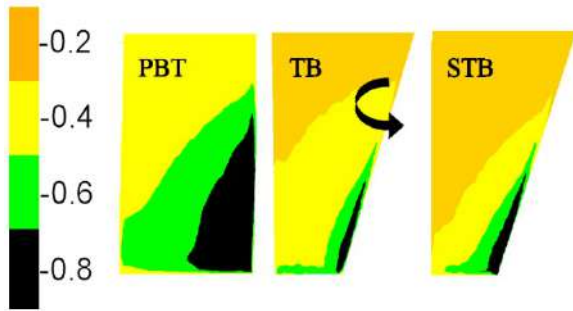


Fig. 5. Typical pressure distribution indicated as pressure coefficients over the blades' suction side ($N = 5s^{-1}$)

As it seen from the figure, the conventional inclined blade PBT shows a wide middle area at $C_p \sim -0.6$, the same area for TB and STB exhibiting $C_p \sim -0.4$, i.e. lower pressure drop across the blade rear. Similar decreases with regard to the area of higher C_p or increases of lower C_p could be identified in the outer parts of design modifications TB and STB compared to the basic impeller PBT. Consequently, a more uniform distribution of the local fluid velocity could be assigned to these impeller designs. Thus, the pressure losses would be decreased.

It is known that the blending processes are the result of distribution of turbulent kinetic energy. It occurs due to convection and turbulent dissipation. A recent study by Patwardhan *et al.* [18] showed that impeller efficiency increases when increasing the convection component. Fig. 4 confirms a larger mean axial flow component for STB and TB compared to the standard PBT conditions.

On the other hand, Fig. 3 confirms a lower pressure drag by the low power number which is evidenced also by the pressure distribution (Fig. 5). Thus, a higher efficiency for TB and STB designs could be expected.

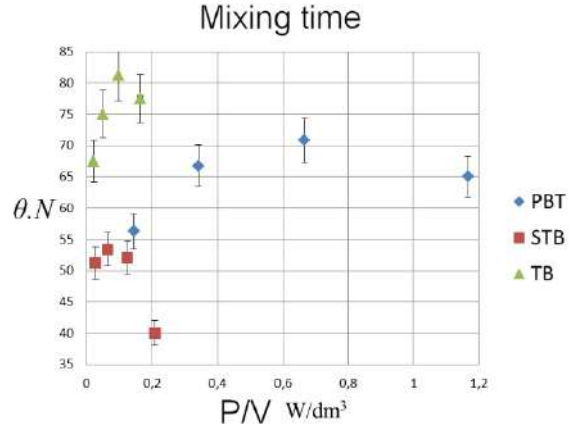


Fig. 6. Relationships of mixing time vs. impeller specific input power.

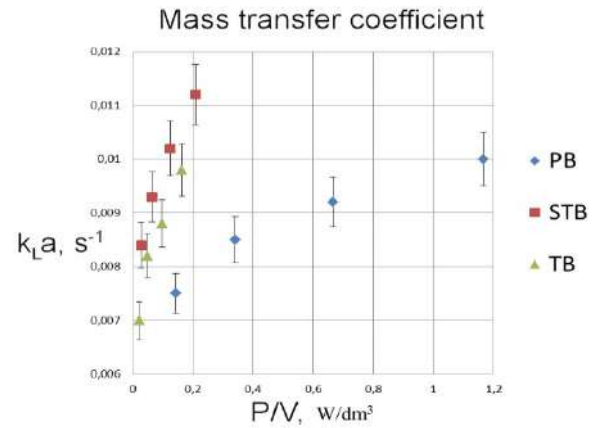


Fig. 7. Relationships of $k_L a$ vs. impeller specific input power.

In order to check the performance efficiency of the designs under consideration, the global parameters mixing time θ_m and gas-liquid mass transfer coefficient $k_L a$ were determined and compared versus impeller specific input power P/V (in kilowatts per cubic meter liquid). Fig. 6 and 7 represent the results.

Being comparable merely in the input power range of 100-300 kW/m³ because of the very low power number of the impellers of modified designs, yet comparison is possible and one can see lower values for θ_m in case STB and higher values for $k_L a$ in the cases of designs Tb and STB which conforms to the indicated turbulent flow regime. The one of larger convection (mean

flow) components is accompanied by lower shear and pressure drag components of turbulent energy dissipation. As it seen in Figs. 6 and 7, these conditions for TB flows could be accepted partially.

CONCLUSIONS

Flow field differences in stirred tank reactors, imposed by small changes of inclined-blade impellers designs with variable blade width and blade angle as well as with blade wing slats have been revealed. The flow filed, the power drawn, as well as the axial up-flow and pressure contours of two modified inclined-blade impellers are identified and compared. Evidence for enhanced performance of the shielded wing blades in four-blade impellers is found: As it was tested by four-blade versions at similar input power, the shielded blade impeller show up to 60% higher axial flow potential and higher blending and gas-liquid mass transfer capacity, compared to the conventional inclined-blade design. The improved performance of such a device is explained by generation of high-kinetic energy convective accelerated flow in the channel space formed between the blade and the wing.

SYMBOLS

C_p	pressure coefficient, Eqn. (1);
D	impeller diameter, m;
H	liquid height, m;
$k_{L,a}$	gas-liquid mass transfer coefficient, 1/s;
L	blade length, m;
N	impeller speed, 1/s, rpm;
P	input power, W;
P_0	power number, Eqn. (2);
R	probe response;
T	tank diameter, m;
V	liquid volume, m ³ ;
W	blade width, m.

Greek symbols

α	angle of attack, deg;
v	velocity, m/s;
\tilde{v}	tip velocity, πND , m/s;
μ	dynamic viscosity, Pa.s;
ρ	density, kg.m ³ .

REFERENCES

1. Kumaresan T, J.B. Joshi, *Chem. Eng. J.*, **115**, (2006), p.173.
2. Fishwick, R.P., J.M. Winterbottom, D.J. Parker, X. Fan, E. Hugh Stitt, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**, (2005), p. 6371
3. Fujasova, M., V. Linek, T. Moucha, E. Prokopova, *Sep. Purif. Technol.*, **39**, (2004), p. 123
4. Aubin, J., N. Sauze, J. Bertrand, D. Flecher, C. Xuereb, *Exp. Thermal Fluid Sci.*, **28**, (2004), p. 447
5. Kresta, S., *et al*, *Advances in Industrial Mixing, Wiley, New Jersey, 2015*
6. Abbaszadeh, A., B. Ghobadian, G. Najafi, A. Motevali, *Adv. Enviro. Biol.*, **8** (1), (2014), p. 325
7. Georgiev, D., S. Vlaev, *Biotechnol. & Biotechnol. eq.*, **26** (4), (2012), p. 3182
8. Srivastava, S., A. Roy, K. Kumar, *Procedia Eng.*, **97**, (2014), p. 2022
9. Liu, H., M. Xie, K. Li, D. Wang, *Intern. J. Heat and Fluid Flow*, **32**, (2011), p. 1058
10. Norouzi, H., R. Zarghami, R. Sotudeh-Gharebagh, N. Mostoufi, *Coupled CFD-DEM Modelling, Wiley, New Jersey, 2016*
11. ANSYS Fluent Inc., *Fluent Documentation, New Hampshire, 2016*.
12. Csiszar, P., Post Mixing Optimizations, www.postmixing.com, 2016
13. Pinelli, D., W. Bujalski, A. Nienov, F. Maggelli, *Chem. Eng. Technol.*, **24**, (2001), p. 919
14. Vlaev, S., M. Valeva, *J. Biotechnol.*, **11**, (1989), p. 83
15. Martinov, M., S. Vlaev, *Chem. Biochem. Eng. Q.*, **16**, (2002), p.1
16. Nokentini, M., *Trans. Inst. Chem. Eng.*, **68A**, (1990), p. 287
17. Fořt, I., P. Seichter, L. Peřl, F. Rieger, T. Jirout, *Chem. Process Eng.*, **34** (4), (2013), p. 427
18. Patwardhan, A., A. Pandit, J. Joshi, *Chem. Eng. Sci.*, **58**, (2003), p. 2951

This study has been supported by contract № HMX – 360/2016

**ИЗПОЛЗВАНЕ НА СТРУКТУРНО-БЛОКОВ МОДЕЛ ЗА РАЗКРИВАНЕ НА
МЕЖДУПРЕДМЕТНИТЕ ВРЪЗКИ ПРИ ОБУЧЕНИЕТО В
ТЕХНИЧЕСКИТЕ СПЕЦИАЛНОСТИ**

Магдалена Дюлгерова

**STRUCTURAL BLOCK MODEL AS IDENTIFICATION OF
INTERDISCIPLINARY TECHNICAL EDUCATION**

Magdalena Dyulgerova
E-mail: mdyulgerova@abv.bg

ABSTRACT

The structural block model is proposed as an indicator of the interdisciplinary connections between disciplines studied by technical subject. The model is built using two guiding principles in education: those of its scientific and its systematic character. The model makes it possible to establish logical relationships in the study of the different of the syllabus.

Key words: technical education, interdisciplinary education, engineering education

ВЪВЕДЕНИЕ

Бурното развитие на технологиите и техниката в съвременния свят поставят високи изисквания към обучението в техническите специалности. Независимо от широкия кръг на съществуващите групи технологии и техника, която служи за тяхното реализиране, обучението се гради на общоприети основни принципи.

Общодидактическите принципи са в основата на изучаването на всички дисциплини и регулират организационните основи на учебния процес.

От литературата е известно, че в обучението в областта на различни науки се прилагат принципите, формулирани от основателя на научната дидактика Ян Коменски. Те са обект на многобройни изследвания, които могат да бъдат обобщени в насока за установяване на приложимостта им в обучението в техническите специалности [1 - 7].

При изграждане на образователната политика в техническите специалности се прилагат всички принципи на научната дидактика, но при разкриването на междупредметните връзки много ясно могат да се открият два принципа в обучението – принципът за научност и принципът за систематичност.

Принципът, който трябва да е основополагащ при обучението в техническите науки, е

принципът за научност. Според него в образователните програми се залагат достиженията към момента в съответната област на научното познание. На обучаемите се преподават достоверни, научно обосновани факти от поведението на реални обекти, процеси и явления. Цел на обучението е разбирането на същността на научно обосновани закони, създаването на научни открития, запознаването с възможностите за доказване на научните хипотези, приложението на науката в съвременния свят на технологиите и техниката.

Принципът на научност в обучението е насочен към формиране на познавателни интереси в обучаващите се, към разкриване на съвременните методи на изследване на околния свят, към изграждане на систематичен подход за анализ и синтез на процесите и обектите.

Принципът на систематичност и последователност се базира на факта, че познанието за околната действителност е възможно само в определена система. Във всяка специалност се формира система от знания, обединени от вътрешни връзки. Принципът предполага последователно, с отчитане на логиката на конкретната наука и нивото на обучаемите, разкриване на съдържанието на знанията в учебните планове и програми, в учебниците, учебните пособия и др. Дидактическата същност на този принцип води до спазване на

порядъка на систематичността и на порядъка в околния свят, които са обусловени от самата природа. Всяко ниво на знанията трябва да е формулирано така, че да се яви като фундамент на ефективността за усвояването на следващите нива от знанието.

Принципът на систематичност и последователност намира изражение при изграждането на междупредметните връзки.

Под термина „междупредметни връзки“ се разбира система от отношения между знанията, уменията и навиците, формирани в резултат на последователно отражение в средствата, методите и съдържанието на изучаваните дисциплини на базата на обективни връзки, които съществуват в реалния свят. В широк смисъл терминът „междупредметни връзки“ е педагогическият еквивалент на диалектическите връзки, реализирани в учебния процес [2, 4].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Установяването на междупредметните връзки може да бъде разгледано в много аспекти. В литературата е показано, че те могат да се обобщят в три основни измерения:

- философски аспект, с който се осъществява принципът на систематичност и последователност и се отразява диалектиката на околната действителност;

- педагогически аспект, обхващащ възпитанието като съзнателно и целенасочено осъществяване на процес;

- психологически аспект, даващ комплекс от механизмите за оптимизиране на психическите процеси на паметта и мисленето.

Дидактическото измерение на „междупредметните връзки“ опростено може да се представи като система от три елемента: а) знания от един учебен предмет; б) знания от друг учебен предмет; в) връзка между тези знания.

Изграждането на връзката между знанията очевидно на първо място трябва да започне със спазването на философския аспект – систематичност и последователност, за което системата от три елемента трябва да се разгледа в контекста на елемент от структурата, състояща се от всички предмети, изучавани в съответната специалност, и връзките между тях.

При разглеждане учебните планове на висши училища в България, обучаващи в област „Технически науки“ [8], е установено, че

в тях за ОКС „бакалавър“ броят на изучаваните дисциплини варира от порядъка на 42 до 50.

Броят на връзките между тези дисциплини, дори и ако се използва опростеното дидактическо измерение, е значителен. Ето защо за разкриване на междупредметните връзки е формулиран подход, който е основан на принципа на систематичност и последователност, като се отчитат и целите на обучението.

Образователната програма в техническите специалности е подчинена на основната цел:

- формиране на общокултурни компетенции (компетенции за социално взаимодействие, самоорганизация и самоуправление);

- формиране на общопрофесионални компетенции;

- формиране на професионални компетенции.

Изграден е структурен модел на учебен план, който се състои от блокове учебни дисциплини, обединени по логиката на реализирането на основната цел:

- блок 1 - „Хуманитарни дисциплини“;

- блок 2 - „Математични и естественонаучни дисциплини“;

- блок 3 - „Общоинженерни дисциплини“;

- блок 4 - „Специализирани дисциплини“;

- блок 5 - „Специализирани вариативни дисциплини“.

В структурата е изграден отделен модул за дисциплината „Физическо възпитание и спорт“, която задължително се изучава във всички специалности по хорариум, разпределен в 6 или 7 семестъра.

Междупредметните връзки в този модул са актуални, но са специфични за друга област на науката.

Обучението завършва с държавен изпит, като се съставя въпросник, който основно обхваща теми от дисциплините, изучавани в блок 4 и блок 5.

На *фиг. 1* е показан изграденият структурно-блоков модел на учебен план.

От фигурата се вижда, че е налице логическа последователност на реализиране на блоковете в зависимост от съдържащите дисциплини – първо се изучават дисциплини от блок 2, после 3 и т.н. Задължителните модули са построени съгласно нормативната уредба.

Блок 1 включва дисциплини, които се изучават в началото на обучението, което дава възможност за използване на придобитите знания в следващите блокове.

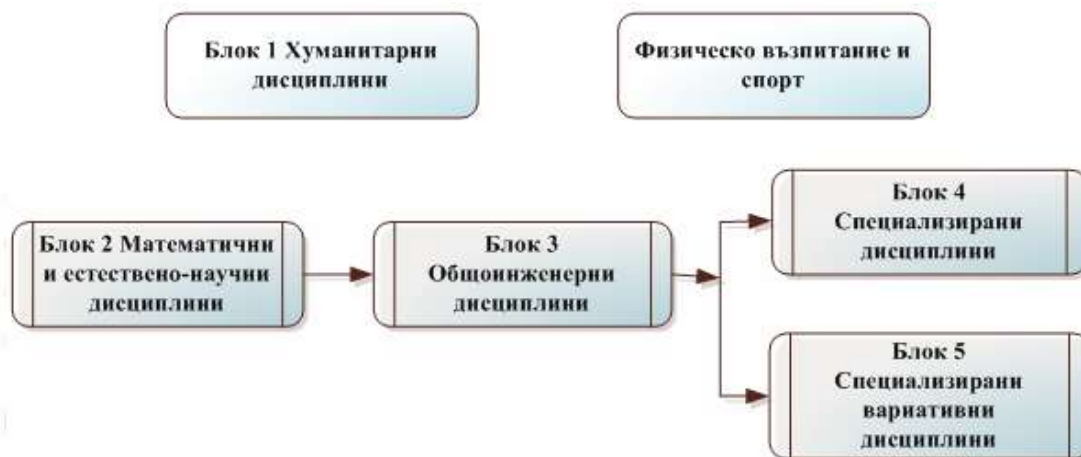
В блок 1 - „Хуманитарни дисциплини“, обикновено се изграждат знания и умения,

които могат да бъдат предпоставка за изучаването на останалите дисциплини – напр. „Чужд език“, или са предлагани за факултативно изучаване дисциплини, които могат да дадат възможност на обучаемия да получи познания, различни от тези, които традици-

онно са включени в област „Технически науки“.

Въпреки че на пръв поглед този блок не участва в съставените „междупредметни връзки“, при анализа на конкретни дисциплини може да се установи педагогическият аспект на връзките.

Фиг. 1. Структурно-блоков модел на учебен план



Всеки блок от учебни дисциплини може да се представи като група от две части: основна част, която се базира на добрите практики в обучението по специалности от съответното професионално направление; избираема част, която е продиктувана от образователната политика на Университета.

Вариативната част дава възможност за разширяване и/или задълбочаване на знания, умения, навици, определени от съдържанието на основните дисциплини (модули), като позволява на обучаващите се да получат компетенции за успешна професионална дейност и/или продължаване на образованието в магистратура.

Структурно-блоковият модел позволява ясно да се видят междупредметните връзки по времеви критерий [2]. Изучаването на материала се базира на три вида връзки, дефинирани съгласно своето развитие във времето – предварителни, съпътстващи и перспективни.

Практическата реализация на тези връзки способства за систематизацията на знанията, позволява да се използват опорни точки от по-рано изучавания материал и да се създадат основи за изучавани последващи дисциплини.

Това може да се проследи чрез съдържанието се в съответния блок дисциплини.

Блок 2 - „Математични и естественонаучни дисциплини“, включва „Математика“, „Информатика“, „Основи на инженерното проектиране“, „Физика“, „Материалознание“ и др., които се изучават през първата година. Те се базират на знания от средното образование, но полагат основи за разбирането на дисциплините в блок 3. Тези дисциплини се включват в учебните планове на всички познати технически специалности.

Едно от слабите места в съвременното образование е възможността за догматичност на преподаването - водещият представя материала, без да отразява междупредметните връзки. Студентът не получава информация за връзките между дисциплините - предварителни, съпътстващи и перспективни, нарушава се педагогическият аспект на познанието. Това може да бъде избегнато и разкриването на междупредметните връзки да се осъществи в дисциплината „Въведение в специалността“, която да е елемент от блок 2. Блок 3 - „Общоинженерни дисциплини“, включва дисциплини, които формират общо-инженерни компетенции – „Механика“, „Съпротивление на материалите“, „Машинни елементи“, „Приложен софтуер“, „Електротехника и електроника“ и др. Характерно за тези дисциплини, че се залагат в обучението по техническите специалности у нас и в чуждестранни универ-

ситети. Те се изучават обикновено във втори курс и разширяват знанията, формирани от курсовете в блок 2.

Ако се разгледа последователността на междупредметните връзки дори в опростен вид - линейна структура на дисциплини от блок 2 към блок 3, показана на *фиг. 2*, може да се види ясно, че овладяването на знанията от дисциплините „Информатика“, „Основи на инженерното проектиране“, „Материалознание“ е не само предпоставка за изучаването на материала в последващите науки, но разкрива възможности за използване на предимствата на новите информационни технологии в обучението [1].

Формирането на структура на учебния план в блокове разкрива възможностите за мобилност пред обучаемите. Заложеният принцип на систематичност на междупредметните връзки при изучаването на дисциплини в блок 2 и блок 3 е ясно дефиниран. Студентите са информирани и за други възможности - да продължат обучение в друго висше училище, да продължат в близка техническа специалност или да реализират част от обучението по програми на Европейския съюз (напр. Еразмус+).



Фиг. 2. Линейна структура на междупредметни връзки от блок 2 към блок 3.

Блок 4 - „Специализирани дисциплини“, включва дисциплини, характерни за професионалното направление и за конкретната специалност. Като пример могат да се разгледат специалности като „Транспортна техника и технологии“, „Техника и технологии в транспорта“. В техните учебни планове в блок 4 са включени дисциплини като „Двигатели с вътрешно горене“, „Транспортна техника“, „Експлоатационни характеристики на масла и горива“ и др. Тези дисциплини са в преки междупредметни връзки с дисциплините от блокове 2 и 3. Изучаването на специализираните дисциплини е свързано дидактически със знанията от „Чужд език“ от блок 1.

Вариативната част в учебния план включва дисциплини, които са обединени в блок 5 - „Специализирани вариативни дисциплини“.

Тези дисциплини отговарят на образователната политика на Университета за удовлетворяване на изискванията на потребители-

те на кадри. Например в специалността „Техника и технологии в транспорта“ е заложена задача за обучение на кадри, които да отговарят на икономическия профил на Югоизточния район, като са взети предвид особеностите на икономиката в района на гр. Бургас – основен възел в транспортната схема на страната и ЕС, силно развитата пристанищна дейност, използване на интегрирани и интелигентни транспортни системи, система от съоръжения за транспорт и съхранение на нефто-продукти.

Блок 5 - „Специализирани вариативни дисциплини“, дава възможност за разширяване и/или задълбочаване на знания, умения, навици и компетенции, определени от съдържанието на основните дисциплини (модули), като позволява на обучаващите се да получат условия за успешна професионална дейност и/или продължаване на образованието в магистратура

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Образователната политика в техническите специалности е насочена към изграждане на компетенции в областта на техниката и технологиите. При съставянето на учебните планове за обучение се прилагат всички принципи на научната дидактика, но при разкриването на междупредметните връзки водещи са два принципа в обучението – принципът за научност и принципът за систематичност.

За разкриване на междупредметните връзки е предложен структурно-блоков модел. Дисциплините са групирани в пет основни блока, за които са показани междупредметните връзки. Моделът дава възможност да се установят логическите зависимости при овладяването на дисциплините като развитие във времето – предварителни, съпътстващи и перспективни.

Структурно-блоковият модел показва възможностите за реализиране на мобилността на студентите от техническите специалности.

Моделът дава възможност за заменяне на дисциплини от учебния план с други, ако се налага от промяната на пазара на труда, като се запази систематичността на междупредметните връзки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюлгерова, М. Използване на cad-системи в инженерното образование като въз-

можност за интерактивно обучение. - *Годишник на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“*, Бургас, 2015, том XLIV (1).

2. Еремкин, А. Система межпредметных связей в высшей школе. Москва. Высшая школа. Изд-во Москв. гос. ун-та, 2011.

3. Ельцов, В., А. Скрипачев. Блочно-модульный учебный план как механизм оперативного реагирования сферы ВПО на изменения требований работодателя. - *Инженерное образование*, 2012, № 11.

4. Плугина, Н. Межпредметные связи в развитии у студентов вузов интегративных естественно-научных понятий. - *Вестник Мордовского университета*, 2009, № 11.

5. Conger, E. and B. Gilchrist. Experiential Learning Programs for the Future of Engineering Education. *IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments*. 2010. Dublin

6. Larson, E. T. Landers and M. Begg. Building Interdisciplinary Research Models: A Didactic Course to Prepare Interdisciplinary Scholars and Faculty. *www.ctsjournal.com*. volume 4. issue 1

7. Николова Й., Д. Русев, В. Ананиев. Някои аспекти на междупредметните връзки, осигуряващи знания и умения за разработване на конструкторска документация. - *Научно-технически семинар „Машиностроене и уредостроене“*, Пловдив, 2004, Сборник с доклади, с. 142-145.

8. btu.bg, tu-sofia.bg, tu-varna.bg, uni-ruse.bg, vtu.bg

REFERENCES

1. Dyulgerova, M. Ispolzovane na cad-sistemi v ingenernoto ibrazovanie kato vyzmojnost za interactivni obuchenie.- *Godishnik na Universitet „Prof. Asen Zlatarov, Burgas, 2015, том XLIV*

2. Eremkin, A. Sistema megpredmenih svqzej v vishej shkole. Moskv,. Wishaq shkola. Izdatelstvo Moskovskogo universiteta, 2011.

3. Elcov, V. I A. Skripachev. Blochno-modulnij uèbnij plan kak mehanizm operativnogo reagirovaniq sferi VPO na izmeneniq trebovaniq rabotodatelq. - *Injenernoe obrazovanie*, 2012, N 11.

4. Plugina, N. Mevpredmetnie swqzi v razvitii u studentov vuzov intergrativnih estestveno-nauchnih ponqtij. - *Vestnik Mordovskogo universiteta*,2009, N11.

5. Conger, E. and B. Gilchrist. Experiential Learning Programs for the Future of Engineering Education. *IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments*. 2010. Dublin

6. Larson, E. T. Landers and M. Begg. Building Interdisciplinary Research Models: A Didactic Course to Prepare Interdisciplinary Scholars and Faculty. *www.ctsjournal.com*. volume 4. issue 1

7. Nikolova, Y., Rusev, D. and V. Ananiev. Nqkoi aspekti na mejdupredmetnite vryzki osigurqvashti znaniq i umeniq. - *Seminar „Mashinostroene i uredostroene“*, Plovdiv, 2004.

8. btu.bg, tu-sofia.bg, tu-varna.bg, uni-ruse.bg, vtu.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАПРЕЖЕНИЯТА В РАДИАЛНО-АКСИАЛНИЯ ЛАГЕРЕН ВЪЗЕЛ НА ТУРБИНА, РАБОТЕЩА С ФРЕОН

Полина Милушева

RESEARCH AND OPTIMIZATION OF TENSIONS IN THE RADIAL AND AXIAL BEARING UNIT OF FREON TURBINES

Polina Milusheva

E-mail: pmilusheva@abv.bg

ABSTRACT

The paper presents a suggestion of how to design and construct a radial and axial bearing unit of a turbine generator working with Freon. It is typical for the bearings working in such conditions to operate at a high temperature gradient and variable dynamic loads and hence there are strict requirements for accuracy and distortion for the system-shaft bearings.

A simulation study of the system configuration of the shaft-radial/axial bearing unit has been conducted to provide numerical data. The results have been analyzed and a design of the bearing unit suitable for use in these conditions is proposed.

Key words: bearing knot, turbines

ВЪВЕДЕНИЕ

При разработване на парни турбини, работещи с фреон, е необходимо да се съблюдава висока херметичност на съоръженията. При работни налягания до 2,0 МПа и средни температури до 100 °С [1, 2], в конструкцията на турбината се използват изнесени валове и тя се свързва с електрическият генератор чрез съединител. Но при по-високи работни налягания съществуващите уплътнителни възли [3, 6, 9] не гарантират надеждна работа от гледна точка на херметичността. Това налага да се използват конструкции, при които турбината и електрическият генератор се монтират в общ корпус (фиг. 1). По този начин се осигурява висока херметичност на съоръжението, но възникват някои проблеми с конфигурацията на отделните възли.

Друга особеност на турбината, работеща с топлоносител на базата на фреоните, е, че по дължина на съоръжението се установява голям температурен градиент. Този температурен градиент се обуславя от спецификата на разширението на топлоносителя в турбината и от страната на турбинната част работните температури могат да достигнат до 180 – 200 °С, а зад генераторната част температу-

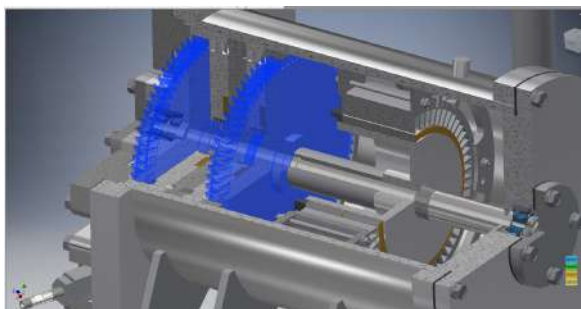
рата да пада до минусови температури, достигащи до -30 – -40 °С [3].

Задачата на настоящата разработка е да се изследва работата и да се оптимизира конструкцията на аксиалния лагерен възел на парна турбина, работеща на фреон с монтиран електрически генератор вътре в конструкцията на турбината.

ФОРМУЛИРАНЕ НА ПРОБЛЕМА

При стандартна конструкция на парна турбина и при зададени начални параметри на топлоносителя и условия на работа като: температура, налягане, обороти, дължина на вала, предавано натоварване и др., лагерните възли се конструират и оразмеряват по утвърдени и доказали се в практиката методики [4, 5, 8].

Тези методики не дават добри резултати при разработване на херметични турбини, работещи с фреон и с вграден в корпуса електрически генератор. Вследствие на усложняване на конструкцията на възела (фиг. 2) коренно се променят условията на работа в турбината – работи се при високи температурни градиенти и при променливи натоварвания.



Фиг. 1 Конструкция на турбината



Фиг. 2 Конструкция на аксиалния лагерен възел

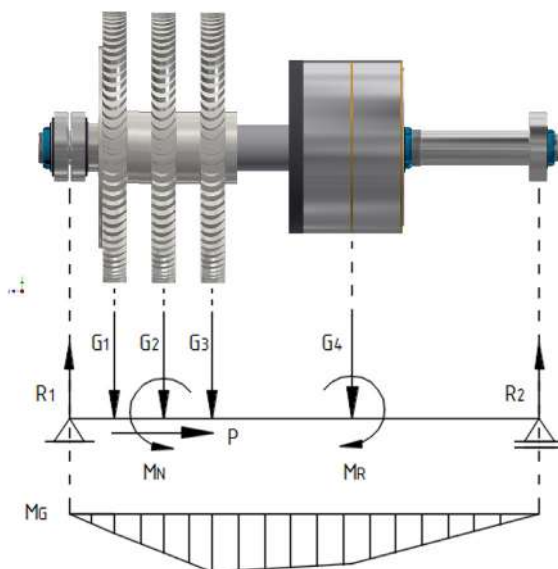
При стандартна турбина конструкцията на възела се определя основно от броя на турбинните секции и конструкцията на вала.

При парни турбини, за които турбинните секции и електрическият генератор се монтират в общ корпус обаче, дължината на вала значително нараства и неговата конструкция се усложнява [3] вследствие на това, че на него се монтира и електрическият генератор; това води до по-големи изисквания при конструиране на лагерните възли и утежнява условията им на работа. По-тежките условия на работа се получават от това, че от една страна, трябва да се съблюдава допускът на провисване на вала, който гарантира зададената радиална хлабина на турбинните секции, а от друга страна трябва да се следи за температурните разширения, които могат да се изменят в широки граници от 200 °C до -40 °C [3].

Провисването на вала трябва да бъде в строго зададени граници, не превишаващи стойностите на допусковите полета на радиална хлабина между работните турбинни колела и корпусните втулки. Тази хлабина га-

рантира надеждна работа на турбината; увеличаването ѝ води до увеличаване на пропускане на топлоносител и рязко намаляване на КПД-то на турбината. Монтирането на междинни носещи лагерни възли също не е удачно решение, тъй като възпрепятства монтажа на турбинните и генераторни секции и води до съществено усложняване на конструкцията на турбината. При този вариант трябва да се преминава на конструкцията, която да се отваря както от страната на турбинната част, така и от страната на генераторната част, а това ще усложни конструкцията на лагерния възел.

При оразмеряването на аксиалния лагерен възел основно влияние оказват опорните реакции и натоварването, предизвикано от огъващите и усукващи моменти. Това натоварване, при работа на турбината, е практически постоянно във времето. Диаграмата на натоварване и действащите сили и моменти, са представени на фиг. 3.



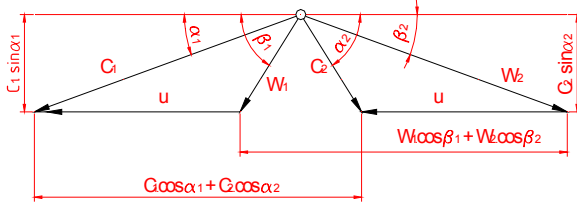
Фиг. 3 Диаграма на натоварването по дължина на вала

Силите G_1 , G_2 и G_3 представляват теглото на турбинните колела, G_4 – тегло на ротора на електрическият генератор, осевата сила P се генерира от реакцията на изтичащата струя пара от дюзите; тази струя на топлоносителя генерира и въртящия момент M_N , а моментът M_R е реакцията на магнитното поле на електрическият генератор. R_1 и R_2 са възникващите реакции в опорните лагери от действието на силите и моментите.

Силите, предизвикани от теглата G_1 , G_2 и G_3 , се определят като функция на конструк-

тивното оформяне на съответните детайли и материала, от който са изработени.

Силата P зависи от разхода и скоростта на движение на топлоносителя в турбинните секции и се определя от скоростния триъгълник (фиг. 4) за всяка секция [9, 10].



Фиг. 4 Скоростен триъгълник

$$P = G(w_1 \cdot \sin \beta_1 + w_2 \cdot \sin \beta_2) \quad (1),$$

където:

G – разход на топлоносителя, kg/s;

w_1, w_2 – относителни входяща и изходяща скорости в и от работната лопатка, m/s, определят се от уравненията:

$$w_1 = c_1 \cdot \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1}, \quad \text{m/s} \quad (2)$$

$$w_2 = \psi \cdot c_1, \quad \text{m/s} \quad (3),$$

където:

α_1 – наклон на струята пара от дюзата по отношение на работното колело $\alpha_1 = (10 - 25)^\circ$;

β_1 – входящ ъгъл на работната лопатка;

β_2 – изходящ ъгъл на работната лопатка;

c_1 – скорост на изтичане от дюзата;

ψ – скоростен коефициент на работната лопатка (от 0,6 до 0,95); определя се от графична зависимост; функция е на сумата ($\beta_1 + \beta_2$).

Ъгълът β_1 се определя от зависимостта:

$$\beta_1 = \arctg \left[c_1 \cdot \frac{\sin \alpha_1}{c_1 \cdot \sin \alpha_1 - u} \right] = \arctg \left[\frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1 - \frac{u}{c_1}} \right] \quad (4)$$

а α_2 от уравнението:

$$\text{tg} \alpha_2 = \frac{\sin \beta_2}{\cos \beta_2 - \frac{u}{w_2}} \quad (5).$$

Въртящите моменти могат да се определят от предаваната в турбината мощност. Максималната теоретична мощност, която може да

се отдаде в турбината при адиабатно разширение, е:

$$N_{\text{MAX}} = G(i_1 - i_2), \quad kW \quad (6),$$

съответно:

$$M_N = \frac{N_{\text{MAX}}}{\omega} = \frac{30 \cdot N_{\text{MAX}}}{\pi \cdot n}, \quad Nm \quad (7).$$

Използвайки горните зависимости за определяне на максималните стойности на действащите натоварвания и с помощта на компютърно моделиране и изследване на тримерни модели на вала, може да се симулира процесът на натоварване и да се направи анализ на действащите напрежения в конструкцията на лагерния възел.

Изчисляването и избора на лагерите е направено по динамично натоварване, определено по зависимостта [8]:

$$C = F \cdot \sqrt[3]{L}, \quad (8),$$

където:

F – еквивалентно натоварване, в N;

L – дълготрайност на лагера, мил. min^{-1} , определя се по зависимостта :

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}, \quad (9),$$

където:

n – обороти на турбината, в min^{-1} ;

L_h – номинална дълготрайност, в h.

Еквивалентното натоварване се определя по зависимостта:

$$F = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_b \cdot K_T, \quad (10),$$

където:

X, Y – коефициенти на радиално и аксиално натоварване;

F_r – радиално натоварване;

F_a – аксиално натоварване;

V – коефициент на въртене;

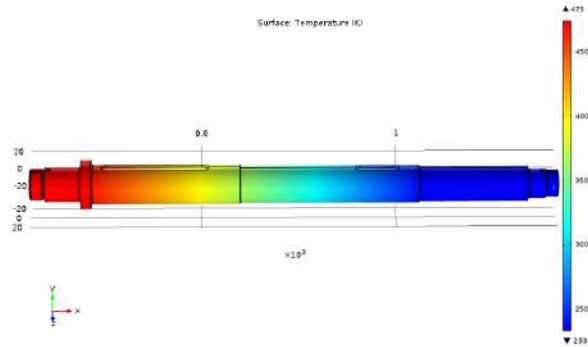
K_b – коефициент на сигурност, отчитащ характера на натоварване на лагерите;

K_T – коефициент, отчитащ влиянието на температурата.

Трябва да се вземе под внимание и фактът, че действителните центрове на тежестта на работните колела на турбината и ротора на генератора не могат да съвпадат абсолютно точно с геометричната ос на вала; те се лимитирани от допусковите ограничения при изработването на детайлите. Тази ексцентричност генерира центробежни сили, които съз-

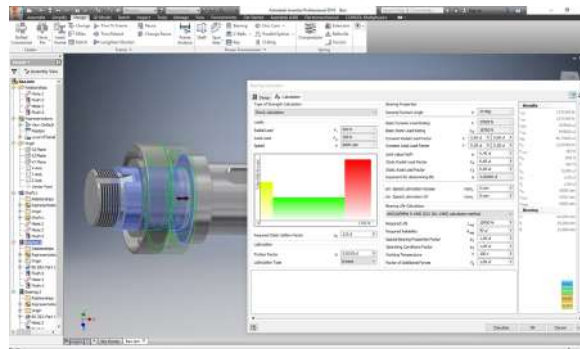
дават напречни трептения. Турбината работи с високи обороти; в зависимост от процеса на разширение на топлоносителя тези обороти могат да варират в границите от 6000 – 10000 min^{-1} .

Друг проблем, който трябва да се вземе под внимание при конструирането на лагерния възел, е, че в турбината се работи при много висок температурен градиент (фиг. 5) [3, 9]; от страната на турбинната част работните температури могат да достигнат до 180 – 200 °С, а зад генераторната част валът работи при минусови температури, които могат да достигнат до -30 – -40 °С. Този температурен градиент се обуславя от спецификата на разширението на топлоносителя в турбината. На вход парата е с висока начална температура и висока енталпия, която при разширение пада до зоната на минусовите температури. Тази голяма температурна разлика се обуславя от термодинамичните характеристики на използвания фреон и е един нов момент при разработването на лагерни възли за турбини, работещи с фреон. Високият температурен градиент оказва влияние не само върху температурното разширение на различните детайли, но и върху условията на работа на материала. Следователно, при якостното оразмеряване трябва да се отчетат различните температурни режими и да се подберат съответните коефициенти на сигурност.



Фиг. 5 Разпределение на температурата по дължина на вала

На базата на тези условия и предпоставки при работата на турбината е направено симулационно изследване и проектиране на лагерния възел с използване на компютърно моделиране. Резултатите от симулиране на натоварванията и оптимизирането на аксиалния лагерен възел на турбината са представени на фиг. 6.



Фиг. 6 Компютърно моделиране на аксиалния лагерен възел на турбината

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

С помощта на компютърно моделиране и изследване на тримерните модели на различни конструкции са получени резултати, с които е конструиран радиално-аксиален лагерен възел за турбина, представен на фиг. 2.



Фиг. 7 Турбина, работеща на фреон

Турбината (фиг. 7) е с вграден електрически генератор за 16 kW електрическа мощност и работи с фреон 507A при налягане на топлоносителя на вход от 1,5 MPa и дебит 0,122 kg/s [9].

Сравнението на резултатите, получени по числен път, и експерименталните данни, заснети в процеса на работа на турбината, дават добро съвпадение; това показва, че предлаганият подход за оразмеряване и конструктивно оформяне на радиално-аксиален лагерен възел може да се използва за разработване на нестандартно оборудване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митев, Д. и Д. Русев. Технологична термодинамика, Рота печат, Бургас, 2013, с. 305.
2. Митев, Д., Д. Русев, Е. Пискова и С. Тенчев. Използване на Ламбда технологията за преобразуване на ниско потенциална топлина в електроенергия - IV Национална конференция по ВЕИ, София, 2007, с. 26.
3. Русев, Д. и М. Дюлгерова. Изследване работата и оптимизиране конструкцията на вала за турбина, работеща на фреон. - *Топлотехника*, т. 11, Варна, (2016).
4. Генбач, А., А. Кибарин и Т. Ходанова. Паровые и газовые турбины. Теплоэнергетика, Алматы: АИЭС, 2008, с. 58.
5. Емин, О., В. Карасев и Ю. Ржавин. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД. Московский авиационный институт, Москва, 2004, с. 124.
6. Балабанович, В. и Н. Пантелей. Турбины теплоэлектростанций. Белорусский Национальный Технический Университет, Минск, 2005, с. 106.
7. Кадминский, В. Техническая термодинамика и теплопередача. Маршрут, Москва, 2005, с. 223.
8. Арнаудов, К. и др. Машинни елементи, Техника, София, 1980, с. 542.
9. Русев, Д. и С. Тенчев. Изследване хидродинамиката на работни и направляващи лопатки за турбини, работещи с малки дебити на топлоносителя. - *Годишник на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас*, т. XLIV (I), (2015).
10. Русев, Д. и М. Дюлгерова. Конструктивно оразмеряване на лопатки за турбини, работещи с разширение при отрицателна ентропия. „Механика на машините“, Варна, 2015.
11. <http://www.autodesk.com/products>

REFERENCES

1. Mitev, D. i D. Rusev. Tekhnologichna termodinamika, Rota pechat, Burgas, 2013, s. 305.
2. Mitev, D., D. Rusev, E. Piskova i S. Tenchev. Izpolzване na Lambda tekhnologiyata za preobrazuvane na nisko potentsialna toplina v elektroenergiya. - IV Natsionalna konferentsiya po VEI, Sofia, 2007, s. 26.
3. Rusev, D. i M. Dyulgerova. Izsledvane rabotata i optimizirane konstruksiyata na vala za turbina, raboteshta na freon. - *Toplotekhnika*, t. 11, Varna, 2016.
4. Genbach, A., A. Kibarin i T. Khodanova. Parovye i gazovye turbiny. Teploenergetika, Almaty: AIÉS, 2008, s. 58.
5. Emin, O., V. Karasev i YU. Rzhavin. Vybora parametrov i gazodinamicheskii raschet osevykh kompressorov i turbin aviatsionnykh GTD. Moskovskii aviatsionnyi institut, Moskva, 2004, s. 124.
6. Balabanovich, V. i N. Pantelei. Turbiny teploélektrostantsii. Beloruskii Natsionalnyi Tekhnicheskii Universitet, Minsk, 2005, s. 106.
7. Kadminskii V. Tekhnicheskaya termodinamika i teploperedacha. Marshrut, Moskva, 2005, s. 223.
8. Arnaudov, K. i dr. Mashinni elementi. Tekhnika, Sofiya, 1980, s. 542.
9. Rusev, D. i S. Tenchev. Izsledvane khidrodinamikata na rabotni i napravlyavashti lopatki za turbini, raboteshti s malki debiti na toplonositelya. - *Godishnik na Universitet „Prof. d-r Asen Zlatarov“ - Burgas*, t. XLIV (I), 2015.
10. Rusev, D. i M. Dyulgerova. Konstruktivno orazmeryavane na lopatki za turbini, raboteshti s razshirenje pri otritsatelna entropiya. „Mekhanika na mashinite“, Varna, 2015.
11. <http://www.autodesk.com/products>

ЧАСТ ПЪРВА

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СПЕЦИФИЧНАТА МЕЖДУФАЗОВА
ПОВЪРХНОСТ ПРИ РЕКТИФИКАЦИЯ В ЛАБОРАТОРНА КОЛОНА, ОБОРУДВАНА С
ТРИ СИТЕСТИ ТАРЕЛКИ**

Живко Иванов, Добрин Георгиев

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE SPECIFIC INTERFACIAL AREA BY REC-
TIFICATION IN LABORATORY COLUMN EQUIPPED WITH THREE SIEVE TRAYS**

Zhivko Ivanov, Dobrin Georgiev
E-mail: zh_ivanov@btu.bg

ABSTRACT

In the present paper an experimental model is developed to calculate the specific interfacial area for binary distillation. A distillation column with 0.1 m diameter was used to measure sieve tray efficiencies. The local efficiency of sieve tray was measured with binary mixture Methanol – Water. This test system is common in the chemical and petroleum industries. The experimental determination was conducted within the vapor velocity range of 0.12 – 0.36 m/s, under atmospheric pressure and total reflux.

Key words: sieve tray, specific interfacial area, distillation

ВЪВЕДЕНИЕ

В световен мащаб един от основните процеси в химическата и нефтохимическата промишленост за разделяне на органични смеси, с цел получаване на отделни компоненти с висока чистота, си остава процесът ректификация. Процесът ректификация се провежда основно в тарелкови колони и по-рядко в колони с пълнеж. Масообменът между парната и течна фази се осъществява върху разположените на определено разстояние един над друг контактни елементи (тарелки). Тяхната роля е да осигурят образуването на развита междуфазова повърхност между контактуващите парна и течна фази. Междуфазовата повърхност се създава при барботирането на парите през течността и има подвижен динамичен характер, като се променя по форма и размери в течение на процеса. Тъй като един от основните проблеми при тарелковите ректификационни апарати са кинетичните изследвания върху масообмена които се усложняват поради затрудненията при определянето на междуфазовата повърхност, настоящата работа има приносен характер.

През последните години се работи много усилено в тази област, като предложените

решения за определяне на междуфазовата повърхност са изведени основно върху студени модели газ-течност [1-7].

ЕКСПЕРИМЕНТ

Процесът на масопренасяне в системите пари-течност е едно сложно поле в химично-то инженерство както на промишлено така и на лабораторно ниво. В първия случай този процес се извършва чрез специална апаратура, при която е много трудно да се предскаже поведението само с теоретични модели [8-10]. Поради това е необходимо да се направи оценка за коефициентите на масопренасяне и междуфазовата повърхност на лабораторно ниво. Тъй като междуфазовата повърхност при тарелковите колони, която всъщност представлява реалната геометрична повърхност на паро-течностния слой и е една динамична система, тя е трудно определяема величина. За това често се работи със специфичната междуфазова повърхност, т.е. междуфазовата повърхност в единица работен обем на паро-течностния слой.

Целта на настоящата работа бе с помощта на експериментални данни да се определят стойностите на специфичната междуфазова

повърхност за моделната смес Метанол-Вода. За тази цел са използвани данни, получени от експериментална апаратура, снабдена със стъклена лабораторна колона с диаметър 0,1 m, оборудвана с три броя ситести тарелки. Всяка тарелка има 52 отвора с диаметър 0,003 m. Всички експериментални данни са получени при скорост на парите в колоната от $0,12 \div 0,36$ m/s, при атмосферно налягане и пълна флегма [11].

Предложеният модел за определяне на стойностите на специфичната междуфазова повърхност се състои в определяне на отношението на обемния коефициент на масопренасяне, получен от експериментални данни, отнесен към коефициента на масопренасяне, изчислен с помощта на теорията на Хигби, а именно [12]:

$$a = \frac{(K_{OG}a)^{\text{exp}}}{(K_{OG})^{\text{Higbie}}} \quad (1).$$

От експерименталните данни беше определена стойността на обемния коефициент на масопренасяне по следната формула [13]:

$$(K_{OG}a)^{\text{exp}} = \frac{u_G \rho_G N_{OG}}{h_f M} \quad (2),$$

където връзката на броя преносни единици с локалния коефициент на полезно действие се дава със зависимостта [14]:

$$N_{OG} = -\ln(1 - E_{OG}) \quad (3).$$

Тъй като експериментите са проведени в условията на пълно смесване на течността върху тарелката и при пълно изместване на парната фаза по височина на двуфазния слой, локалният коефициент на полезно действие може да се изчисли от формулата [15]:

$$E_{OG} = \frac{(y_n - y_{n-1})}{(y^* - y_{n-1})} \quad (4).$$

Съгласно пенетрационния модел на Хигби, при масопренасянето в граничния слой, освен молекулярната дифузия, съществено влияние оказва и обновлението на повърхността за сметка на турбулентните пулсации, които непрекъснато пренасят свежи порции флуид от ядрото до междуфазията и обратно. Всички вихри имат еднакво време на контакт. Коефициентът на масопренасяне може да се определи по формулата [9, 16]:

$$\frac{1}{K_{OG}} = \frac{1}{\beta_G} + \frac{m}{\beta_L} \quad (5),$$

където частните коефициенти на масопренасяне в парната и течната фази при еднакви

времена на контакт могат да се определят от уравнения (6) и (7):

$$\beta_G = \sqrt{\frac{4D_G}{\pi\theta_G}} \quad (6)$$

$$\beta_L = \sqrt{\frac{4D_L}{\pi\theta_L}} \quad (7).$$

За ситести тарелки Чен и Чуанг предлагат следната зависимост за определяне на времето на контакт за парна и течна фази [17]:

$$\theta_G = \frac{h_L}{u_G} \quad (8)$$

$$\theta_L = \theta_G \frac{\rho_G}{\rho_L} \quad (9).$$

Височината на светлата течност е важен параметър, тъй като пряко влияе върху времето на контакт и може да се изчисли от предложената в литературата зависимост [12]:

$$h_L = 0,6 h_w^{0,5} p^{0,25} \left[\left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5} / b \right]^{0,25} \quad (10).$$

С помощта на уравнение 11 и 12 се получават стойностите на коефициента на молекулярна дифузия, необходим за определянето на частните коефициенти на масопренасяне, съответно за парна и течна фази [18]:

$$D_G = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} T^{2/3}}{p(\nu_A^{1/3} + \nu_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (11)$$

$$D_L = \frac{KM_B^{1/2} T}{\mu_B (\nu_A \nu_B)^{1/3}} \quad (12).$$

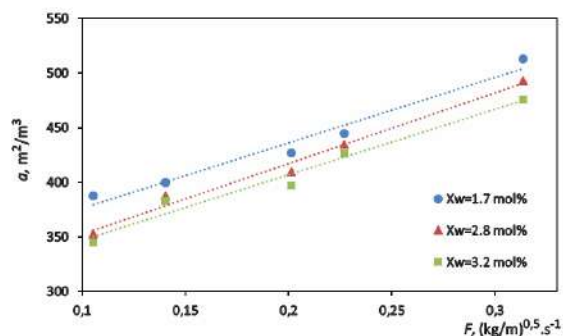
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При условията на пълно смесване на течността върху тарелката в съответствие с уравнение (1), получените данни бяха обработени като зависимост на специфичната междуфазова повърхност от F -фактора на натоварване по парна фаза, както и от визуалните наблюдения върху височината на паротечностния слой.

На фигура 1 е показана зависимостта на специфичната междуфазова повърхност като функция от фактора на натоварване по парна фаза за моделната смес Метанол – Вода.

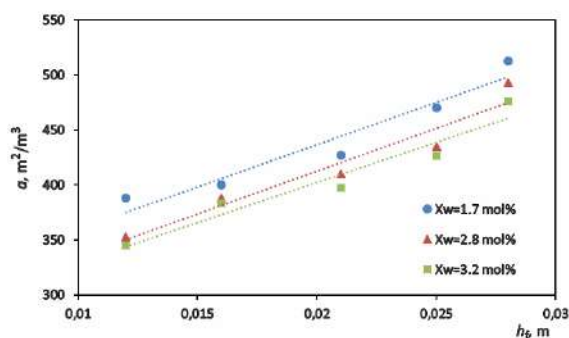
От фигурата е видно, че с нарастване на скоростта на парите в колоната, респ. F -фактора на натоварване по парна фаза от $0,1 \div 0,31$ (kg/m)^{0,5}s⁻¹, специфичната междуфазова повърхност повишава своите стойнос-

ти, като се изменя в интервала от 350÷500 m^2/m^3 .



Фиг. 1. Специфичната междуфазова повърхност като функция от F -фактора на натоварване по парна фаза.

Влиянието на височината на паротечностния слой върху специфичната междуфазова повърхност е представено на фигура 2.



Фиг. 2. Специфичната междуфазова повърхност като функция от височината на паротечностния слой.

Увеличаването на височината на паротечностния слой води до нарастване на стойностите на специфичната междуфазова повърхност за целия изследван концентрационен интервал. При стойности на височината на паротечностния слой от порядъка на 0,028 m, специфичната междуфазова повърхност има най-високи стойности от порядъка на 500 m^2/m^3 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За моделната смес Метанол-Вода в условията на пълно смесване на течността върху тарелката и при пълно изместване на парната фаза по височина на двуфазния слой и предложената по-горе методика за определяне на специфичната междуфазова повърхност, могат да се направят следните изводи:

1. Експериментално са определени за парната фаза скоростта на парите в колоната, F -факторът на натоварване, брой преносни единици и обемният коефициент на масопреенасяне.

2. За целия изследван концентрационен интервал специфичната междуфазова повърхност нараства с нарастване на F -фактора на натоварване по парна фаза, респ. скоростта на парите в колоната.

3. За целия изследван концентрационен интервал специфичната междуфазова повърхност нараства с нарастване на височината на паротечностния слой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nedelchev, S. and U. Jordan, A new correction factor for theoretical prediction of mass transfer coefficients in bubble columns, *J. Chem. Eng. Japan*, **39**, (2006), p. 1237-1242.

2. Tassev, Zh., P. Petrov and Zh. Stefanov, Zum einfluss der flussigkeitseigenschaften auf die phasengrenzflache bei zweiphasenschichten an kolonnenboden, *Chem. Ing. Tech.*, **61**, (1989), p. 412-414.

3. Стефанов, Ж., Ж. Тасев, Междуфазова повърхност на правотокова клапанна тарелка с отбойници - *Год. на ВХТИ-Бургас*, **XVI**, с. 165-171.

Stefanov, Zh., Zh. Tasev. Mezhdofazova povarhnost na pravotokova klapanna tarelka s otboynici. - *God. na VHTI-Burgas*, **XVI**, (1981), s. 165-171.

4. Wang, J. and Y. Leng, H. Shao, W. li, Ch. Huang Prediction of gas-liquid interfacial area in valve trays, *AIChE. J.*, **00**, (2015), p. 1-11.

5. Bandyopadhyay, A. and M. N. Biswas, Determination of interfacial area in a tapered bubble column, *J. Chem. Techn. Biotechn.*, **86**, (2011), p. 1211-1225.

6. Aferka, S. and P. Marchot, M. Crine, D. Toye, Interfacial area measurement in a catalytic distillation packing using high energy X-ray CT, *Chem. Eng. Sci.*, **65**, (2010), p. 511-516.

7. Haidla, J., and F.J. Rejla, L. Valenza, M. Kordača, T. Mouchaa, L. Labíka, M. Schultesb, Absorption in wetted-wall column with phase properties close to distillation conditions, *Chem. Eng. Sci.*, **144**, (2016), p. 126-134.

8. Danckwerts, P. V. Significance of liquid-film coefficients in gas absorption, *Ind. Eng. Chem.*, **43**, (1951), p. 1460-1469.

9. Higbie, R., The rate of absorption of a pure gas into a still liquid during short periods of

exposure, *Trans. A. I. Ch. E.*, **31**, (1935), p. 365-389.

10. Whitman, W. G. The two-film theory of gas absorption, *Chem. Metall. Eng.*, **29**, (1923), p. 147-153.

11. Radev, D. and Chr. Genchev, Zh. Stefanov, Investigation of hydrodynamic and mass transfer of sieve tray by distillation, *Science & Technologies*, **I**, (2011), p. 24-28.

12. Radev, D. and Zh. Stefanov, Zh. Ivanov, A new method to predict interfacial mass transfer area in distillation column with sieve tray, *Science & Technologies*, **III**, (2013), p. 31-35.

13. Stefanov, Zh. and Zh. Ivanov, Correlation between mass transfer coefficient and surface tension in sieve tray distillation laboratory column, *Asian Chemistry letters*, **14**, (2010), p. 83-88.

14. Колева, Д., М. Караиванова, Ж. Стефанов, Х. Генчев, Моделиране на ефективността при ректификация на лабораторна колона. - *Science & Technologies*, **III**, (2013), p. 115-119.

Koleva, D., M. Karaivanova, Zh. Stefanov, H. Genchev. Modelirane na efektivnostta na rektifikaciya na laboratorna kolona. - *Science & Technologies*, **III**, (2013), s. 115-119.

15. Karaivanova, M. and A. Georgieva, D. Koleva, Effect of physicochemical properties of the separated mixtures on the local efficiency by rectification. - *Science & Technologies*, **II**, (2012), p. 26-30.

16. Караиванова, М., А. Георгиева, Ж. Стефанов. Фазови съпротивления при ректификация - *Научни трудове на Русенския университет*, **51**, 2012, с. 186-191.

Karaivanova M., A. Georgieva, Zh. Stefanov. Fazovi saprotivliniya pri rektifikaciya. - *Nauchni trudove na Rusenskiya Universitet*, **51**, (2012), s. 186-191.

17. Chen, G. X. and K. T. Chuang Prediction of point efficiency for sieve trays in distillation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **32**, (1993), p. 701-708.

18. Тасев, Ж., Д. Митев, Р. Куцаров, Ж. Стефанов, Д. Върбанов, Хр. Генчев, Р. Рашев. Ръководство за курсово проектиране по процеси и апарати в химическата промишленост. ПБ ВХТИ-Бругас, 1986.

Tasev, Zh., D. Mitev, R. Kucarov, Zh. Stefanov, D. Varbanov, Hr. Genchev, R. Rashev. Rakovodstvo za kursovo proektirane po procesi i aparati w himicheskata promishlenost. PB VHTI-Burgas, 1986.

ЧАСТ ВТОРА

**МОДЕЛИРАНЕ НА СПЕЦИФИЧНА МЕЖДУФАЗОВА ПОВЪРХНОСТ ПРИ
РЕКТИФИКАЦИЯ В ЛАБОРАТОРНА КОЛОНА, ОБОРУДВАНА С ТРИ СИТЕСТИ
ТАРЕЛКИ**

Живко Иванов, Мариана Караиванова

**MODELING OF THE SPECIFIC INTERFACIAL AREA BY RECTIFICATION IN
LABORATORY COLUMN EQUIPPED WITH THREE SIEVE TRAYS**

Zhivko Ivanov, Mariana Karaivanova
Email: zh_ivanov@btu.bg

ABSTRACT

In recent years, increasing attention has been paid on the study of the specific interfacial area in gas-liquid contacting apparatuses. The volumetric mass transfer coefficient $k_L \cdot a$ is composed of k_L and a . Enough evidence from both theoretical and experimental investigation shows that k_L and a are particularly dependent on the different physical and chemical properties of the gas-liquid system and operation conditions. The aim of this work is to present a theoretical model for the determination of the specific interfacial area in the rectification process.

Key words: sieve tray, specific interfacial area, distillation

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години е обърнато голямо внимание на изучаването на процеса на образуване на междуфазовата повърхност при диспергирането на парната фаза в течна при контактните апарати. Също така се е увеличил стремежът на учените да намерят начини за симулиране на тези процеси в теоретични модели с цел да се придобият знания, които след това да се използват при проектирането на нови промишлени инсталации или усъвършенстването на вече съществуващи такива [1, 2]. Ключов параметър при процеса ректификация е масопренасянето от парната фаза към течната фаза. Класически парите се освобождават под формата на малки мехурчета, като се получава ефективно масопренасяне между парната и течна фази. Количеството вещество, пренесено между двете фази в единица работен обем за единица движеща сила, се изразява с обемните коефициенти на масопренасяне. Използването на обемния коефициент на масопренасяне за анализ на процесите се затруднява от факта, че той е произведено от коефициента на масопренасяне и специфичната междуфазова повърхност. За да се подобри ефективността на преноса на маса,

е необходимо междуфазовата повърхност и коефициентът на масопренасяне да бъдат контролирани. По-доброто разбиране на механизма на образуване на междуфазовата повърхност би спомогнало за повишаване на ефективността на процеса, а от там и намаляване на капиталовите и оперативни разходи и снижаване на разходите за енергия.

В литературата съществуват няколко метода за експериментално определяне на междуфазовата повърхност, изведени за процеса абсорбция, които се разделят в две основни групи: физични методи и химични методи. Към физичните методи спадат определянето на междуфазовата повърхност по оптичен, фотографски и ултразвуков метод. Така *Колдербанг* определя оптично междуфазовата повърхност на ситести тарелки с диаметър 0,14 m и 0,635 m за вода, алифатни алкохоли и гликоли [3]. *Лемоине* и *Бекиш* използват фотографски метод и различни вещества в барботажен слой с височина 0,3 m [4]. През последните години е разработен и ултразвуков модел за измерване на междуфазовата повърхност, като за целта е използвана правоъгълна барботажна колона, направена от метилметакрилат с височина 0,125 m, ширина 0,02 m и дебелина 0,002 m [5]. При хи-

мичните методи стойностите на специфичната междуфазова повърхност са получени от експерименти, проведени при процеса абсорбция. За получаването на тези стойности е необходимо да има познания за някои параметри като разтворимост на газ, дисперсни характеристики на двете фази и масообменни коефициенти в случаите, когато имаме физическа абсорбция и скоростна константа на реакция при химическа абсорбция [6-10].

От направения преглед на съществуващите методи за моделиране на междуфазовата повърхност при процеса ректификация може да се направи извод, че конвенционалните подходи за определяне на междуфазовата повърхност не са задоволителни и нови подходи за определянето ѝ са наложителни - теоретичен модел с по-висока точност, опростен като формулировка и не на последно място, удобен за използване.

ЕКСПЕРИМЕНТ

Един от основните проблеми при ректификация като двуфазен процес е изследването на масообменните характеристики. Наличието на междуфазова повърхност при двуфазни процеси поражда затруднения при математичното и физичното формулиране на проблема. Затрудненията идват от определянето на междуфазовата повърхност поради динамичния характер на образуването и при диспергирането на парната в течната фаза. Тъй като динамичната междуфазова повърхност е подвижна, тя непрекъснато се изменя по форма и размери. Това усложнява допълнително масообменния процес и налага използването на специфични подходи и опростени модели при оразмеряването на апаратите и интензификацията на процесите. Също така точното измерване на специфичната междуфазова повърхност е от важно значение за надеждното определяне на ефективността на тарелката и оптимизиране дизайна на ректификационните колони при преработване на нефтопродуктите.

Задачата на настоящата работа бе моделиране на специфичната междуфазова повърхност при процеса ректификация на база на физико-химичните свойства на разделяната смес. Известно е от литературата, че за дадена конструкция тарелки при еднакви размери и натоварвания по двете фази междуфазовата повърхност ще бъде функция само от физико-химичните свойства на течната фаза [11].

Следователно предложеният модел за определяне на специфичната междуфазова повърхност се основава на физико-химичните свойства на разделяната система.

Всички физико-химични данни, както и данните, необходими за определяне на скоростта на парите в отворите на тарелката, са снети от специално изработена стъклена лабораторна колона с три ситести тарелки при съответните температури на кипене. Всички експериментални данни са получени при скорост на парите в колоната от $0,12 \div 0,36$ m/s, при атмосферно налягане и пълна флегма [12].

Съгласно изложеното по-горе, специфичната междуфазова повърхност зависи пропорционално от честотата на образуване на мехурите и площта на отделното мехурче, и е обратно пропорционална на сечението на изследваната тарелка и скоростта на мехурите, като зависи от един коефициент, отчитащ елипсовидната форма на мехурите [13]:

$$a = C \frac{f_b S_b}{Au_b} \quad (1)$$

Коефициентът C , отчитащ елипсовидната форма на мехурите, се определя от представената формула [14]:

$$C = \sqrt{1 - \frac{2,96}{\sqrt{\text{Re}_b}}} \quad (2)$$

където чрез критерия на *Рейнолдс* авторите отразяват влиянието на инерционните и вискозитетните сили:

$$\text{Re}_b = \frac{d_b u_b \rho_L}{\mu_L} \quad (3)$$

Това е честотата на образуване на мехурите, т.е. броят на мехурите, образували се през отвора на тарелката за единица време. В литературата е представена като отношение на дебита на парната фаза, отнесен към обема на мехура [15]:

$$f_b = \frac{Q_v}{V_b} \quad (4)$$

Следващият параметър, необходим за изчисляването на междуфазовата повърхност в единица работен обем от апарата, е геометричната повърхност на образувалото се мехурче [16]:

$$S_b = \pi \frac{l^2}{2} \left[1 + \left(\frac{h}{l} \right)^2 \frac{1}{2e} \ln \left(\frac{1+e}{1-e} \right) \right] \quad (5)$$

където параметърът e представлява ексцентрицитета на мехурчето и се определя от следната зависимост:

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} \quad (6).$$

Терасака предлага уравнения за изчисляване на височината и дължината на мехурите с елипсоидната форма, като използва критериални зависимости, отчитащи формата на мехурите при движението им в непрекъсната фаза [17, 18]:

$$l = \frac{d_b}{1,14Ta^{-0,176}} \quad (7)$$

$$h = 1,3d_b Ta^{-0,352} \quad (8)$$

$$Ta = Re_b Mo^{0,23} \quad (9)$$

$$Mo = \frac{g\mu_L^4}{\rho_L\sigma^3} \quad (10).$$

Определящо значение за масообмена има диаметърът на мехурите. Той е един от важните параметри, който ни помага в намирането на по-голямата част от параметрите, необходими за дизайн на барботажните апарати. За ситести тарелки Чен и Чуанг установяват, че диаметърът на мехурите е функция от физикохимичните свойства на разделяната смес и скоростта на парите в отворите на тарелката [19]:

$$d_b = \sigma^{0,6} (\rho_L^2 \rho_G)^{-0,2} \mu_L^{0,1} u_o^{-0,4} \quad (11).$$

С помощта на уравнение (11) може да се изчисли скоростта на нарастване на отделното мехурче по предложената от Менделсон зависимост [20]:

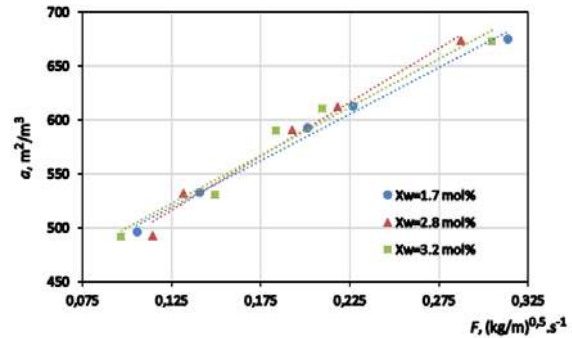
$$u_b = \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho_L d_b} + \frac{gd_b}{2}} \quad (12).$$

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

От предложената методика при условията на пълно смесване на течността върху тарелката в съответствие с уравнение (1), получените данни бяха обработени като зависимост на специфичната междуфазова повърхност от F -фактора на натоварване по парна фаза, респ. скоростта на парите в колоната, както и от визуалните наблюдения върху височината на паро-течностния слой.

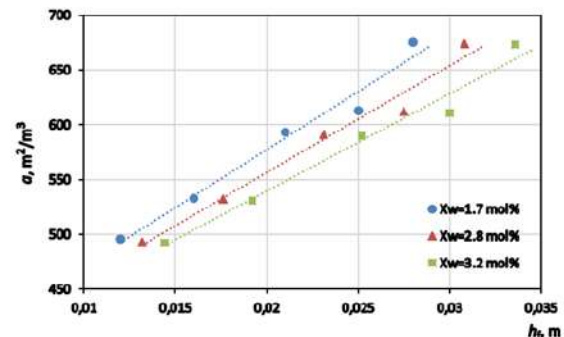
За използваната моделна смес Метанол-Вода зависимостта на специфичната междуфазова повърхност като функция от фактора на натоварване по парна фаза е представена на фигура 1.

От фигурата е видно, че специфичната междуфазова повърхност нараства с нарастването на скоростта на парите в колоната, респ. F -фактора на натоварване по парна фаза. Това нарастване на специфичната междуфазова повърхност не зависи от концентрацията на лесно летливия компонент в сместа и се изменя в диапазона от $500 \div 680 \text{ m}^2/\text{m}^3$.



Фиг. 1. Зависимост на специфичната междуфазова повърхност като функция от F -фактора на натоварване по парна фаза.

На следващата фигура е представено изменението на специфичната междуфазова повърхност в зависимост от изменението на височината на паро-течностния слой.



Фиг. 2. Зависимост на специфичната междуфазова повърхност като функция от височината на паро-течностния слой.

За целия изследван концентрационен интервал нарастването на височината на паро-течностния слой в интервала $0,012 \div 0,036 \text{ m}$ води до нарастване на стойностите на специфичната междуфазова повърхност. И за трите изследвани концентрации на лесно летливия компонент в куба на колоната, специфичната междуфазова повърхност запазва своите стойности, като се изменя в интервала $500 \div 680 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Забелязва се, че с нарастване на концентрацията на лесно летливия компонент в куба на колоната нараства и височината на

паро-течностния слой при близки стойности на специфичната междуфазова повърхност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съгласно приложения модел са изчислени геометричните размери на мехурчетата, площта на напречното сечение на тарелката и скоростта на мехурите, и е определена специфичната междуфазова повърхност за моделната смес Метанол-Вода. Могат да се направят следните заключения:

1. За целия изследван концентрационен интервал специфичната междуфазова повърхност не зависи от изменението на концентрацията на лесно летливата компонента в куба на колоната.

2. За целия изследван концентрационен интервал нарастването на стойностите на натоварването по парна фаза и височината на паро-течностния слой, специфичната междуфазова повърхност нараства, като се изменя в интервала от $500 \div 680 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

a – специфична междуфазова повърхност, m^2/m^3 .

A – площ на напречното сечение на тарелката, m^2 .

C – корекционен фактор.

d_b – среден диаметър на мехурите, m .

F -фактор – фактор на натоварване по парна фаза ($F = u_0 \sqrt{\rho_G}$), $(\text{kg}/\text{m})^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$

f_b – честота на образуване на мехурите, s^{-1} .

h – височина на мехура, m

l – дължина на мехура, m

S_b – площ на мехурчето, m^2 .

V_b – обем на мехурчето, m^3 .

u_b – скорост на нарастване на мехурчето, m/s .

u_0 – скорост на парите в отворите на тарелката, m/s .

μ_L – динамичен вискозитет на течната фаза, $\text{Pa}\cdot\text{s}$

Q_V – дебит на парната фаза, m^3/s

V_b – обем на мехурчето, m^3

ρ_G – плътност на парната фаза, kg/m^3 .

ρ_L – плътност на течната фаза, kg/m^3 .

σ – повърхностно напрежение, N/m

Критерий на Тадаки $Ta = \text{Re}_b \text{Mo}^{0.23}$

Критерий на Мортон $Mo = \frac{g \mu_L^4}{\rho_L \sigma^3}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Shen, Z., and H. Yuhua., W. Jie, Measurement of effective interfacial area and mass transfer coefficient in gas liquid dispersion by chemical method, *World congress of chemical engineering*, Tokyo, 1986, p. 412-415.

2. Panayotova, K. and A. Georgieva, Influence of the velocity distribution on the process efficiency and scaleup in column apparatuses, *Sci. & Techn.*, **IV**, (2014), p. 1-6.

3. Calderbank, P. H. and B. MooYoung, The continuous phase heat and mass transfer properties of dispersion, *Chem. Eng. Sci.*, **16**, (1961), p. 39-54.

4. Lemoine, R. and A. Behkish, B. I. Morsi Hydrodynamic and mass transfer characteristics in organic liquid mixtures in a largescale bubble column reactor for the Toluene oxidation process, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **43**, (2004), p. 6195-6212.

5. Muhammad, D. S. and Y. Masuda Use of ultrasonic technique for measuring interfacial area in a twodimensional bubble column, *J. Chem. Eng. Japan*, **39**, (2006), p. 687-692.

6. Dae Ho, L. and D. J. Yoo, Y. Kang Characteristics of gasliquid mass transfer and interfacial area in a bubble column, *Korean Chem. Eng. Res.*, **53**, (2015), p. 315-320.

7. Lee, J. S. and H. R. Lim, H. Lim, D. H. Kang Interfacial area and liquidside and overall mass transfer coefficients in a threephase circulating fluidized bed, *Chem. Eng. Sci.*, **100**, (2013), p. 203-211.

8. Стефанов, Ж., Ж. Тасев. Междуфазова повърхност на правотокова клапанна тарелка с отбойници. - *Год. на ВХТИ-Бургас*, **XVI**, (1981), с. 165-171.

Stefanov, Zh., Zh. Tasev. Mezhdufazova povarhnost na pravotokova klapanna tarelka s otboynici. - *God. na VHTI-Burgas*, **XVI**, (1981), s. 165-171.

9. Kanai, Y. and K. Fukunaga, K. Terasaka Mass transfer in molten salt and suspended molten salt in bubble column, *Chem. Eng. Sci.*, **100**, (2013), p. 153-159.

10. Bandyopadhyay, A. and M. N. Biswas, Determination of interfacial area in a tapered bubble column, *J. Chem. Techn. Biotechn.*, **86**, (2011), p. 1211-1225.

11. Тасев, Ж. Върху някои основни проблеми на инженерната химия при създаването на високоефективни апарати за ректификация. Дисертация, Бургас, 1995.

Tasev, Zh. Varhu nyakoi osnovni problem na inzhenernata himiya pri sazhdavaneto na visokoefektivni aparati za rektifikaciya. Disetaciya, Burgas, 1995.

12. Radev, D. and Chr. Genchev, Zh. Stefanov Investigation of hydrodynamic and mass transfer of sieve tray by distillation, *Sci. & Techn.*, **I**, (2011), p. 24-28.

13. Radev, D. and D. Georgiev, Zh. Ivanov, Zh. Stefanov Specific interfacial area in distillation process. - *Proceedings of the University of Rousse*, **53**, 2014, c. 18-22.

14. Nedeltchev, S. and U. Jordan, A. Schumpe Correction of the penetration theory based on mass transfer data from bubble columns operated in the homogeneous regime under high pressure, *Chem. Eng. Sci.*, **62**, (2007), p. 6263–6273.

15. Painmanakul, P. and K. Loubiere Study of different membrane spargers used in waste water treatment: characterization and performance, *Chem. Eng. Proc.*, **23**, (2004), p. 1347-1359.

16. Radev, D. and Chr. Genchev. Determination of the specific interfacial area in laboratory column equipped with three sieve trays. - *Proceedings of the University of Rousse*, **52**, 2013, c. 25-28.

17. Terasaka, K. and Y. Inoue, M. Kakizaki, M. Niwa Simultaneous Measurement of 3Dimensional Shape and Behavior of Single Bubble in Liquid Using Laser Sensors, *J. Chem. Eng. Japan*, **37**, (2004), p. 921-926.

18. Tadaki, T. and S. Maeda On shape and velocity of single air bubble rising in various liquids, *Kagaku Kogaku*, **25**, (1961), p. 254-264.

19. Chen, G. X. and K. T. Chuang Prediction of point efficiency for sieve trays in distillation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **32**, (1993), p. 701-708.

20. Nedeltchev, S. Theoretical prediction of mass transfer coefficients in both gas-liquid and slurry bubble columns, *Chem. Eng. Sci.*, (2016), In press.

**ИЗСЛЕДВАНЕ МЕХАНИЗМА НА ФОРМИРАНЕ НА НАНОРАЗМЕРНИ СТРУКТУРИ В
МИКРОЕМУЛСИОННИ УСЛОВИЯ ПОСРЕДСТВОМ СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ НА
КОМПЮТЪРНОТО МОДЕЛИРАНЕ**

Адриана Георгиева, Краси Панайотова

**INVESTIGATION OF THE MECHANISMS OF FORMATION OF NANOSIZED
STRUCTURES IN MICROEMULSION CONDITIONS THROUGH THE CONTEMPORARY
METHODS OF COMPUTER AIDED MODELLING**

Adriana Georgieva, Kراسi Panayotova
E-mail: adrianaslavova@yahoo.com

ABSTRACT

Recently, microemulsions have shown their potential as an interesting alternative reaction medium for the production of relatively small monodisperse colloidal nanoparticles. The water-in-oil microemulsion (W/O) can be regarded as a specific microreactor which allows: realization of chemical reactions, synthesis of different in nature nanostructures and control synthesis parameters. The aim of this article is to model the formation of nanostructures of CaCO_3 in the reverse microemulsion system. The studied model is a water/oil (inorganic solution $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /n-hexane/Aerosol-OT) system. A mathematical model of the preparation of nanoparticles of CaCO_3 in the microemulsion by a chemical reaction has been developed. The distribution of particle size in the microemulsion in one drop has been determined.

Key words: *W/O microemulsion systems, particle synthesis, carbonate nanoparticles, mathematical model*

ВЪВЕДЕНИЕ

Нанотехнологиите представляват едно от най-модерните и бурно развиващи се направления на науката и практиката в цял свят. Те са с фундаментално значение в съвременната химическа индустрия и изучаването на техните закономерности е основен проблем с цел на тяхното оптимално проектиране и управление.

През последното десетилетие тласък в развитието на нанохимията и нанотехнологиите дадоха безспорно доказаните нови свойства на наноматериалите, изградени от различни наночастици /домени, кристали, зърна, пори, мицели и др./, както и разнообразните области за тяхното приложение в технологиите и бита. Разработени бяха и нови, нетрадиционни методи за синтез и обработка на наноструктури.

Научноизследователската работа на редица колективи е посветена на важна, актуална и интересна в научно отношение област на съвременното материалознание и инженерство - получаването на наноструктури чрез химична

реакция в условията на обратна микроемулсионна система. Провеждани са приоритетни изследвания и са получени нови данни за важни физико-химични, морфологични и структурни характеристики на карбонатни наночастици и наноматериали.

За да се работи на квантово ниво обаче, е необходима уникална апаратура, а експериментите изискват солидно финансиране. Затова е нужно предварително моделиране на тези процеси и предварително симулиране на всички дейности. За получаването на по-достоверна информация относно механизма на формиране на наноструктурите в изследвания процес е необходимо да бъдат формулирани достатъчен брой хипотези, да се изведат съответстващите им аналитични модели и да се проведе тяхната дискриминация с използването на химически, физикохимически и статистически методи.

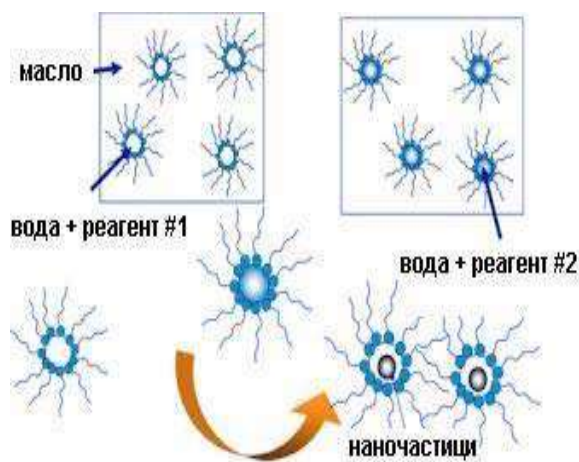
Целта на настоящата работа е изследване механизма на формиране на наноразмерни структури в микроемулсионни условия посред-

ством съвременни методи на компютърното моделиране.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

1. Микроемулсионна система, методика на експеримента за синтез на карбонатни наноструктури и апаратурно оформление на изследвания процес.

Вода/масло (W/O) микроемулсията може да се разглежда като специален „нанореактор“, позволяващ: реализиране на химични реакции; синтез на различни по природа наноструктури и контролиране параметрите на синтеза, като формата на микрореактора зависи от конкретните реакционни условия /Фиг.1/. Изследваната моделна система е вода/масло (W/O) микроемулсия със съответните компоненти: $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{n-хексан}/\text{Аерозол-ОТ}$.



Фиг. 1 Схематично представяне на водните капки от вода/масло микроемулсионна система като „микрореактор“, позволяващ формирането на наноструктури.

Синтезът на карбонатни наночастици се осъществява в лабораторна инсталация, включваща периодично действащ реактор с разбъркване, доближаващ се до реактор с идеално смесване [1].

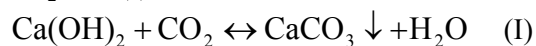
Последователността на операциите за получаване на ултрафини частици в микроемулсионни условия по използваната методика и реакционните параметри схематично са представени и описани по-рано [1].

Разработената технология за синтез на карбонатни наноразмерни частици в обратна микроемулсионна система представлява незамърсяваща природата технология, която използва много малко суровини и позволява по-

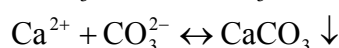
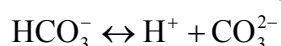
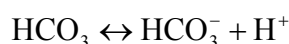
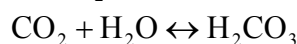
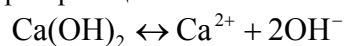
лучаването на структури с възпроизводимо разпределение на частиците по размер /контролиране на структурите в наноразмерната скала/ [1].

2. Вероятен механизъм на контакт на реагентите при формирането на карбонатните наноструктури.

Сумарното уравнение на протичащата химична реакция между калциевия хидрооксид и CO_2 е следното:

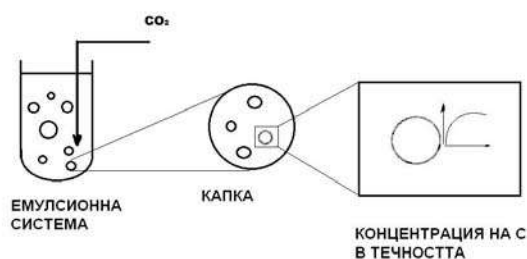


Вероятният химичен маршрут на отделните етапи на процеса на формиране на карбонатните наноструктури в рамките на една капка може да се представи със следните елементарни реакции:



3. Изследване посредством статистически метод формирането на карбонатни наноструктури в микроемулсионни условия.

Схематично, образуването на наночастици в емулсионните капки е илюстрирано на Фиг. 2.



Фиг. 2 Механизъм на образуване на наноструктури в емулсионните капки

3.1. Съвременни методи на компютърното моделиране

Компютърното моделиране на непрекъснати среди е универсална технология за тяхното изследване с фундаментално значение за развитието на различни области на науката и техниката. То съдържа построяване на адекватни математически модели на разнообразни среди, както и на явления и процеси в тях.

Провеждането на числени експерименти с тези модели се основава на специализирани числени методи за обширни класове задачи, реализирани като компютърни програми. Те са мощно средство за многостранно изучаване на непрекъснатите среди при научните изследвания и проектирането на инженерни обекти.

В настоящата работа се акцентува на използването на методите Монте Карло и Молекулната динамика. Под симулация най-общо се разбира провеждане на компютърни експерименти с математически модели на сложни системи от реалния свят. Тъй като компютърният експеримент се извършва с модел на системата, а не със самата система, симулацията е мощно средство за изследване на системи, с които не е възможно или е неефективно да се проведат реални експерименти. Чрез симулацията се цели да се разкрият свойствата и закономерностите на изучаваната система, да се направят обобщения, изводи и предвиждания, да се решат практически задачи [2-4].

За провеждане на симулация със стохастични модели най-често се използва методът Монте Карло. Това е универсален метод за симулация, който намира приложение в различни области на научните изследвания и в инженерната практиката. Насочен е към сложни проблемни ситуации, които е трудно да бъдат описани и решени с използването на аналитични методи. Възможността за задаване на различни закони за разпределение на вероятностите на входящите променливи на модела: нормално, равномерно, триъгълно, лог-нормално и други видове теоретични разпределения, както и задаването на емпирични разпределения, съгласувани с наличната информация и въвеждането на условни вероятности и корелация между променливите на модела, са предпоставка за повишаване адекватността и качеството на моделите. Важни предимства на метода са наличието на ясна връзка между входа и изхода, възможността за провеждане на хиляди опити и получаване на извадка от сценариите на поведение на случайните величини на модела, както и за актуализиране и разширяване на моделите. Пресмятането на основни числови характеристики на входящите величини и на получените резултати и техният анализ е основа за приемане или отхвърляне на формулираните хипотези [2-4].

Провеждането на симулативни процедури върху моделни системи като изследваната ще осигури по-доброто познаване на процеса кристализация с химична реакция като цяло и ще

спомогне за по-задълбочено разбиране на протичащите междинни явления.

3.2. Кинетика на формирането на карбонатни наноструктури в обратна емулсионна система (масов баланс):



$$r_C = kC_A C_B \quad (1)$$

3.2.1. Разглеждан случай – образуване на една частица в една емулсионна капка:

$$\frac{dC_A}{dt} = -r_C \quad (2)$$

$$\frac{dC_B}{dt} = -r_C \quad (3)$$

$$\frac{dC_C}{dt} = r_C - \frac{1}{V_K} \frac{dm_C}{dt} \quad (4),$$

където: $\frac{dm_C}{dt}$, kg/s - изразява скоростта на масопреносяне; V_K , m³ - обем на емулсионната капка.

Приемайки, че ρ е константа и ако формираната частица (C) е със сферична форма, то уравнение (4) може да се представи във вида:

$$\frac{dC_C}{dt} = r_C - \gamma^2 \frac{dr}{dt} \quad (5) \text{ където:}$$

$$\gamma = \frac{4\pi\rho}{M_C V_K}$$

Скоростта на нарастване на частичките може да се дефинира така:

$$\frac{dr}{dt} = G = k_G (C_C^L - C_C^{\text{sat}})^g \quad (6),$$

където: k_G , (m/s)/(mol/m³)^g - скоростна константа на нарастването на частиците; C_C^{sat} , mol/m³ - концентрация на насищане на C в разтвора; C_C^L , mol/m³ - концентрация на продукта на реакцията (C) в течността.

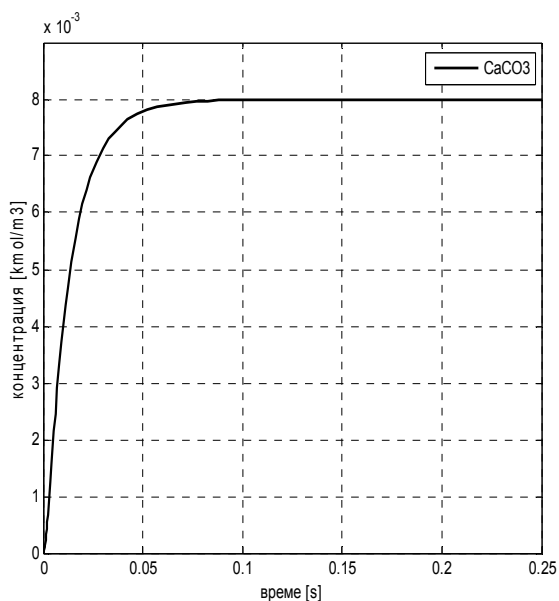
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Направен е опит посредством съвременни методи на компютърното моделиране да се изследва формирането на карбонатни наноструктури в емулсионни условия. Изследваната моделна система е вода/масло (W/O) емулсия със съответните компоненти: Ca(OH)₂/n-хексан/Аерозол-ОТ. Разглеждано е образуването на една частица в една емулсионна капка за избраната моделна система. Съставен е математичен модел, посред-

ством който ще се анализира сложното взаимодействие между различните механизми като синтез и разпад на емулсионни капчици, протичане на химична реакция, формиране на зародиши и растеж на частици по време на кристализацията в микроемулсионни условия. Получената комбинация от уравнения на масов баланс и кинетични подходи създава математичен модел, който може да бъде решен числено само за няколко минути посредством подходящи софтуерни среди и продукти. Получените резултати от проведените симулативни процедури са интерпретирани и представени графично на следващите фигури от настоящата работа.

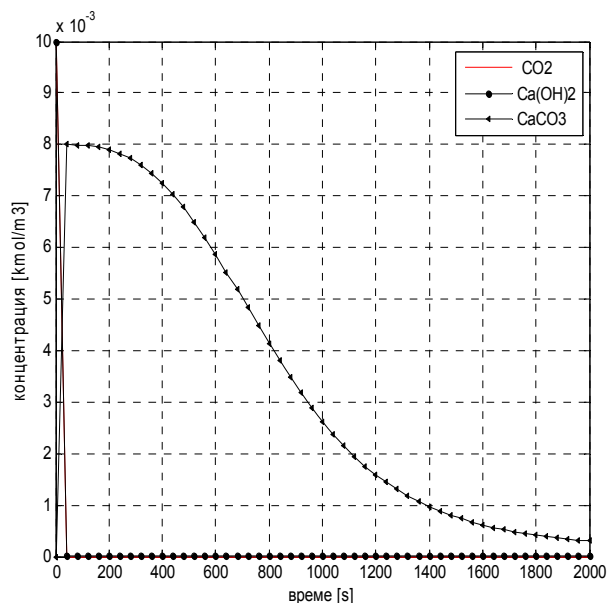
Провеждането на симулативни процедури върху моделни системи като изследваната ще осигури по-доброто познаване на процеса кристализация като цяло и ще спомогне за по-задълбоченото разбиране на протичащите междинни явления.

За разглеждания случай /образуване на една частица в една емулсионна капка/ разпределението на концентрацията на образувания продукт от CaCO_3 с течение на времето е представено на Фиг. 3.



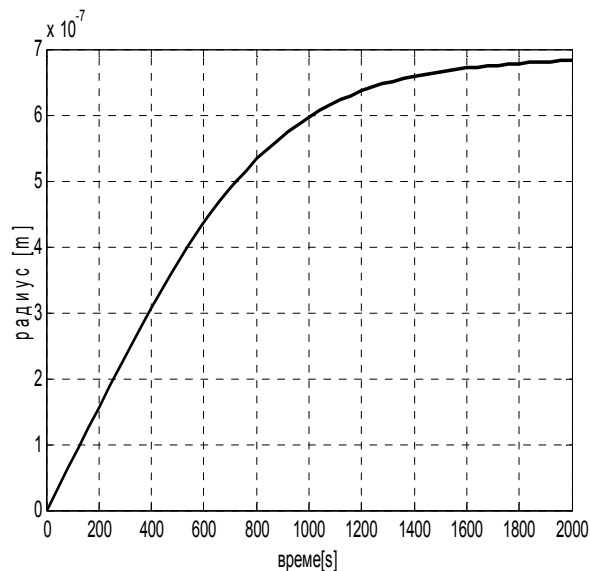
Фиг. 3 Разпределение на концентрацията на образувания наноразмерен продукт от CaCO_3 за време 0,25 (s)

Изменението на концентрацията на A , B и образувания продукт C в mol/m^3 с течение на времето t , (s) за изследваните моделна система и процес на формиране на карбонатни наноструктури са изразени графично на Фиг. 4.



Фиг. 4 Изменение на концентрацията на компонентите A , B и C в (mol/m^3) с течение на времето t , (s) за изследвания процес

Нарастването на размера на формиращите се карбонатни наночастици с течение на времето на протичащото химично взаимодействие е представено на Фиг. 5.



Фиг. 5 Представяне на размера на частиците r /m/ като функция от времето t /s/

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведеното изследване и получените резултати може да се направи следното заключение:

Всички описани конкретни дейности и използвана методология при реализиране целите на настоящата работа допринасят за получаването на по-достоверна информация относно механизма на формиране на наноструктурите и изследвания процес.

Разгледан е случай на образуване на една частица в една емулсионна капка за изследваната моделна система вода/масло (W/O) микроемулсия с компоненти: Ca(OH)₂/n-хексан/Аерозол-ОТ. Построени са вероятен механизъм на контакт на реагентите и съпътстващата кинетика при формирането на карбонатните наноструктури в микроемулсионни условия. Съставен е опростен математически модел, който комбинира масов баланс и кинетични подходи и може да бъде решен числено само за няколко минути. Проведен е компютърен експерименти чрез Монте Карло симулативни процедури. Получените резултати от проведеното изследване качествено потвърждават наблюдаваните в предходни експериментални изследвания промени в размера на наноструктурите.

REFERENCES

1. Георгиева, А. и Б. Богданов. Изследване на условията на формиране на монодисперсни наночастици от бариев карбонат в обратна микроемулсионна система. - Том VII, XX МНК, Стара Загора, 2010, с.1-5.

Georgieva, A., B. Bogdanov. Izsledvane na usloviyata na formirane na monodispersni nanochastitsi ot bariev karbonat v obratna mikroemulsionna sistema. - Tom VII, XX MNK, Stara Zagora, 2010, s.1-5.

2. Димитрова, Р. Симулационно моделиране с MS Excel. - *Управление и образование*, том IV (2), 2008, с. 210-218.

Dimitrova, R. Sumulatsionno modelirane s MS Excel. – *Upravlenie i obrazovanie*, tom IV (2), 2008, s. 210-218.

3. Voigt, A., D. Adityawarman, K. Sundmacher, *Size and distribution prediction for nanoparticles produced by microemulsion precipitation: A Monte Carlo simulation study*, *Nanotechnology*, **16**, (2005), p. 429-434.

4. Rauscher, F., P. Veit, K. Sundmacher, *Analysis of a technical - grade w/o microemulsion and its application for the precipitation of calcium carbonate nanoparticles*, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **254**, (2005), p. 183-191.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВРЕДНИТЕ ЕМИСИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧНОТО ОБОРУДВАНЕ ПРИ НЕФТОПРЕРАБОТКАТА, СЪХРАНЕНИЕТО И ТРАНСПОРТА НА НЕФТОПРОДУКТИ

Адриана Георгиева, Краси Панайотова, Десислава Колева

DETERMINATION OF HARMFUL EMISSIONS FROM TECHNOLOGICAL EQUIPMENT IN PETROLEUM REFINING, STORAGE AND TRANSPORT OF OIL

Adriana Georgieva, Krasi Panayotova, Desislava Koleva

E-mail: adrianaslavova@yahoo.com

ABSTRACT

The biggest and most significant share in environmental pollution is that of industry and transport. The main pollutants that are emitted in the air are: sulfur and nitrogen oxides, carbon monoxide, light hydrocarbons, heavy unburned hydrocarbons, hydrogen sulfide, mercaptans, etc. The purpose of this work is to identify emissions from process equipment in petroleum refining. The subject of the proceeding are the so-called diffuse sources of pollution caused by impaired technological regime leaks of devices and communications, lack or inefficient operation of ventilation equipment and so on.

Key words: *emissions, equipment, diffuse sources, petroleum refining*

ВЪВЕДЕНИЕ

Най-голям и съществен дял в замърсяването на околната среда имат индустрията и транспортът. В частност нефтената промишленост също е един от източниците на замърсяване на атмосферата. Този факт е свързан изключително с операциите по обработването на нефта и следващата химична преработка на нефтопродуктите [1÷6].

Основните замърсители, които се емитират във въздушната среда, са: серни и азотни оксиди, въглероден оксид, леки въглеводороди, неизгорели тежки въглеводороди, сероводород, меркаптани и др. Количеството на емитираните вредни вещества варира в широки граници в зависимост от вида на обработвания суров нефт, ефикасността на самата обработка и получаваните продукти.

Автори накратко описват в своите разработки възможностите за изхвърляне на вредни вещества в атмосферата по време на различните стадии на производство, преработка и съхранение на нефтопродукти [1÷6]:

- складиране, транспортиране и експлоатиране на суровия нефт и неговите продукти - при лошо изработени резервоари, клапани, помпи, и свързаната с тях тръбопроводна система или

при евентуални аварии в тези елементи, са възможни емисии на леки въглеводороди и серни съединения;

- дестилационни инсталации - при дестилацията на различните нефтени продукти се отделят емисии от въглеводороди, сероводород и меркаптани;

- инсталации за каталитичен крекинг - въглеводороди, въглероден оксид и фин прах се емитират в атмосферния въздух по време на регенериране на катализаторите, при отделянето им с димните газове. Обикновено първите два замърсителя се изгарят в специални пещи, преди изхвърлянето на отпадните газове в атмосферата;

- инсталации за рафиниране - при тези операции се отделят утайки и различни отпадни води, богати на серни съединения, от повърхността на които се емитират сероводород и вещества с неприятна миризма;

- инсталации за продухване на битуми - тези инсталации предизвикват отделяне на лошо миришещи вещества;

- установки за факелно изгаряне - всички неоползотворявани газове в една рафинерия се подават за изгаряне към факел. Ето защо характеристикът на изгаряните газове се изменя много както в качествено, така и количествено отно-

шение. Много трудно се осигурява пълното изгаряне на тези газове, без да се отдели дим от неизгорелите твърди частици, който в някои случаи е доста плътен.

Грижата за опазване чистотата на въздуха се превърна във всеобхватен и изключително сериозен световен проблем, с чието решаване се занимават специалисти от различни области. Прилагането на реални инженерни решения е свързано с точното познаване на вида и концентрацията на присъстващите във въздуха замърсители, откриването и определянето на които се осъществява по различни методики.

Във връзка с гореизложеното целта на настоящата работа е да се определят вредните емисии от технологичното оборудване при нефтопреработката, съхранението и транспорта на нефтопродукти. Предмет на разглежданията са т.нар. неорганизиран източник на замърсяване, породени от нарушен технологичен режим, нехерметичност на апаратите и комуникациите, липса или неефективна работа на вентилационните съоръжения и др.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

1. Постановка на задачите

Като обект на разглеждане в настоящата работа се приемат неорганизиран източник на замърсяване и по-конкретно – реактор, резервоар и цистерна. Един такъв съд/апарат може да служи като значителен източник за изхвърляне на вредни вещества, замърсяващи главно приземния слой на атмосферата. Задачите, поставени за решаване, са както следва:

- изчисляване емисиите на вредни вещества при производството и преработката на нефтопродукти;
- изчисляване емисиите на въгледороди при съхранението на нефтопродукти:
 - емисии от съдове с еднокомпонентни течности;
 - емисии от съдове с многокомпонентни течности.

2. Описание на използваните методики.

2.1. Методика за изчисляване емисиите на вредни вещества при производството и преработката на нефтопродукти, разработена от В.М. Елтерман

Определяне количеството на вредни вещества, отделящи се от оборудване, работещо под налягане:

За да се реши такава задача, тук се изхожда от коефициента за нехерметичност m , ненадвишаването на който гарантира издръжливостта на оборудването на херметичност и на провежданите мероприятия. В резултат на това може с достатъчна за практическите изчисления точност да се определят емисиите на вредни вещества и да се прогнозира замърсяването на приземния въздушен слой.

Количеството на газа, отделящ се от оборудването за единица време, е:

$$G = \frac{G_n - G_k}{\tau} = \frac{1}{\tau} \left(\frac{P_n V}{RT_n} - \frac{P_k V}{RT_k} \right), \quad (1)$$

където: G - количеството на газа, който се отделя от оборудването, kg/h; V - обем на газовата и паровъздушната фаза в оборудването, m^3 ; R - газова константа за работна среда, J/(kg.K).

Приемайки, че $T_n = T_k = T$, горният израз добива вида:

$$G = \frac{\Delta P V}{\tau R T_n}. \quad (2)$$

Когато числителят и знаменателя се умножат с P_n и се използва зависимостта за коефициента за нехерметичност m , се получава:

$$G = m \frac{P_n}{P T} V \quad (3)$$

Съгласно характеристичното уравнение за газове $\rho_n = \frac{P_n}{R T}$, получаваме, че:

$$G = m \cdot \rho_n V \quad (4)$$

Формула (4) позволява определянето на количеството на отделяния се от оборудването газ само в случаите, когато изпитанието за херметичност се провежда с газове с такава температура, при която в оборудването ще бъдат в работно състояние.

За налягане, по-високо от 200 kPa, определянето се извършва по формулата:

$$G = 3600 f \psi_{\max} \frac{P}{\sqrt{R T}} \quad (5)$$

f - сумарна площ на процепа, m^2 ; ψ - коефициент (за двутомни газове $\psi_{\max} = 2,14 m^{1/2} / s$; за три и четири атомни газове $\psi_{\max} = 2,05 m^{1/2} / s$). Опитно е установено, че при изпитване на херметичността налягането в оборудването намаля по експоненциален закон:

$P_k = P_n \exp(-a\tau)$, където a е постоянен множител, зависещ от степента на херметичност на оборудването. Като се отчете изменението на

налягането в оборудването по време на изпитанието, количеството на отделящия се за 1 час газ е:

$$G = 3600 f \psi_{\max} \cdot \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{RT}} \int_0^1 \exp(-a\tau) d\tau \quad (6).$$

След преобразувания за сумарната площ на процепа се получава изразът:

$$f = \frac{mV}{3600 \psi_{\max} \cdot \sqrt{R_{\text{и}} T_{\text{и}}}} \quad (7).$$

Като се замести площта с нейното равно във формула (6), последната придобива вида:

$$G = \frac{mVP}{\sqrt{R_{\text{и}} T_{\text{и}}} \cdot \sqrt{R_{\text{р}} T_{\text{р}}}} \quad (8).$$

Ако изпитанието се провежда при температура $T_{\text{и}}=293\text{K}$, $R_{\text{и}}=R_{\text{в}}=286,6 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ и тези стойности се заместят в уравнение (8), като газовата константа за работния газ се изрази чрез молекулната му маса и налягане P в Ра, ще се получи:

$$G = 1,2 \cdot 10^{-4} \eta mVP \sqrt{\frac{M_{\text{р}}}{T_{\text{р}}}} \quad (9),$$

където η е коефициент на запас, приемащ стойности от 1,5 до 2. За газови и паровъздушни смеси количеството на всеки газ или пара (kg/h), отделящи се от оборудването е равно:

$$G_{\text{к}} = i_{\text{к}} \cdot G \quad (10),$$

където $i_{\text{к}}$ е частта на дадения газ или пара в сместа, а G е общото количество на отделящия се газ, изчислено по формула (9).

Определяне количеството на вредни вещества, отделящи се от технологично оборудване, работещо под вакуум:

Оборудване, токсичната среда в което се намира под вакуум до 1000 Ра, се явява източник на замърсяване на въздушната среда. В.М. Эльтерман разглежда процеса на молекулярна дифузия на пътя на поток въздух в неплътностите на стените на оборудване, токсичната среда в което се намира под вакуум. Според него за подобни изчисления може да се използва формулата:

$$G = F \mathcal{G} C_0 \exp\left(-\frac{\mathcal{G}}{D}\right) \quad (11).$$

Потокът в процепения канал е ламинарен. Отчитайки характерния за такъв поток профил на скоростта, Эльтерман извежда формула за определяне количествата на вредни вещества (g/s), отделящи се от оборудването:

- Ако вътрешността на проникващите пори представлява канал със сечение, близко до кръг:

$$G = \frac{f C_0 D^2}{\mathcal{G}_m a^2} \quad (12);$$

- Ако вътрешността на проникващите пори е канал със сечение на силно изтеглен правоъгълник:

$$G = \frac{1}{2} \cdot \frac{f C_0 D^2}{\mathcal{G}_m a^2} \quad (13).$$

В горните изрази са използвани следните означения: f - сумарната площ на процепа, m^2 ; C_0 - концентрация на вредния газ в оборудването, g/m^3 ; D - коефициент на дифузията на газа във въздуха, m^2/s ; \mathcal{G}_m - осевата скорост в канала, m/s ; a - средната дължина на канала на проникващите пори, m .

Тъй като при ламинарен режим в кръгли канали средната скорост $\mathcal{G} = 0,5 \mathcal{G}_m$, а в правоъгълни $\mathcal{G} = \frac{2}{3} \mathcal{G}_m$, то замествайки във формули (12) и (13), се получава:

$$G = \frac{1}{2} \frac{f C_0 D^2}{\mathcal{G} a^2} = \frac{C_0}{2} \frac{f^2 D^2}{L a^2} \quad (14)$$

$$G = \frac{1}{3} \frac{f C_0 D^2}{\mathcal{G} a^2} = \frac{C_0}{3L} \left(\frac{fD}{a}\right)^2, \quad (15),$$

където $L = f \mathcal{G}$ е количеството на въздуха, засмукващ се в оборудването, m^3/s . Формула (14) може да се представи и във вида:

$$G = \frac{1}{2} \frac{C_0 f \mathcal{G}}{Pe^2} \quad (16),$$

където $Pe = \frac{\mathcal{G} \mu}{D}$ е критерий на Пекле.

По-простите изпитания не дават възможност за определяне площта на сечението на процепа и средната дължина на канала на проникващите пори.

За да се определи количеството на отделящите се газове, са необходими два вида изпитания – аеродинамично, при което се определя количеството на въздуха, изсмукващ се в оборудването в зависимост от вакуума, и изпитание, при което непосредствено се определят количествата на отделните вредни вещества от оборудването.

2.2. Методика за изчисляване емисиите на вредни вещества при производството и преработката на нефтопродукти, разрабо-

тена от Главната геофизическа обсерватория на името на А.И. Воейков.

Емисиите на газове и пари (kg/h), отделящи се от апарати, реактори и колони, се изчисляват по формулата:

$$P = 0,037(1011PV)^{0,8} \sqrt{\frac{M_{\Pi}}{T}}, \quad (17),$$

където: P - налягането в апарата, GPa; V - обем на апарата, m^3 ; M_{Π} - средна молекулна маса на парите на нефтопродуктите, g/mol; T - средна температура в апарата, K.

• Изчисляване емисиите от съдове с еднокомпонентни течности:

Количеството на изхвърлените в атмосферата замърсяващи вещества (kg/h) от резервоари за сметка на изпарението се изчислява по формулата:

$$P_p = 4,46V_{T-p} \cdot P_S M_{\Pi} (K_{SC} + K_{ST})(K_6 K_7 (1-\eta)) \cdot 10^{-9} \quad (18),$$

където: V_{T-p} – обем на течността в резервоара през годината, $m^3/\text{год.}$; M_{Π} – молекулна маса на парите на течността, g/mol; η – коефициент на ефективност на газ улавящото устройство на резервоара; K_{SC}, K_{ST} – коригиращи коефициенти, зависещи от налягането на наситените пари и температурата на газовото пространство T_{p-p} в студено и топло време през годината; K_6 – коригиращ коефициент, зависещ от налягането на наситените пари, който се определя таблично; K_7 – коригиращ коефициент, зависещ от техническото ниво и режима на експлоатация, също се определя таблично; P_S – налягане на наситените пари на течността при температура 38°C , GPa.

При пълненето на нефтопродукти в железопътни цистерни, средното количество на цялостните емисии в атмосферата (kg/h), се изчисляват по уравнението:

$$P_{\text{цн}} = 0,44V_{\text{цн}} P_S M_{\Pi} (K_{SC} + K_{ST}) K_8 (1-\eta) 10^{-9} \quad (19),$$

$V_{\text{цн}}$ - годишен обем на наливаната течност, $m^3/\text{год.}$; K_8 – коефициент, зависещ от налягането на наситените пари и климатичната зона, който се отчита таблично.

При изпразването на нефтопродуктите в железопътни цистерни, изчисляването на средното количество на цялостните изхвърляния във въздушната среда (kg/h), се извършва по израза:

$$P_{\text{цн}} = 0,44V_{\text{цн}} P_S M_{\Pi} (K_{SC} - K_{ST}) \cdot 10^{-9} \quad (20),$$

$V_{\text{цн}}$ - годишен обем на изпразваната течност, $m^3/\text{год.}$

Определяне на коефициента K_5 :

За да се определи температурата на газовото пространство на съда, е необходимо да се разполага с данни за средните температури на нефтопродуктите, намиращи се в съда, за шестте най-студени и най-топли месеци на годината. За наземни метални и подземни железобетонни резервоари тези температури се определят по формулите:

$$t_{T_{p-pa}} = K_{1C} + K_{2C} \cdot t_{aC} + K_{3C} \cdot t_{T_{Cp-pa}} \quad (21)$$

$$t_{T_{T-pa}} = K_{1T} + K_{2T} \cdot t_{aT} + K_{3T} \cdot t_{T_{TT-pa}}, \quad (22),$$

където: t_{aC} и t_{aT} са средноаритметичните стойности на температурата на атмосферния въздух за шестте най-студени и най-топли месеци на годината, $^{\circ}\text{C}$; K_{1C}, K_{2C}, K_{3C} и K_{1T}, K_{2T}, K_{3T} – коефициентите за шесте най-студени и най-топли месеци на годината, които се отчитат от таблица; $t_{T_{Cp-pa}}$ и $t_{T_{TT-pa}}$ – средните температури на нефтопродуктите в резервоара за шесте най-студени и най-топли месеци на годината, $^{\circ}\text{C}$.

При пълненето на течности в железопътни цистерни температурата на газовото пространство се определя по следния начин:

$$t_{T_{\text{цн}}} = 0,5(t_{aC} + t_{TC}) \quad (23)$$

$$t_{T_{\text{цн}}} = 0,5K_4(t_{aT} + t_{TT}), \quad (24),$$

където: K_4 – коефициент, който за подземни резервоари се приема за единица, а за надземни се отчита таблично; t_{TC} и t_{TT} – средноаритметични стойности на температурата на течността за шестте най-студени и най-топли месеци на годината, $^{\circ}\text{C}$. При изпразването на течности от железопътни цистерни, средната температура на газовото пространство се приема равна на средната температура на атмосферния въздух за съответния период:

$$t_{T_{\text{цн}}} = t_{aC} \quad (25)$$

$$t_{T_{\text{цн}}} = t_{aT} \quad (26).$$

Определяне на коефициента K_6 :

Този коефициент също се отчита таблично, в зависимост от разположението на предприятието/инсталацията в дадена климатична зона, от налягането на наситените пари P_S и от „обръщаемостта“ на резервоара n :

$$n = \frac{V_T}{V_{p-ра}} \quad (27),$$

където: V_T – обема на течността, постъпваща в резервоара през годината, $m^3/год$; $V_{p-ра}$ – обем на резервоара, m^3 .

Определяне налягането на наситените пари на течността P_S :

- За едно компонентни течности се определя по формулата:

$$\log(1,33P_S) = A - \frac{B}{311 - C}, \quad (28),$$

където: A, B и C - константи, зависещи от природата на веществата.

- Изчисляване на емисиите от съдовете с многокомпонентни течности:

Количеството емитирани вредни вещества (kg/h) от съдове, съдържащи многокомпонентни течности, може да се изчисли по формулата:

$$P_i = P_{цял} C_i 10^{-2} \quad (29),$$

където: C_i – масова концентрация на i -тия компонент в парите на нефтопродуктите, % по маса; $P_{цял}$ - цялостните изхвърляния от съответния съд. Изчислява се по формули (18÷20).

Налягането на наситените пари P_S за многокомпонентни течности /нефтопродукти/ се отчита от таблица, в зависимост от еквивалентната температура на начало на кипене на течността:

$$t_{екв} = t_{HK} + \frac{t_{KK} - t_{HK}}{8,8} \quad (30),$$

където: t_{KK} и t_{HK} – температури на край и начало на кипене на многокомпонентната течност, $^{\circ}C$.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За изчисляване емисиите на вредни вещества, отделящи се от технологичното оборудване при производството и преработката на нефтопродукти, са изучени и се използват две методики за изчисляване:

- методика, разработена от В.М. Эльтерман;
- методика, предложена от Главната геофизическа обсерватория на името на А.И. Воейков.

Като неорганизиран източници на замърсяване се разглеждат:

- реактор от инсталация „Каталитичен крекинг“: $D_{p-ра} = 8,5$ m; $P = 0,19 \cdot 10^6$ Pa; $V = 598,39$ m^3 ; $T_{cp.} = 743^{\circ}C$ /при свеж катализатор/; $T_{cp.} = 763,57^{\circ}C$ /при остарял катализатор/; $\eta = 2$; $m = 0,04$ 1/h; парогазова смес - съдържаща: крекинг газ; вакуум дестилат ($350-500^{\circ}C$); лек газьол; тежък газьол; циркулиращ газьол; водна пара.

Количеството вредни вещества, емитирани от този обект, се изчислява и по двете изучени методики. Резултатите са поместени в Таблица 1 и Таблица 2.

Изчисленията за определяне количеството на вредни вещества, отделящи се при съхранението и транспорта на нефтопродукти, са направени по методика, предложена от Главната геофизическа обсерватория на името на А.И. Воейков.

Таблица 1. Данни за емисиите на вредни вещества, емитирани от реактор от инсталация „Кат. крекинг“, изчислени по методика на Главната геофизическа обсерватория – А.И. Воейков.

№	Тип на апарата	Вид и състояние на флуида	$M_{П}$, kg/kmol	$D_{p-ра}$, m	V_3 , m^3	P , Pa	при свеж катализатор	
							$T_{cp.}$, K	P_i , kg/h
1.	Реактор	Парогазова смес	4480,35	8,5	598,39	$1,9 \cdot 10^5$	743	4,051
							763,57	3,985

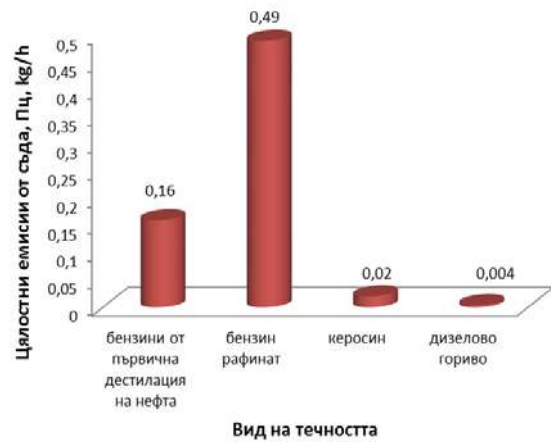
Таблица 2. Данни за емисиите на вредни вещества, изхвърлени от реактор от инсталация „Каталитичен крекинг“, определени по методиката на В.М. Эльтерман

№	Тип на апарата	Вид и състояние на флуида	M_{II} , kg/kmol	$D_{p-ра}$, m	V , m^3	P , Pa	η	m , l/h	$T_{ср.}$, K	Π_i , kg/h
										при свеж катализатор
1.	Реактор	Парогазова смес	4480,35	8,5	598,39	$1,9 \cdot 10^5$	2	0,04		743
										при остарял катализатор
										763,57
										8,400
										8,360

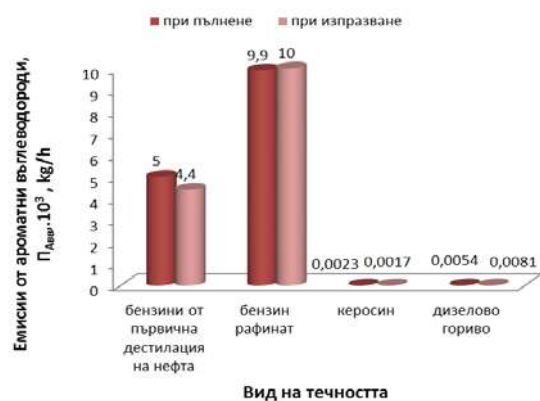
На Фигури 1, 2 и 3 са приведени получените резултати за изчислените емисии на вредни вещества, отделящи се при съхранението и транспорта на нефтопродукти. На тях са представени данните за емитираните вредни вещества, изхвърлени от съдове /резервоар/цистерна/ с многокомпонентни течности.



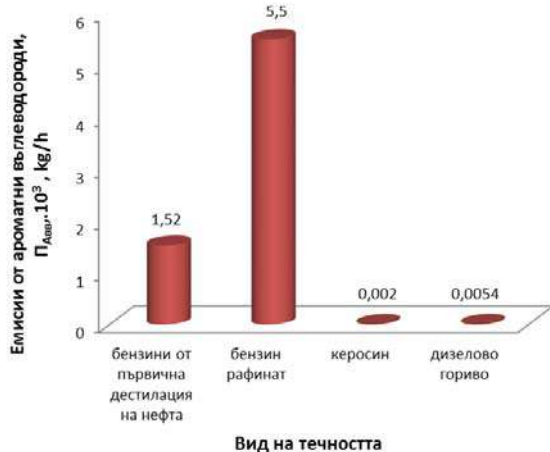
Фиг. 1а Цялостни емисии (kg/h) от железопътна цистерна с многокомпонентни течности (нефтопродукти)



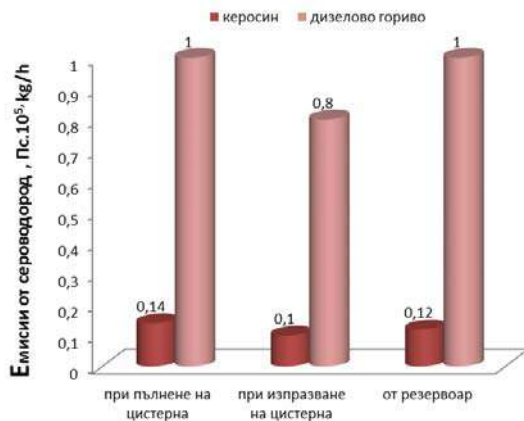
Фиг. 1б Цялостни емисии (kg/h) от резервоар с многокомпонентни течности /нефтопродукти/



Фиг.2а Емисии от ароматни въглеводороди (kg/h) от железопътна цистерна с многокомпонентни течности /нефтопродукти/



Фиг. 26 Емисии от ароматни въглеводороди (kg/h) от резервоар с многокомпонентни течности /нефтепродукти/



Фиг. 3 Емисии от сероводород (kg/h) и хвърлени в атмосферата от железопътна цистерна/резервоар с многокомпонентни течности /нефтепродукти/

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведеното изследване и получените резултати може да направим следното заключение:

Изучени са и са приложени методики за изчисляване емисиите на вредни вещества, изхвърлени от технологичното оборудване при нефтепреработката.

В резултат на това с достатъчна за практическите изчисления точност са определени емисиите на вредни вещества и може да се

прогнозира замърсяването на приземния въздушен слой.

Получените са резултати за количествата вредни вещества, емитирани от технологичното оборудване при производството, преработката, съхранението и транспорта на нефтепродукти. Като неорганизиран източник на замърсяване са разгледани три обекта: реактор от инсталация „Каталитичен крекинг”, резервоар и цистерна.

Обстойното анализиране на формулите за изчисляване показва, че при повишаване обема на съда налягането на наситените пари $P_s(38)$, молекулната маса на парите на нефтепродуктите и коефициентите, зависещи от тях, емисиите на вредни вещества също се увеличават значително.

По време на транспортните и складови операции загубите от нефтепродукти са главно в резултат на неизправности в различната апаратура /течове на кранове и уплътнения, разливи и пренасянния с открити съдове и т.н./. Ето защо количествените и качествените загуби на нефтените горива при транспортни, складови и предварителни операции може значително да се намаляват, ако периодично се провежда профилактично поддържане на оборудването.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hauptmanns, Ulr. Process and Plant Safety, Springer, Berlin, 2013
2. Эльтерман, В. М. Вентиляция химических производств. Химия, Москва, 1980.
3. Elterman, V. M. Ventilatsiya himicheskikh proizvodstv. Himiya. Moskva, 1980.
3. Эльтерман, В.М. Охрана воздушной среды на химических и нефтехимических предприятиях. Химия, Москва, 1985.
4. Elterman, V. M. Ohrana vozdushnoi sredi na himicheskikh i neftehimicheskix predpriyatiyah. Himiya. Moskva, 1985.
4. Nikolaeva Zdr., ANNUAL Assen Zlatarov University, 38, (2009), p. 9.
5. Tasheva, Y. and P.Petkov. ANNUAL Assen Zlatarov University, 38, (2009), p. 95.
6. Tasheva, Y. and P.Petkov. ANNUAL Assen Zlatarov University, 38, (2009), p. 100.

EFFECTS OF DIFFERENT STARTER CULTURES ON THE SENSORY CHARACTERISTICS OF THE RAW-DRIED MEAT PRODUCT STRANDZHANSKO DYADO

Diana Indzhelieva

E-mail: dindjelieva@abv.bg

ABSTRACT

The study presents the evaluation of the sensorial characteristics of the Strandzhansko dyado product to which starter cultures were added. The method used was the point-scale method, values between 0 and 5 were attributed to each characteristic, according to STAS11061-88 and comparing them to samples with no starter culture addition. The sensorial analysis was made on products declared as finished by a group of 5 experts.

Key words: raw-dried meat products, microorganism starter cultures, sensorial characteristics

INTRODUCTION

The starter cultures used in the composition of raw salami are usually lactic bacteria (lactobacilli, pediococci, streptococci, micrococci), moulds and rarely sediments/yeast, used for control of the fermentation process, resulting in an even product that is safe for the consumer. Their addition is made in order to:

- direct some biochemical processes by which a certain degree of innocuousness is guaranteed for the product, thus negatively influencing the development of pathogenic and alteration microorganisms and by inhibiting the formation of some toxic substances (biogenic amines and carcinogenic nitrozamines)
- guarantee some sensorial characteristics: flavour, colour, consistency [5, 6].

The microorganisms used for the biotechnology of the fermented meat products are very diverse but their roles are clearly defined for the different stages of the technological process, thus contributing to the end product specificity;

Depending on the main action undertaken, starter cultures can be categorized as follows: acidic cultures, cultures that lead to the formation of colour and flavour, cultures for surface covering, cultures for bio-protection [3, 7, 8]. For the present study we used cultures from the first two categories: acidic cultures made up of lactobacilli and pediococci, the *Lactobacillus*, *Pediococcus* types. Cultures leading to colour and flavour formation: consisting of the *Staphylococcus* type.

The ripening-drying process at 25°C and the addition of nitrites, nitrates and NaCl, individu-

ally or combined, inhibit the developing of the *Salmonella* and *Clostridium* (*Clostridium botulinum*) bacteria. The water activity reduction from 0.96 to 0.86 during this process also leads to the product's stabilization, by controlling the development of unwanted bacteria such as *Clostridium* and *Staphylococcus aureus*. In the case of the salami with long-term ripening and drying processes, the probability that these products contain enterohemorrhagic *Escherichia coli* is smaller than for the products with a short ripening-drying process, because the water activity reduction has a lethal effect on these bacteria [2, 4, 8].

EXPERIMENT

In order to make the determinations we produced bulks (2 - 3 kg/bulk) of raw-dried Strandzhansko dyado, the composition fermentation being achieved by means of three starter culture types, which are displayed in Table 1. The starter cultures available on the market at the moment assure the addition of some quality-adequate microorganisms and in sufficient quantity in order to develop the wanted fermentation. During the fermentation process a drop of the pH value occurs as a result of sugar conversion into lactic acid. Thus a gradual degradation of the pathogenic flora and unwanted microorganisms takes place. The acid medium also contributes to the nitrite's rapid reduction, which is initially added for stability of the red colour of the finished product.

The sausage formulations were made from basic components and adequate ingredients for 100 kg composition, displayed in Table 2.

Table 1. The starter culture types

Bulk	Name of culture	Microorganisms/Culture	Use for 100g/kg
SD1	Baktoferment 61	<i>S.carnosus</i>	50
SD2	Rowu-Ferm	<i>S.carnosus</i> <i>L.plantarum</i>	60
SD3	Biobak Sal Plus	<i>L.plantarum</i> <i>P.acidilactici</i>	50

The diagram of technological processing of Strandzhansko djado shows the following stages: cooling, leaving in the drying, airing, drying and ripening.

Table 2. The raw-dried sausage formulations' components (Strandzhansko djado)

Component/ ingredient	Quantity, kg			
	SD1	SD2	SD3	Witness
Pork- Quality I:	70	70	70	70
Partially fatty pork	30	30	30	30
Salt	3.000	3.000	3.000	3.000
Nitrite	0.015	0.015	0.015	0.015
Savory	0.400	0.400	0.400	0.400
Red pepper	1.000	1.000	1.000	1.000
Chilli	0.150	0.150	0.150	0.150
Sugar	0.200	0.200	0.200	0.200
Starter culture	+	+	+	-

RESULTS AND DISCUSSION

The evaluation of sensorial characteristics in Strandzhansko dyado was made by using the hedonic scale with a starter culture addition of *Staphylococcus carnosus* (SD1), *Staphylococcus carnosus* combined with *Lactobacillus plantarum* (SD2) or *Lactobacillus plantarum* associated with *Pediococcus acidilactici* (SD3). This in turn was compared to samples with no starter culture addition.

The sensorial analysis was made by an expert group (consisting of 5 experts: 2 veterinary surgeons and 3 food industry specialists) on products declared finite, by using a five-point scale for every palatable sensorial indicator of raw-dried sausages, flavour, smell, colour, consistency and general aspect. The statistical data

obtained for each qualitative attribute are shown in Table 3.

Table 3. The medium average of the analysed bulks

Bulk Sausages	Shape and aspect	Color	Consistency	Smell	Flavor
SD Witness	3.8	3.8	3.6	3.8	3.8
SD1	4.4	4.8	4.4	4.8	4.8
SD2	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6
SD3	4.4	4.0	4.6	4.2	4.2

The exterior aspect of the Strandzhansko dyado was characterized by specific shape typical for products, even, with a clean surface, with no air holes or excessive fat or water content at the products' edges. The cover was adherent to the composition for each product.

On cutting the witness sausage sample recurrent fat amounts and small air holes were noticed, which led to its being ranked at an average 3.8 points.

The colour of the Strandzhansko dyado with starter culture addition developed much faster and was more intense than that of the samples with no starter culture addition. The strong and fast acidification of fermented sausages compositions accelerated the chemical reactions as well as the biochemical reactions for the degradation of the nitrite added into NO, a product involved in the making of the pink-reddish colour by forming the nitrozomioglobine components. For the Strandzhansko dyado with a *Staphylococcus carnosus* (SD1) addition the group of experts noticed the development of a more pleasant colour and the products received the highest score (4.8 points). It is also possible that the bulks with an addition of *Staphylococcus carnosus* combined with *Lactobacillus plantarum* or *Lactobacillus plantarum* associated with *Pediococcus acidilactici* as a result of strong acidification, rapid drop of the pH level (below 5.6). The nitrite must be converted in high proportions into NO and a part of this reactive product must disappear from the complex matrix of the products obtained by means of volatilization and the salami colour must be pale red. With a pH value under 5.2 the NO formation is virtually inhibited [1,3]. The colour development for all experimental bulks had a positive correlation with lactic acid accumulation in the sausage matrix and with the pH drop, the bacteria growth and the nitrite's disappearance from the system. Basically, the colour formation took place during the initial production stages i.e. fermentation and smoking,

when the medium conditions were favourable to the development of chemical and biochemical reactions that are involved in the meat pigments' conversion into salt pigments.

For the colour formation in the Strandzhansko dyado witness sausages, only the following were used: the enzymatic meat equipment and the one secreted from the microflora of the raw-dry salami components prone to spontaneous contamination. The microflora consists of lactic acid bacteria, micrococci, staphylococci, pediococci, yeast, enterobacteria and other microorganisms.

The consistency - the main physical-chemical change that occurs during the ripening process of the raw salami and sausages is the composition's tying up i.e. the raw formula transformation into a bound, firm, elastic structure, typical for a finite product. To the restructuring of the raw-dry salami and sausage components the following contributed: the formula acidification, salt concentration, water evaporation, especially throughout the last drying phase.

The texture characteristics of the Strandzhansko dyado were conditioned by the presence of the starter culture product matrix and their nature. The texture had a better development as a result of the addition of starter cultures with a great acidification capacity such as *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. The averages for the consistency indicator were the highest in the case of all bulks where these starter cultures were included in the formulations (4.6 points). The samples for both product types had a lower consistency compared to those with a starter culture addition (3.6 points for the Strandzhansko dyado, reference sample). The development of the texture in the salami and sausages had a positive correlation with the multiplication of the acidolactic bacteria, the formula acidification, with the salt concentration growth in the medium, with product humidity drop and concentration of some substances (proteins and lipids). The obtained average on sensorial consistency testing are tantamount to the results obtained by appreciation of the texture formation by calculating the protein/water coefficients and the protein/(water+fat). These coefficients evolved positively as the products ripened and dried. The sausage firmness growth and the improvement the slicing capacity had progressed throughout the entire fabrication process but differently, all depending on the starter culture used.

Flavour and Smell - the chemical and biochemical changes, that occur during the ripening

phase of the fermented and dry salami, which determine the development of the flavour and smell in finite products, refer to the composites' acidification determined by the glucid's turning into lactic acid by lactic bacteria and the nitrite's reduction to NO by micrococcus, as well as the change of most of components (protein, lipids).

The micro-organisms development in salami combined with the endogenous enzyme activity are responsible for the development of an important number of aroma components and for sapidity.

Salt, added to the initial composition contributes largely to the raw-dry sausage aroma. This ingredient's level rose progressively, most notably during last stage of drying and ripening while the water was evaporated.

According to our results, the Strandzhansko dyado with a starter culture addition had an equally general acceptability degree (4.4 points), superior to the witness sample (3.8 points). The final score set on the basis of the total medium score, is compared to a scale from 0 to 20 points, displayed in table 4.

The Strandzhansko dyado with a starter culture addition had modified flavour profiles compared to the samples. The Strandzhansko dyado bulk with a *Staphylococcus carnosus* starter culture addition (4.8 points for both indicators) with a slightly picante flavour was the most appreciated from the taste and flavour viewpoints. This is followed by the Strandzhansko dyado with a starter culture addition had modified flavour profiles compared to the samples with a *Staphylococcus carnosus* combined with *Lactobacillus plantarum* (4.6). The combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici* (4.2) led to the development of a predominantly acid aroma.

Table 4. Qualitative attribute by the medium total average

Experimental Bulk Sausages	The medium total average	Qualitative attribute
SD Witness	16.03	Good
SD1	18.68	Very good
SD2	18.12	Very good
SD3	17.24	Good

According to the results displayed in Table 4, the Strandzhansko dyado bulk with a singular starter culture addition or in mixed were qualified on a scale from good to very good, the last one being given to the bulks of raw sausages with *Staphylococcus carnosus* addition and to the

bulk with a mixture of *Staphylococcus carnosus* and *Lactobacillus plantarum*.

Conclusion

The analyzed raw-dried salami had a firm and elastic texture, an adequate colour for every section, acid aroma and little noticeable ripening smell, typical characteristics for short-term ripening products. An important component for the product flavour is *the lactic acid*, obtained during the fermentation process. The sensorial analysis confirms the obtained results of physical-chemical and microbiological analyses during the stages of technological processing of the experimental bulk raw-dried sausages made with starter cultures.

REFERENCES

1. Demeyer, D. I., and L. Stahnke. Quality control of fermented meat products. In *Meat processing: Improving quality*, Cambridge, UK: Woodhead, 2002, p. 359.
2. Holzapfel, W. H., P. Haberer, R. Geisen, J. Bjorkroth, U. Schillinger. Taxonomy and important features of probiotic micro-organisms in food and nutrition. *American Journal for Clinical Nutrition*, (2001) **vol.** 73 (2), p. 365
3. Leroy, F., J. Verluyten, L. Vuyst. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, (2006), **vol.** 106, p. 270.
4. Lücke, F. K. Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*, (2000), **vol.** 56, p. 105.
5. Mottram, D. S. Flavour formation in meat and meat products: a reviews. *Food Chemistry*, (1998), **vol.** 62, (4), p. 415.
6. Olesen, P. T.; Meyer, A. S.; Stahnke, L. Generation of flavour compounds in fermented sausages – the influence of curing ingredients, *Staphylococcus* starter culture and ripening time. *Meat Science*, (2004), **vol.** 66, p. 675.
7. Patarata, L., Judas, I., Silva, J. A., Esteves, A., Martins, C. A comparison of the physico-chemical and sensory characteristics of alheira samples from different-sized producers. *Meat Science*, (2008), **vol.** 79, p. 131.
8. Pennacchia, C., D. Ercolini, G. Blaiotta, O. Pepe, G. Mauriello and F. Villani. Selection of *Lactobacillus* strains from fermented sausages for their potential use as probiotics. *Meat Science*, (2004), **vol.** 67, p. 309.

INFLUENCE OF STRUCTURING AGENTS ON THE QUALITY OF BAKERY GLUTEN-FREE FRIED PRODUCTS

Yordanka Topuzova*, Denislava Angelova**

*Medical College, Plovdiv

**Private sector consultant

E-mail: yotopuzova@abv.bg; denislava.angelova@gmail.com

ABSTRACT

The influence of structuring agents – xanthan gum, guar gum and carboxymethylcellulose, on the quality of gluten-free donuts from amaranth flour and different types of starch has been investigated. The gluten-free products with additional structuring agents possess regular shape, specific color of the crust, average porosity, good chewability without a feeling of fat, pleasant sweet taste with a specific balanced flavor and acceptable aftertaste.

Key words: *gluten-free flours, gluten-free donuts, gluten-free diet, celiac disease, amaranth flour; structuring agents*

INTRODUCTION

Celiac disease is a disease of the gastrointestinal tract. Symptoms as nausea, diarrhea, cramps, weight loss in adults and stunting in children are observed as a result of dysfunction of the intestinal system [1, 3, 4, 11, 15, 18, 21]. These symptoms are expressed in cases where patients take foods which contain gluten [1, 4, 11, 12, 15, 18]. It affects one out of 100 people worldwide [14]. Gluten is a protein component of wheat flour. It has two main fractions - gliadin and glutenin [17]. People with celiac disease are sensitive to the gliadin fraction [24].

Celiac disease can be treated only by observing a gluten-free diet, which allows the gastrointestinal tract to cope while preventing further damage to the villi [18]. Adaptation to a gluten-free diet is often challenging for celiac sufferers, because many foods contain gluten (pasta, cereals breakfast, snacks) or include gluten-containing cereals as thickeners or fillers (soups, sauces, puddings). Gluten-free food products are increasingly popular in recent years due to the large percentage of people with celiac disease and the only way for treatment – the gluten-free diet.

Fried foods are part of the diet for all ages, cultures and societies. They represent a multi-billion industry that continues to grow [20, 22]. Fried foods are widespread and accepted because

of their relatively low cost [23] and pleasant sensory qualities [16].

Fried products are characterized by a golden hue on the upper surface. They have a thin and elastic crust with very good chewability. The crumb structure is most often uneven, with large and medium-sized pores [2, 6]. The aroma and taste are specific, characteristic of the type of heat treatment - frying [2, 6].

Donuts are one of the most popular fried products. They are consumed as a main breakfast and between meals. Their main characteristics are: intensely colored red golden brown crust, typical aroma and taste, elastic crumb without signs of fat, with very good chewability [2, 6].

EXPERIMENT

Materials:

The research was carried out with commercial amaranth flour produced by "Avgeri" Ltd., Sofia. The most important physicochemical parameters are: moisture - 13.3%; pH - 4.0 °H; ash content - 2.12% dry basis; protein content (N x 5.7) % on a dry substance - 11.3.

The additional raw materials imported into the dough are:

- drinking water – BSS 2823-83 and Ordinance №9 of the Ministry of Health from 16.03.2001 for the quality of water intended for

drinking and household needs (SG. 30 / 2001) [8];

- salt – BS 3247: 1991 and (Ordinance № 23/2001) requirements for the composition and characteristics of salt for food (SG br.11/ 2001) [9];

- compressed yeast, complying with BSS - 483-90;

- yogurt, fat 2%, complying with BSS 12-82;

- dry lactose-free milk;

- sunflower oil, complying with BSS-177;

- butter, complying with TD 02-2002;

- eggs, complying with BSS 358-83;

- crystal sugar, complying with BDS 390-79; TD 002 - 2006;

- cornstarch, complying with TD 07-04;

- tapioca starch, complying with Ordinance № 8 of 16 April 2002 on the requirements for the use of food additives [7];

- baking powder, complying with Ordinance № 8 of 16 April 2002 on the requirements for the use of food additives [7];

- baking soda (E500ii) - sodium hydrogen carbonate complying with TD 10-06;

- vanilla complying with TC 17-02;

- guar gum (E412), xanthan gum (E415) and carboxymethylcellulose – complying with Ordinance № 8 of 16 April 2002 on the requirements for the use of food additives [7];

Methods:

A base formulation whose quantitative composition is given in Table 1 was used for the preparation of amaranth donut.

Table 1. Recipe for donuts

Ingredients	Quantity, %
Amaranth flour	60
Tapioca starch	20
Corn starch	15
Mod. starch 1414	5
Bread yeast	7
Salt	1.2
Yoghurt	40
Sugar	6
Baking powder	1.3
Bicarbonate of soda	0.5
Vanilla	0.01
Egg	10
Water	18.6

The donuts were prepared by the following method: the donuts dough was made by the single-phase method of kneading (the dough had

a final temperature of 28 - 30° C and matured at a relatively high temperature for this stage 32 - 35° for 1.0 – 1.5 hrs). This procedure was used in order to intensify the fermentation processes still in its initial phase. Then the dough pieces were divided and rounded. The rounded pieces matured for 15 min at room temperature and were afterwards formed and placed for final fermentation at the following parameters: 32 – 34° C for 40 – 60 min. The process of frying was at 170 – 180° C for 5 – 6 min.

Specific volume, cm³/g - the ratio of the volume to the mass of products;

Porosity – by the widely accepted method of Jacobi.

Sensory analysis:

Sensory analysis was conducted according to ISO 6658 by developing sensory profiles [10, 19].

The new products were assessed by the profile method of 12 pre-evaluators for the following indicators: appearance, color, friability (lack), crunchiness, flavor, chewability, taste, and aftertaste.

Before carrying out the assay, evaluators were prepared as required by the test procedure. Each evaluator was applied on a tasting card values characterizing the power of perception for each property.

The results were processed with classical statistical methods to determine the average and standard deviation level of significance $p \leq 0,05$ [3].

The indicators used for touch analyses were: form, color of the skin, aroma, porosity, taste, chewability, aftertaste, lack of fat feeling and the intensity indicators from 1 to 9 are as follows:

- 1 – absent;
- 2 – subtle - very bad;
- 3 – slightly perceptible - averagely bad;
- 4 – average perceptible;
- 5 – perceptible;
- 6 – average;
- 7 – average strong;
- 8 – very strong;
- 9 – exceptionally strong (excellent).

RESULTS AND DISCUSSION

The main purpose of getting donuts from amaranth flour and different starches has been to research the effects of different types of structuring agents and identify the most appropriate amount of them to achieve good taste

and technological results. The study was conducted using varying amounts of xanthan and guar gum, carboxymethyl cellulose and their complex use. The finished products were qualified by physical characteristics and by conducting sensory analysis.

The technology for the preparation of the products is described in the section Methods. The times of maturation and final fermentation of the donuts are 15 min and 60 min, respectively.

The abbreviations of the analyzed samples is as follows:

- A – control sample;
- X1 – sample with 1% xanthan gum;
- X2 – sample with 2% xanthan gum;
- G1 – sample with 1% guar gum;
- G2 – sample with 2% guar gum;
- CMC1 – sample with 1% carboxymethylcell.;
- CMC2 – sample with 1% carboxymethylcell.;
- XGCMC – sample with 0.5% xanthan gum, 0.5 % guar gum and 1% carboxymethylcellulose.

Physical characteristics of donuts with structuring agents:

Table 2 presents the results of identifying indicators (mass and volume) of donuts from amaranth flour and starches of different types and amounts of structuring agents.

The quantitative indicators of the donuts are almost constant - significant changes in the mass of the final products has not been identified. It varies in the range of 49 – 52 g. the introduction of structuring agents causes an increase in the volume of donuts. The largest volume is obtained by introducing XGCMC, respectively 75 cm³. The difference between the volumes of the control donut and those with imported XGCMC in percentage is 15.6, which is evident from the overall increase.

Table 2. Quantitative indicators of donuts

SAMPLES	Mass, g	Volume cm ³
A	49.5	63.3
X1	50.0	68.5
X2	52.0	71.8
G1	49.5	70.5
G2	51.2	73.0
CMC1	50.5	67.3
CMC2	50.0	68.1
XGCMC	49.5	75.0

The results of the research of the specific volume of the sample donuts are presented in Figure 1.

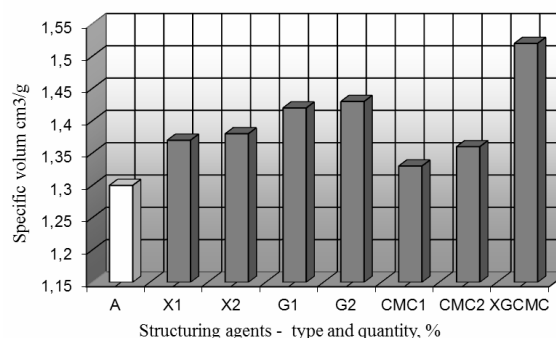


Fig. 1. Influence of structuring agents on specific volume of donuts from amaranth flour

It has been found that the specific volume index has higher values in all tested samples. The highest specific volume was obtained in the sample XGCMC, namely 1.52 cm³/g. The difference between the volume control donuts and those with XGCMC in percentage was 15.78, which clearly shows the overall increase. This indicates that the imported structure-specific substances increase the volume of the samples and the quality of the donuts improves. After statistical treatment of the data it is found that the standard deviation of the sample is ± 0.068 .

Fig. 2 shows the results of determination of porosity of donuts from amaranth flour and starches of different types and amount of structuring agents.

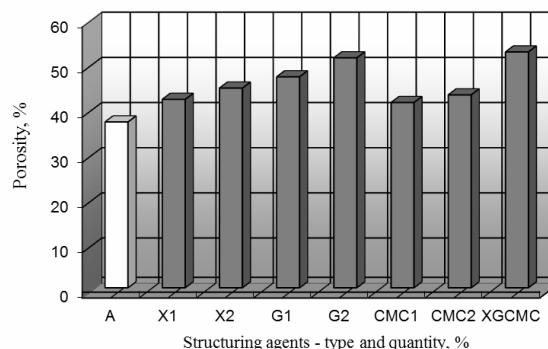


Fig. 2. Influence of structuring agents on porosity of donuts from amaranth flour

It was found that the porosity indicator has a higher values in all tested samples, the highest value was obtained again in the sample XGCMC, namely 53.5 %. The difference between porosity of the control donuts and those with XGCMC expressed as a percentage is 25.2. This indicates that the imported structuring agents increase the porosity of the samples from which it follows that the quality of the donuts improves.

Sensory characteristics of donuts from amaranth flour with structuring agents.

Following a field sensory analysis (Fig. 3), it was found that the appearance of donuts is specific, with visible light cracking in the upper crust. The color of all samples is intense. The higher quality of the samples of all types and levels of the structuring agents render an account and by the porosity index - crumb is perceived as more developed. The difference in scores between samples achieves 2 units.



Fig. 3. Sensory analysis of donuts from amaranth flour and structuring agents

The flavor characteristic of the donuts is well pronounced, typical for the taste and aroma of amaranth flour. The crumb is quite wet due to the relatively high water absorption of amaranth flour with structuring agents. By increasing the amount of structuring agents, the chewability of the donuts is improved, and the best results are obtained in the sample XGCMC. The donuts have a perceptible aftertaste and a slight feeling of fat.

The higher volume for samples with structuring agents is due in all probability to the elasticity of the dough and the better retention of gas by the amaranth dough in combination with them.

From the results of the assessment it is established that by using a combination of structuring agents (XGCMC) the disadvantages of gluten-free donuts are brought down to a satisfactory level. The addition of a combination of structuring agents causes an increase in the volume, as a result, and the specific volume of the products. Following a field sensory analysis to establish the quality of the samples with regards to porosity, the crumb is seen as more developed.

REFERENCES

1. Bratanov Br., N. Nedkova, Gluten enteropathy, Coll. "New problems in pediatrics", (1976), 9, p. 115 – 138.
2. Karadzhov GR., Technology of bakery and confectionery products, Academic Publishing UFT – Plovdiv, (2006).
3. Krastev Z., Internal diseases, Publisher: MU Sofia medicine; ISBN: 9789549971491, (2010).
4. Maleev A., 1981; Internal diseases, volume III, "Medicine and Sports", (1981).
5. Hadjikinova M. D. Hadjikinov, E. Piotrovska, Additives in food products, Academic Publishing UFT – Plovdiv, (2007).
6. Chonova V., Gr. Karadzhov, Technology of bakery and confectionery products, Academic Publishing UFT – Plovdiv, (2014)
7. Ordinance № 8 of 16 April 2002 on the requirements for the use of food additives
8. Ordinance № 9 of the Ministry of Health from 16.03.2001 for the quality of water intended for drinking and household.
9. Ordinance № 23/2001 requirements for the composition and characteristics of salt for food / SG br.11 / 2001.
10. Afifi, A. A., Azen, S. P. Statistical analysis. A Computer Oriented Approach, Academic Press, New York; (1979).
11. Ahmed, M.S. Hussein et al. Production and Evaluation of Gluten-Free Cakes, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(12): 482-491, (2012).
12. Baker P., R. Read, Oats and Barley toxicity in coeliac pasients, Postgraduate medical journal, 52, p.264-268, (1976).
13. Barthelemy J., Evaluation sensorielle, Lavoisier, Paris.I SO 8586-2:2008, Sensory analysis - General guidance for the selection, training and monitoring of assessors, (1990).
14. Ciacci C, L. Maiuri, N. Caporaso, C. Bucci, L. Del Giudice, DR. Massardo, P. Pontieri, N. Di Fonzo, SR. Bean, B. Ioerger, M. Londei, Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. Clin. Nutr. 26: p. 799-805, (2007).
15. Godara H., Internal diseases, The Washington manual of medical therapeutics, 34th Edition. ISBN:9781451191950, (2013);

16. Guallar-Castillón P, Rodríguez- F. Artaljeo, N. Formés, J. Banegas, P. Etxezarreta, E. Ardanaz, A. Barricarte, M. Chirlaque, M. Iraeta, N. Larrañaga, A. Losada, M. Mendez, C. Martínez, J. Quirós, C. Navarro, P. Jakszyn, M. Sánchez, M. Tormo, C. González., Intake of fried foods is associated with obesity in the cohort of Spanish adults from the European Prospective, Investigation into Cancer and Nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 86: 198-205, (2007).
17. Hayta M, J. Schofield, Dynamic rheological behavior of wheat gluteins during heating. *J. Sci. Food Agric.* 85: 1992-1998, (2005).
18. Hischenhuber C, R. Crevel, B. Jarry, M. Mäkis, D. Moneret-Vautrin, A. Romano, R. Troncone, R. Ward. Safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. *Aliment. Pharmacol.* (2006).
19. ISO 8586-2:2008, Sensory analysis - General guidance for the selection, training and monitoring of assessors. (standardization)
20. Innawong B, P. Mallikarjunan, J. Marcy, J. Cundiff. Pressure conditions and quality of chicken nuggets fried under gaseous nitrogen atmosphere. *J. Food Process. Preserv.* 30(2): p. 231-245, (2006)
21. Kasarda Donald D., Celiac disease: Malabsorption of nutrients induced by a toxic factor in gluten, *Baker's Digest*, 1972, 46 (6), p. 25-31.
22. MacMillian B, H. Hickley, B. Newling, M. Ramesh, B. Balcom. Magnetic resonance measurements of French fries to determine spatially resolved oil and water content. *Food Res. Int.* 41(6): p. 676-681, (2008).
23. Nawar W. The consumption of fried foods: nutritional considerations. *Ol. Corps Gras, Lipides* 5(1): p. 58-60, (1998).
24. Schober T, M. Messerschmidt, S. Bean, S. Park, E. Arendt. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chem.* 82(4): p. 394-404. 2005.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF A LOW-OCTANE COMPONENT

Anton Palichev, Yordanka Tasheva, Todor Palichev
E-mail: jtasheva_2006@abv.bg

ABSTRACT

The present paper offers an investigation of behavior of a low-octane component in different gasoline blends. The possibilities for applying the low-octane component in gasoline blends and its effect in gasoline mixtures of different chemical composition have been proved.

Key words: gasoline blends, low-octane component

INTRODUCTION

Gasoline is a refined product of petroleum consisting of a mixture of hydrocarbons, additives, and blending agents. The composition of gasoline varies widely, depending on the crude oils used, the refinery processes available, the overall balance of product demand, and the product specifications. The typical composition of gasoline hydrocarbons (% volume) is as follows: 4-8% alkanes; 2-5% alkenes; 25-40% iso-alkanes; 3-7% cycloalkanes; 1-4% cycloalkenes; and 20-50% total aromatics (0.5-2.5% benzene). Additives and blending agents are added to the hydrocarbon mixture to improve the performance and stability of gasoline. These compounds include anti-knock agents, anti-oxidants, metal deactivators, lead scavengers, anti-rust agents, anti-icing agents, upper-cylinder lubricants, detergents, and dyes. At the end of the production process, finished gasoline typically contains more than 150 separate compounds although as many as 1,000 compounds have been identified in some blends [1-3].

The properties of commercial gasoline are influenced by the original crude oil, the refinement processes and the presence of additives, which are added for the purpose of improving the performance and reducing to emissions of automobile vehicles.

The aim of this investigation is to study a low-octane gasoline component in different gasoline blends and its effect.

EXPERIMENTAL

All chemicals used were of analytical reagent grade (AR) and of the highest purity degree available.

Gasoline is usually defined by government regulation, where properties and test specifications are clearly defined.

We prepared eight gasoline blends with known octane number about 92. 0. The chemical composition of the probes is given in Table 1.

Table 1. Chemical composition of probes

№ probes	Content, % v/v			
	CR	CCFR	alkylate	MTBE
1 probe 1	28	58	12	1
2 probe 2	27	58	12	1
3 probe 3	26	58	12	1
4 probe 4	25	58	12	1
5 probe 5	30	56	12	1
6 probe 6	30	56	12	1
7 probe 7	29	56	12	2
8 probe 8	29	56	12	2

The data in Table 1 showed mainly that the component content was the following: gasoline fraction from catalytic reforming /CR/, gasoline fraction from catalytic cracking /CCFR/, alkylate and MTBE. In each mixture from 1 to 4 % (v/v) low octane gasoline component was added.

Distillated characteristics were measured by a standard method: A 100 mL sample was placed in a round bottom flask and heated at a rate specified for samples with its vapor pressure characteristics. Temperatures were recorded when the first drop was collected (initial boiling point), at recorded volumes of 5 mL, 10 mL, every subsequent 10mL interval to 90 mL, 95 mL and at the end of the test (end point). For gasoline samples, the temperatures associated

with each incremental volume percentage recovered were converted to temperatures for each incremental volume percentage evaporated by correcting for any sample loss during the test.

Density was measured by standard method BSS EN ISO 3675, too.

Read pressure standard methods was: The chilled sample cup of the automatic vapor pressure instrument is filled with chilled sample and was coupled to the instrument inlet fitting. The sample was then automatically forced from the sample chamber to the expansion chamber where it was held until thermal equilibrium at 37.8°C (100°F) was reached. In this process the sample expanded to five times its volume (4:1 vapor to liquid ratio). The vapor pressure was measured by a pressure transducer. The measured vapor pressure was automatically converted to a pressure by Reid value by the instrument. A correction to this value was necessary to account for the observed bias between the test result and that obtained by BSS EN 12.

Gum content was measured as follows: A measured quantity of fuel was evaporated under controlled conditions of temperature and flow of air or steam. For aviation gasoline and aviation turbine fuel, the resulting residue was weighed and reported as milligrams per 100 mL. For motor gasoline, the residue was weighed before and after extracting with heptane and the results reported as milligrams per 100 mL.

Standard method for corrosion: A polished copper strip was immersed in a given quantity of sample and heated at a temperature (50° C) and for a time (3 hours) characteristic of the material being tested. At the end of this period the copper strip was removed, washed, and compared with the BSS EN ISO 2160 copper strip corrosion standards.

Lead content, sulfur content and octane number were measured by standard methods in SGS-Bulgaria Ltd.

RESULTS AND DISCUSSION

The following tables give the physicochemical properties of the investigated gasoline blends.

Table 2. Physicochemical properties of gasoline probe 1

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.5
-MON	83.5
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.752
3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	22.0
-to 100 °C, % v/v	43.0
-to 150 °C, % v/v	79.5
-end point, °C	203
-residue, % v/v	1.8
4.Reid pressure, kPa	58.4
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	8
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1 a

Table 3. Physico chemical properties of gasoline probe 2

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.5
-MON	83.3
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.750
3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	43.0
-to 150 °C, % v/v	56.0
-end point, °C	86.0
-residue, % v/v	199.0
	1.8
4.Reid pressure, kPa	62.3
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	8
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corossion, bal	1a

Table 4. Physicochemical properties of gasoline probe 3

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.3
-MON	83.1
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.748

3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	39.5
-to 150 °C, % v/v	55.0
-end point, °C	84.0
-residue, % v/v	197
	1.8
4.Reid pressure, κPa	64.2
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	7
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1a

Table 5. Physicochemical properties of gasoline probe 4

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.2
-MON	83.1
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.745
3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	46.0
-to 150 °C, % v/v	58.0
-end point, °C	86.0
-residue, % v/v	195
	1.8
4.Reid pressure, κPa	62.1
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	6
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1a

Table 6. Physicochemical properties of gasoline probe 5

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.2
-MON	83.1
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.745
3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	44.0
-to 150 °C, % v/v	56.0
-end point, °C	87.0
-residue, % v/v	195
	1.8
4.Reid pressure, κPa	62.1
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	6
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1A

Table 7. Physicochemical properties of gasoline probe 6

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.2
-MON	83.1
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.748
3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	45.0
-to 150 °C, % v/v	53.0
-end point, °C	86.0
-residue, % v/v	195
	1.8
4.Reid pressure, κPa	62.1
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	6
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1A

Table 8. Physicochemical properties of gasoline probe 7

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.2
-MON	83.1
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.745
3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	47.0
-to 150 °C, % v/v	59.0
-end point, °C	87.0
-residue, % v/v	195
	1.8
4.Reid pressure, κPa	62.1
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	6
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1A

Table 9. Physicochemical properties of gasoline probe 8

Parameters	Value
1. Octane number	
-RON	92.2
-MON	83.1
2. Density at 15 °C, g/cm ³	0.751

3. Distillated characteristics	
-to 70 °C, % v/v	
-to 100 °C, % v/v	43.0
-to 150 °C, % v/v	55.0
-end point, °C	87.0
-residue, % v/v	195
	1.8
4.Reid pressure, kPa	62.1
5.Lead content, g/dm ³	<0.005
6.Sulfur content, mg/kg	6
7.Gum content, mg/100 cm ³	neal
8.Corrosion, bal	1A

As can be seen, the low-octane component effected the distillation characteristics and density mainly. It did not effect the octane number of gasoline blends.

The data in the tables show that low-octane component did not affect under other basic physicochemical characteristics of gasoline blends and their components.

It has been proved that using a low-octane component from 1 to 4 % (v/v) in gasoline blends, gasoline blends can be obtained which comply with the standards and requirements of Bulgaria and the EU. The low-octane component can be used in manufacturing of commodity gasoline blends.

REFERENCES

1. Dobrev D., D. Stratiev, P. Petkov, G. Argirov, Fluid catalytic cracking feed pretreatment a way for production of ultra clean fuels, *International Petroleum Conference, Bratislava*, September 25th – 26th, 2007, p.184.
2. Marafi A., Al-Hindi A., Stanislaus A., In Practical Advances in Petroleum Processing, *Fuel Processing Technology*, 2007, № 88, p. 905.
3. Palichev A., PhD thesis, 2015.

Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас
ГОДИШНИК, Т. XLV , КНИГА 1, 2016
ТЕХНИЧЕСКИ И ПРИРОДНИ НАУКИ

Assen Zlatarov University
ANNUAL, VOL. XLV, BOOK 1, 2016
TECHNICAL AND NATURAL SCIENCES

Редакционна колегия:
проф. д-рн Маргарита Терзиева (главен редактор)
проф. д-рн Любомир Влаев
доц. д-р Пенка Пеева
гл. ас. Иван Соколов

Технически сътрудник:
инж. Илиана Ишмериева

Дизайн и оформление:
Издателство “ЛИБРА СКОРП”
www.meridian27.com

Печатни коли: 5.5
Формат: 60/84/8

ISSN 1312-1359

Издание на:
УНИВЕРСИТЕТ “ПРОФ. Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ”
www.btu.bg

Бургас, 2016

ISSN 1312-1359



9 771312 135001