

ISSN 0130-7061

Index 76127

მეცნიერება და ტექნოლოგია

სამეცნიერო ჟურნალი

SCIENCE AND TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC MAGAZINE

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№1(714)-2013



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ
2014

УЧРЕДИТЕЛИ:

Национальная академия наук Грузии
Грузинский технический университет
Инженерная академия Грузии
Академия сельскохозяйственных наук Грузии
Грузинское общество истории наук

CONSTITUENTS:

Georgian National Academy of Sciences
Georgian Technical University
Georgian Engineering Academy
Georgian Academy of Agricultural Sciences
Georgian Society for the History of Science

სარელაციო პოლებია:

ა. ფრანგიშვილი (თავმჯდომარე), ი. გორგიძე (თავმჯდომარის მთადგილე), შ. ნაჭყბია (თავმჯდომარის მთადგილე), რ. ჩიქოვანი (თავმჯდომარის მთადგილე), გ. აბდუშელიშვილი, ძ. აბშილაძე, გ. არაბიძე, რ. არველაძე, რ. ბაბაიანი (რუსეთი), ნ. ბადათურია, თ. ბაციკაძე, გ. ბიბილევიშვილი, კ. ბურგოვი (რუსეთი), გ. გავარდაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ზ. გეღვინძე, თ. გელაშვილი, ალ. გრიგორიშვილი, ლ. გურგენიძე ბ. გუსევი (რუსეთი), ი. ელიშავთვი (აშშ), ს. ვასილევი (რუსეთი), ნ. ვახანია (მექსიკა), მ. ზგუროვსკი (უკრაინა), ო. ზუმბურიძე, ჰ. ზუნგალი (ავსტრია), დ. თაგხელიძე, ა. თოფხიშვილი, ზ. კაგულია, კ. კვარაცხელია, გ. კვესიტაძე, ლ. კლიმიაშვილი, ფ. კრიადო (ესპანეთი), მ. კუხაღლევიშვილი, რ. ლაპაროვი (აშშ), ჯ. ლაიტმანი (აშშ), ზ. ლომისაძე, ნ. მახვილაძე, დეკანოზი ლ. მათევიშვილი, მ. მაცაბერიძე, კ. მარკვავავი (რუსეთი), ჰ. მელაძე, ე. მექმარიაშვილი, გ. მიქაელიშვილი, თ. ნათოშვილი, ო. ნამითევიშვილი, დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ს. პეტროვი (იტალია), რ. ქინევიჩიუხევა (ლიბერვა), ი. ქორდანია, კ. ჭავჭავაძე (რუსეთი), ვ. რიჩი (იტალია), მ. სალუქვაძე, ფ. სიარლე (საფრანგეთი), რ. სტურუში, თ. სულაბერიძე, ფ. უნგარი (ავსტრია), ა. ფაშაევი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, ა. ჩხეიძე, გ. ცინცაძე, თ. ცინცაძე, ნ. წერეთელი, ზ. ჯაგორდიშვილი, გ. ჯავახაძე, მიტროპოლიტი ა. ჯაფარიძე, გ. ჯერებაშვილი, მ. ჯიბლაძე, ჯ. ჯულიანი (იტალია)

EDITIOAN BOARD:

A. Prangishvili (chairman), I. Gorgidze (vice-chairman), Sh. Nachkebia (vice-chairman), R. Chikovani (vice-chairman), G. Abdushelishvili, A. Abshilava, G. Arabidze, R. Arveladze, R. Babaian (Russia), N. Bagaturia, T. Batsikadze, G. Bibileishvili, V. Burkov (Russia), A. Chkheidze, P. Ciarlet (France), I. Elishakov (USA), Z. Gasitashvili, G. Gavardashvili, Z. Gedenidze, O. Gelashvili, G. Giugiaro (Italy), Al. Grigolishvili, D. Gurgenidze, B. Gusev (Russia), T. Jagodnishvili, Metropolitan A. Japaridze, G. Javakhadze, G. Jerenashvili, M. Jibladze, Z. Kakulia, N. Kavlashvili, G. Khubuluri, L. Klimiashvili, F. Kriado (Spain), M. Kukhaleishvili, V. Kvaratskhelia, G. Kvesitadze, J. Laitman (USA), R. Lazarov (USA), Z. Lomsadze, N. Makhviladze, Archpriest L. Mateshvili, M. Matsaberidze, V. Matveev (Russia), E. Medzmariaшvili, H. Meladze, G. Miqashvili, O. Namicheishvili, O. Natishvili, D. Novikov (Russia), A. Pashaev (Azerbaijan), S. Pedrolo (Italy), P. Ricci (Italy), M. Salukvadze, R. Sturua, T. Sulaberidze, H. Sunkel (Austria), D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, G. Tsintsadze, T. Tsintsadze, N. Tzereteli, Z. Tzveraidze, F. Unger (Austria), N. Vakhania (Mexico), S. Vasilev (Russia), M. Zgurovski (Ukraine), R. Zhinevichius (Lithuania), I. Zhordania, V. Zhukovski (Russia), O. Zumburidze

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Прангишвили (председатель), И. Горгидзе, (зам. председателя), Ш. Начкебия (зам. председателя), Р. Чиковани (зам. председателя), Г. Абдушишвили, А. Абшилава, Г. Арабидзе, Р. Арвеладзе, Р. Бабаян (Россия), Н. Багатуриа, Т. Бацикадзе, Г. Бибилиешвили, В. Бурков (Россия), С. Васильев (Россия), Т. Вахания (Мексика), Г. Гавардашвили, З. Гаситашвили, З. Геденидзе, О. Гелашвили, Ал. Григолишвили, Д. Гургенидзе, Б. Гусев (Россия), Г. Джавахадзе, Т. Джагоднишвили, Митрополит А. Джапаридзе, Г. Джеренашвили, М. Джибладзе, Дж. Джуджаро (Италия), И. Елишаков (США), Р. Жиневичус (Литва), И. Жордания, В. Жуковский (Россия), М. Згуровский (Украина), О. Зумбуридзе, Х. Зункел (Австрия), Н. Кавлашвили, З. Какулия, В. Кварацхелия, Г. Квеситадзе, Л. Климиашвили, Ф. Криадо (Испания), М. Кухалеишвили, Р. Лазаров (США), Дж. Лайтман (США), З. Ломсадзе, В. Матвеев (Россия), Протоиерей Л. Матешвили, Н. Махвиладзе, М. Мацаберидзе, Э. Медзмариашвили, Г. Меладзе, Г. Микиашвили, О. Намичешвили, О. Натишвили, Д. Новиков (Россия), С. Педроло (Италия), З. Ричи (Италия), М. Салуквадзе, Ф. Сиарле (Франция), Р. Стурза, Т. Сулаберидзе, Д. Тавхелидзе, А. Топчишвили, Ф. Унгер (Австрия), А. Фашаев (Азербайджан), Г. Хубулури, З. Цвераидзе, Н. Церетели, Г. Цинцадзе, Т. Цинцадзе, А. Чхеидзе

შინაარსი

მეცნიერება

გ. კოპალეიშვილი, ი. ბედინაშვილი, ე. მისაბიშვილი, ქ. პავლოვიჩი. ინფორმაციული მსარებლების მეცნიერებისა და განათლების განვითარების ხელშემყობები ვაქტორი	9
--	---

ზოზიპა

გ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე. ატომის გირთვის კლასტერული მოდელი	15
ა. გერასიმოვი. მოლექულურ-კომენციური თეორიის ზოზიპარი საჭმალები	23

ეკოლოგია

გ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე, გ. ვარშალომიძე, ი. შარაბიძე. შავი ზღვის ეკოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემები	39
---	----

გოტანიპა

რ. ქვაჩაკიძე, კ. იაშადაშვილი. თბილისის ეროვნული პარკის ტყეების გეოგრაფიკური მიმოხილვა	46
--	----

მექანიკა

თ. იამანიძე, მ. ლოსაბერიძე, მ. თუთბერიძე. ბზარის ფარმოქმნის და გავრცელების მიმართულების დაგენერაციული კლდოვანი ქანის დინამიკური დატვირთვისას	52
---	----

მართალიათშენებლობა

ბ. კორძაძე, რ. დემეტრაშვილი. ტურბოჩაბერვიანი დიზენის ძრავას სასიმაღლო კირობებში მუშაობის ექსპრიმენტული და თერმოდინამიკური კვლევები	56
---	----

ელექტრომართანათმშენებლობა

ა. რიკრიკაძე. დიდჩარული და ელექტროუსაფრთხო ელექტრომართანი ხელსაწყოების დაკრიტიკების კონცეცია	65
ა. რიკრიკაძე, ა. შერმაზანაშვილი. უნივერსალური გენერალურებრობენერატორი	71
ზ. ნოზაძე, ა. რიკრიკაძე, ა. შერმაზანაშვილი, ა. სულაძე. ელექტროძრავა-ბორბალი სატრანსპორტო საშუალებებისათვის	77

გიომექანიკა

კ. მოისწრაფიშვილი, ა. ეგოიანი. ვერტიკალურად მდგრმი ადამიანის ფონესორობის გიომექანიკური პრიცენტები	83
ა. ეგოიანი, კ. მოისწრაფიშვილი. სხვადასხვა პოზიციაში მდგრმი ადამიანის ფონესორობის გიომექანიკური ანალიზი	88

სამთო საშხვა

რ. ენაგელი, მ. ქიტოშვილი. დალექვის პროცესის ოპტიმალური მართვის სისტემა 94

სატრანსპორტო მაშავეომშენებლობა

გ. შარაშენიძე, გ. უსანეთაშვილი, ს. შარაშენიძე. ძრავიანი ვაგონის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის ამძრავი კვანძის პინემატიკური პარამეტრების მათემატიკური ანალიზი 99

გ. უსანეთაშვილი. დიზელმატარებლის ძრავიანი ვაგონის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის სინოეზის ამოცანის ბადაწყვეტა 105

რპინიგზის ფრანსპორტი

ა. კაკაბაძე, ბ. დიდებაშვილი, ტ. კოტრიკაძე. თანამედროვე მძლავრი რპინიგზის ტექნიკური სადგურის დაპროექტება საქართველოს პირობებში 110

არტიტექტურა

ნ. ახვლედიანი. საქართველოს გალნეოლოგიური კურორტების ძალაშომშენებლობითი ბანკითარების ძირითადი პრინციპები 113

კვების მრეწველობა

გ. ღვალაძე, გ. ჩაჩუა, ღ. ღვალაძე. იმერული ზაფრანის (TAGETES PATULA L.) ყვავილებისაგან ყვითელი ვერის მცველეული საღვავების მიღების ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება 120

სპორტი

მ. მნათობიშვილი, კ. ხევდელიძე, ღ. ყარანგოზაშვილი. სწავლების დაწყებით საფეხურზე სპოლები მოსავალეთა ხელის ძალის განვითარების ზოგადი მაჩვენებლები 125
ღ. ყარანგოზაშვილი, მ. მნათობიშვილი. მოცურავეთა მომზადება მოკლე დისტანციაზე 129

CONTENTS

SCIENCE

M. Kopaleishvili, I. Bedinashvili, E. Misabishvili, E. Pawlowich. INFORMATION SUPPORT, AS A FACTOR, CONTRIBUTING TO THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION	9
--	---

PHYSICS

M. Jibladze, T. Batsikadze. CLASTER MODEL OF THE NUCLEAR KERNEL	15
A. Gerasimov. PHYSICAL BASES OF MOLEKULAR-POTENCIAL THEORY	23

ECOLOGY

M. Jibladze, T. Batsikadze, G. Varshalomidze, I. Sharabidze. ECOLOGICAL AND ENERGY PROBLEMS OF BLACK SEA	39
--	----

BOTANY

R. Kvachakidze, K. Iashaghhashvili. THE GEOBOTANICAL REVIEW OF THE FORESTS OF TBILISI NATIONAL PARK	46
---	----

MECHANICS

T. Iamanidze, M. Losaberidze, M. Tutberidze. ESTABLISHMENT OF FRACTURE INITIATION AND DIRECTION OF PROPAGATION IN ROCK UNDER DYNAMIC LOADING	52
--	----

MECHANICAL ENGINEERING

B. Kordzadze, R. Demetrašvili. EXPERIMENTAL AND THERMO-DYNAMIC RESEARCHES OF THE DIESEL ENGINES WITH TURBO-SUPERCHARGING IN HIGH ALTITUDE CONDITIONS ACCORDING	56
---	----

ELECTRIC MECHANICAL ENGINEERING

A. Rikrikadze. THE CONCEPTION OF HIGH-SPEED AND ELECTRICALLY SAFE ELECTROMECHANICAL DEVICES DESIGNS.....	65
A. Rikrikadze, A. Shermazanashvili. MULTIPLE-PURPOSE PETROL ELECTRIC GENERATOR	71
†A. Nozadze, A. Rikrikadze, A. Shermazanashvili, A. Suladze. ELECTRIC MOTOR-WHEEL FOR TRANSPORT MEANS	77

BIOMECHANICS

K. Moistsrapishvili, A. Egoyan. BIOMECHANICAL PRINCIPLES OF EQUILIBRIUM OF THE UPRIGHT STANDING HUMAN BODY	83
--	----

A. Egoyan, K. Moistsrapishvili. BIOMECHANICAL ANALYSIS OF EQUILIBRIUM OF THE HUMAN BODY STANDING IN DIFFERENT POSITIONS	88
MINING	
R. Enageli, M. Qitoshvili. OPTIMAL MANAGING SYSTEM OF SETTLING PROCESS	94
TRANSPORT MECHANICAL ENGINEERING	
G. Sharashenidze, G. Usanetashvili, S. Sharashenidze. MATHEMATICAL ANALYSIS OF OUTGOING KINEMATIC PARAMETERS OF DRIVING KNOT OF IMPROVED HAND-BRAKE OF MOTOR-CAR	99
G. Usanetashvili. WORK OUT A PROBLEM OF IMPROVED HAND-BRAKE SYNTHESIS OF A DIESEL TRAIN MOTOR CAR	105
RAILWAY TRANSPORT	
A. Kakabadze, B. Didebashvili, T. Kotrikadze. PLANNING OF MODERN HIGH-CAPACITY REILWAY TECHNICAL STATIONS IN CONDITIONS OF GEORGIA	110
ARCHITECTURE	
N. Akhvlediani. THE MAIN PRINCIPLES FOR URBAN DEVELOPMENT OF BALNEOLOGICAL HEALTH RESORTS OF GEORGIA	113
FOOD INDUSTRY	
G. Ghvaladze, G. Chachua, D. Ghvaladze. DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES IN ORDER TO RECEIVE OF VEGETABLE PAINT OF YELLOW COLOR FROM IMERETIAN SAFFRON (TAGETES PATULA L.)	120
SPORT	
M. Mnatobishvili, K. Khvedelidze, D. Karangozashvili. GENERAL CHARACTERISTICS OF HAND POWER AMONG PUPILS IN THEIR FIRST YEARS AT SCHOOL	125
D. Karangozashvili, M. Mnatobishvili. PREPARATIONS OF SPORTSMEN IN SHORT COURSE SWIMMING	129

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

- М. Копалеишвили, И. Бединашвили, Е. Мисабишили, Е. Павлович.** ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА, КАК ФАКТОР, СПОСОБСТВУЮЩИЙ РАЗВИТИЮ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ 9

ФИЗИКА

- М. Джигладзе, Т. Бацикадзе.** КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМНОГО ЯДРА 15
А. Герасимов. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ 23

ЭКОЛОГИЯ

- М. Джигладзе, Т. Бацикадзе, Г. Варшаломидзе, И. Шарабидзе.** ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ 39

БОТАНИКА

- Р. Квачакидзе, К. Яшагашвили.** ГЕОБОТАНИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛЕСОВ ТБИЛИССКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА 46

МЕХАНИКА

- Т. Яманидзе, М. Лосаберидзе, М. Тутберидзе.** УСТАНОВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИН В СКАЛИСТЫХ ПОРОДАХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ 52

МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Б. Кордзадзе, Р. Деметрашвили.** ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ТУРБОНАДДУВОМ В ВЫСОТНЫХ УСЛОВИЯХ 56

ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЕ

- А. Рикриадзе.** КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ 65
А. Рикриадзе, А. Шермазанашвили. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ БЕНЗОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР 71
†**А. Нозадзе, А. Рикриадзе, А. Шермазанашвили, А. Суладзе.** ЭЛЕКТРОМОТОР-КОЛЕСО ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 77

БИОМЕХАНИКА

- К. Моисцрапишвили, А. Егоян.** БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАВНОВЕСИЯ ПРЯМОСТОЯЩЕГО ЧЕЛОВЕКА 83

А. Егоян, К. Моисцрапишвили. БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАВНОВЕСИЯ СТОЯЩЕГО В РАЗЛИЧНЫХ ПОЗИЦИЯХ ЧЕЛОВЕКА	88
ГОРНОЕ ДЕЛО	
Р. Энагели, М. Китошвили. СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОСАДКИ	94
ТРАНСПОРТНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ	
Г. Шарашенидзе, Г. Усанеташвили, С. Шарашенидзе. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО УЗЛА УЛУЧШЕННОГО РУЧНОГО ТОРМОЗА МОТОРНОГО ВАГОНА ДИЗЕЛЬПОЕЗДА	99
Г. Усанеташвили. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА УЛУЧШЕННОГО РУЧНОГО ТОРМОЗА МОТОРНОГО ВАГОНА ДИЗЕЛЬПОЕЗДА	105
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ	
А. Какабадзе, Б. Диебашвили, Т. Котригадзе. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОЩНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ГРУЗИИ	110
АРХИТЕКТУРА	
Н. Ахвledиани. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИХ КУРОРТОВ ГРУЗИИ	113
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	
Г. Гваладзе, Г. Чачуа, Д. Гваладзе. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ ЖЕЛТОГО ЦВЕТА ИЗ ИМЕРЕТИНСКОГО ШАФРАНА (TAGETES PATULA L.)	120
СПОРТ	
М. Мнатобишвили, К. Хведелидзе, Д. Карапозашвили. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ РУЧНОЙ СИЛЫ УЧЕНИКОВ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ В ШКОЛАХ	125
Д. Карапозашвили, М. Мнатобишвили. ПОДГОТОВКА ПЛОВЦОВ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ	129

**ინფორმაციული მხარდაჭერა, როგორც მეცნიერებისა და განათლების
ბანკითარების ხელშემწყობი ზაქტორი**

მ. კოპალეიშვილი, ი. ბედინაშვილი, ე. მისაბიშვილი, ე. პავლოვიჩი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინსტიტუტი ტექნიფორმი)

ამჟამად საქართველოში რეგისტრირებული 300-მდე დასახელების სამეცნიერო და სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალების, სამეცნიერო შრომათა კრებულების და სხვა სამეცნიერო პერიოდული გამოცემების მნიშვნელოვანი ნაწილი პრაქტიკულად უცნობი და მიუწვდომელია დაინტერესებული პირებისთვის. ამის მიზეზი სხვადასხვაა: საქართველოში აღარ არსებობს სამეცნიერო და ტექნიკური ლიტერატურის სპეციალიზებული მაღაზია, პრეს-სააგენტოების მიერ პასიურად მიმდინარეობს სამეცნიერო-პრიორული გამოცემების ხელმოწერით გაგრცელება და, რაც მთავარია, არ ხდება ამ გამოცემების სავალდებულო წესით ეროვნულ ბიბლიოთეკაში თავმოყრა. ბოლო წლებში საქართველოს სამეცნიერო-პრიორული გამოცემების ნაწილი განთავსებულია ინტერნეტ-სივრცეში, ზოგიერთი მათგანი გამოდის მხოლოდ ელექტრონული გამოცემის სახით. ეს საშუალებას იძლევა, რომ ქვეყნის მეცნიერული მიღწევები ხელმისაწვდომი გახდეს მსოფლიოს სამეცნიერო საზოგადოებისათვის.

საქართველოს ბეჭდური და ელექტრონული სამეცნიერო-პრიორული გამოცემების რაოდენობა ბოლო ათი წლის განმავლობაში სისტემატიკურად იცვლება, ზოგიერთი მათგანი რამდენიმე ნომრის გამოცემის შემდეგ წყვეტს არსებობას, ზოგიერთი გამოცემა სერიული ნომრის გარეშე. კვლება ეს ფაქტი ასახავს ქვეყანაში სამეცნიერო საქმიანობის სფეროში არსებულ სიტუაციას და პრიორიტეტული ცოდნის სფეროების ჩამოყალიბების პროცესს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ტექნიკისა და მეცნიერების ინფორმაციის ინსტიტუტი (ტექნიფორმი) გამოსცემს ორგოვან ქართულ რეგისტრულ ჟურნალს, რომელშიც თავმოყრილია საქართველოში გამოცემული სამეცნიერო-ტექნიკური პუბლიკაციების რეფერატები ქართულ და ინგლისურ ენებზე.

რეფერატული ჟურნალი მნიშვნელოვნად აიოლებს ინფორმაციის წყაროების მოძიებას, შერჩევას და სისტემატიზაციას, ენობრივი ბარიერების გადალახვის ხარჯზე უზრუნველყოფს სამეცნიერო კომუნიკაციის დაჩქარებას, ამავდროულად ხელს უწყობს მეცნიერის საავტორო უფლებების დაცვას, ფართო სამეცნიერო საზოგადოების მიერ მის აღიარებას.

რეფერატულ ჟურნალში განთავსებული საინფორმაციო დოკუმენტი – რეფერატი ზუსტად გადმოსცემს სამუშაოს შინაარსს, მოიცავს ძირითად, ფაქტობრივ მონაცემებსა და შედეგებს. იგი მომხმარებელს შესაძლებლობას აძლევს შეაფასოს ამ მონაცემების საჭიროება და განსაზღვროს პირველწეროს გაცნობის აუცილებლობა.

სამეცნიერო რეფერატულ გამოცემებში თავს იყრის უახლესი სამეცნიერო მიღწევები, რომელიც გამოქვეყნებულია სამეცნიერო-პრიორულ გამოცემებში, წიგნებასა და მონოგრაფიებში, დოსერტაციებში; განხილულია სამეცნიერო კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებზე და სხვა ბეჭდურ თუ ელექტრონულ სამეცნიერო შრომებში. ამდენად, რეფერატული ჟურნალი ასახავს ქვეყნის მეცნიერებისა და განათლების განვითარების დონეს, სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების მასშტაბებს დარგების მიხედვით და სხვ. გარდა ამისა, იგი დიდ როლს ასრულებს უახლესი სამეცნიერო მიღწევების გავრცელებაში.

დღეისათვის მსოფლიოში დიდი რაოდენობით გამოიცემა მრავალდარგობრივი ან სპეციალიზებული რეფერატული ჟურნალები. რეფერირების სამსახურში ჩართულია მნიშვნელოვანი საინფორმაციო ცენტრები, დარგობრივი სამეცნიერო საზოგადოებები, მძლავრი სასწავლო-სამეცნიერო ორგანიზაციები და ა.შ. მაგალითად, ერთ-ერთ ცნობილ რეფერატულ ჟურნალში „Chemical Abstracts”, რომელსაც 1907 წლიდან გამოსცემს აშშ-ის ქიმიური საზოგადოების (American Chemical Society) რეფერირების სამსახური, გადამუშავდება მსოფლიოს 27 ქვეყანაში 50 ენაზე გამოცემული დაახლოებით 8000 ჟურნალი, დისერტაციები, კონფერენციების მასალები, ტექნიკური ანგარიშები, ახალი წიგნები.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში რეფერატული ჟურნალის გამოცემა დაიწყო 1952 წლიდან. ამ მიზნით შეიქმნა სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის საკავშირო ინსტიტუტი (ВИНИТИ), რომელიც ყოველწლიურად გამოსცემდა 21 დასახელების 200-მდე თემატურ რეფერატულ ჟურნალს, რისთვისაც გადამუშავდებოდა მსოფლიოს 130 ქვეყანაში 66 ენაზე გამოცემული მილიონზე მეტი დასახელების ნაშრომი. ამით სსრ კავშირის მეცნიერებისათვის ხელმისაწვდომი ხდებოდა მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის სამეცნიერო ინფორმაცია ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერების, მედიცინისა და ტექნიკის სფეროებში. ამავდროულად გადამუშავდებოდა ასევე ყოფილ საბჭოთა კავშირში დაბჭედილი კველა მნიშვნელოვანი პუბლიკაცია.

ВИНИТИ-ს გამოცემები გამოდიოდა რუსულ ენაზე პირველწყაროს ენის მითითებით. მიუხედავად იმისა, რომ საბჭოთა კავშირში შემავალ თითქმის ყველა რესპუბლიკაში, მათ შორის საქართველოშიც, იყო შექმნილი სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის ცენტრები, რეფერატულ ჟურნალს გამოსცემდა მხოლოდ ВИНИТИ. ამისათვის იყი აღჭურვილი იყო მმღავრი საგამომცემლო ბაზით, დარგობრივი კვალიფიციური რეფერენტების და მთარგმნელების მრავალრიცხოვანი პერსონალით, აგრეთვე უმდიდრესი პირველადი სამეცნიერო ლიტერატურის ფონდით. დაინტერესების შემთხვევაში ამ ფონდიდან შესაძლებელი იყო პირველწყაროს მიღება ორიგინალის ენაზე.

საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, 1990-იანი წლების დასაწყისიდან მოხდა წლების განმავლობაში ჩამოყალიბებული ინფორმაციული სისტემის გადაწყობა, სამეცნიერო ლიტერატურით ცენტრალიზებული მომარაგება მოიშალა. იმის გამო, რომ ძირითადი სამეცნიერო ჟურნალების, სპეციალიზებული ლიტერატურის, სამეცნიერო-კვლევითი, საცდელ-საკონსტრუქტორო სამუშაოების ძირითადი ბაზა, თარგმანების, პატენტების, დისერტაციების, გამოგონებებისა და სხვა ფონდები ცენტრალიზებულ მართვას ექვემდებარებოდა და განლაგებული იყო რუსეთში, ისინი მიუწვდომელი აღმოჩნდა პოსტსაბჭოთა სივრცის რესპუბლიკების მეცნიერთათვის. უცხოეთში გამოცემული ლიტერატურის შემოტანა გაძნელებული იყო იმ ქვეყნებისათვის, რომლებსაც დამოუკიდებლობა ახალი მოპოვებული ჰქონდათ. აქ გარკვეული როლი შეასრულა ენობრივმა ბარიერმაც, რადგან ყოფილ საბჭოთა სივრცეში სამეცნიერო და ტექნიკური ლიტერატურით სარგებლობის ძირითად საურთიერთო ენას რუსული წარმოადგენდა. დამოუკიდებელ ქვეყნებში, მათ შორის საქართველოშიც, საჭირო გახდა ახალი რეალობის შესაბამისი ეროვნული საინფორმაციო სისტემის ჩამოყალიბება, რაც ჯერ კიდევ მიმდინარეობს.

ამჟამად ქართველ მეცნიერთა პუბლიკაციები სხვადასხვა უცხოურ საერთაშორისო ჟურნალებშიც ქვეყნდება. საქართველოში გამოცემულ რამდენიმე ინგლისურნოვან ჟურნალში იბეჭდება ავტორიტეტული უცხოელი სპეციალისტების პუბლიკაციები. რამდენიმე ქართული სამეცნიერო ჟურნალი იბეჭდება საზღვარგარეთ. ამ მხრივ აღსანიშნავია ანდრია რაზმაძის მათემატიკის ინსტიტუტის ჟურნალი „Georgian Mathematical Journal”, რომელიც გამოდის 1994 წლიდან, იბეჭდება გერმანიაში გამომცემლობა De Gruyter-ის მიერ ინგლისურ ენაზე. ჟურნალს მიღებული აქვს იმპაქტ ფაქტორიანი ჟურნალის სახელი და ფიგურირებს ცნობილ საერთაშორისო ჟურნალების ბაზებში.

ქართული რეფერატული ჟურნალის (ქრე) პირველი ნომერი დაიბეჭდა 2000 წელს. 2003 წლის ბოლომდე ჟურნალი გამოიცემოდა კვარტალში ერთხელ, ქართულ ენაზე. მასში შედიოდა რეფერირებული მასალების ბიბლიოგრაფიული აღწერილობა რუსულ და ინგლისურ ენებზე. 2004–2007 წლებში შექმნილი ფინანსური სიძნელეების გამო ჟურნალის გამოცემა შეწყდა. 2008

წლიდან გამოდის ელექტრონული ქრე ქართულ და ინგლისურ ენებზე 2011 წელს განახლდა ჟურნალის ბეჭდური ვერსიის გამოცემაც. იგი ელექტრონული ჟურნალის ანალოგია და იბეჭდება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში.

ქართული რეფერატული ჟურნალი პოლითექნიკური გამოცემაა. მისი თემატიკა რეპრიკებია:

ა. საზოგადოებრივი მეცნიერებები: 1. სახელმწიფო და სამართლი, იურიდიული მეცნიერებები; 2. სოციოლოგია, დემოგრაფია; 3. ეკონომიკა; 4. განათლება; 5. ინფორმატიკა; 6. სხვა საზოგადოებრივი მეცნიერებები;

ბ. საბუნებისმეტყველო და ზუსტი მეცნიერებები: 1. მათემატიკა, მექანიკა, ფიზიკა, კიბერნეტიკა; 2. ქიმია, ბიოლოგია; 3. გეოლოგია, გეოდეზია; 4. გეოგრაფია, კარტოგრაფია, ასტრონომია; 5. სხვა საბუნებისმეტყველო და ზუსტი მეცნიერებები;

გ. ტექნიკური და გამოყენებითი მეცნიერებები. ეკონომიკის დარგები: 1. ენერგეტიკა; 2. ელექტროტექნიკა, ელექტრონიკა, რადიოტექნიკა, კავშირგაბმულობა; 3. ავტომატიკა და ტელემექანიკა, გამოთვლითი ტექნიკა; 4. სამთო საქმე, მეტალურგია, ქიმიური მრეწველობა; 5. მანქანათმშენებლობა, ხელსაწყოთმშენებლობა; 6. მსუბუქი მრეწველობა; 7. კების მრეწველობა; 8. მშენებლობა, არქიტექტურა; 9. სოფლისა და სატყეო მეურნეობა, თევზის მეურნეობა; 10. წყლის მეურნეობა, მელიორაცია; 11. საგარეო და შიგა ვაჭრობა, ტურიზმი; 12. ტრანსპორტი; 13. მედიცინა, ჯანდაცვა;

დ. დარგთშორისი პრობლემები: 1. ორგანიზაცია და მართვა; 2. გარემოს დაცვა, ეკოლოგია; 3. სტატისტიკა; 4. სხვა დარგთშორისი პრობლემები.

ქრე გამოდის წელიწადში 2-ჯერ, ქართულ და ინგლისურ ენებზე, შეიცავს ავტორთა და საგნობრივ საძიებლებს. ამჟამად გამოსულია 23 ნომერი, მათგან ბოლო 11 – ელექტრონული ჟურნალის სახით.

ქართული რეფერატული ჟურნალი ასახავს საქართველოში გამოქვენებულ სამეცნიერო პუბლიკიებს, რისთვისაც გადამუშავდება საქართველოში რეგისტრირებული სამეცნიერო-პერიოდული გამოცემების მნიშვნელოვანი ნაწილი – 145 დასახელების ჟურნალები, სამეცნიერო შრომათა კრებულები, საერთაშორისო კონფერენციებისა და სიმპოზიუმების მასალები, დისერტაციები, მონოგრაფიები. დღეისათვის ჟურნალში განთავსებულია 7473 რეფერატი, რომლებიც ასე ნაწილდება:

- საზოგადოებრივი მეცნიერებები – 17,5%;
- საბუნებისმეტყველო და ზუსტი მეცნიერებები – 25,3%;
- ტექნიკური და გამოყენებითი მეცნიერებები. ეკონომიკის დარგები – 51,7%;
- დარგთშორისი პრობლემები – 5,5%.

ქრე-ში გამოქვეყნებულ რეფერატთა რაოდენობა წლების მიხედვით მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

ცხრილი 1

ქრე-ში გამოქვეყნებულ რეფერატთა რაოდენობა (2000-2013 წწ.)

წლები	რეფერატების რაოდენობა
2000	248
2001	1266
2002	1199
2003	1089
2008	353
2009	449
2010	723
2011	405
2012	903
2013	838

ქართულ რეფერატულ ჟურნალში 2000–2013 წლებში გამოქვეყნებული სამეცნიერო დოკუმენტების რაოდენობრივი ანალიზი საშუალებას იძლევა გამოვლოთ მეცნიერების ის სფეროები, რომლებსაც სამეცნიერო პუბლიკაციების მიხედვით წამყვანი ადგილი უჭირავს საქართველოს მეცნიერების სტრუქტურაში და ასახავს მეცნიერების ცალკეული დარგების განვითარების მდგრადარეობას.

ქვემოთ მოგვყავს მეცნიერების იმ დარგების ჩამონათვალი, რომლებიც ქრუმი გამოქვეყნებული რეფერატების რაოდენობის მიხედვით მოხვდა პირველ ათეულში:

ცხრილი 2

გამოქვეყნებული რეფერატების რაოდენობა ცოდნის სფეროების მიხედვით (პირველი ათეული)

№	რუბრიკის დასახელება	გამოქვეყნებული რეფერატების რაოდენობა	% საერთო რაოდენობიდან
1.	სოფლისა და სატყეო მეურნეობა; თევზის მეურნეობა	1035	13,8
2.	მედიცინა; ჯანდაცვა	980	13,1
3.	ქიმია; ბიოლოგია	810	10,8
4.	მათემატიკა; მექანიკა; ფიზიკა; კიბერნეტიკა	623	8,3
5.	ეკონომიკა	589	7,9
6.	სამთო საქმე. მეტალურგია; ქიმიური მრეწველობა	356	4,7
7.	გეოლოგია; გეოდეზია	264	3,5
8.	მშენებლობა; არქიტექტურა	243	3,2
9.	მანქანიკურებლობა; ხელსაწყოთმუშენებლობა	215	2,9
10.	ინფორმატიკა	176	2,3

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ქართულ რეფერატულ ჟურნალში გამოქვეყნებული რეფერატების რაოდენობის მიხედვით პირველ ადგილზეა სოფლის მეურნეობა, მეორეზე – მედიცინის სფერო, მესამეზე – ქიმია-ბიოლოგია.

ქრუმის საგამომცემლო ჯგუფი ცდილობს მოიცვას საქართველოში გამოცემული სამეცნიერო ჟურნალების მთლიანი მოცულობა, მაგრამ ტექნიფორმში მასალების წარდგენა ჟურნალის გამომცემელთა ნების მიხედვით ხდება და ამის გამო მაინც არის სარვეზები. ჟურნალების რეფერირებისათვის ტექინფორმში წარმოდგენილი უნდა იყოს ჟურნალის ნაბეჭდი ეგზემპლარი და სტატიების ავტორისეული რეფერატები ქართულ და ინგლისურ ენგზე ელექტრონული ფორმით. ადგილზე ხდება რეფერატების კლასიფიკაცია და რედაქტირება.

ქრუმი ასახული სამეცნიერო შრომები საფუძვლად უდევს ტექინფორმის სამეცნიერო პუბლიკაციების მონაცემთა ბაზას.

როგორც ცნობილია, სამეცნიერო პუბლიკაციების ერთიანი სახელმწიფო რეფერატული მონაცემთა ბაზა ქვეყნის სამეცნიერო პოტენციალის განსაზღვრის უზყუარი საშუალებაა. მასში უნდა მოხვდეს ყველა სამეცნიერო პუბლიკაცია, რომელიც იქმნება სამეცნიერო-კვლევით ორგანიზაციებში, გამომცემლობებში, უნივერსიტეტებში და ა.შ. ასეთი ბაზა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს საინფორმაციო ნაკადების განაწილება მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგების მიხედვით. ამ ბაზაზე დაყრდნობით განისაზღვრება კ.წ. „მეცნიერების მოწინავე ფრონტი“, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მეცნიერების მართვის, დაგეგმვის, პროგნოზირების, აგრეთვე მეცნიერების ინფორმაციული მომსახურების საქმეში. ჩვეულებრივ, მის საფუძველზე იქმნება ბეჭდური და

ელექტრონული რეფერატული ჟურნალებიც, რომლებშიც უნდა ხვდებოდეს მეცნიერული თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი პირველადი წეაროები.

ტექნიკორმის მხრიდან იყო მცდელობა სახელმწიფო გრანტის ფარგლებში შექმნილიყო ერთიანი სახელმწიფო სამეცნიერო პორტალი „საქართველოს მეცნიერება“, რომელშიც საქართველოს მეცნიერების განვითარების მდგომარეობის ამსახველ სხვა დოკუმენტთა შორის იქნებოდა სამეცნიერო პუბლიკაციების რეფერატული მონაცემთა ბაზა. ბაზაზე დაყრდნობით შესაძლებელი გახდებოდა სრულფასოვანი რეფერატული ჟურნალის შექმნა მეცნიერების დარგების მიხედვით. სამწუხაროდ, ამ პროექტის დაფინანსება არ მოხდა.

2000 წელს, როცა გამოიცა ქართული რეფერატული ჟურნალის პირველი ნომერი, ქართული სამეცნიერო პერიოდიკა ითვლიდა 4–5 ათეულ გამოცემას. პუბლიკაციათა რაოდენობამ და მრავალპროფილიანობამ განაპირობა ერთიანი, პოლიტექნიკური რეფერატული ჟურნალის გამოცემა, რაც გრძელდება დღემდე, თუმცა იყო სპეციალიზებული გამოცემებიც – ყოველწლიურად ბოლო ნომერში იძებლებოდა მხოლოდ დაცული დისერტაციების რეფერატები. 2011 წელს გამოცემული ჟურნალი №8 (ელექტრონული და ბჭყდური) თემატიკია – ასახავს მედიცინის სფეროს პუბლიკაციებს, ხოლო 2013 წლის №11 ჟურნალი კი – სოფლის მეურნეობის სფეროს პუბლიკაციებს.

ქართული რეფერატული ჟურნალის გამოცემამ შესაძლებელი გახდა შექმნილიყო საქართველოში გამომავალი სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალების ფონდი. გარდა ამისა, ტექნიკორმს აქვს მნიშვნელოვანი საინფორმაციო ფონდი, რომელიც მოიცავს:

- საქართველოში დაცული დისერტაციების ავტორეფერატებს;
- დეპონირებულ შრომებს;
- საქართველოს სამეცნიერო დაწესებულებებსა და უმაღლეს სასწავლებლებში შესრულებული და მიმდინარე სამეცნიერო სამუშაოების ანგარიშებს (პირველწლიურობებს);
- საქართველოს მეცნიერთა პუბლიკაციებს.

მომავალში გათვალისწინებულია აღნიშნული ფონდების ჩამოყალიბება მონაცემთა ბაზების სახით, რაც ხელს შეუწყობს მეცნიერების ცალკეული დარგების საინფორმაციო რესურსებით უზრუნველყოფს.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Chemical Abstracts Service - http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_Abstracts_Service
2. Science Reference Guides. Russian Abstract Journals in Science and Technology - <http://www.loc.gov/rr/scitech/SciRefGuides/russian2.html>
3. Реферативный журнал ВИНИТИ РАН и проблемы информационного обеспечения российской науки- <http://trv-science.ru/uploads/shamaev.doc>
4. Тематическая структура научных публикаций в Республике Казахстан - http://www.aselibrary.ru/digital_resources/journal/irr/2005/number_5_6/number_5_6/number_5_6322/#
5. Український Реферативний журнал «Джерело» - <http://www.ipri.kiev.ua>
6. საქართველოს სამეცნიერო-პერიოდული გამოცემების ანალიზი. სტუ-ის შიგასაგრანტო პროექტი №11-3, ანგარიში. სტუ, ტექნიკორმი, 2011.

ინფორმაციული მხარდაჭერა, როგორც მეცნიერებისა და განათლების
ბანკითარების ხელშემჭყობი ზარგოვი

ქ. კოპალეიშვილი, ი. ბედინაშვილი, ე. მისაბიშვილი, ე. პავლოვიჩი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინსტიტუტი ტექნიკურმა)

რეზიუმე: სტატიაში აღნიშნულია სამეცნიერო რეფერატების როლი უახლესი სამეცნიერო მიღწევების გავრცელების საქმეში. მოცემულია ტექნიციურმას მიერ გამოცემული ქართული რეფერატები უკრნალის ოქატური ანალიზი, განხილულია მეცნიერების ცალკეული დარგების საინფორმაციო უზრუნველყოფის საკითხები, გამოქვეყნებულ პუბლიკაციათა რეფერატების ასახვის დინამიკა. ჩამოთვლილია ტექნიციურმას არსებული საინფორმაციო ფონდები, რომელთა დანიშნულებაა მეცნიერებისა და განათლების დარგების საინფორმაციო მხარდაჭერა.

SCIENCE

**INFORMATION SUPPORT, AS A FACTOR, CONTRIBUTING TO THE DEVELOPMENT
OF SCIENCE AND EDUCATION**

М. Kopaleishvili, I. Bedinashvili, E. Misabishvili, E. Pawlowich

(Institute Techinformi of the Georgian Technical University)

Resume: There is outlined the role of scientific abstracts publications in the dissemination of the latest scientific achievements. Thematic analysis of the Georgian Abstracts Journal, published by Techinformi, information support to individual branches of science and the dynamics of highlighting of the abstracts of published editions are given. The information collections available at Techinformi, which are designated for information support of science and education are listed.

НАУКА

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА, КАК ФАКТОР, СПОСОБСТВУЮЩИЙ
РАЗВИТИЮ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

М. Копалеишвили, И. Бединашвили, Е. Мисабишишвили, Е. Павлович

(Институт Техинформи Грузинского технического университета)

Резюме: В статье обозначена роль научных реферативных изданий в распространении новейших достижений науки. Даны тематический анализ грузинского реферативного журнала, издаваемого институтом “Техинформ”, информационное обеспечение отдельных отраслей науки, динамика реферированных публикаций. Перечислены имеющиеся в Техинформе информационные фонды, предназначенные для поддержки науки и образования.

ატომის ბირთვის კლასტერული მოდელი

მ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

ატომის ბირთვი უაღრესად რთული ობიექტია, რომელიც ძლიერი ურთიერთქმედების მქონე მრავალი ნაწილაკის ქვანტურ სისტემას წარმოადგენს. ამდენად ბირთვების სრულყოფილი თეორიის შექმნა ძალზე რთულია ბირთვული ძალების ბუნების დადგენის გარეშე. ბირთვებს შორის არსებული ურთიერთქმედების ძალების ბუნებაც რომ სრულყოფილად ვიცოდეთ, პრობლემად მაინც დარჩება მრავალი სხეულის ქვანტური ამოცანის ამოხსნა. ამიტომ ნუკლონებს შორის არსებული ურთიერთქმედების ძალა ისე უნდა შეირჩეს, რომ აიხსნას ცნობილი ექსპერიმენტული შედეგები.

ატომის ბირთვის მოდელები მრავალადაა წარმოდგენილი სამეცნიერო ლიტერატურაში. ისინი ხშირად ბირთვებში ნუკლონების (პროტონებისა და ნეიტრონების) მოძრაობის ხასიათის ურთიერთსაწინააღმდეგო პოსტულატებზეა აგებული. ცნობილია პიდროდინამიკური (წვეთური), გარსული, კოლექტიური, განზოგადებული, წყვილი კორელაციის, სტატისტიკური, ოპტიკური და კლასტერული მოდელები. ეს ბირთვების ძირითადი მოდელებია, თუმცა მათს თვისებებს სრულად ვერ აღწერს.

განვიხილოთ ბირთვების კლასტერული მოდელი პროტონებისა და ნეიტრონების აგებულების ქვარკეცლ მოდელზე დაყრდნობით.

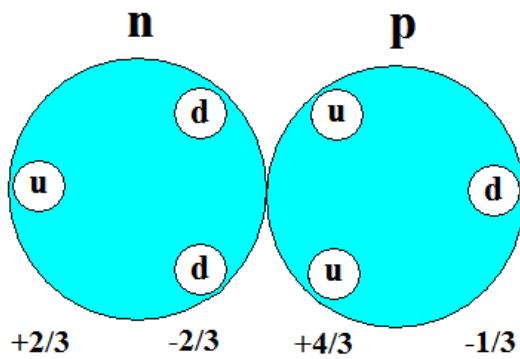
ცნობილია, რომ ქვარკეცლი მოდელის თანახმად, პროტონი შედგება ორი ა ქვარკისა და ერთი ქვარკისაგან, ხოლო ნეიტრონში კი ერთი ა ქვარკი და ორი ქვარკია. თუ ნეიტრონსა და პროტონს წარმოვიდგენთ, როგორც სწრაფად მოძრავ სამი ქვარკის სისტემას, უნდა დავუშვათ, რომ მათი ჯამური ელექტრული დიპოლური მომენტი ნულის ტოლია [1,2].

ისმება კითხვა: რატომ არ არსებობს ბუნებაში შეწყვილებული ნეიტრონი?

მიუხედავად იმისა, რომ გარკეცლი ბირთვული რეაქციების დროს დაიმზირება წყვილი ნეიტრონები, რამდენიმე წამში ხდება მათი დაშლა. სტაბილურ სისტემას კი ნეიტრონი მხოლოდ მაშინ ქმნის, როდესაც ის პროტონთან არის შეწყვილებული. თუ ნუკლონებს შორის ბირთვული მიზიდულობის ძალები არსებობს, მაშინ, ცხადია, უნდა არსებობდეს არა მარტო ნეიტრონის სტაბილური წყვილები, არამედ უფრო დიდი ნეიტრონული წარმონაქმნები. მართალია, ნეიტრონულ ვარსკვლავებში უაღრესად დიდი რაოდენობით ნეიტრონებია თავმოყრილი, მაგრამ იქ მდგრადობას გრავიტაციული ძალები განაპირობებენ.

პროტონს შეუძლია მიიერთოს ერთი ნეიტრონი (დეიტერიუმის ბირთვი) ან ორი ნეიტრონი (ტრითოუმის ბირთვი). თუმცა, ტრითოუმის ბირთვი არასტაბილურია (მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა 31 წელია), მაგრამ პროტონს მესამე ნეიტრონის მიერთების უნარი საერთოდ არა აქვს.

დაგუშვათ, რომ ძირითადი ძალა, რომელიც ნუკლონებს შორის არსებობს, კულონური ელექტროსტატიკური ძალა; მაშინ, ნეიტრონ-პროტონის წყვილის წარმოქმნის დროს პროტონის დადებითი მუხრი შექმნის ველს, რომელიც ნეიტრონის ელექტრულ პოლარიზაციას გამოიწვევს. ამრიგად, ნეიტრონში წარმოიქმნება ელექტრული დიპოლი, რომელიც ქვარკების ტრაექტორიების ცვლილებას-თანაა დაკავშირებული (ნახ. 1).



ნახ. 1. ქვარკების განაწილება ნეიტრონ-პროტონის წყვილში

ცხადია, 1-ლ ნახ-ზე მოცემულ ნუკლონებში ქვარკების განაწილების დროს ჯამური ელექტრული მიზიდულობის ძალა მაქსიმალური იქნება.

როგორც ვხედავთ, ნეიტრონ-პროტონის წყვილში ორივე ნუკლონი ელექტრულად პოლარიზებულია, ხოლო თავისუფალ მდგომარეობაში მათი დიპოლები ქრება. ამრიგად, შეიძლება დაგახსკნათ, რომ ნეიტრონში ელექტრული დიპოლის არსებობა გამოწვეულია პროტონის მიერ შექმნილი ელექტრული ველით და რადგან ეს ველი არაერთგაროვანია, ის მიზიდავს ნეიტრონს, როგორც ელექტრულ დიპოლს და, ამდენად, სავსებით უზრუნველყოფს ბირთვებს შორის ურთიერთქმედების მიზიდულობის ძალის წარმოქმნას.

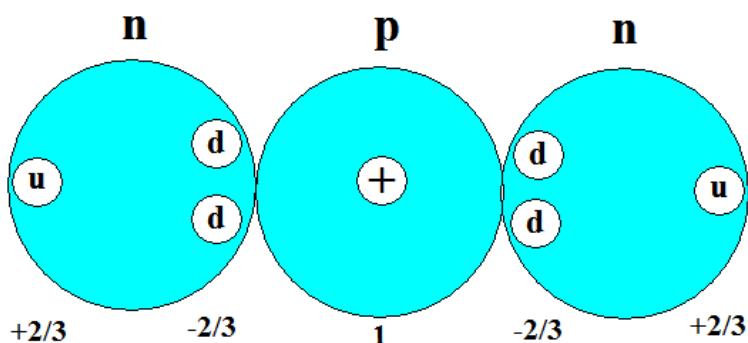
რამდენად ძლიერი შეიძლება იყოს ეს ძალა?

ნეიტრონისა და პროტონის ქვარკების ურთიერთგანლაგებიდან გამომდინარე, კულონის კანონის გამოყენებით ურთიერთმიზიდულობის ძალასთან უხეში მიახლოებით მივიღებთ სიდიდეს:

$$F \sim (0,7-0,9) ke^2/r^2, \quad (1)$$

სადაც r ნუკლონის რადიუსია, e – ელექტრონის მუხტი, k – ელექტრული მუდმივა. ბირთვის მცირე ზომების მხედველობაში მიღებით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მიზიდულობის ძალა პროტონისა და ნეიტრონის მორის ძალზე დიდია. რადგან ატომის ზომები $10^5 - 10^6$ -ჯერ აღემატება ბირთვის ზომებს, გამოდის, რომ პროტონ-ნეიტრონის შორის ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალები დაახლოებით 10^{11} -ჯერ აჭარბებს წყალბადის ატომში არსებულ ელექტრულ ძალებს. ცხადია, ორ პროტონის შორის არსებული ელექტროსტატიკური განზიდვის ძალა კიდევ უფრო დიდია და პროტონების წყვილი ბუნებაში არ არსებობს [1].

ტრიოუმის ბირთვში პროტონთან ერთად ორი ნეიტრონია, რომლებიც მათში აღმდენილი ელექტრული დიპოლების გამო ერთმანეთს დასცილდება და პროტონის სხვადასხვა მხარეს განლაგდება. მიიღება წრფივი ფორმის ბირთვი (ნახ. 2), რომელიც დამატებით ნეიტრონს აღარ მიიერთებს.

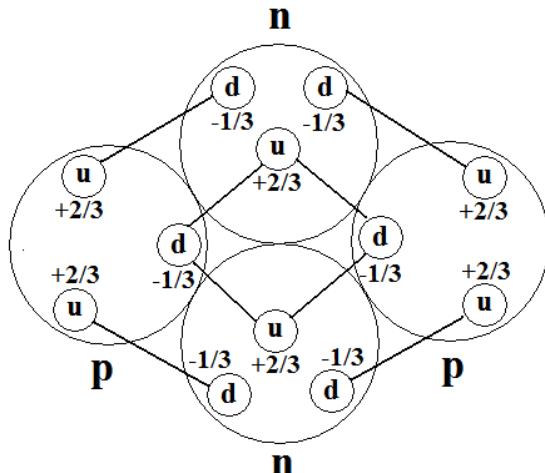


ნახ. 2. ტრიოუმის ბირთვის ქვარკული მოდელი

ელექტრული მიზიდულობის ძალა პროტონსა და ნეიტრონს შორის დაახლოებით 3-ჯერ ნაკლები აღმოჩნდება დეითერიუმის ბირთვში არსებულ მიზიდულობის ძალასთან შედარებით:

$$F \sim (0,2-0,3) ke^2/r^2. \quad (2)$$

მართალია, ტრიოუმის ბირთვი არასტაბილურია, მაგრამ თუ იგი ერთ პროტონს დაიმატებს, მიიღება უაღრესად მდგრადი და ბუნებაში მეტად გავრცელებული იზოტოპის – ჰელიუმ-4-ის (${}^4\text{He}$) ბირთვი, ანუ, α ნაწილაკი. რადგან ამ სისტემაში პროტონები ერთმანეთს განიზიდავს, სავარაუდოა, რომ α ნაწილაკს რომბის ფორმა შეიძლება ჰქონდეს (ნახ. 3).

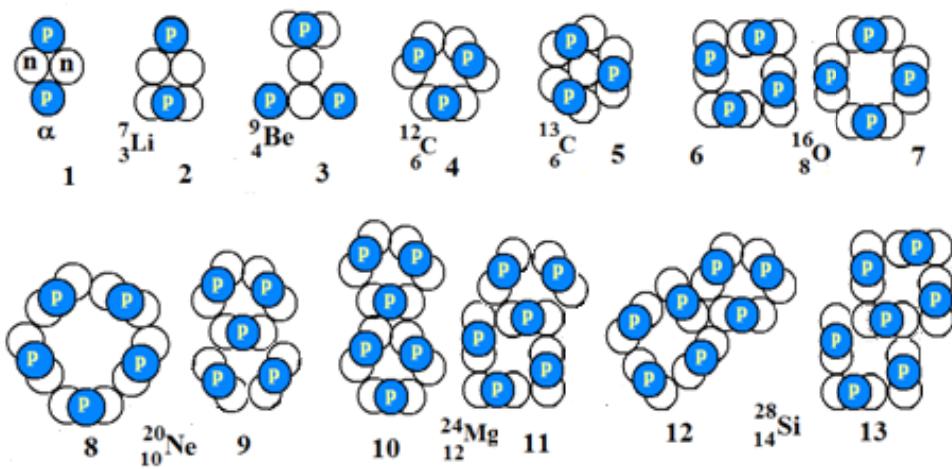


ნახ. 3. α ნაწილაკის აგებულების
ელექტროდიმოლური მოდელი

ამრიგად, მიიღება ნუკლონების საკმაოდ მდგრადი სისტემა, სადაც ნეიტრონებში აღძრული დიპოლური ელექტრული ძალები უდიდეს როლს ასრულებს. ცხადია, ნუკლონები ქვარკებში განუწყვეტლივ მოძრაობაშია, თუმცა მათ შეუძლიათ ეფექტური დიპოლური ველის შექმნა, რომელიც ორი პროტონისა და ორი ნეიტრონისაგან ისეთ შეკრულ მდგრად სისტემას ქმნის, რომ α ნაწილაკი არც ერთ სხვა ნაწილაკს, თვით ა ნაწილაკსაც კი არ იერთებს. სწორედ ამიტომ არ არსებობს ბუნებაში სტაბილური იზოტოპები 5 და 8 მასური რიცხვებით. α ნაწილაკს აქვს რომბის ფორმა (ნახ. 4, 1) და ის იმდენად მდგრადია, რომ შეუძლებელია როგორც მისი დაშლა, ისე გადაკეთება. თუმცა, α ნაწილაკს შეუძლია მიიერთოს ნეიტრონ-პროტონის წყვილი (ნეიტრონში აღძრული ელექტრული დიპოლის გამო), რის შედეგადაც მიიღება ლითიუმის მსუბუქი იზოტოპი ${}^6\text{Li}$. თუმცა ბუნებაში უფრო გავრცელებული იზოტოპის ${}^7\text{Li}$ -ის (92,5%) ბირთვში დამატებითი პროტონი ა ნაწილაკს ორი ნეიტრონით უკავშირდება (ნახ. 4, 2).

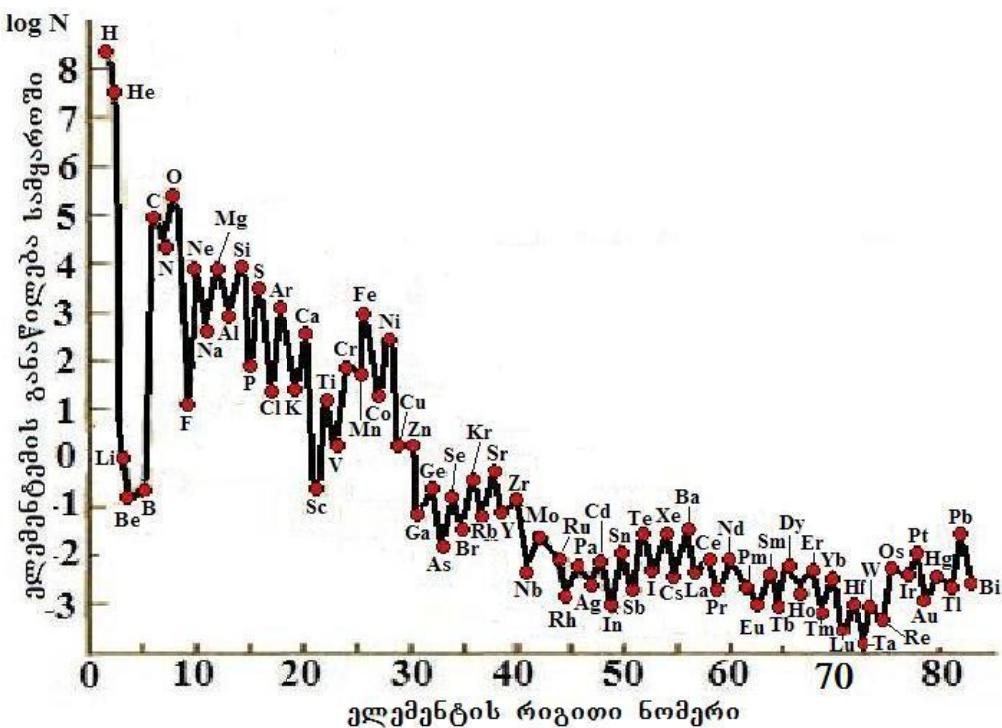
ბერილიუმის სტაბილური იზოტოპის (${}^9\text{Be}$) შესაქმნელად ორ ა ნაწილაკს შორის უნდა მოთავსდეს დამაკავშირებელი ნეიტრონები, თუმცა, ბერილიუმს მხოლოდ ერთი სტაბილური იზოტოპი აქვს (${}^9\text{Be}$, ნახ. 4, 3).

ორ ა ნაწილაკს შორის შეიძლება ერთი პროტონის მოთავსებაც და მიიღება ბორის იზოტოპი ${}^9\text{B}$, თუმცა ის ძალზე არასტაბილურია. ბორის ბირთვს სტაბილურობისათვის სჭირდება დამატებით ერთი ან ორი ნეიტრონი და მიიღება სტაბილური იზოტოპები ${}^{10}\text{B}$ (18,8 %) და ${}^{11}\text{B}$ (81,2 %).



ნახ. 4. ზოგიერთი ბირთვის კლასტერული მოდელი

აღსანიშნავია ერთი ძალზე საინტერესო გარემოება. თუ ბუნებაში ყველაზე გავრცელებული ქიმიური ელემენტები – წყალბადი (90%) და ჰელიუმი (9%) ბუნებაშივე არსებული ელემენტების 99%-ს შეადგენს, ჩვენ მიერ განხილული იზოტოპების (ლითიუმი, ბერილიუმი, ბორი) რაოდენობა ძალზე მცირეა (ნახ. 5), მიუხედავად იმისა, რომ მსუბუქი ელემენტების რაოდენობა საგრძნობლად ჭარბობს მძიმე ელემენტების რაოდენობას.



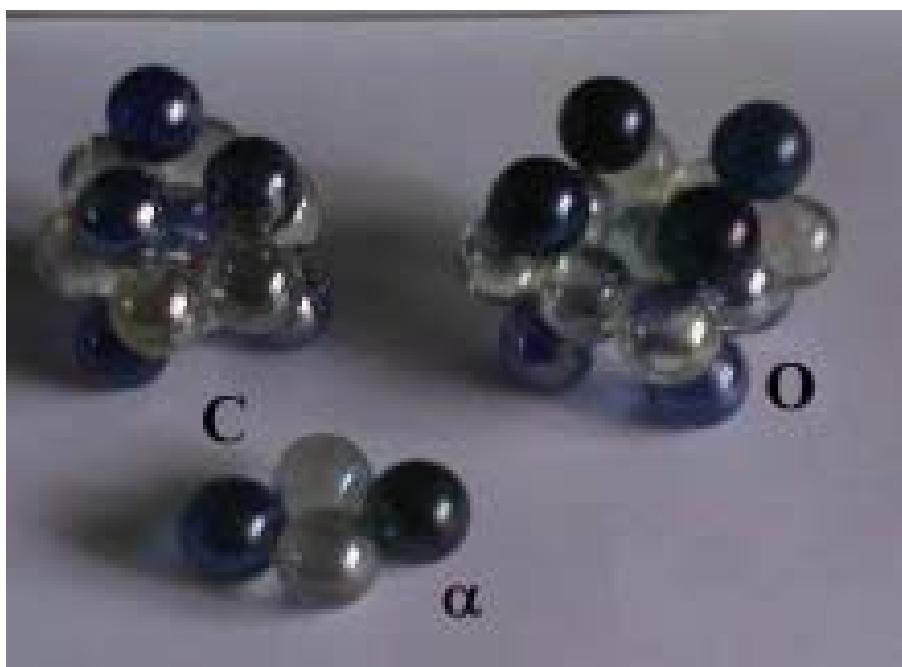
ნახ. 5. ქიმიური ელემენტების გავრცელება სამყაროში

როგორი უნდა იყოს სხვა, უფრო მძიმე ბირთვების სივრცითი სტრუქტურა?

ცხადია, ბირთვების სტრუქტურის დადგენისას ყოველთვის მხედველობაში უნდა მივიღოთ პროტონების ძლიერი ურთიერთგანზიდვა; ამდენად ა ნაწილაკები და ცალკეული პროტონები

ერთმანეთს მაქსიმალურად უნდა დასცილდნენ. თუ ბირთვი რამდენიმე ა ნაწილაკისაგან შედგება, ასეთი სტრუქტურა შეიძლება, რომ ეს ნაწილაკები ბირთვის ზედაპირზე აღმოჩნდება. ამიტომ, ნახშირბადის იზოტოპის ^{12}C ბირთვი, რომელიც ექვსი პროტონისა და ექვსი ნეიტრონისაგან შედგება (რაც სამ ა ნაწილაკს გვაძლევს), პრიზმის სტრუქტურას შექმნის, რომლის გვერდები ა ნაწილაკებია (ნახ. 4, 4). ჟანგბადის იზოტოპი ^{16}O , რომელშიც ოთხი ა ნაწილაკია, შექმნის მართკუთხა პარალელეპიდებს. მისი ფორმა ახლოსაა კუბის ფორმასთან (ნახ. 4, 6). ა ნაწილაკების, ნახშირბადისა და ჟანგბადის ბირთვების შესაძლო სივრცითი სურათი მოცემულია მე-6 ნახ-ზე.

რა თქმა უნდა, ასეთი სტრუქტურების შექმნა არ არის აღვილი. როგორც ცნობილია, ბირთვები იქმნება გარსკვლავების ცენტრალურ უბანში უაღრესად მაღალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში. სწორედ მიღიარდობით გრადუსი ტემპერატურა და წნევა ქმნის ა ნაწილაკების ნახშირბადისა და ჟანგბადის კლასტერებად გაერთიანების შესაძლებლობას.



**ნახ. 6. ${}_2\text{He}^4$, ${}_6\text{C}^{12}$ და ${}_8\text{O}^{16}$ ბირთვების სტრუქტურის
შესაძლო სივრცითი სურათი**

ადსანიშნავია, რომ ნახშირბადის კლასტერის შიგა, ცენტრალურ ნაწილში თავსდება მხოლოდ სამი ნუკლონი. დამატებითი პროტონისათვის მხოლოდ კლასტერის ცენტრია გამოყოფილი (ა ნაწილაკების ნეიტრონებით გარშემორტყმული). დამატებით ამ ნაწილში მხოლოდ ორი ნეიტრონი შევა, რომლის უშუალო სიახლოვეს ა ნაწილაკების პროტონები იქნება.

ჟანგბადის კლასტერის შიგნითაც მხოლოდ სამი ნუკლონი მოთავსდება, თუმცა ამ ოთხკუთხა კლასტერის სტრუქტურის ორი ვარიანტი გვაქვს. პირველ ვარიანტში (ნახ. 4, 6) შიგა სივრცე ნაკლებია და დამატებითი პროტონი ბირთვის უფრო მკვრივ სტრუქტურას ქმნის, ვიდრე მეორე ვარიანტშია (ნახ. 4, 7). ცხადია, უფრო ფართო კლასტერები (მაგალითად, ნახ. 4, 8-ზე ნაჩვენები ნეონის იზოტოპის ბირთვი) ბუნებაში არ არსებობს.

როგორც ვხედავთ, α ნაწილაკებით იქმნება ძალზე კომპაქტური ნახშირბადისა და ჟანგბადის კლასტერები. ამ კლასტერების „ქვედა“ და ზედა შრეებზე პროტონებია განთავსებული, შიგა შრეზე კი ნეიტრონების სარტყელია (ნახ. 5). ნუკლონების ეს განაწილება სტაბილურ და ბუნებაში ყველაზე გავრცელებულ ^{12}C (98,9%) და ^{16}O (99,76%) იზოტოპებს იძლევა. თუ ნახშირბადის კლასტერის ცენტრში დამატებით ერთი ნეიტრონი მოთავსდა, ნახშირბადის სტაბილურ, მაგრამ ნაკლებად გავრცელებულ იზოტოპს ^{13}C (1,1 %) მივიღებთ. დამატებითი ნეიტრონები, რომლებიც ამ კლასტერის შიგა ან გარე სივრცეში განთავსდება, ნახშირბადის არასტაბილურ იზოტოპებს მოგვცემს. იზოტოპი არასტაბილური იქნება, თუ ძირითად კლასტერს ნეიტრონები დააკლედება.

ანალოგიურად წარმოიქმნება ჟანგბადის კლასტერში ნეიტრონების დამატებით ჟანგბადის სტაბილური იზოტოპების ^{17}O (0,365%) და ^{18}O (0,204%) ბირთვები.

თუ ნახშირბადის ^{12}C კლასტერის შიგნით პროტონი შევიდა, მივიღებთ ახალი ელემენტის, აზოტის ბირთვს – ^{13}N , თუმცა ის არასტაბილურია. აზოტის ბირთვის სტაბილურობას კი პროტონთან ერთად განაპირობებს ერთი ან ორი ნეიტრონის დამატება, რაც ^{14}N (99,62%) და ^{15}N (0,38%) ბირთვებს ქმნის.

ცხადია, ჟანგბადის ^{16}O კლასტერის შიგნით ერთი პროტონის შესვლა ფტორის იზოტოპის ^{17}F ბირთვს შექმნის, მაგრამ იგი არასტაბილურია და 70 წმ-ში იშლება. დამატებითი ორი ნეიტრონი მას ფტორის ერთადერთ ^{19}F სტაბილურ ბირთვად გარდაქმნის.

საინტერესოა, რომ ნეონის გავრცელებულ ^{20}Ne (90%) იზოტოპს, შესაძლოა, ჰქონდეს ხუთკუთხევის ფორმა (ნახ. 4, 8), მაგრამ ამ სისტემის შიგა სივრცე იმდენად დიდია, რომ ნუკლონები მკვრივ სისტემას ვერ შექმნის. ამდენად, მოსალოდნელია, რომ ამ იზოტოპის ბირთვი ნახშირბადისა და ორი დამატებითი α ნაწილაკისაგან შედგებოდეს (ნახ. 4, 9). ამ სტრუქტურაში თითო ნეიტრონის დამატება ქმნის ^{21}Ne (0,27%) და ^{22}Ne (9,73%) სტაბილურ იზოტოპებს.

ორი კლასტერისაგან საქმაოდ საინტერესო სტრუქტურა მივიღეთ. გვაქვს ერთმანეთთან შეერთებული ნახშირბადის ორი კლასტერი, რომლებსაც საერთო გვერდი აქვს (ნახ. 4, 9) და ის მყარ სისტემას ქმნის. ამ სისტემაში პროტონისა და ნეიტრონის დამატებით ნატრიუმის ერთადერთ ^{23}Na სტაბილურ იზოტოპს მივიღებთ.

როგორც აღნიშნული იყო, კლასტერების შიგნით მხოლოდ თითო პროტონი (ცენტრში) და მაქსიმუმ ორი ნეიტრონი შეიძლება მოთავსდეს. აღმოჩნდა, რომ ნახშირბადისა და ჟანგბადის კლასტერებით (α ნაწილაკებთან ერთად) ნებისმიერი იზოტოპის ბირთვის აგება შეიძლება. ბირთვების სტრუქტურების შექმნისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ დამატებითი პროტონი მხოლოდ ნახშირბადის ან ჟანგბადის კლასტერის ცენტრში უნდა განლაგდეს. ცენტრში მოთავსებული ნეიტრონები სტაბილურ ან არასტაბილურ იზოტოპების ბირთვებს ქმნის, თუმცა, კლასტერის გარეთ განლაგებული დამატებითი ნეიტრონები მხოლოდ არასტაბილური იზოტოპების ბირთვების წყაროს წარმოადგენს. ცხადია, ნეიტრონებისთვის ადგილები კლასტერების გარშემო შემოზღუდულია და ამიტომ არასტაბილური იზოტოპების რაოდენობაც შემოსაზღვრულია. მოსალოდნელია, რომ რამდენიმე კლასტერისაგან შედგენილი ბირთვების სისტემებში მეზობელ კლასტერებს საერთო გვერდი უნდა ჰქონდეს.

კლასტერებში ნუკლონები მუდმივად რხევით მოძრაობაშია და თვით კლასტერებს ერთი ფორმიდან მეორეში გარდაქმნის უნარი შესწევს, მაგრამ ეს შესაძლებელია მოხდეს მხოლოდ ძალზე მაღალი წნევებისა და ტემპერატურის პირობებში, როგორც ვარსკვლავების გულშია. მძიმე ბირთვებში კლასტერებს სფერული ფორმის მიღება შეუძლია, რათა მაქსიმალურად მკვრივი სისტემა შეიქმნას.

ორი კლასტერით შექმნილი ბირთვის მაგალითია მაგნიუმის იზოტოპი ^{24}Mg (78,6%) (ნახ. 4, 10), რომელიც ყველაზე გავრცელებული იზოტოპია. ის ორი კლასტერისაგან შედგება და ორ შესაძლო

გარიანტს იძლევა. პირველ ვარიანტში ის ორი ნახშირბადისაგან შედგენილი სისტემაა, მაგრამ მათ საერთო ა ნაწილაკი არ აერთიანებს (ნახ. 4, 10). ამიტომ მოსალოდნელია, რომ მაგნიუმის ბირთვი ნახშირბადისა და ჟანგბადის კლასტერებისგან იყოს შედგენილი (ნახ. 4, 11).

ასევეა ორკლასტერიანი სისტემა – სილიციუმის ბირთვი ^{28}Si , თუმცა, მე-4 ნახ-ზე 13-ით გამოსახულია ბირთვის სტრუქტურა, რომელიც ჟანგბადის ორ კლასტერს შეიცავს, საერთო ა ნაწილაკი აქვს და მყარ სტრუქტურას ქმნის.

ძალზე საინტერესოა, რომ დამზერილია მძიმე ბირთვების კლასტერებად დაშლის მოვლენა [3–6]. მიუხედავად იმისა, რომ მძიმე ბირთვების კლასტერული დაშლის ალბათობა 10^6 -ჯერ ნაკლებია ა ნაწილაკების დაშლის ალბათობასთან შედარებით, დაშლის ბირთვულ რეაქციებში დამზერილია ნახშირბადის, ჟანგბადის, მაგნიუმისა და სილიციუმის კლასტერები [5, 6].

მნიშვნელოვანია, რომ რთული ბირთვების მრავალკლასტერული სტრუქტურების დასადგენად აუცილებელია კლასტერებს ერთი გვერდი მაინც პქონდეს საერთო. როგორც ვხედავთ, ბირთვები, რომლებიც მაღალი მდგრადობით გამოირჩევა (^4He , ^{12}C , ^{16}O , ^{28}Si), მხოლოდ ა ნაწილაკებისაგან შედგება.

ამრიგად, ატომის ბირთვების კლასტერულ წარმოდგენას ბირთვული ფიზიკის ზოგიერთი პრობლემის ახსნა შეუძლია და სტაბილური და არასტაბილური იზოტოპების რაოდენობას ზღუდავს. კულონური ელექტრული ძალები კი უდიდეს როლს ასრულებს ბირთვების ფორმირებასა და მათი სტაბილურობის უზრუნველყოფაში.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Джиладзе М. Кластерная модель атомного ядра // Химический журнал Грузии, т.13, №1, 2013, с. 62-69.
2. M. Jibladze. The Quark Model of the Nuclear Kernel. Proceedings of the International Conference Lie Groups, Differential Equations and Geometry, v. II, Batumi, Georgia, , June 10-22, 2013, p. 33-39.
3. G. Audi, O. Bersillon, J. Blachot and A. H. Wapstra. The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties. Nuclear Physics A 729: 3–128. DOI:10.1016/j.nuclphysa. 11.01, 2003.
4. Ивашку М., Силештиану Н. ЭЧАЯ. Т. 20, вып. 6, 1990.
5. Замятин Ю.С., Михеев В.Л., Третьякова С.П., Фурман В.И., Кадменский С.Г., Чувильский Ю.М. ЭЧАЯ. Т. 21, вып. 2, 1990.
6. S.G. Kadmensky, V.G. Kadmensky. Cluster Degrees of Freedom and Nuclear Reactions and Decays // Cluster Phenomena in Atoms and Nuclei. B.: Springer, 1992, p. 525-539.

ატომის ბირთვის კლასტერული მოდელი

მ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ატომის ბირთვის თეორიის შექმნის მცდელობა მრავალ სიმნელესთანაა დაკავშირებული, რაც ბირთვული ძალების ბუნების შესახებ არასაკმარისი ცოდნითაა გამოიწვეული. ამიტომაც სპეციალისტების მიერ ხდება ნუკლონებს შორის არსებული ურთიერთქმედების ძალების შერჩევა თეორიული მოდელების ცნობილ ექსპერიმენტულ შედეგებთან მისადაგებით.

ნაშრომში განხილულია პროტონის მიერ შექმნილი ელექტროსტატიკური ველის გავლენა ატომის ბირთვების სტრუქტურის ფორმირებაზე; ნუკლონების აგებულების ქარგულ მოდელზე დაყრდნობით მიიღება დასკვნა, რომლის მიხედვითაც პულონური ელექტრული ველები ბირთვში განაპირობებს რომბის, პრიზმისა და კუბის ფორმის მდგრადი კლასტერების არსებობას, რომლებიც პელიუმის, ნახშირბადისა და ჟანგბადის ბირთვებს შეესაბამება.

PHYSICS

CLASTER MODEL OF THE NUCLEAR KERNEL

M. Jibladze, T. Batsikadze

(Georgian technical university)

Resume: Attempt of creation of the theory of kernel meets many difficulties, because of insufficient knowledge of properties of nuclear forces. Therefore forces of interaction between nucleons should be selected by adjustment to known experimental data by means of modelling dependences.

There is considered the nuclear influence of the electrostatic field, created by protons on formation of structure of various kernels. There is shown, that on the basis of the quark model to structure of nucleons, electric fields can result steady claster to formations of the rhombic, prismatic and cubic form, kernels of helium corresponding structures, carbon and oxygen.

ФИЗИКА

КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМНОГО ЯДРА

М. Джиладзе, Т. Бацикаძе

(Грузинский технический университет)

Резюме: Попытка создания теории ядра сталкивается с многими трудностями из-за недостаточных знаний о свойствах ядерных сил. Поэтому силы взаимодействия между нуклонами приходится подбирать путем подгонки к известным экспериментальным данным с помощью модельных зависимостей.

В работе рассмотрено влияние электростатического поля, созданного протонами, на формирование структуры различных ядер. Показано, что на основе кварковой модели структуры нуклонов, электрические поля могут привести к устойчивым кластерным образованиям ромбической, призменной и кубических форм, соответствующих структурам ядер гелия, углерода и кислорода.

მოლეკულურ-აოტონოზის თეორიის ფიზიკური საჟუმპლები

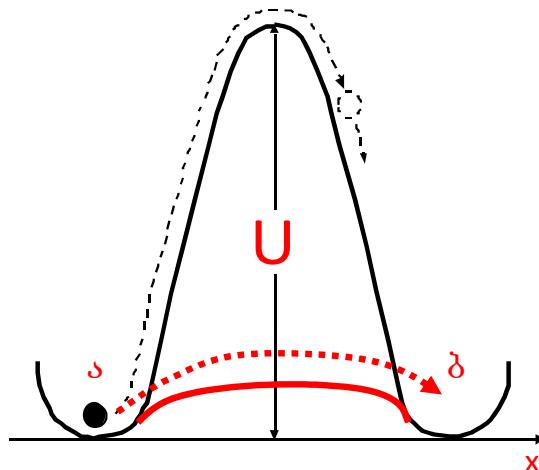
ა. გერასიმოვი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

„მეცნიერების პროგრესი ის კი არ არის, რომ არასწორი თეორია შეიცვალოს სწორით, არამედ ერთი არასწორი თეორია შეიცვალოს მეორე არასწორით, ოდონდ დაზუსტებულით”.

სტივენ პოკინგი

კონდენსირებულ გარემოში ატომის გადაადგილებასთან დაკავშირებულ ფიზიკურ მოვლენათა (პირველი გვარის ფაზური გადასვლები, დიფუზია, სიბლანტე და სხვ) აღსაწერად, დღეისათვის უმეტესად გამოიყენება მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის (მკ) წარმოდგენები, რომელთა მიხედვით, იმისათვის, რომ მოცემულმა ატომმა (მოლეკულამ) შეიცვალოს თავისი ადგილმდებარეობა, აუცილებელია მასთან წარმოქმნას სათანადო სიდიდის კინეტიკური ენერგიის ფლუქტუაცია, რომელიც საკმარისი იქნება პოტენციური ენერგიის ბარიერის გადასალახავად [1] (ნახ. 1).



ნახ. 1. ატომის მიერ პოტენციური ბარიერის გადალახვის სქემატური გამოსახულება

ბარიერის სიმაღლე განპირობებულია მოცემული ატომის მეზობელ ატომებთან ქიმიური ბმების ენერგიის სიდიდით. ამ წარმოდგენების გამოყენებით მოხდა თანამედროვე ტექნოლოგიების უდიდესი ნაწილის დამუშავება, რისი შედეგიცაა მიღებულია თანამედროვე სამეცნიერო, სამსახურო, კოსმოსური მანქანა-დანადგარები და გამოთვლითი ტექნიკა. მიუხედავად უდიდესი მიღწევებისა, ბოლო 40 წლის კვლევების შედეგად აღმოჩნდა ატომების გადაადგილებასთან დაკავშირებული ახალი ცდისეული ფაქტები, რომლებსაც მკთ ვერ სხის [2]. სრულიად გამოუსადეგარია იგი დაბალ ტემპერატურებზე მიმდინარე პროცესების აღსაწერად, კერძოდ, სტიმულირებული დაბალტემპერატურული დიფუზიის და ნახევარგამტარებული კრიოგენულ ტემპერატურებზე შექმნილი რადიაციული დეფექტების მოძრაობისა და ურთიერთქმედების ასახსნელად. ეს იმიტომ ხდება, რომ ამ თეორიის მიხედვით, მოცემული ატომის ადგილმდებარეობის შეცვლის ალბათობა

$$W \sim \exp(-U/KT) \quad (1)$$

(სადაც U არის ბარიერის სიმაღლე, T – აბსოლუტური ტემპერატურა, K – ბოლცმანის მუდმივა) ტემპერატურის შემცირებით ძალზე სწრაფად მცირდება და ოთახის ტემპერატურაზე დაბალ ტემპერატურაზე უკვე ნულს უახლოვდება, რაც იმას ნიშნავს, რომ ატომები ადგილმდებარეობას არ უნდა იცვლიდნენ, ექსპერიმენტის დროს კი მათი გადაადგილება დაიმზირება [3]. ამრიგად, მკონგრესი გამოიყენება მაღალ $T > 0.3T_{\text{დ}} \cdot \text{ტემპერატურები}$ ($T_{\text{დ}} = \text{ნივთიერების დონის } \text{ტემპერატურა$). გარდა ამისა, მისი გამოყენება მაღალი ტემპერატურის არეზი ზოგიერთი ფიზიკური მოვლენის აღწერისას გადაუქრელ პრობლემებს აწყდება, ამჟღავნებს შინაგან წინააღმდეგობებს [1] და ამის გამო თვისებრივადაც ვერ ხსნის ბევრ ისეთ ექსპერიმენტულ ფაქტს [2], როგორიცაა, მაგალითად:

1. მყარი სხეულის გაფათოება სინათლის მოქმედებით ტემპერატურის მომატების გარეშე;

2. პირველი გვარის ფაზური გადასვლების მიკროსკოპული მექანიზმი;

3. ნივთიერებების მყარ მდგომარეობაში სხვადასხვა ატომის დიფუზიის კოეფიციენტების მნიშვნელობების ერთმანეთისაგან ძალზე დიდი (რამდენიმე რიგით) განსხვავება, ხოლო თხევად მდგომარეობაში ყველანაირი ატომის დიფუზიის კოეფიციენტების მნიშვნელობების ერთმანეთისაგან მცირე განსხვავება (ცხრილი 1);

4. მყარი სხეულის დარბილება ტემპერატურის მომატების გარეშე სინათლის, ელექტრული დენის, მაგნიტური ან ელექტრული ელის მოქმედების დროს;

ცხრილი 1

დნობის ტემპერატურაზე ელემენტთა თვითდიფუზიის კოეფიციენტები D [სმ $^2/\text{წმ}]$ მყარ და თხევად მდგომარეობებში

N ^o	ელემენტი	დნობის ტემპერატურა T, K	დიფუზიის კოეფიციენტი მყ. მდგ.-ში	დიფუზიის კოეფიციენტი თხ. მდგ.-ში
1	Li	454	$9,4 \times 10^{-8}$	$6,6 \times 10^{-5}$
2	Na	371	$2,4 \times 10^{-7}$	$3,6 \times 10^{-5}$
3	Cu	1356	$5,4 \times 10^{-8}$	$2,6 \times 10^{-5}$
4	Ag	1234	$5,2 \times 10^{-9}$	$2,4 \times 10^{-5}$
5	Au	1336	$5,4 \times 10^{-9}$	$2,1 \times 10^{-5}$
6	Mg	923	$2,6 \times 10^{-8}$	6×10^{-5}
7	Al	933	$1,6 \times 10^{-7}$	$7,2 \times 10^{-5}$
8	Cd	594	6×10^{-9}	$1,8 \times 10^{-5}$
9	Tl	577	$1,2 \times 10^{-9}$	$1,6 \times 10^{-5}$
10	Sn	505	$3,4 \times 10^{-11}$	$6,3 \times 10^{-5}$
11	In	430	$9,5 \times 10^{-10}$	$1,6 \times 10^{-5}$
12	Pb	600	$3,6 \times 10^{-10}$	$4,6 \times 10^{-5}$
13	Si	1683	$5,6 \times 10^{-12}$	$1,9 \times 10^{-4}$
14	Ge	1210	$1,1 \times 10^{-12}$	$1,7 \times 10^{-4}$
15	Sb	904	$1,9 \times 10^{-10}$	$3,8 \times 10^{-5}$
16	Te	723	6×10^{-11}	$3,1 \times 10^{-5}$
17	Fe	1803	2×10^{-7}	$2,7 \times 10^{-5}$
18	Co	1765	$1,4 \times 10^{-9}$	4×10^{-5}

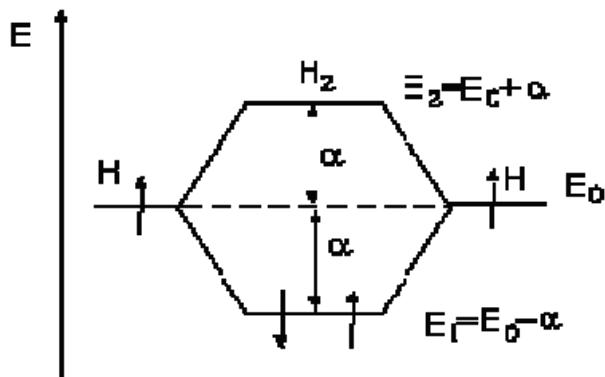
5. ნივთიერების აირადიდან მყარ მდგომარეობაში გადასვლა განათების დროს;

6. მაღალ ტემპერატურაზე ქიმიური ელემენტების ორთქლში ატომთა კომპლექსების წარმოქმნა და სხვ.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებულია კონდენსირებულ გარემოში ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარეობის შეცვლის ახალი წარმოდგენები, რომელიც ხსნის დღეისათვის დამზერილ ყველა ექსპერიმენტულ ფაქტს როგორც მაღალ, ისე დაბალ ტემპერატურებზე [2]. ახალი წარმოდგენების მიხედვით, კონდენსირებულ გარემოში ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარეობის შეცვლისათვის საჭიროა მოცემული ატომის ქიმიურ ბმებში მონაწილე ელექტრონების კვანტური მდგომარეობის ისეთი ცვლილება, რომელიც შეამცირებს ქიმიური პრინციპების ენერგიას, ე.ი. პოტენციური ენერგიის ბარიერის სიმაღლეს იმდენად, რომ მოცემულ ტემპერატურაზე შესაძლებელი გახდეს ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარეობის შეცვლა (ნახ. 1). ამ ახალ წარმოდგენებზე აგებულ თეორიას ჩვენ პირობითად ვუწოდეთ მოლეკულურ-პოტენციური თეორია (მპთ), რომლის მიხედვით კონდენსირებულ გარემოში ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარეობის შეცვლისათვის უნდა შემცირდეს მისი პოტენციური ენერგია, განსხვავებით მოლეკულურ-კინეტიკური თეორია (მკთ), რომელიც საჭიროებს მოცემულ ატომთან კინეტიკური ენერგიის გაზრდას. ახალი თეორიის ადსაწერად აუცილებელია გავიხსენოთ, რომ კონდენსირებულ გარემოში ქიმიურ ბმებში მონაწილე ელექტრონები შეიძლება იმყოფებოდეს ორ განსხვავებულ კვანტურ მდგომარეობაში: დამაკავშირებელში, როცა ისინი ზრდიან ქიმიური ბმების ენერგიას და ანტიდამაკავშირებელში, როცა ისინი ამცირებენ ამ ენერგიას. ეს შედეგი გამომდინარეობს კონდენსირებულ გარემოში ელექტრონების ენერგეტიკული მდგომარეობის აღმწერი ზონური თეორიიდან, რომელიც მიიღება ძლიერად ბმული ელექტრონის მიახლოებაში გამოთვლებისათვის ატომური ორბიტალების წრფივი კომბინაციის მეთოდის გამოყენებით [4]. ამ შემთხვევაში მყარ სხეულს მიიჩნევენ მრავალი ატომისაგან შემდგარ დიდ მოლეკულად, ამიტომ, უფრო დიდი სიცხადისათვის, უპრიანია პირველ რიგში განვიხილოთ ახალი ენერგეტიკული მდგომარეობების წარმოქმნის საკითხი მოლეკულების შექმნის შემთხვევისათვის. აღნიშნული მიღომის გამოყენება ორატომიანი წყალბადის მოლეკულის წარმოქმნის შემთხვევაში [4] მოლეკულაში ელექტრონების ენერგიისათვის იძლევა ორ მნიშვნელობას $E = E_0 \pm \alpha$ (ნახ. 2), სადაც E_0 არის წყალბადის თავისუფალი ატომის ელექტრონის ენერგია, ხოლო α – ე.წ. კოგალენტური ბმის ენერგია. მოლეკულის შემადგენელი ატომების ელექტრონების კვანტურ მდგომარეობათა რიცხვი არ იცვლება, ხდება მათი ენერგეტიკულად განცალკევება, ანუ, როგორც ამბობენ, გახლება. ეს დონეები უკვე ორივე ატომის სისტემას ეკუთვნის და ამიტომ მათ მოლეკულური დონეები ეწოდებათ. დაბალი ენერგიის ქქონე ენერგეტიკულ დონეს უწოდებენ დამაკავშირებელ ენერგეტიკულ დონეს, რადგან მასზე მყოფ ელექტრონებს უფრო დაბალი ენერგია აქვს, ვიდრე თავისუფალ ატომში და ისინი ქმნიან ქიმიურ ბმას. მაღალი ენერგიის ქქონე დონეს უწოდებენ ანტიდამაკავშირებელ დონეს, რადგან მასზე მყოფი ელექტრონები ბმას ამცირებს. წყალბადის ატომების ორივე ელექტრონი, ენერგიის მინიმუმისა და პაულის პრინციპის თანახმად, დაიკავებს ქვედა დონეს, რის გამოც წყალბადის ერთად აღებულ ორ ატომს უფრო ნაკლები ენერგია აქვს, ვიდრე ცალ-ცალკე თავისუფალ მდგომარეობაში მყოფ ატომებს. ამის შედეგად წარმოიქმნება მოლეკულა. ამიტომ ბუნებაში წყალბადი ჩვეულებრივ მხოლოდ მოლეკულურ H_2 მდგომარეობაში არსებობს. He -ის შემთხვევაში ატომების მიახლოების შედეგად მიიღება იგივე დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი ენერგეტიკული დონეები, რაც წყალბადის ატომებისათვისაა დამახასიათებელი და, რადგან He -ის ატომს ორი ელექტრონი აქვს, ორი ატომის ოთხი ელექტრონი უნდა განლაგდეს მიღებულ დონეებზე (ნახ. 3, a). ამის შედეგად დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე ორ-ორი ელექტრონი აღმოჩნდება. შემცირებულ ენერგიას, რომელსაც დამაკავშირებელ დონეზე მყოფი ელექტრონები იძლევა, აბათილებს ანტიდამაკავშირებელ დონეზე მყოფი ელექტრონები და He_2 მოლეკულა ვერ წარმოიქმნება. მართლაც, ბუნებაში ეს მოლეკულა ჩვეულებრივ არ არსებობს. მაგრამ არსებობს He_2^+ მოლეკულა, რადგან He_2^+ აქვს სამი ელექტრონი, რომელთაგან ორი დამაკავშირებელ და ერთი ანტიდამაკავშირებელ დონეზე იმყოფება (ნახ. 3, b), შესაბამისად ხდება ენერგიის შემცირება. საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ ბუნებაში არსებობს უარყოფითად დამუხტული He_2^- მოლეკულა. მისი არსებობა აიხსნება ამ მოლეკულის ხუთი ელექტრონის შემდეგნაირი განაწი-

ლებით (ნახ. 3, გ): ორ-ორი ელექტრონი განლაგდება $n = 1$ დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე, მეხუთე კი აგზნებული $n = 2$ დონის გახლებით მიღებულ დამაკავშირებელ დონეზე (ნახ. 3, გ). შედეგად, დამაკავშირებელ დონეებზე იმყოფება სამი, ხოლო ანტიდამაკავშირებელზე ორი ელექტრონი, ამიტომ He_2^- ბუნებაში, მართალია მცირე ნის განმავლობაში, მაგრამ მაინც არსებობს.

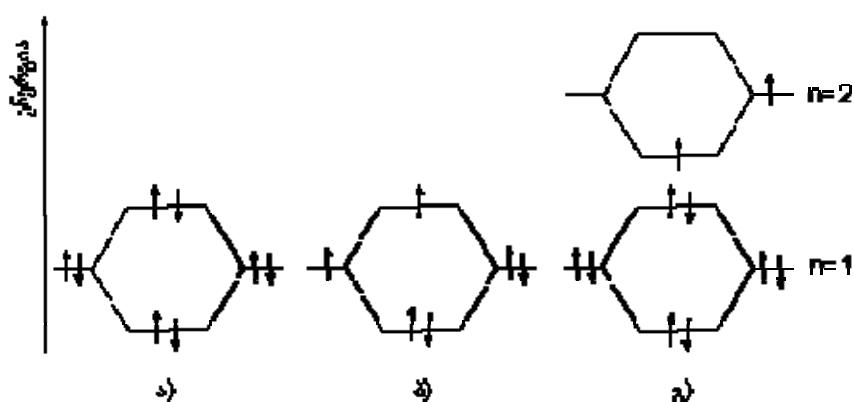
მოცემული შედეგი სამართლიანია სხვადასხვა ვალენტობის მქონე ყველა ორატომიანი მოლეკულისათვის [4] და ამიტომ დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე მყოფი ელექტრონების რაოდენობის სხვაობა განსაზღვრავს ატომებს შორის ქიმიური ბმის ენერგიის სიდიდეს. რაც ნაკლებია ეს სხვაობა, მით ნაკლებია ბმის ენერგია, ხოლო როცა სხვაობა ნულის ტოლია, ე.ი. ორივე დონეზე ელექტრონების რიცხვი ერთნაირია, ქიმიური ბმა ატომებს შორის აღარ არსებობს. ასე რომ, H_2 -ის დასაშლელად საჭიროა ერთი ელექტრონი გადაყვანილ იქნეს არადამაკავშირებელ დონეზე ტემპერატურის, სინათლის, რადიაციის ან კიდევ სხვა რაიმე ზემოქმედებით.



ნახ. 2. წყალბადის მოლეკულის (H_2) წარმოქმნის ენერგეტიკული დიაგრამა.

E_0 – წყალბადის ატომში (H) ელექტრონის ენერგეტიკული დონე. E_1 და E_2 – წყალბადის მოლეკულის (H_2) დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი დონეები.

α – კოვალენტური ბმის ენერგია

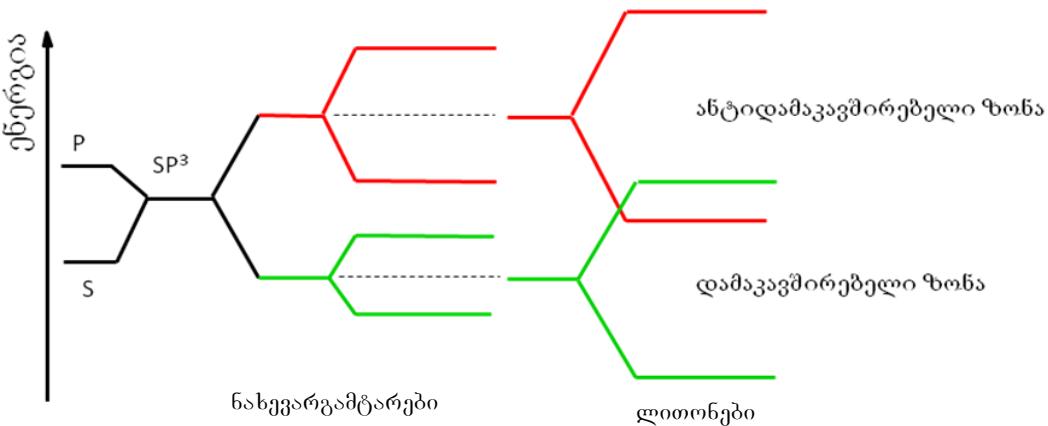


ნახ. 3. ელექტრონების განაწილება დამაკავშირებელ და

ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე მოლეკულებში:

δ – ჰიპოთეზურ He_2^- -ში; δ – He_2^{+} -ში; γ – He_2^- -ში.

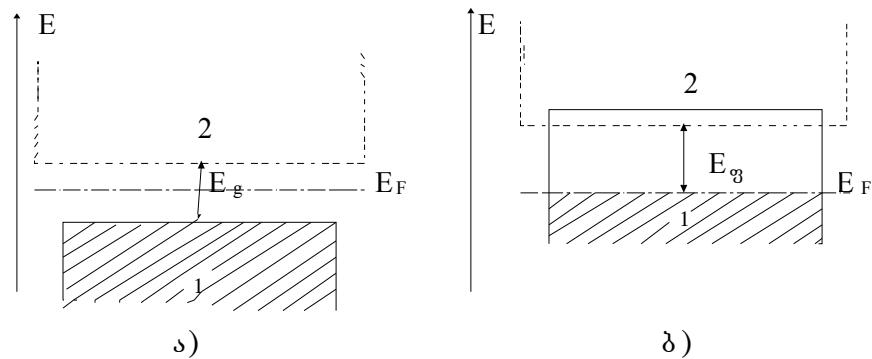
მრავალი ატომის დაახლოების, ანუ მყარი სხეულის შექმნის დროს მათი ენერგეტიკული დონეები ერთიანდება ეწ. ზონებად [4], რომლებიც ორატომიანი მოლეკულების მდგომარეობის ანალიზისათვის განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ დონეების ერთ დამაკავშირებელ და ერთ ანტიდამაკავშირებელ მდგომარეობებად გახლების ნაცვლად ატომების დონეები გაიხლიერდა ზონებად (ნახ. 4).



ნახ. 4. ატომების დაახლოებისას ჰიბრიდიზებული ორბიტალების წარმოქმნა,
მათი დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ ორბიტალებად გახლება და მათგან
სათანადო დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელი ზონების წარმოქმნა

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტრონული ზონური სტრუქტურით აღიწერება ასევე მყარი სხეულების ნადნობების ელექტრონული მდგომარეობები [2]. ნახევარგამტარებსა და დიელექტრიკებში დამაკავშირებელი (ანუ ვალენტური) და ანტიდამაკავშირებელი (ანუ გამტარობის) ზონები ერთმანეთისგან გამოყოფილია აკრძალული ზონით, ხოლო ლითონებში ისინი გადაფარულია. სინათლის, ტემპერატურის და სხვ. საშუალებით ელექტრონის გადასვლა დამაკავშირებელი ზონიდან ანტიდამაკავშირებელ ზონაში (გარდა იმისა, რომ ნახევარგამტარებსა და დიელექტრიკებში ზრდის გამტარობას) ასევე იწვევს ქიმიური ბმის შემცირებას, რადგან ელექტრონი ხდება ანტიდამაკავშირებელი, ხოლო დამაკავშირებელ ზონაში ელექტრონების რიცხვი მცირდება და ჩნდება ხვრელი. ამ დროს წარმოქმნილი კვაზინაწილაკები ანტიდამაკავშირებელი კვაზინაწილაკებია, რომლებიც იწვევს ყველა იმ ატომის ქიმიური ბმის შემცირებას, რომლებთანაც ისინი მოხვდებიან თავიანთი ქაოსური მოძრაობის დროს.* ნახევარგამტარებისაგან განსხვავებით, რომლებშიც ქიმიური ბმის შესუსტება გამტარობაში მონაწილე ელექტრონებისა და ხვრელების საშუალებით ხდება, ლითონებში, ზონების შეუვსებლობის გამო, გამტარობაში მონაწილე ელექტრონები დაბალ ტემპერატურაზე იმავე ზონაში რჩება და ლითონის ქიმიური ბმის ცვლილებაზე თითქმის არ რეაგირებს. ტემპერატურის მომატებით ხდება მათი გადასვლა იმავე დამაკავშირებელი ზონის უფრო მაღლა მდებარე დონეებზე, რაც არ მოქმედებს გამტარობის ცვლილებაზე, მაგრამ იწვევს ქიმიური ბმის შემცირებას. ქიმიური ბმა ძლიერ მცირდება, როცა ელექტრონები დამაკავშირებელი ზონიდან გადადის ანტიდამაკავშირებელ ზონაში. ამ შემთხვევაში, ელექტრონების გადასვლა უნდა მოხდეს ფერმის დონის ქვემოთ არსებული დონეებიდან. მაშინ ენერგეტიკული მანძილი ფერმის დონიდან ანტიდამაკავშირებელი ზონის ქვედა კიდემდე არის ის მანძილი, რომელიც საჭიროა გადალახოს ელექტრონმა, რომ მოხვდეს ანტიდამაკავშირებელ ზონაში. აქედან გამომდინარე, ამ ენერგეტიკულ მანძილს შეიძლება ვუწოდოთ ფსევდოკრძალული ზონა (ნახ. 5).

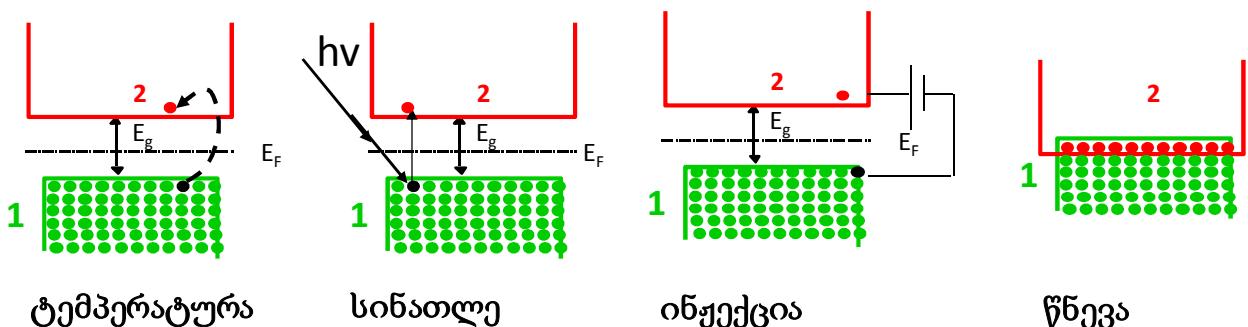
* ალბათ უპრიანი იქნება, რომ ასეთი გრძელი დასახელება „არადამაკავშირებელი კვაზი ნაწილაკი“, რომელსაც ჩვენ შემდეგ ხშირად გამოვიყენებთ, შევცვალოთ რაიმე აბრევიატურით (მოქლე დასახელებით), მაგალითად „აკვაზი“.



ნახ. 5. დამაკავშირებელი (1) და ანტიდამაკავშირებელი (2) ენერგეტიკული ზონები:

ა – ნახევარგამტარი ან დიელექტრიკი; ბ – ლითონი (E_F – ფერმის დონე; E_g – აკრძალული ზონა ნახევარგამტარებში; E_β – ფსევდოაკრძალული ზონა ლითონებში)

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ატომის ბმის სიძლიერე მეზობელ ატომებთან კონდენსირებულ გარემოში დამოკიდებულია მის დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე მყოფი ელექტრონების რაოდენობათა სხვაობაზე. აკვაზების წარმოქმნა ამ სხვაობას ამცირებს, ე.ი. ასუსტებს იმ ატომთა ქიმიურ ბმებს, რომლებთანაც ადმონჩდება თავისი სითბური მოძრაობის დროს, რითაც უადგილებს მათ გადაადგილებას. ამიტომ მყარი სხეული რბილდება, ხოლო ნადნობის სიბლანტე მცირდება [2]. აკვაზების წარმოქმნა შესაძლებელია სინათლის, ტემპერატურის, წნევის, ინჟექციის, ელექტრო- და მაგნიტური ველების ზემოქმედებით [2] (ნახ. 6). თუ ზემოთ მოყვანილი ატომების აღგილმონაცელების ახალი მექანიზმი ჰქონდარიტია, მაშინ მყარი სხეული სინათლის ზემოქმედებით ტემპერატურის მომატების გარეშე უნდა დარბილდეს. ექსპერიმენტები ადასტურებს, რომ მყარი სხეულის დარბილება შესაძლებელია არა მარტო სინათლის საშუალებით, არამედ სხვა, ზემოთ ნახსენები ათერმიული (ტემპერატურის მომატების გარეშე) ზემოქმედებების დორსაც [2], რისი ახსნაც მკო-ს არ შეუძლია! მკო-ის სისწორე კი დასტურდება იმით, რომ, მკო-საგან განსხვავებით, იგი ხსნის კონდენსირებულ გარემოში ატომის გადაადგილებასთან დაკავშირებულ დღეისათვის ცნობილ ყველა ფიზიკურ მოვლენას და წინასწარმეტყველებს ზოგიერთ ახალს. ქვემოთ მოვიყვანთ ამ ფაქტის დამადასტურებელ რამდენიმე მაგალითს.

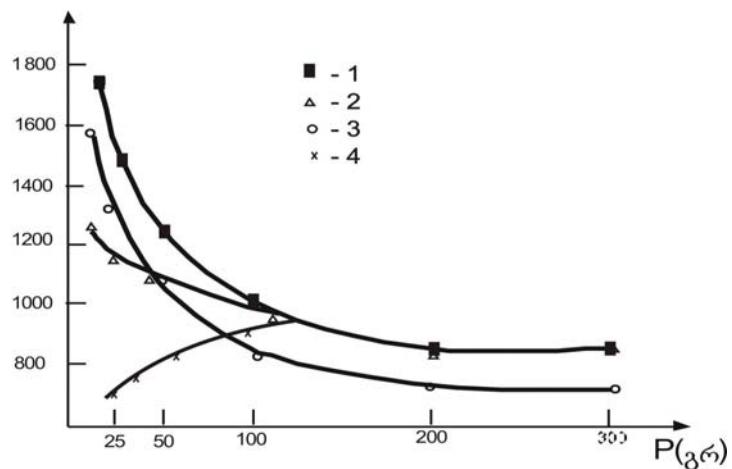


ნახ. 6. აკვაზების წარმოქმნის სხვადასხვა საშუალება

მკო-ის თანახმად, რაიმე საშუალებით წარმოქმნილი აკვაზები ამცირებს ქიმიური ბმის ენერგიას. ქიმიიდან კი ცნობილია, რომ ქიმიური ბმის ენერგიის შემცირება იწვევს მისი სიგრძის გაზრდას, ე.ი. ატომებს შორის მანძილის მომატებას, რაც განაპირობებს მყარი სხეულის ზომების გაზრდას, ანუ გაფართოებას. მაშასადამე, თუ მყარ სხეულს გავანათებთ ისეთი სინათლით, რომელიც წარმოქმნის აკვაზებს, იგი უნდა გაფართოვდეს მისი ტემპერატურის მომატების გარეშე. მკო-ის ეს წინასწარმეტყველება დადასტურდა ექსპერიმენტებით [2], რომლებსაც მკო ვერ ხსნის,

რადგან მისი წარმოდგენების მიხედვით, მყარი სხეულის გაფართოებისათვის საჭიროა ტემპერატურის, ანუ ატომების კინეტიკური ენერგიის გაზრდა. ტემპერატურის მომატებით მყარი სხეულის გაფართოება მპო-ით აიხსნება ტემპერატურით წარმოქმნილი აკვაზების მიერ ქიმიური ბმების ენერგიის შემცირებით.

აკვაზების არსებობა და მათ მიერ ქიმიური ბმების ენერგიის შემცირება ექსპერიმენტულად მტკიცდება, როგორც უკვე აღვნიშნეთ [2], ისეთი ეფექტებით, როგორიცაა ფოტომექანიკური ეფექტი (ფმე) – მყარი სხეულის (ნახევარგამტარები, დიელექტრიკები, ლითონები) სისალის შემცირება სინათლის ზემოქმედების დროს, ელექტრომექანიკური ეფექტი (ემ) – ნახევარგამტარების სისალის შემცირება ელექტრული ველის ან ელექტროდენის ზემოქმედებით, მაგნიტურ-მექანიკური ეფექტი (მმ) – ნახევარგამტარების სისალის შემცირება მაგნიტური ველის ზემოქმედების შედეგად, მინარევებით ლეგირების მექანიკური ეფექტი (მლმ) – ნახევარგამტარების სისალის შემცირება მისი მინარევებით ლეგირების შედეგად. უკვე ეს ეფექტი დაკავშირებულია ატომების ადგილმონაც-გლეობასთან ტემპერატურის ცვლილების გარეშე, ამიტომ მათი მექანიზმები მკო-ით ვერ აღიწერება, რადგან ამ თეორიის მიხედვით ატომების ადგილმონაცვლეობისათვის საჭიროა კინეტიკური ენერგიის გაზრდა, ანუ ტემპერატურის მომატება. მპო-ით მოცემული ეფექტების ახსნის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ ფმე-ის მექანიზმი. მყარი სხეულის მიკროსისალის გაზომვის დროს სათანადო დატვირთვის ქვეშ მყოფი ალმასის პირამიდით ზემოქმედებას ახდენენ მყარი სხეულის ზედაპირზე. პირამიდის მოცილების შემდეგ რჩება კვალი, რაც გამოწვეულია წნევის ზემოქმედებით სათანადო რაოდენობის ნივთიერების გადადგილებით. დატვირთვის სიდიდის მნიშვნელობის კვალის ფართობზე გაყოფით მიღებულ სიდიდეს უწოდებენ მიკროსისალეს [2]. დატვირთვის ზრდასთან ერთად მატულობს პირამიდის ჩანერგვის სიდრმე, ხოლო მიკროსისალის სიდიდე ჯერ კლებულობს და შემდეგ გადის ნაჯერობაზე (ნახ. 7, მრუდი 1). ეს გამოწვეულია იმით, რომ ნიმუშის ზედაპირთან არსებობს დიდი სიმტკიცის მქონე თხელი ფენა, რომელიც დიდ როლს ასრულებს მიკროსისალის სიდიდის უზრუნველყოფაში და რომლის წვლილი კლებულობს პირამიდის ჩანერგვის სიდრმის ზრდასთან ერთად [2]. თუ ერთსა და იმავე დატვირთვაზე ერთი ნივთიერების ზედაპირზე კვალის სიდიდე მეტია მეორისაზე, მაშინ ამ ნივთიერების სისალე ნაკლებია მეორისაზე.



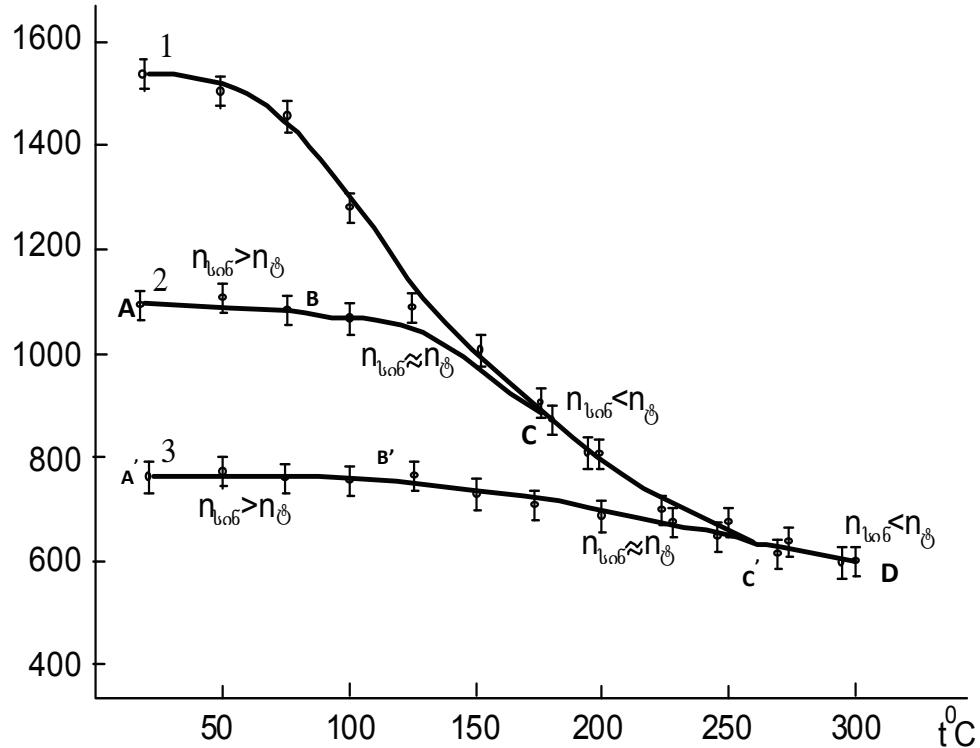
ნახ. 7. Si-ის მიკროსისალის დამოკიდებულება ინდენტორზე მოდებული დატვირთვის სიდიდეზე:
1 – სიბნელეში; 2 – ლაზერით განათებისას ($\hbar \geq E_g$); აკვაზების კონცენტრაცია მხოლოდ ზედაპირულ ფენაშია; 3 – Si-ის ფილტრში გასული თეთრი სინათლით განათებისას ($\hbar < E_g$), აკვაზები წარმოიქმნება მთელ მოცულობაში; 4 – დიდი ინტენსიურობის ლაზერით განათებისას, ე.ი. აკვაზების დიდი კონცენტრაციის დროს ზედაპირზე სისალის მნიშვნელობა ნაკლებია, გიდრე მოცულობაში

უხსოვარი დროიდან ცნობილია, რომ მყარი სხეულის ტემპერატურის ზრდით ხდება მისი დარბილება. ამიტომ ერთსა და იმავე დატვირთვაზე მიკროსისალე მცირდება. ამ მოვლენას მოგვიანებით დაერქვა თერმომექანიკური ეფექტი (თმე). მაგრამ აღმოჩენილი იყო აგრეთვე [2], რომ მყარი სხეულის მიკროსისალე განათებითაც მცირდება ტემპერატურის მომატების გარეშე. ამ მოვლენას კი ფოტომექანიკური ეფექტი (ფმე) ეწოდა. მიკროსისალის შემცირება, მკონის თანახმად, ხდება სინათლით წარმოქმნილი აკვაზების მიერ ქიმიური ბმების ენერგიის შემცირების გამო, რაც ატომების ადგილმონაცვლეობას აადგილებს და, შესაბამისად, მყარ სხეულს არბილებს. მყარი სხეულის დარბილების უშაულო მიზეზი რომ აკვაზებია, მტკიცდება შემდეგი ექსპერიმენტებით:

1. თუ გავზომავთ ნახვარგამტარის მიკროსისალის დამოკიდებულებას დატვირთვაზე სიბნელეში და სხვადასხვა ტალღის სიგრძის მქონე სინათლით განათებისას (ნახ. 7), დავინახავთ, რომ მიკროსისალე მცირდება იმ არეში, სადაც წარმოქმნება აკვაზები, ანუ იქ, სადაც ხდება სინათლის შთანთქმა. ამასთან, აშკარად, რომ მოკლე ტალღის სიგრძის მქონე სინათლისათვის, რომელსაც ახასიათებს შთანთქმის მცირე მანძილი, მიკროსისალის შემცირების სიღრმე უფრო ნაკლებია, ვიდრე გრძელი ტალღის სიგრძის მქონე სინათლისათვის, რომელსაც შთანთქმის უფრო დიდი მანძილი აქვს. მიკროსისალის შემცირების სიღრმე კლებულობს და იმეორებს წარმოქმნილი აკვაზების კონცენტრაციის შემცირების მრუდის ფორმას ნიმუშის ზედაპირიდან მოცულობისაკენ (ნახ. 7). როგორც ცნობილია, ეს გამოწვეულია, ნიმუშში შეღწეული სინათლის ინტენსიურობის სიღრმის მიხედვით, ექსპონენციალური შემცირებით. მიკროსისალისა და აკვაზების კონცენტრაციის ცვლილების ასეთი მსგავსება ცალსახად მიუთითებს იმაზე, რომ ფმე-ის შემთხვევაში მიკროსისალის შემცირება გამოწვეულია აკვაზების წარმოქმნით.

2. მე-8 ნახ-ზე მოყვანილია *Si*-ის მიკროსისალის სიღრმე ტემპერატურული დამოკიდებულებების მრუდები. მრუდი (1) შეესაბამება სიბნელეში ჩატარებულ გაზომვებს, მრუდი (2) – განსაზღვრული ინტენსიურობის სინათლით ზემოქმედების დროს მიღებულ შედეგებს, მრუდი (3) კი – უფრო დიდი ინტენსიურობის სინათლით ზემოქმედებას. ამ მრუდების შედარება ცხადყოფს, რომ არსებობს დაბალტემპერატურული უბანი, რომელშიც ტემპერატურა მიკროსისალის მნიშვნელობაზე არ მოქმედებს და ეს უბანი მით უფრო დიდია, რაც მეტია სინათლის ინტენსიურობა (ნახ. 8, (2) და (3) მრუდებზე AB და A^1B^1 უბნები), შემდეგ უფრო მაღალ ტემპერატურებზე არის უბანი, სადაც დაიმზირება ფმე-ზე ტემპერატურის გავლენა (ნახ. 8, (2) და (3) მრუდებზე BC , და B^1C^1 უბნები). C და C^1 წერტილებში ხდება სიბნელეში და სინათლეზე გაზომვით მიღებული მრუდების შეერთება, რის შემდეგ მაღალ ტემპერატურებზე სინათლის გავლენა არ შეინიშნება და არის მხოლოდ ტემპერატურის ზემოქმედება (ნახ. 8, (2) და (3) მრუდებზე, CD და C^1D უბნები). სინათლის მაღალი ინტენსიურობის შემთხვევაში (მრუდი 3) შეერთება ხდება უფრო მაღალ ტემპერატურაზე. ზემოთ აღნიშნული უბნების შესაბამის ტემპერატურებზე გაზომილი იყო ნიმუშში წარმოქმნილი აკვაზების კონცენტრაციები. აღმოჩნდა, რომ AB და A^1B^1 უბნების შესაბამის ტემპერატურულ არებში სინათლით წარმოქმნილი აკვაზების n_s კონცენტრაციები უფრო მეტია, ვიდრე ტემპერატურით წარმოქმნილი n_t . ე.ი. იქ, სადაც სინათლისა და ტემპერატურის ერთობლივი ზემოქმედების დროს ტემპერატურული დამოკიდებულება არ დაიმზირება $n_s > n_t$; იქ კი, სადაც სინათლის გავლენა არ არის (ნახ. 8, (2) და (3) მრუდებზე, CD და C^1D უბნების შესაბამის ტემპერატურულ არებში) $n_t > n_s$, ხოლო იმ არეში, სადაც დაიმზირება ორივე – სინათლის და ტემპერატურის ზემოქმედების გავლენა BC და B^1C^1 უბნები, $n_s \approx n_t$. ეს ექსპერიმენტული ფაქტები ცალსახად ამტკიცებს, რომ თმე-ის შემთხვევაში, მიკროსისალის შემცირება გამოწვეულია ტემპერატურის ზემოქმედების დროს წარმოქმნილი აკვაზებით, რომლებიც ამცირებს ქიმიური ბმების ენერგიას.

ამრიგად, ემე-ის, მმე-ის და მლეჯ-ის მექანიზმების [2] გათვალისწინებით, შეიძლება დაგასკვნათ, რომ მყარი სხეულის მიკროსისალის შემცირება ყველა ზემოქმედების დროს გამოწვეულია წარმოქმნილი აკვაზებით.



ნახ. 8. Si-ის მიკროსისალის ტემპერატურული დამოკიდებულება სიბნელესა (1)
და სინათლეში (2,3), როცა სინათლის ინტენსიურობებია: I₁(2) და I₂(3), I₁<I₂

ახლა მოკლედ განვიხილოთ მპთ-ის მიხედვით კონდენსირებულ გარემოში ატომის გადაადგილება მიკროსკოპულ დონეზე [2]. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარების შეცვლისათვის საჭიროა მოცემული ატომის ქიმიური ბმების ენერგიის შემცირება ნულამდე. რადგან ყოველი ატომი ქიმიურ ბმებს თავის უახლოეს მეზობლებთან ახორციელებს განსაზღვრული რაოდენობის დამაკავშირებელი ელექტრონებით, და თუ მოცემულ ატომთან ადმონდება რაიმე ზემოქმედებით წარმოქმნილი იმავე რაოდენობის აკვაზი, მაშინ ქიმიური ბმა აღარ იარსებებს და ატომი იქნება თავისუფალი. ამისათვის საჭიროა β რაოდენობის აკვაზის მოცემულ ატომთან ერთდროულად აღმოჩნის ალბათობა [2] $W_{ak} = A(n_{ak}/N_a)^\beta$, სადაც N_a არის მოცემული ნივთიერების შემადგენელი ატომების კონცენტრაცია, n_{ak} – წარმოქმნილი აკვაზების კონცენტრაცია, β – ქიმიური ბმების მოსპობისათვის საჭირო აკვაზების რაოდენობა. თავისუფალი ატომი რომ გადაადგილდეს, მასთან უნდა მოვიდეს მოცემული ტემპერატურის შესაბამისი მაქსიმალური ენერგიის ფონონი, რისი ალბათობა აღვნიშნოთ W_f . მაშინ ატომის ადგილმდებარების შეცვლის ალბათობას ექნება შემდეგი სახე:

$$W_a = W_{ak} W_f = A(n_{ak}/N_a)^\beta W_f, \quad (2)$$

სადაც A კოეფიციენტი და W_f ალბათობა ტემპერატურის მიხედვით ბევრად ნელა იცვლება, ვიდრე ექსპონენციალური დამოკიდებულება. თუ შევადარებთ (2) გამოსახულებას მპთ-ის მიხედვით მიღებულ ატომის ადგილმდებარების შეცვლის ალბათობას (1), ვნახავთ, რომ (2) დამოკიდებულია აკვაზების კონცენტრაციაზე და არა აქვს მნიშვნელობა რა საშუალებით არის იგი წარმოქმნილი! ამიტომ (2)-ის საშუალებით შეიძლება აღიწეროს არა მარტო მაღალტემპერატურული, როცა n_{ak} წარმოიქმნება ტემპერატურით, არამედ დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარე პროცესები, როცა აკვაზების წარმოქმნა ხდება ათერმოული ზემოქმედებით. ამის საიდუსტრაციოდ მოვიყვანთ დიფუზიის მოვლენის აღწერას მპთ-ით [1] და მპთ-ით [2]. მპთ-ის მიხედვით, დიფუზიის კოეფიციენტი ასე გამოისახება:

$$D = D_0 \exp(-U/KT), \quad (3)$$

მპო-ით კი:

$$D = B(n_{ak}/N_a)^\beta, \quad (4)$$

სადაც $B = d\nu AW_f$; d არის ატომებს შორის მანძილი, ν – ატომის საშუალო სითბური სიჩქარე. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ დიფუზიის მოვლენის აღწერას მპო-ით აქვს შინაგანი პრობლემები, რაზედაც მიუთითებს ერთ-ერთი მისი შემქმნელთაგანი: „ფრენკელის თეორიამ სწორად აღწერა დიფუზიის კოფი-იციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება მყარ სხეულებში. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ თეორიაში არ მოხერხდა დიფუზური პარამეტრების ფიზიკური არსის სრულად გახსნა“ [5]. თუ დიფუზია დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, მაშინ დიფუზიის კოეფიციენტი (3)-ით ვერ გამოითვლება, რადგან D -ს მნიშვნელობა თითქმის ნულის ტოლია. ექსპერიმენტზე კი საკმაოდ დიდი მნიშვნელობის ათერმული დიფუზიის კოეფიციენტები დაიმზირება. მაგალითად, Al -ის ფოტოსტი-მულირებული დიფუზიის კოეფიციენტი Si -ში ოთახის ტემპერატურაზე $D \cong 10^{-9} \text{ см}^2/\text{წ-ია}$, (3)-ით გამოთვლილი კი $D \cong 10^{-59} \text{ см}^2/\text{წ}$ [2]. (4)-ით გამოთვლილი D -ს მნიშვნელობა ემთხვევა ექსპერი-მენტულს იმიტომ, რომ დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება ათერმული ზემოქ-მედებით წარმოქმნილი აკვაზების კონცენტრაციით. მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარე თერმული დიფუზიის შემთხვევაში ორივე ფორმულის გამოყენება ერთნაირ შედეგს იძლევა, რადგან (4)-ში D განისაზღვრება ტემპერატურით წარმოქმნილი აკვაზების კონცენტრაციით. მართლაც, ნახვარგამ-ტარების შემთხვევაში ტემპერატურით წარმოქმნილი აკვაზების კონცენტრაცია განისაზღვრება ფორმულით:

$$n_{ak} = (N_c N_v)^{1/2} \exp(-E_g/KT), \quad (5)$$

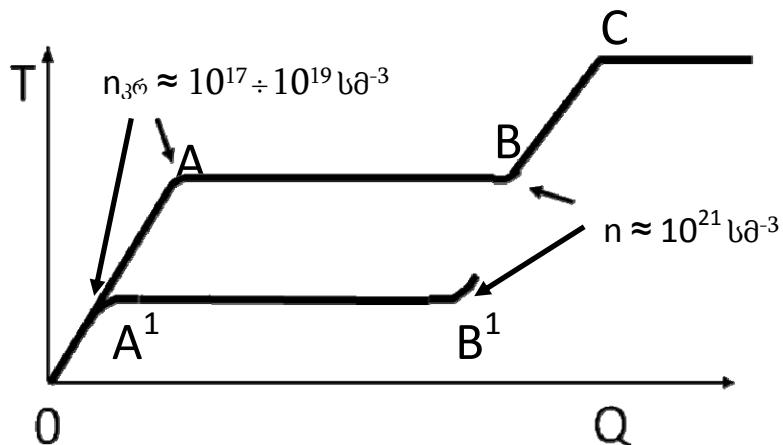
სადაც N_c და N_v არის მდგომარეობათა სიმკვრივე, შესაბამისად, გამტარობის ზონის ქვედა და ვალენტური ზონის ზედა კიდეში. მე-(5) გამოსახულების (4)-ში ჩასმით გვექნება:

$$D = (B/N_a^\beta) \times (N_c N_v)^{\beta/2} \exp(-\beta E_g/KT).$$

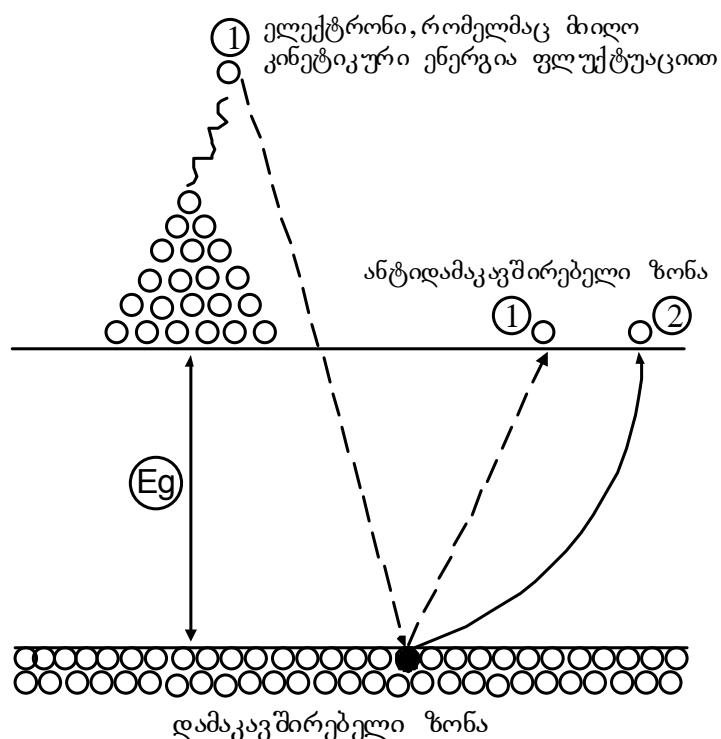
თუ შემოვიდებთ აღნიშვნებს $(B/N_a^\beta) \times (N_c N_v)^{\beta/2} = D_1$ და $\beta E_g = U$, მივიღებთ $D = D_1 \exp(-U/KT)$, ე.ი. (3)-ის მსგავს გამოსახულებას. მაშასადმე მპო, დიფუზურ პროცესს აღწერს როგორც დაბალ, ისე მაღალ ტემპერატურაზე, სადაც აღწერა იდებს ისეთივე სახეს, როგორიც აქვს მას მპო-ში [6]. აქედან გამომდინარეობს დასკვნა, რომ მპო არის მპო-ის კერძო შემთხვევა, რომელიც გამოდგება მხოლოდ მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარე პროცესების აღსაწერად.

ახლა შევეხებით მპო-ის საშუალებით პირველი გადასვლების მიერომექანიზმს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მოვლენა კარგად არის შესწავლილი, არ არსებობდა მისი მექანიზმი ატომურ დონეზე. ამის დასამტკიცებლად მოვიყვანო ცნობილი მეცნიერის დ. გუდსტაინის მოსაზრებას: „დნობა და დუღილი – ერთი შეხედვით ადვილად გასაგები მოვლენები, ჩიხში აქცვეს მეცნიერებს, რადგან ნდემდე არ არსებობს მათი დამაქმაყოფილებელი ახსნა მიკროსკოპულ დონეზე“ [7]. მაგალითისათვის განვიხილოთ ნახევარგამტარების შემთხვევაში სითბოს გადაცმის დროს მისი ტემპერატურისა და აგრეგატული მდგომარეობების ცვლილების (ნახ. 9) მექანიზმი [2]. მპო-ის არსებული წარმოდგენები ვერ პასუხობს კითხვას, თუ რატომ არის ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე A წერტილში (ნახ. 9) ნივთიერება მყარი, B წერტილში კი – თხევადი და რა გზით გადადის კინეტიკური ენერგია პოტენციურში, რომელიც AB უბანზე გადაეცემა ნივთიერებას. ამიტომ ძალზე მნიშვნელოვანია განვიხილოთ, თუ რა პროცესები მიმდინარეობს მყარ სხეულში, როდესაც მას სითბოს გადავცემთ [2]. სითბოს გადაცემასთან ერთად იზრდება ნივთიერების ატომების კინეტიკური ენერგია, ე.ი. ტემპერატურა. ამასთან ერთად ხდება ელექტრონების გადასვლა დამაკავშირებელი ზონიდან ანტიდამაკავშირებელში, ე.ი. აკვაზების წარმოქმნა ორი ხერხით: 1) ატომების დაჯახებების შედეგად ატომის მიერ მიღებული კინეტიკური ენერგიის ფლუქტუაციის ხარჯზე და 2) ელექტრონების ერთმანეთთან დაჯახებების შედეგად ელექტრონის მიერ მიღებული კინეტიკური ენერგიის ფლუქტუაციის ხარჯზე (დარტყმითი მექანიზმი [2]). ელექტრონების ქაოსური მოძრაობის

გამო რადაც ალბათობით რომელიმე ელექტრონს, ანუ აკვაზს, უჩნდება E_g -ზე მეტი კინეტიკური ენერგია და, როცა ეს ელექტრონი დაეჯახება ბმულ ელექტრონს, გადასცემს E_g ენერგიას, გაათავისუფლებს მას და ამავე დროს თვითონაც დარჩება თავისუფალი. ამრიგად, მისი კინეტიკური ენერგიის E_g -ს ტოლი ნაწილი გადაეცა ბმულ ელექტრონს, რომელიც გადავიდა დამაკავშირებელი ორბიტალიდან არადამაკავშირებელზე, თვითონ კი დაკარგა E_g -ს ტოლი კინეტიკური ენერგია, ე.ო. „გაცივდა“ (ნახ. 10).



ნახ. 9. მყარი სხეულის ტემპერატურის ცვლილება
სითბოს გადაცემის შედეგად



ნახ. 10. ელექტრონის გადაყვანის სქემატური გამოსახულება დამაკავშირებელი
ზონიდან ანტიდამაკავშირებელ ზონაში ელექტრონების დაჯახებით (დარტყმითი მექანიზმი).
1 – ელექტრონი, რომელიც უჯახება ბმულ ელექტრონს და რჩება ანტიდამაკავშირებელ ზონაში;
2 – დარტყმითი მექანიზმით გათავისუფლებული ელექტრონი

ამრიგად, მოხდა კინეტიკური ენერგიის გარდაქმნა პოტენციურ ენერგიად ისე, რომ ატომების კინეტიკური ენერგია არ შეიცვალა, ხოლო აკვაზების კონცენტრაცია გაიზარდა. მიუხედავად იმისა, რომ აკვაზები ბევრად მსუბუქია, ატომებზე და მათი სიჩქარე მოცემულ ტემპერატურაზე გაცილებით მეტია, ვიდრე ატომებისა; საწყის ეტაპზე პირველი პროცესის ალბათობა სჭარბობს მეორისას იმის გამო, რომ ატომების კონცენტრაცია არის $\sim 10^{22}$ სმ⁻³, ხოლო აკვაზების კონცენტრაცია მრავალი რიგით ნაკლებია. მაგრამ აკვაზების კონცენტრაციის მატებასთან ერთად იზრდება მუ-2 პროცესის ალბათობა და აკვაზები სითბოს სახით მიღებული კინეტიკური ენერგიის სულ უფრო მეტ ნაწილს ხარჯავს ახალი აკვაზების წარმოქმნაზე. დნობის ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ სხეულისათვის გადაცემული სითბო აღარ იწვევს ტემპერატურის ზრდას იმის გამო, რომ დროის ერთეულში გადაცემული კინეტიკური ენერგია (სითბოს გადაცემის სიჩქარე) უტოლდება ამავე დროში დარტყმითი მექანიზმით ახალი აკვაზების წარმოქმნაზე დახარჯულ კინეტიკურ ენერგიას. დროის ერთეულში ატომური სისტემის მიერ გადატანილი სითბოს რაოდენობა არის $KTN_a v_a$, ხოლო აკვაზების მიერ გადატანილი – $KTn_{ak} v_{ak}$, სადაც KT არის ერთ ნაწილაკზე მოსული საშუალო კინეტიკური ენერგია, n_{ak} და N_a – შესაბამისად – აკვაზების და ატომების კონცენტრაციები, ხოლო v_{ak} , და v_a , – მათი საშუალო სითბური სიჩქარეები. რადგან $v_{ak} > v_a$ ერთი და იმავე რაოდენობის სითბოს გადასატანად აკვაზების ნაკლები კონცენტრაციაა საჭირო, ვიდრე ატომებისა, ამიტომ ამ კონცენტრაციის განსაზღვრა შესაძლებელია ტოლობიდან

$$KTn_{kr}v_{ak} = KTN_a v_a. \quad (6)$$

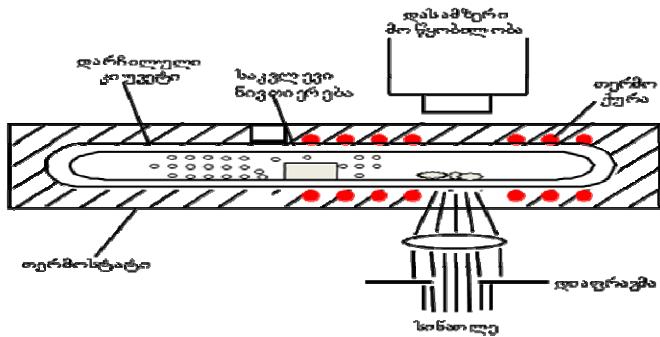
აღმოჩნდა, რომ ეს ტოლობა სრულდება დნობის ტემპერატურის ოდნავ დაბალ ტემპერატურაზე და n_{kr} არის კრიტიკული კონცენტრაცია, ამ ტემპერატურაზე უფრო დაბლა $KTN_n_{ak} v_{ak} < KTN_a v_a$, ხოლო დნობის ტემპერატურაზე, როცა $n_{ak} > n_{kr}$, პირიქით, $KTN_n_{ak} v_{ak} > KTN_a v_a$, და ამ დროს მთელი გადაცემული სითბო იხარჯება ახალი აკვაზების წარმოქმნაზე, რის გამოც ტემპერატურა აღარ იზრდება და იწყება დნობა. (6) ტოლობაში სითბური სიჩქარის გამოსახულების ჩასმა და ელემენტარული გარდაქმნები გვაძლევს:

$$n_{kr} = N_a (m^*/M_a)^{1/2}, \quad (7)$$

სადაც N_a არის მოცემული ნივთიერების ატომების კონცენტრაცია, m^* – ელექტრონის ეფექტური მასა, M_a – მოცემული ნივთიერების ატომის მასა. აღსანიშნავია ისიც, რომ ყველა ნახევარგამ-ტარისათვის დნობის ტემპერატურაზე (ნახ. 9, A წერტილი) გაზომილი და (7)-ით გამოთვლილი აკვაზების კონცენტრაცია ერთმანეთს ემთხვევა. (7)-დან ჩანს, რომ n_{kr} , ანუ დნობის დაწყება, განისაზღვრება მხოლოდ ნივთიერების ფუნდამენტური პარამეტრებით და არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე. აქედან გამომდინარე, თუ მოცემულ ნივთიერებაში, მისი დნობის ტემპერატურაზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე რამე ათერმული ზემოქმედებით, მაგალითად სინათლით, შეიქმნება n_{kr} , დაიწყება დნობა და სათანადო სითბოს გადაცემის შემთხვევაში მყარი სხეული დადნება ამ დაბალ ტემპერატურაზე (ნახ. 9), რაც ექსპერიმეტულად მტკიცდება [2]!

ახლა შეგვიძლია ავსნათ, თუ რატომ არის, რომ თხევად მდგომარეობაში მყოფ ყველა ნივთიერებაში თავისი დნობის ტემპერატურის მახლობლობაში, ნებისმიერი ქიმიური ელემენტის დიფუზიის კოეფიციენტებს აქვს თითქმის ერთნაირი მნიშვნელობები, როცა მყარ მდგომარეობაში დიფუზიის კოეფიციენტების მნიშვნელობები მრავალი რიგით განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მპთ-ის მიხედვით, ატომის დიფუზიის კოეფიციენტი გამოისახება $D = B(n_{ak}/N_a)^\beta$, საიდანაც ცხადია, რომ დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობას განსაზღვრავს n_{ak} , რომელიც დნობის ტემპერატურის მახლობლობაში ყველა ნივთიერებისათვის გამდლდვალ მდგომარეობაში თითქმის ერთნაირია $\approx 10^{22}$ სმ³. მყარ მდგომარეობაში კი დნობის ტემპერატურის მახლობლობაში სხვადასხვა ნივთიერებისათვის აკვაზების კონცენტრაცია ძალზე განსხვავდება, რაც განაპირობებს დიფუზიის კოეფიციენტების მნიშვნელობების დიდ განსხვავებას.

ახლა განვიხილოთ სინათლით განათების დროს ნივთიერების აირადიდან მყარ მდგომარეობაში გადასვლის მოვლენა [2]. დარჩილული ამჟღლის (ნახ. 11) ერთ კიდეში მოთავსებული მყარი ნივთიერება გახურების შედეგად სუბლიმირებით გადადის აირად მდგომარეობაში. ამჟღლის მეორე კიდეში, რომელიც ნათება სინათლით, აირი მყარ ფანტელებად იქცევა. სინათლის გამორთვის შემდეგ ნივთიერება ისევ აირად მდგომარეობას უბრუნდება. მკო-ის საშუალებით ამ მოვლენის ახსნა შეუძლებელია, რადგან მკო-ის მიხედვით ნივთიერების აირად მდგომარეობაში გადასვლისათვის საჭიროა მას განსაზღვრული სიდიდის ენერგია გადაეცეს, ხოლო სინათლით დამატებითი ენერგიის გადაცემამ რატომ უნდა დააბრუნოს იგი მყარ მდგომარეობაში, სრულიად გაუგებარია. მკო-ით მოცემული მოვლენა, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, ადვილად აიხსნება. მანამდე კიდევ ერთ მოვლენას აღვწერთ, რომელიც იგივე მიღგომით იხსნება.

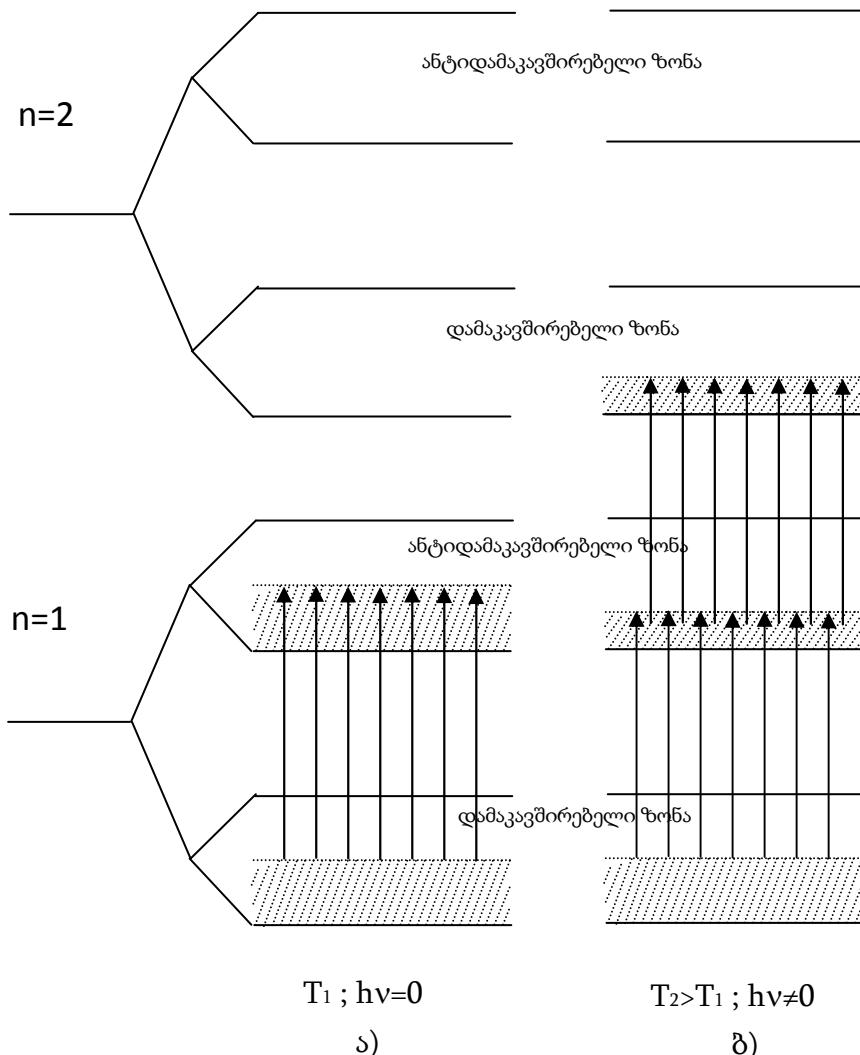


ნახ. 11. სინათლის საშუალებით ორთქლის გამყარება (ცდის სქემა)

ყველა გამდნარი ქიმიური ელემენტის ორთქლის შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ორთქლში, გარდა ერთეულოვანი ატომებისა (მონომერები), რომლებიც უმრავლესობას შეადგენს, დაიმზირება ასევე ორატომიანი (დიმერები), სამატომიანი (ტრიმერები), შვიდატომიანი და ა.შ. კომპლექსები [2]. საინტერესოა, რომ, რაც მეტია ტემპერატურა, მით მეტია ამ კომპლექსების კონცენტრაცია. მაგალითად, *In*-ის ნადნობის ($T_{dn}=423K$) ზედაპირზე არსებული ორთქლი 600 K-ზე მთლიანად მონომერებისაგან შედგება, მაგრამ ტემპერატურის ზრდით მატულობს დიმერების კონცენტრაცია და 1600 K -ზე 14,3%-ს შეადგენს. ასევე *Na*-თვის ($T_{dn}=371K$) 400 K-ზე ორთქლში დიმერების მხოლოდ 0,1%-ია, ხოლო უპა 1000 K-ზე 20%-ს აღწევს. აქედან წარმოიქმნება პარადოქსული ვითარება: შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე ატომებს შორის ქიმიური ბმები ვერ უძლებს კინეტიკური ენერგიით გამოწვეულ მოძრაობას და ორთქლში უმთავრესად ერთეულოვანი ატომებია, ხოლო, როცა ატომების კინეტიკური ენერგია საგრძნობლად მატულობს, მათ შორის ქიმიური ბმა წარმოიქმნება და წნევება ერთად შეერთებული ატომების ჯგუფები, ანუ მყარი სხეულის უმცირესი ნაწილაკები.

ორივე ამ მოვლენის ასახსნელად გავიხსენოთ, რომ ატომის აგზნებულ $n=2$ მდგომარეობას მოლექულის შექმნის დროს შეესაბამება აგზნებული დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი ენერგეტიკული დონეები (ნახ. 3, გ). ანალოგიურად კონდენსირებულ გარემოს აქვს აგზნებული დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი ენერგეტიკული ზონები (ნახ. 12). პირველ შემთხვევაში მყარი ნივთიერების გაცხელებით წარმოქმნილი აკვაზების რაოდენობა ყოველ ატომთან უტოლდება დამაკავშირებელ დონეებზე მყოფ ელექტრონების რაოდენობას, ე.ი. ქიმიური ბმა ქრება და მყარი ნივთიერება გადადის პირდაპირ აირად მდგომარეობაში (ხდება სუბლიმაცია). აირში თავისი ქაოსური მოძრაობის დროს ორი ან მეტი ატომის ერთმანეთთან დაჯახებისას ან ისეთ მანძილზე მიახლოებისას, როცა მათ შორის წარმოიქმნება მოლექულური დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი ენერგეტიკული დონეები, ხდება მათი ვალენტური ელექტრონების ძალზე სწრაფი გადანაწილება ამ დონეებზე. აირის სინათლით განათების დროს ელექტრონები ძირითადი $n=1$ მდგომარეობის ანტიდამაკავშირებელი ენერგეტიკული დონეებიდან გადადის აგზნებული $n=2$ მდგომარეობას.

ობის დამაკავშირებელ დონეებზე, წარმოიქმნება ქიმიური ბმები და ნივთიერება მყარდება. სინათლის გამორთვის შემდეგ ელექტრონები ჩამოიყრება ანტიდამაკავშირებელ ენერგეტიკულ დონეებზე, ქიმიური ბმები ისევ ქრება და ნივთიერება უბრუნდება აირად მდგომარეობას. მეორე მოვლენის შემთხვევაში ელექტრონების გადასვლა ძირითადი მდგომარეობის ანტიდამაკავშირებელი ენერგეტიკული დონეებიდან აგზნებული მდგომარეობის დამაკავშირებელ დონეებზე ხდება დიდი კინეტიკური ენერგიის მქონე (მაღალი ტემპერატურა) ატომების დაჯახების შედეგად. წარმოქმნილი ატომური ჯგუფები იმყოფება აგზნებულ მდგომარეობაში სიცოცხლის ხანგრძლივობის განსაზღვრული დროს განმავლობაში, რის შემდეგ ისინი იშლებიან, მაგრამ ამავე დროს წარმოიქმნებიან ახლები და მყარდება მათი წონასწორული კონცენტრაცია, რაც საქმარისია მათი დეტექტირებისათვის.



- ნახ. 12. დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი ზონების ენერგეტიკული ადგილმდებარეობა მთავარი კვანტური რიცხვებისათვის $n=1$ და $n=2$. გადასვლები:
- T_1 ტემპერატურაზე ელექტრონები გადადის $n=1$ დამაკავშირებელი ორბიტალებიდან ანტიდამაკავშირებელზე, ამ ორბიტალებზე ელექტრონების რაოდენობის ტოლობის გამო, ქიმიური ბმები ქრება და ნივთიერება აიროვან მდგომარეობაში გადადის.
 - პირველ მოვლენაში სინათლის, მეორეში კი მაღალი $T_2 > T_1$ ტემპერატურის მეშვეობით ელექტრონები გადადის $n = 1$ ანტიდამაკავშირებელი ორბიტალებიდან $n=2$ დამაკავშირებელ ორბიტალებზე, წარმოიქმნება დამაკავშირებელი ელექტრონების სიჭარე, რაც წარმოშობს ქიმიურ ბმას და, შესაბამისად, ჩნდება მყარი მდგომარეობა.

ზემოთ მოყვანილი მცირეოდენი მასალიდანაც ნათლად ჩანს, რომ მპო-ის წარმოდგენებიდან და მათი ექსპერიმენტული მტკიცებულებებიდან გამომდინარე, შეიძლება გაკეთდეს მნიშვნელოვანი დასკვნა:

პროცესები, რომლებიც ჩვეულებრივ მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, შეიძლება სათანადო ათერმული ზემოქმედებით ჩატარდეს დაბალ ტემპერატურაზე. ამ დასკვნას აქვს ძალზე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგან შესაძლებელი იქნება ტექნოლოგიების ტემპერატურების შემცირება, რაც ენერგოხარჯების ეკონომიას და ახალი ტექნოლოგიების შექმნას გამოიწვევს. აქვე აღვნიშნავთ, რომ ჩვენი ჯგუფის მიერ რამდენიმე წლის წინათ დამუშავებულ იქნა ნახევარგამ-ტარულ ხელსაწყოთა და ინტეგრალურ სქემათა დამზადების დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიები [2] (ტრადიციულ ტექნოლოგიებში აუცილებელია ტემპერატურის $800\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ -მდე რამდენიმეჯერ აწევა, ჩვენსაში – მხოლოდ 300°C -მდე). ამ ტექნოლოგიებს იმ დროისათვის მსოფლიოში ანალოგი არ ჰყავდა.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Я.И. Френкель. Кинетическая теория жидкостей. М. - Л., 1945.
2. ალექსეი გერასმოვი. ნახევარგამტარული ხელსაწყოების შექმნის დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიის საფუძვლები. თბ., 2005.
3. Л.С. Смирнов – ответственный редактор. Физические процессы в облученных полупроводниках. „Наука“, Новосибирск, 1977.
4. У. Харрисон. Электронная структура и свойства твёрдых тел. т.1. „Мир“, М., 1983.
5. Б. И. Болтакс. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. „Наука“, Л., 1972.
6. А. В. Gerasimov. Proceedings of the Fourth International Conference. Materials Science forum Vols., New-York, v.65-66, 1990.
7. Д. Гудстайн. Фононоатомный эффект. Физика за рубежом. А., 1988., с. 196-215.

მოლეკულურ-არტენციური თეორიის ფიზიკური საფუძვლები

ა. გერასიმოვი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში მოცემულია კონდენსირებულ გარემოში ატომის (მოლეკულის) ადგილონაცვლეობის ახალი თეორიის ფიზიკური საფუძვლები და მისი ექსპერიმენტული მტკიცებულება, რომელიც, განსხვავებით არსებული მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიისა, ხსნის დღისათვის ცნობილ ყველა მოვლენას, დაკავშირებულს კონდენსირებულ გარემოში ატომის (მოლეკულის) ადგილონაცვლეობასთან.

FHYSICS

PHYSICAL BASES OF MOLEKULAR-POTENCIAL THEORY

A. Gerasimov

(Georgian Technical University)

Resume: The paper presents new theory of the displacement of atoms in condensed media and its physical basis of experimental evidence, which, in contrast to the kinetic molecular theory, explain all the phenomena related to the atomic displacement in condensed media.

ФИЗИКА

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ

А. Герасимов

(Грузинский Технический Университет)

Резюме: В работе приводятся физические основы новой теории изменения местоположения атома (молекулы) в конденсированных средах и её экспериментальное подтверждение; в отличие от существующей молекулярно-кинетической теории, она объясняет все известные к настоящему времени явления, связанные с изменением местоположения атома (молекулы) в конденсированных средах.

შავი ზღვის ეპოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემები

ქ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე, გ. ვარშალომიძე, ი. შარაბიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია)

შავ ზღვაში არსებული გოგირდწყალბადის ეპოლოგიურ პრობლემას უკავშირდება იქაური ფაუნისა და ფლორის განადგურება. ზღვის ზედაპირზე გოგირდწყალბადის აალების საშიშროება და გოგირდწყალბადის დაშლის შედეგად მიღებული წყალბადის საწვავად გამოყენების შესაძლებლობა ერთიან კომპლექსურ პრობლემად ჩამოყალიბდა და კომპლექსურადაც უნდა გადაწყდეს.

შავი ზღვის ისტორია იწყება დაახლოებით მილიონი წლის წინათ, როცა უძველესი ოკანე ტეტისის ადგილას კავკასიისა და ყირიმის მთების ფორმირება დაიწყო. ხშირი დელვისა და ნისლის გამო ზღვა არამეგობრულობით, არასტუმართმოყვარეობით გამოირჩეოდა და XIII საუკუნეში მეზღვაურებმა მას შავი, ანუ „ცუდი ზღვა“, უწოდეს.

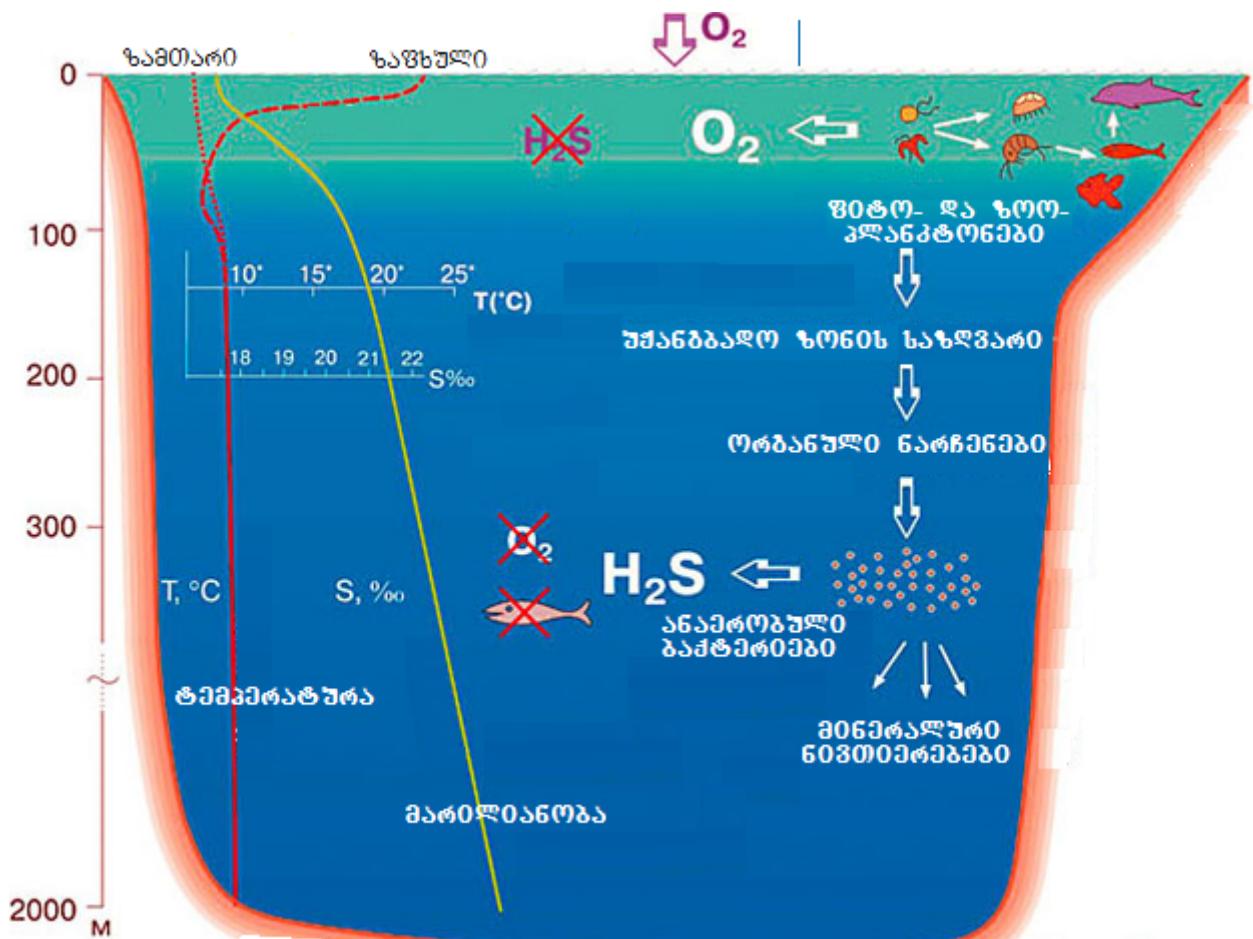
უკვე 100–150 მ სიღრმიდან შავი ზღვა „დაავადებულია“ დიდი რაოდენობის გოგირდწყალბადით, რომელიც ძალზე აგრესიულ გარემოს წარმოადგენს და სახიფათოა როგორც ადამიანებისათვის, ისე, საერთოდ, ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. „გოგირდწყალბადის ზონას“ მოელი წყლის მასის 87 % უბავია.

გოგირდწყალბადის გამყოფ ფენას თაღის ფორმა აქვს და ზღვის ცენტრალურ უბანში ზედაპირს დაახლოებით 50 მ-ზე უახლოვდება. ზოგჯერ ეს ფენა ქარების ზემოქმედებით ზღვიდან ამოდის, რაც უკანასკნელად 1928 წელს მოხდა იალტის მიწისძვრის დროს, როცა ნაპირიდან საკმაოდ მოშორებით გოგირდწყალბადის სუნი იგრძნობოდა. ზღვის პორიზონტზე ცისკენ მიმართული ცეცხლის ალები გამოჩნდა. სანაპირო ზოლი გოგირდმჟავათი მოიწამდა, მაგრამ ასეთი რამ იშვიათია.

ზღვის გარემოს შესწავლის შედეგებმა ცხადყო, რომ შავი ზღვის სასიცოცხლო მახასიათებლები თანდათან იცვლება – დარიბდება ზღვის ფლორა და ფაუნა, უარესდება წყლის ქიმიური შედეგნილობა, ჭუჭყიანდება ზღვა და ის სიკვდილისწინა მდგომარეობას უახლოვდება. შავ ზღვაში ბინადრობს დაახლოებით 2000 სახეობის ცხოველი, ხოლო წყალქვეშა სამყაროს მცენარეთა სახეობა 100-ს აღწევს.

შავი ზღვის ერთ-ერთი სერიოზული ეპოლოგიური პრობლემაა მასში ჩამდინარი წყლები, რომლებსაც პესტიციიდებისა და მძიმე ლითონების გარდა, ზღვაში ჩააქვს დიდი რაოდენობით აზოტი და ფოსფორი, რაც ზღვის მიკროორგანიზმებისა და წყალმცენარეების საკვებს წარმოადგენს. ისინი სწრაფად მრავლდებიან და, როცა იხოცებიან, ფსკერზე ეშვებიან და იხრწებიან; გახრწნის პროცესში მნიშვნელოვანი რაოდენობით ჟანგბადს შთანთქავენ. ამ დროს ზღვის ბინადრობის (მოლუსკები, კიბორჩხალები, ჭიები და ოვვზები) უჟანგბადო „მკვდარი ზონები“ იქმნება. მათი ფართობი 3-დან 40 ათას კმ²-ს აღწევს.

1-ლ ნახ-ზე ნაჩვენებია შავი ზღვის ჭრილი, რომელიც შავ ზღვაში გოგირდწყალბადით მდიდარ წყლის ფენაზე მიუთითებს.



ნახ. 1. შავი ზღვის ჭრილი

„საზღვაო წითელი წიგნის“ პირველი გამოცემის მიხედვით, სახიფათო რეგიონების რუკაზე შავ ზღვას ნავთობპროდუქტებით გაჭუქყიანების მხრივ ერთ-ერთი პირველი ადგილი უკავია. ფაუნის დაახლოებით 160 სახეობა განადგურების პირზეა მისული. წყლის გაჭუქყიანების შედეგად თვეზეც რა უგანასკნელი წლების განმავლობაში 5-ჯერ შემცირდა. 1996 წლის 31 ოქტომბერს ქ. სტამბულში შავი ზღვის მიმდებარე ქვეყნების გარემოს დაცვის მინისტრთა კონფერენციაზე ხელი მოეწერა შავი ზღვის დაცვის სამოქმედო სტრატეგიულ გეგმას. შავი ზღვის აუზის ქვეყნების – რუსეთის, უკრაინის, ბულგარეთის, თურქეთის, საქართველოსა და რუმინეთის ერთობლივი შეთანხმებით, ეს თარიღი „შავი ზღვის საერთაშორისო დღე“ გამოცხადდა [5].

თანამედროვე ენერგეტიკისა და ტრანსპორტის ინტენსიურ განვითარებას კაცობრიობა მასშტაბურ ეკოლოგიურ კრიზისამდე მიჰყავს. წიაღისეული საწვავის მარაგის შემცირება ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებს ატომური ენერგეტიკის სწრაფად ათვისებას აიძულებს, რაც დიდ ეკოლოგიურ საფრთხეებთანაა დაკავშირებული. ამ მხრივ საყურადღებოა ჩერნობილისა და „ფუძოსიმა-1“ რეაქტორების ავარიები; მკვეთრად გაიზარდა რადიოაქტიური ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემებიც.

ამ საგანგაშო ტენდენციის გამო მრავალ მეცნიერს ძალზე მნიშვნელოვნად მიაჩნია ენერგიის ალტერნატიული წყაროების ძიება. კერძოდ, მათი ყურადღების ცენტრში მოექცა წყალბადის ენერგეტიკა, რომლის უდავო უპირატესობა ნავთობთან შედარებით არის მისი საწვავად გამოყენებისას შედარებით დიდი ეკოლოგიური უსაფრთხოება, მაღალი კალორიულობა, ტრანსპორტირების შესაძლებლობები, არატოქსიკურობა და სხვ. თუმცა ძირითადი პრობლემა წყალბადის მიღების ძირიად

დირექტული ტექნოლოგიაა. პრობლემის წარმატებით გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად შეცვლის მთელი მსოფლიოს ეკონომიკას და გააჯანსაღებს გარემოს.

ეკონომიკური პროგნოზების მიხედვით, XXI საუკუნის 50-იანი წლებისათვის კაცობრიობის მიერ მოხმარებული ენერგია 15-ჯერ გადააჭარბებს მთელი XX საუკუნის განმავლობაში დახარჯულ ელექტროენერგიას და დასკირდება თხევადი და მყარი საწვავის მარაგის დაახლოებით 80 %. 2100 წლისათვის კი ენერგიის ინტეგრაციური მოხმარება 2-ჯერ და უფრო მეტად გადააჭარბებს ეკონომიკურად ხელმისაწვდომი ბუნებრივი რესურსების მარაგს. ამდენად, დღეს ალტერნატიული, ეკოლოგიურად სუფთა ენერგიის წყაროების მიება წარმოადგენს XXI საუკუნის ენერგეტიკის უმნიშვნელოვანებას, აქტუალურ და პერსპექტიულ პრობლემას.

წყალბადის ენერგეტიკის მასშტაბური კონცეფცია, რომელიც ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იან წლებში შეიქმნა, დაკავშირებული იყო იმ წლების ენერგეტიკულ კრიზისთან. კონცეფციის მთავარი იდეა წიაღისეული ორგანული სათბობის წყალბადით შეცვლაა. აღსანიშნავია, რომ წყალბადის წვის შედეგად მხოლოდ წყლის ორთქლი მიიღება. რადგან წყალბადის წონითი თბოუნარიანობა (28 630 კბალ/კგ) 2,8-ჯერ აღემატება ბენზინის თბოუნარიანობას და სწორედ ამიტომ შეიძლება წყალბადმა შეცვალოს ნავთობი, ბუნებრივი აირი, ქვანახშირი და მომავალი ენერგეტიკის საფუძველი გახდეს. ამერიკელებმა წყალბადის ენერგეტიკა XXI საუკუნის ენერგეტიკად აღიარეს, ხოლო 1975 წელს დაარსდა წყალბადის ენერგეტიკის საერთაშორისო ორგანიზაცია (მაიამი, აშშ).

ამჟამად წყლის ელექტროლიზის მეთოდით მიღებული 1 კგ წყალბადის ფასი 20 აშშ დოლარს აღწევს, ხოლო გოგირდწყალბადიდან წყალბადის მიღების მეთოდების დამუშავებით შეიძლება წყალბადის დირებულება მნიშვნელოვნად შემცირდეს. მაგალითად, პლაზმური კატალიზის ტექნოლოგიის გამოყენებით 1 კგ წყალბადის ფასი 1 აშშ დოლარამდე მცირდება.

წყალბადის შენახვისა და გადატანის საეციალური ინფრასტრუქტურის შექმნა ხელს შეუწყობს წყალბადის დირებულების შემცირებას. აშშ-ში ფუნქციონირებს 750 ქმ სიგრძის, ეკროპაში კი – 1500 კმ-მდე სიგრძისა და 25–30 სმ დიამეტრის მქონე წყალბადსადენი მიღები.

დღეს ეკონომიკურად განვითარებული 48 ქვეყანა საკუთარი კანონმდებლობით მხარს უჭერს ენერგიის აღდგენად წყაროებს (მათ შორის წყალბადს). ინვესტიციებმა ამ დარგში მარტო 2005 წელს 30 მლრდ აშშ დოლარს მიაღწია. ყველა ენერგოობის ჯამური სიმძლავრე 200 000 მეგვტია, რაც მსოფლიო ენერგეტიკული სექტორის 4,5 %-ს შეადგენს. ამდენად, გოგირდწყალბადთან დაკავშირებულ ენერგეტიკას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს აღდგენადი და არატრადიციული ენერგეტიკის შემდგომი განვითარებისათვის [1].

სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული მონაცემების მიხედვით, შავ ზღვაში 200 მ სიღრმეზე უოველ 1 ლ წყალში გახსნილია 1,2 მგ გოგირდწყალბადი, 300 მ-ზე – 2,34 მგ, 1000 მ-ზე – 8,84 მგ, ხოლო 2000 მ-ზე კი 9,6 მგ-ზე მეტი [1]. თუმცა მაქსიმალური სიღრმე, საიდანაც 2003 წელს ამერიკელების მიერ ამოღებულ იქნა შავი ზღვის წყალი, შეადგენს 1350 მ-ს [5].

ცნობილია წყლის დისოციაციის მთელი რიგი მეთოდები: ქიმიური, თერმოქიმიური, ელექტროლიზური და სხვ., მაგრამ ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ მეთოდს ერთი დიდი ნაკლი აქვს: წყალბადის მიღების ტექნოლოგიურ პროცესში გამოიყენება მაღალპოტენციური ენერგია, რომლის მიღება, თავის მხრივ, დეფიციტური წიაღისეული სათბობის (ქვანახშირი, ბუნებრივი აირი, ნაეთობპროდუქტები) ან პიდრო- და ატომური ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებულ ელექტროენერგიას საჭიროებს. წყალბადის ამ გზით მიღება, ცხადია, ყოველთვის არაეკონომიური, ეკოლოგიურად სახიფათო და, შესაბამისად, არაპერსპექტიული იქნება.

შავი ზღვიდან სიღრმეზე წყლების ამოღებით შესაძლებელია დიდი რაოდენობით გოგირდწყალბადის საწვავი აირის მოპოვება და მისი უშუალოდ გამოყენება თბოელექტროსადგურებში; ამასთან, აუცილებელია, სრული წვის გოგირდშემცველი ნარჩენების გამოყენება ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვის მიზნით.

ენერგეტიკული ოვალსაზრისით (წვის სითბოს მიხედვით), 1 მ³ გოგირდწყალბადი 1,49 მ³ ბუნებრივი აირის ექვივალენტურია. პაერში გოგირდწყალბადი დაახლოებით 300 °C-ზე ააღდება და ჭარბი ჟანგბადის შემთხვევაში იწვის.

ცხადია, გოგირდწყალბადის საწვავად გამოყენება შესაძლებელია შესაბამისი ეკოლოგიური უსაფრთხოების ნორმების სრული დაცვით, თუმცა, გაცილებით მნიშვნელოვანია გოგირდწყალბადის დაშლა გოგირდად და წყალბადად, რადგან წყალბადის ენერგეტიკა დღეს ყველაზე პერსპექტიული, ეკონომიკური და ეკოლოგიურია.

მართლაც, წყალბადი უნიკალური ნივთიერებაა: მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც საწვავად, ისე რეაგენტად სხვადასხვა პროცესში – ქიმიური პროცესებიდან დაწყებული მეტალურგიული მრეწველობით დამთავრებული. მაგალითად, ქიმიურ მრეწველობაში წყალბადის 80% ამიაკისა და მეთანოლის მისაღებად იხარჯება. ამდენად, არცაა გასაპერი, რომ წყალბადის წარმოებამ წელიწადში 1,4 მლრდ მ³-ს მიაღწია. გასული საუკუნის 90-იან წლებში განვითარებულ ქვეყნებში წყალბადის 77%-ს ბუნებრივი აირიდან და ნაკონბაროდუქტებიდან დგბულობდნენ, 18%-ს – ნახშირიდან, 4%-ს – წყლის დისოციაციით და 1%-ს – ბუნებრივი ნედლეულიდან.

შავ ზღვაში არსებობს მკვეთრად გამიჯნული წყლის ორი ფენა. ზედა ფენა ჟანგბადით მდიდარი არეა, რომლის სისქე დაახლოებით 100–160 მ-ია (ჩახ. 1). ზედაპირულ ფენას ზღვაში ჩამდინარი ჟანგბადით მდიდარი მდინარეები ამარავებს. ამ ფენის ქვემოთ კი გოგირდწყალბადის ფენაა, რომელსაც ძირითადად ბოსფორის სრუტის გავლით მარმარილოს ზღვიდან შემოსული მაღალი სიმკვრივის მარილიანი წყალი იკავებს. ამიტომ ზღვის სიღრმეებში წყლის მარილიანობა 30 %-ს აღწევს. რის გამოც შავ ზღვაში ძალზე სუსტია ვერტიკალური დინებები და ჟანგბადით მდიდარი წყლის შერევა გოგირდშემცველ მძიმე წყალთან გაძნელებულია.

ჟანგბადით მდიდარ წყლის ფენასა და გოგირდწყალბადით მდიდარ წყლის ფენას შორის არსებული საზღვარი სეზონის მიხედვით იცვლება. ზაფხულობით ეს საზღვარი რამდენიმე ათეული მეტრით ქვემოთ ჩადის, ზაფხულის თვეებში კი ზემოთ ამოდის.

შავი ზღვა მის ცენტრალურ უბანში საკმაოდ დრმაა. ამდენად, მასში გოგირდწყალბადის მარაგი ძალზე დიდი რაოდენობით უნდა იყოს. მოსალოდნელია, რომ ძალზე დიდ სიღრმეებზე გოგირდწყალბადის კონცენტრაცია მეტად დიდია. ამ მხრივ ძალზე საინტერესოა სწორედ ზღვის ფსკერის მახლობელი სივრციდან წყლის ამოდება და მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების დადგენა.

თუ ზღვის ზედა ფენებში გოგირდწყალბადის რაოდენობა საკმაოდ მცირეა (0,13–0,15 მგ/ლ), 8°C-ზე გოგირდწყალბადით გაჯერებულ წყალში მისი რაოდენობა 5,1 მგ/ლ-ს აღწევს. ამდენად, საჭიროა წყლის დიდი სიღრმეებიდან ამოდება. ამასთან, გასათვალიწინებელია, რომ გოგირდწყალბადის ხსნადობა მკვეთრად იზრდება წნევის გაზრდასთან ერთად (მაგალითად, 2000 მ სიღრმეზე გოგირდწყალბადის ხსნადობა 50-ჯერ აღემატება 200 მ სიღრმეზე ხსნადობას). როგორც ვხედავთ, ძალზე მნიშვნელოვანია გოგირდწყალბადის მაქსიმალური სიღრმეებიდან ამოდება [2].

შავი ზღვის სიღრმეებში მაღალი წნევის გამო გოგირდწყალბადი თხევად მდგომარეობაშია და მოსალოდნელია, რომ იგი წყალს შეერთოს. შესაძლოა ფსკერის მახლობლობაში გოგირდწყალბადის ტბებიც კი იყოს, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდიდა გოგირდწყალბადის მოპოვების ეფექტიანობას.

ადსანიშნავია, რომ, როცა გოგირდწყალბადის მოლექულისაგან განსხვავებით, მზის სხივებით ფოტოდისოციაცია შესაძლებელია. ასევე გასათვალისწინებელია ისიც, რომ გოგირდწყალბადის ხსნადობის მკვეთრი შემცირება მაღალი ტემპერატურის დროს წყლიდან მის გამოყოფას გააადგილებს.

გოგირდწყალბადის (H_2S) მოლექულას აქვს ტოლგვერდა სამქუთხედის ფორმის სტრუქტურა (ცენტრშია გოგირდი). ნორმალურ პირობებში გოგირდწყალბადი უფერო და საკმაოდ მომწამლავი აირია. პაერის 100 000 მოლექულაზე 1 გოგირდწყალბადის მოლექულის არსებობა უკვე საკმარისია იმისათვის, რომ პაერში გოგირდისათვის დამახასიათებელი სუნი დადგეს.

თხევად მდგომარეობაში H_2S წყალთან შედარებით დენს ძალზე ცუდად ატარებს, რადგან მისი საკუთარი ელექტროლიტური დისოციაცია უმნიშვნელოა. თხევად გოგირდწყალბადს დაბალი დიელექტრიკული შეღწვევადობა ახასიათებს და, როგორც გამხსნელი, ორგანულ სითხეებს უფრო ქმსგავსება, ვიდრე წყალს. მაგალითად, მასში პრაქტიკულად არ იხსნება ყინული. მყარ H_2S -ს აქვს მცვრივი სტრუქტურა 12 უახლოესი მეზობელი ატომით თითოეულ მოლეკულაში (ანუ სრულიად განსხვავებულია ყინულის სტრუქტურისაგან). H_2S -ის დნობის სითბო შეადგენს 2,5 კჯ/მოლს, ხოლო ორთქლადჭვევის სითბო არის 18,8 კჯ/მოლი. გოგირდწყალბადის დნობის ტემპერატურა $t_{დნ.} = -82,3^{\circ}\text{C}$ -ს, დუღილის ტემპერატურა $t_{დუ.} = -60,3^{\circ}\text{C}$ -ს, სიმკვრივე კი 1539 გ/ლ-ია. გოგირდწყალბადი 0°C -ზე და 10 ატმ წნევის დროს სითხედ იქცევა [5].

მნიშვნელოვანია, რომ გოგირდწყალბადის ხსნადობა მკვეთრად იზრდება წყლის ტემპერატურის შემცირებით. ამდენად, რადგან წყლის ტემპერატურა დიდ სიღრმეებზე დაახლოებით $8-9^{\circ}$ C-ია, თუ გავითვალისწინებთ სიღრმეში არსებულ მაღალ წნევას, შეიძლება ვივარაულოთ, რომ დიდ სიღრმეზე გოგირდწყალბადის კონცენტრაცია მეტად მაღალი იქნება. ამდენად, ძალზე მნიშვნელოვანია სიღრმეული წყლების ამოღების ეფექტური მეთოდის დამუშავება და პრაქტიკული რეალიზაცია [2].

გოგირდწყალბადი წყალში გაცილებით უკეთ ისტნება, ვიდრე ჟანგბადი (90-ჯერ უკეთ 200C-ზე) და ნახშირორჟანგი (2,3-ჯერ). ეს სხვაობა ტემპერატურის შემცირებით იზრდება.

მიუხედავად იმისა, რომ გოგირდწყალბადის წარმოქმნა უწყვეტი პროცესია, გასული საუკუნის განმავლობაში გოგირდწყალბადიანი წყლის გამყოფი საზღვარი უმნიშვნელოდ შეიცვალა. ეს ფაქტი ცხადყოფს, რომ შავ ზღვაში უნდა არსებობდეს უწყვეტი პროცესი, რომელიც ზღვის ზედა ფენებში გოგირდწყალბადის დაშლასთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

მოსალოდნელია, რომ დინამიკურ წონასწორობას უზრუნველყოფს წყლის ზედა ფენებში მზის სხივების ზემოქმედებით გოგირდწყალბადის ფოტოდისციაცია. ამ მხრივ უნდა გავითვალისწინოთ გოგირდწყალბადიანი წყლის გამყოფი საზღვრის მდებარეობის სეზონური ცვლილებები. ამდენად, ძალზე საინტერესოა გოგირდწყალბადის ფოტოდისციაციის მოვლენის შესწავლა.

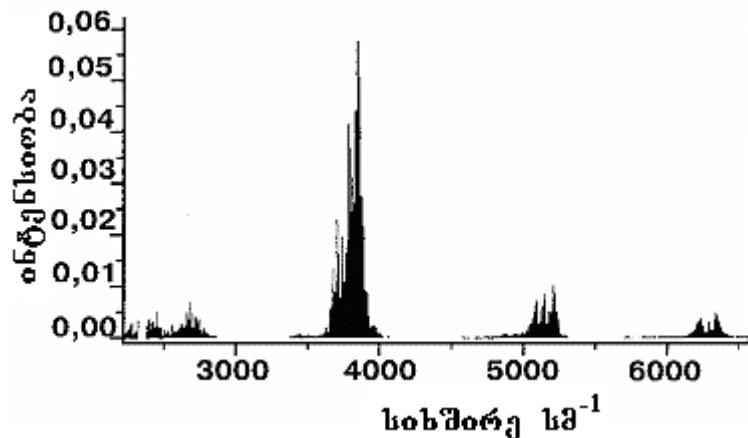
აღმოჩნდა, რომ ინფრაწითელ დიაპაზონში გოგირდწყალბადის შთანთქმის სპექტრი შედგება 4 ხაზისაგან (ნახ. 2). ყველაზე ინტენსიურია 2 მეტ ტალღის სიგრძის შთანთქმის ხაზი. სწორედ ამ დიაპაზონში წყლის შთანთქმის კოეფიციენტი მცირეა. ამდენად, მზის ინფრაწითელი სხივები საკმაოდ დიდ სიღრმეებს აღწევს. ინფრაწითელი სხივების ინტენსიურობა შესაძლოა მზის სხივების წყლის მოლეკულებზე კომბინაციური გაპრენის ხარჯზეც გაიზარდოს [5]. ამდენად, გასაგებია, ოურატომ ხდება გამყოფი საზღვრის დაწევა ზაფხულის პერიოდში. ასევე მოსალოდნელია, რომ ფოტოდისოციაციის პროცესში დედამიწის ინფრაწითელი გამოსხივებაც მონაწილეობდეს, რაც ზღვის ნაპირებთან გოგირწყალბადიანი წყლის საზღვრის გარკვეულ დაწევას გამოიწვევს და გამყოფი ზოლის თაღოვან ფორმას განაპირობებს.

ამრიგად, სავარაუდოა, რომ გოგირდწელბადის დაშლის ყველაზე ეფექტური მეთოდია ფოტოდისოცია ინფრაწილებით [3].

რადგან გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაცია ეკოლოგიურად სუფთა პროცესია, უნდა ველოდოთ, რომ შევ ზღვაში არსებული გოგირდწყალბადის ამოღება და დაშლა გადაწყვეტს როგორც ეკოლოგიურ, ისე წყალბადის ენერგეტიკის პრობლემებს. ამასთან, სიღრმული წყლების ამოღებისას გოგირდწყალბადთან ერთად შეიძლება მივიღოთ ძალზე ძვირად დირქებული და სასარგებლო მძიმე ლითონები (მათ შორის ოქრო და გერმცხლი).

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ, რადგან საქართველოში, კოლხეთის დაბლობზე არის ზონები, სადაც ხმელეთი ზღვის დონეზე დაბალია (ფოთისა და ანაკლიის მიდამოები), ეს ძალზე ამარტივებს ჩვენი მეთოდის საშუალებით ზღვის სიღრმეებიდან წყლის დიდი რაოდენობით ამოღებას, ამ ბუნებრივ დროში დაგროვებას და ხელოვნური წყალსაცავის ფსკერზე მმიმე ლითონების ბუნებრივ

ბრივ დალექტის. ზედა ფენაში არსებული გაწმენდილი წყალი კი შეიძლება დაუბრუნდეს შავ ზღვას, რაც მის ეკოლოგიურ მდგომარეობას გააუმჯობესებს.



ნახ. 2. გოგირდწყალბადის შთანთქმის სპექტრი

როგორც ვხედავთ, ჩვენ მიერ დამუშავებული შავის სიღრმეებიდან გოგირდწყალბადის ამოდებისა და მისი ფოტოდისოციაციის მეთოდში მაქსიმალურად გამოიყენება მზის ენერგია. სიღრმელი წყლების ამოდებისას გოგირდწყალბადთან ერთად შეიძლება ძალზე ძვირად დირებული და სასარგებლო მძიმე ლითონები (მათ შორის ოქროსა და ვერცხლის) მოპოვება. მეთოდი მარტივია და მისი დანერგვა არ საჭიროებს დიდ კაპიტალდაბანდებას, ხოლო მისი გამოყენებით მიღებული ეკონომიკური და ეკოლოგიური ეფექტი საკმად დიდია.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. მ. ჯიბლაძე, ვ. გვახარია, ა. მიქაბერიძე, ზ. რაზმაძე, ბ. უორულიანი, პ. მაღალაშვილი, თ. ბერიძე, ჯ. ბერიძე. შავი ზღვის გოგირდწყალბადის ენერგეტიკის პრობლემა // მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1-3, 2010, გვ. 14-17.
2. მ. ჯიბლაძე, ვ. გვახარია, ზ. რაზმაძე, ა. მიქაბერიძე, გ. თალაკვაძე, თ. ბერიძე. ბუნებრივი წყალ-სატევებიდან წყალბადისა და გოგირდის მიღების ხერხი. საქართველოს პატენტი P 5334, 2011.
3. მ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე, გ. ცინცაძე, გ. დგებუაძე, ა. მიქაბერიძე, ზ. რაზმაძე, გ. ვარშალომიძე, გ. ხარაიშვილი. დანადგარი გოგირდწყალბადის დასაშლელად. საქართველოს პატენტი P 5699, 2013;
4. მ. ჯიბლაძე, გ. ვარშალომიძე, გ. ონიაშვილი, ნ. წიკლაური. შავი ზღვის გოგირდწყალბადის პრობლემა // მეცნიერება და ტექნოლოგიები, № 10-12, 2011, გვ. 5. 2-55.
5. მ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე, გ. დგებუაძე, ვ. გვახარია. შავი ზღვის ეკოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემები. საზოგადოება „ცოდნა“, 2013.

შავი ზღვის ეპოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემები

მ. ჯიბლაძე, თ. ბაციკაძე, გ. ვარშალომიძე, ი. შარაბიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია)

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია გოგირდწყალბადთან დაკავშირებული შავი ზღვის ეკოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემები. ნაჩვენებია შავი ზღვის გოგირდწყალბადით მდიდარი სიღრმული წყლების ამოღების შესაძლებლობები. ენერგეტიკული თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია გოგირდწყალბადის გამოყოფა და მისი ფოტოდისოციაცია სუფთა წყალბადისა და გოგირდის მიღების მიზნით.

ECOLOGY

ECOLOGICAL AND ENERGY PROBLEMS OF BLACK SEA

M. Jibladze, T. Batsikadze, G. Varshalomidze, I. Sharabidze

(Georgian Technical University, Batumi State Maritime Academy)

Rezume: There is considered ecological and energy problems of Black Sea, connected with hydrogen sulfide. There is shown the possibility of the deliry of the deep sea water, rich in hydrogen sulfide. With the point of view of power engineering it is very significant the isolation of hydrogen sulfide from the water and the realization of its photo-dissociation for the purpose of obtaining pure hydrogen and sulfur.

ЭКОЛОГИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

М. Джиладзе, Т. Бацикадзе, Г. Варшаломидзе, И. Шарабидзе

(Грузинский технический университет, Батумская Государственная Морская Академия)

Резюме: В работе рассмотрены экологические и энергетические проблемы Черного моря, связанные с сероводородом. Показана возможность доставки глубинных морских вод, богатых сероводородом. С точки зрения энергетики, имеет большое значение выделение сероводорода из воды и осуществление его фотодиссоциации с целью получения чистого водорода и серы.

თბილის ეროვნული პარკის ფინანსის გეოგრანიკური მიმოხილვა

რ. ქვაჩაკიძე, კ. იაშალაშვილი

(ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტი)

თბილისის ეროვნული პარკი 2009 წელს დაარსდა. იგი მდებარეობს საგურამოს, იალნოსა და საბადურის ქედების კალთებზე. თბილისის ეროვნული პარკის საერთო ფართობი 22425.06 ჰა-ს შეადგენს. ეროვნული პარკის მცენარეულობის უმეტესობა (90%-მდე) ბუნებრივი ტყეებია, დანარჩენი ფართობი უჭირავს ტყისშემდგომ (მეორეულ) მცენარეულობას – ბუჩქნარებს, მდელოებს, სტეპებს და სხვ.

არსებული სამეცნიერო ლიტერატურის თანახმად [1-3], განედური მიმართულების გამო საგურამოს, იალნოსა და საბადურის ქედები მნიშვნელოვან დაბრკოლებას უქმნის დასავლეთის ნოტიო (ზღვის) ჰაერის მასების აღმოსავლეთით გადაადგილებას. ეს განაპირობებს შედარებით უხვ ატმოსფერულ ნალექს, ჰაერის შედარებით მაღალ ტენიანობას და საკმაოდ მაღალი და მდგრადი თოვლის საფრის ფორმირებას აღნიშნული ქედების კალთებზე. ჰავის ამ თავისებურებებმა მნიშვნელოვანი გავლენა იქონია ადგილობრივი მცენარეულობის ფორმირებასა და მის შემდგომ განვითარებაზე. მცენარეულობის, განსაკუთრებით ტყეების, თანამედროვე სტრუქტურის ფორმირებაზე დიდი გავლენა მოახდინა აგრეთვე ძლიერმა ანთროპოგენურმა ზემოქმედებამ, რომელიც განხორციელდა ბოლო საუკუნეების განმავლობაში. ამ მხრივ გარკვეული როლი შეისრულა დედაქალაქთან ეროვნული პარკის ტერიტორიულმა სიახლოებების ტყეებმა ბუნებრივი სტრუქტურა მეტ-ნაკლებად შეინარჩუნა ეროვნული პარკის დასავლეთ ნაწილში – საგურამოს ქედზე. ეს ტერიტორია 1946 წლიდან საგურამოს სახელმწიფო ნაკრძალად გამოცხადდა. ამჟამად იგი ეროვნული პარკის მკაცრი დაცვის ზონას წარმოადგენს.

თბილისის ეროვნული პარკის ტყეების გეობოტანიკური გამოკვლევა ჩავატარეთ 2010–2012 წლებში. გამოვიყენეთ ის მასალებიც, რომლებიც შევაგროვეთ 1998–1999 წლებში შესრულებული გამოკვლევების დროს.

თანდართულ ცხრილში მოცემულია თბილისის ეროვნული პარკის ტყეების გეობოტანიკური (ტიპოლოგიური) კლასიფიკაცია, რომელიც ზემოაღნიშნული გამოკვლევების შედეგებს ემყარება.

ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ თბილისის ეროვნულ პარკში გავრცელებული ტყეები ფიტოცენოლოგიურად მრავალფეროვანია. ტყის ფორმაციებიდან შედარებით ფართოდაა გავრცელებული მუხნარები, წიფლნარები და რცხილნარები; შეზღუდულია იფნარების გავრცელება; მდინარეთა (ძირითადად მდ. თეზმის) უახლოეს ტერასებზე შემორჩენილია ჭალის ტყეების ფიტოცენოზები (ტყის კორომები).

**თბილისის ეროვნული პარკის ტყეების ფიზოცენოლოგიური
ტიპები (ფორმაციები, ასოციაციები)**

ფორმაცია	ასოციაცია
1. მუხნარები (Querceta; <i>Quercus iberica</i>)	<p>1.1. მუხნარი შინდიან-ჯაგრცხილიანი (Quercetum cornoso-carpinosum: <i>Quercus iberica – Cornus mas + Carpinus orientalis</i>);</p> <p>1.2. მუხნარი ჯაგრცხილიან-ისლიანი (Quercetum carpinoso-caricosum: <i>Quercus iberica – Carpinus orientalis+ Carex buschiorum</i>);</p> <p>1.3. მუხნარი ჯაგრცხილიან-ნაირბალახიანი (Quercetum carpinoso-mixtoherbosum: <i>Quercus iberica - Mixtoherbeta</i>);</p> <p>1.4. მუხნარი ჯაგრცხილიან-ისლიან-სუროიანი (Quercetum carpinoso-caricoso-hederosum: <i>Quercus iberica – Carpinus orientalis + Carex buschiorum + Hedera pastuchovii</i>);</p> <p>1.5. მუხნარი ჯაგრცხილიან-ბზიანი (Quercetum carpinoso-buxosum: <i>Quercus iberica – Carpinus orientalis + Buxus colchica</i>);</p> <p>1.6. მუხნარი ჯაგრცხილიან-თივაქასრიანი (Quercetum carpinoso-poosum: <i>Quercus iberica – Carpinus orientalis + Poa nemoralis</i>);</p> <p>1.7. მუხნარი სუროიანი (Quercetum hederosum: <i>Quercus iberica – Hedera pastuchovii</i>);</p> <p>1.8. რცხილნარ-მუხნარი სუროიანი (Carpineto-Quercetum hederosum: <i>Quercus iberica + Carpinus caucasica – Hedera pastuchovii</i>);</p> <p>1.9. იფნარ-მუხნარი გრაქლიანი (Fraxineto-Quercetum spiraeosum: <i>Quercus iberica + Fraxinus excelsior – Spiraea hypericifolia</i>);</p> <p>1.10. რცხილნარ-მუხნარი ისლიან-ნაირბალახიანი (Carpineto-Quercetum caricoso-mixtoherbosum: <i>Quercus iberica + Carpinus caucasica – Carex buschiorum + Mixtoherbeta</i>);</p> <p>1.11. მუხნარი მთის წივანიანი (Quercetum festucosum: <i>Quercus iberica – Festuca drymeja</i>).</p>
2. წიფლნარები (Fageta; <i>Fagus orientalis</i>)	<p>2.1. წიფლნარი მკვდარსაფრიანი (Fagetum nudum);</p> <p>2.2. რცხილნარ-წიფლნარი მკვდარსაფრიანი (Carpineto-Fagetum nudum);</p> <p>2.3. წიფლნარი სუროიანი (Fagetum hederosum: <i>Fagus orientalis – Hedera pastuchovii</i>);</p> <p>2.4. წიფლნარი ჭყორიანი (Fagetum ilexosum: <i>Fagus orientalis – Ilex colchica</i>);</p>

	<p>2.5. წიფლნარი ჰემორიან-სუროიანი (Fagetum ilexosohederosum: <i>Fagus orientalis</i> – <i>Ilex colchica</i> + <i>Hedera pastuchovii</i>);</p> <p>2.6. წიფლნარი იელიანი (Fagetum rhododendronosum: <i>Fagus orientalis</i> – <i>Rhododendron luteum</i>);</p> <p>2.7. წიფლნარი მაყვლიანი (Fagetum rubosum: <i>Fagus orientalis</i> – <i>Rubus caucasicus</i>);</p> <p>2.8. წიფლნარი მთის წიგანიანი (Fagetum festucosum: <i>Fagus orientalis</i> – <i>Festuca drymeja</i>);</p> <p>2.9. რცხილნარ-წიფლნარი მთის წიგანიანი (Carpinetofagetum festucosum: <i>Fagus orientalis</i> + <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Festuca drymeja</i>);</p> <p>2.10. რცხილნარ-წიფლნარი ჩიტისთვალიან-თივაქასრიანი (Carpinetofagetum asperulosopoosum: <i>Fagus orientalis</i> + <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Asperula odorata</i> + <i>Poa nemoralis</i>);</p> <p>2.11. რცხილნარ-წიფლნარი მთის წიგანიან-თივაქასრიანი (Carpinetofagetum festucoso-poosum: <i>Fagus orientalis</i> + <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Festuca drymeja</i> + <i>Poa nemoralis</i>);</p> <p>2.12. წიფლნარი ჩადუქნიანი (Fagetum dryopteridosum: <i>Fagus orientalis</i> – <i>Dryopteris filix mas</i>).</p>
3. რცხილნარები (Carpineta; <i>Carpinus caucasica</i>)	<p>3.1. წიფლნარ-რცხილნარი სუროიანი (Fageto-Carpinetum hederosum: <i>Carpinus caucasica</i> + <i>Fagus orientalis</i> – <i>Hedera pastuchovii</i>);</p> <p>3.2. რცხილნარი მაყვლიანი (Carpinetum rubosum: <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Rubus caucasicus</i>);</p> <p>3.3. რცხილნარი მთის წიგანიანი (Carpinetum festucosum: <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Festuca drymeja</i>);</p> <p>3.4. რცხილნარი ბერსელიანი (Carpinetum brachypodiosum: <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Brachypodium sylvaticum</i>);</p> <p>3.5. რცხილნარი ხახიანი (Carpinetum pachyphragmosum: <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Pachyphragma macrophyllum</i>);</p> <p>3.6. მუხნარ-რცხილნარი ნაირბალახიანი (Querceto-Carpinetum mixtoherbosum: <i>Carpinus caucasica</i> + <i>Quercus iberica</i> - <i>Mixtoherbeta</i>);</p> <p>3.7. წიფლნარ-რცხილნარი ჩადუქნიანი (Fageto-Carpinetum dryopteridosum: <i>Carpinus caucasica</i> + <i>Fagus orientalis</i> – <i>Dryopteris filix mas</i>).</p>
4. იფნარები (Fraxineta; <i>Fraxinus excelsior</i>)	<p>4.1. იფნარი შინდიანი (Fraxinetum cornosum: <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Cornus mas</i>);</p> <p>4.2. იფნარი ჯაგრცხილიანი (Fraxinetum carpinosum: <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Carpinus orientalis</i>);</p> <p>4.3. იფნარი ნაირბალახიანი (Fraxinetum mixtoherbosum: <i>Fraxinus excelsior</i> - <i>Mixtoherbeta</i>);</p>

	4.4. რცხილნარ-თხილნარ-იფნარი ხახიანი (Carpineto-Coryleto-Fraxinetum pachyphragmosum: <i>Fraxinus excelsior</i> + <i>Corylus iberica</i> + <i>Carpinus caucasica</i> – <i>Pachyphragma macrophyllum</i>).
5. მურყნარები (<i>Alneta</i> ; <i>Alnus incana</i>)	5.1. მურყნარი ნაირბუჩქიანი (Alnetum mixtofruticosum: <i>Anmus incana</i> - <i>Mixtofruticeta</i>); 5.2. მურყნარი ბერსელიანი (Alnetum brachypodiosum: <i>Alnus incana</i> – <i>Brachypodium sylvaticum</i>).
6. ტირიფნარები (<i>Saliceta</i> ; <i>Salix excelsa</i>)	6.1. ტირიფნარი ნაირბალახიანი (Salicetum mixtoherbosum: <i>Salix excelsa</i> - <i>Mixtoherbeta</i>).

ქვემოთ მოკლედ მიმოხილულია ეროვნული პარკის ტყის ფორმაციების გავრცელება და ტიპოლოგიური სტრუქტურა.

• **მუხნარები** (*Querceta*; *Quercus iberica*) თბილისის ეროვნულ პარკში გავრცელებულია ზ. დ. 600–650 მ-დან (საგურამოს ქედი) 1050–1100 (1150) მ-დაც. მუხის ტყის ფიტოცენოზები (ტყის კორომები) განვითარებულია სამხრეთის ექსპოზიციის ნაირგვარი დაქანების ფერდობებზე, ტყის ყავისფერ, მცირე და საშუალო სიღრმის, მომშრალო და მშრალ ნიადაგებზე. მუხნარის შედარებით მომცრო დაჯგუფებები აღინიშნება სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ექსპოზიციის ფერდობებზეც. ჩრდილოეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე მუხნარისა და რცხილნარ-მუხნარის მხოლოდ მომცრო ნაკვეთები გვხვდება ძირითადად ზ. დ. 850–900 მ სიმაღლემდე (საგურამოს ქედი).

ეროვნული პარკის მუხნარი ტყის კორომების აბსოლუტური უმეტესობა ამონაყრითო წარმოშობისა (ძირკვის ამონაყარი) და დაბალი (V) ბონიტეტისაა.

მუხნარები ტიპოლოგიურად საკმაოდ მდიდარი და მრავალფეროვანია. ჩვენ მიერ გამოყოფილია 11 ასოციაცია (იხ. ცხრილი). მათ შორისაა მესამეულ-რელიქტური სახეობების (კოლხური ბზა – *Ruscus colchica*, პასტურვის სურო – *Hedera pastuchovii*) მონაწილეობით შექმნილი ასოციაციებიც, რომლებიც აღმოსავლეთ საქართველოს მთის მუხნარების ტიპოლოგიურ სპეციალურობაზე იშვიათად აღინიშნება [4-6].

• **წიფლნარები** (*Fageta*; *Fagus orientalis*) თბილისის ეროვნულ პარკში ძირითადად გავრცელებულია ჩრდილოეთისა და ჩრდილოეთისაკენ გარდამავალი (ჩრდილო-აღმოსავლეთი, ჩრდილო-დასავლეთი) ექსპოზიციის ნაირგვარი დაქანების ფერდობებზე, ტყის ყომრალ, მეტწილად საშუალო სიღრმის, ზომიერად ტენიან ნიადაგებზე. წიფლნარი ტყის ფიტოცენოზების ჰიფსომეტრიული გავრცელება იწყება ზ. დ. 1000–1100 მ-დან (საგურამოს ქედი). ქედების სამხრეთის ექსპოზიციის კალთებზე წიფლნარების გავრცელების ქვედა საზღვარი მნიშვნელოვნად (ზოგან 200–300 მ-ით) აწევდია (იალნოსა და საბადურის ქედები), რაც, გარდა ბუნებრივი პირობებისა (ჰავისა და ნიადაგების მეტი სიმშრალე), წიფლნარ ტყეებზე ძლიერი ანთროპოგენური ზემოქმედების (ტყის უგანონო ჭრა, პირუტყვის მოუწესობებელი ძოვება) შედეგია.

ეროვნული პარკის წიფლნარი ტყეები ფლორისტულად და ფიტოცენოლოგიურად მრავალფეროვანია. მათ შემადგენლობაშია მესამეულ-რელიქტური მრავალი სახეობა (უთხვარი - *Taxus baccata*, კოლხური ბზა – *Buxus colchica*, კოლხური ჭყორი – *Ilex colchica*, პასტურვის სურო – *Hedera pastuchovii*, იელი – *Rhododendron luteum*, კავკასიური მოცვი – *Vaccinium arctostaphylos*, მელიქაური – *Daphne pontica* და სხვ) და ასოციაცია (წიფლნარი სუროიანი – *Fagetum hederosum*, წიფლნარი ჭყორიანი –

Fagetum ilexosum, წიფლნარი იელიანი – Fagetum rhododendronosum, წიფლნარი მოლოზანიანი – Fagetum viburnosum) [4].

- **რცხილნარები** (*Carpineta; Carpinus caucasica*) თბილისის ეროვნულ პარკში ტიპოლოგიურად საკმაოდ მრავალფეროვანია (იხ. ცხრილი). გავრცელებულია ყველა ექსპოზიციის ნაირგვარი დაქანების ფერდობებზე ზ. დ. 900–1000 მ-დან 1400–1500 მ-დაც ტყების ცენოზების (ტყის კორომების) უმეტესობა მეორეულია. ისინი ფორმირებულია ძირეული ტყეების – ქართული მუხის მუხნარებისა და წიფლნარების ნაალაგვზე, მათი ანთროპოგენური ცვლის (დიგრესიული სუქცესიის) პროცესში. ამჟამად ეროვნული პარკის რცხილნარებში მიმდინარეობს ძირეული (მეტწილად წინამორბედი) ტყეებით მათი ბუნებრივი ცვლა, რომლის დაჩქარება (ეროვნული პარკის ტრადიციული გამოყენების ზონაში) შესაძლებელია ტყეთსარგებლობის დადგენილი წესების გამოყენების პირობებში.
- **იფნარები** (*Fraxineta; Fraxinus excelsior*) თბილისის ეროვნულ პარკში ძირითადად დასავლეთ ნაწილშია (საგურამოს ქედის სამხრეთი კალთა) გავრცელებული ზ. დ. 900–1200 მ ფარგლებში. იფნარები გვხვდება მცირე და საშუალო დაქანების ფერდობებზე, თხელ და საშუალო სიღრმის, მოშშრალო, ხშირად ქვიან ნიადაგებზე. იფნარი ტყის კორომების მომცრო ნაკვეთები ლოკალურად ჩართულია მუხნარი და რცხილნარი ტყეების მასივებში.
- **ჭალის მურყნარები** (*Alneta; Alnus incana*) და **ტირიფნარები** (*Saliceta; Salix excelsa*) თბილისის ეროვნულ პარკში მომცრო ნაკვეთების სახით შემორჩენილია მდინარეების (ძირითადად მდ. თეზმის) ალუვიურ და პროლუვიურ ტერასებზე. ეროვნული პარკის ჭალის ტყეები ტიპოლოგიურად დარიბია (იხ. ცხრილი). ტყის ცენოზების სტრუქტურა მათზე ძლიერი ანთროპოგენური ზემოქმედების გამო (ტყის უსისტემო ჭრა, პირუტყვის ძოვება) დარღვეულია.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. მ. კორძახია. საქართველოს პავა. თბ., 1961.
2. ლ. მარჯაშვილი. საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია. თბ., 1964.
3. დ. უკლება. აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი მხარეების ლანდშაფტები და ფიზიკურ-გეოგრაფიული რაიონები. თბ., 1974.
4. რ. ქვაჩაკიძე, კ. იაშადაშვილი. საქართველოს დენდროფლორის მესამეულ-რელიქტური სახეობები თბილისის ეროვნულ პარკში (აღმოსავლეთ საქართველო) // მეცნიერება და ტექნოლოგიები, № 7–9, 2011.
5. რ. ქვაჩაკიძე. საქართველოს ტყეები. თბ., 2001.
6. რ. ქვაჩაკიძე. საქართველოს გეობოტანიკური რაიონები. თბ., 2010.

თბილისის ეროვნული პარკის ფეხურის გეობოტანიკური მიმოხილვა

რ. ქვაჩაკიძე, კ. იაშაღაშვილი

(ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: შესწავლითია თბილისის ეროვნულ პარკში (აღმოსავლეთ საქართველო) ტყეების გავრცელება და ტიპოლოგიური სტრუქტურა. სტატიაში წარმოდგენილია ეროვნული პარკის ტყის მცენარეულობის გეობოტანიკური კლასიფიკაცია.

BOTANY

THE GEOBOTANICAL REVIEW OF THE FORESTS OF TBILISI NATIONAL PARK

R. Kvachakidze, K. Iashaghashvili

(Ilia State University Institute of Botany)

Rezume: There has been studied extension and typological structure of the forests of Tbilisi National park (East Georgia). There is presented the geobotanical classification of silvan vegetations of the National Park.

БОТАНИКА

ГЕОБОТАНИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛЕСОВ ТБИЛИССКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Р. Квачакидзе, К. Яшагашвили

(Институт ботаники Государственного университета Ильи)

Резюме: Изучены распространение и типологическая структура лесов в Тбилисском национальном парке (Восточная Грузия). В статье дана геоботаническая классификация лесной растительности Национального парка.

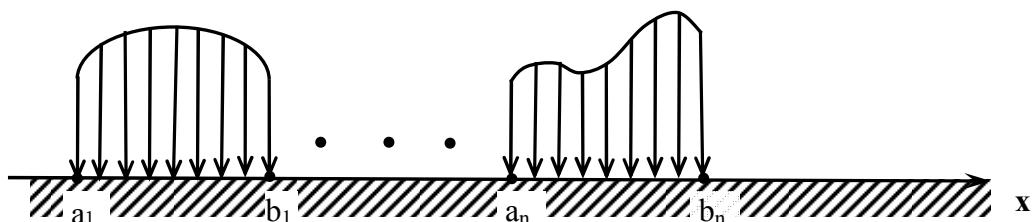
ბზარის ფარმოზმის და გავრცელების მიმართულების დადგენა კლდოვანი ქანის დინამიკური დატვირთვისას

თ. იამანიძე, მ. ლოსაბერიძე, მ. თუთბერიძე

(გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი)

ქანის მექანიკური რღვევის პროცესების კვლევის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ზედაპირზე მოქმედი დატვირთვის განაწილების სახეს. ჩვენ მიერ შესწავლით კლდოვანი ქანის დრეკად-დაძაბული მდგომარეობა მაშინ, როცა საზღვარზე დაწნევას ახდენს მუდმივი ც სიჩქარით მოძრავი და გარკვეული $q_i(x)$ ($i=1,2,\dots,n$) კანონზომიერებით განაწილებული დატვირთვა.

თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ კლდოვანი ქანის რღვევა მიმდინარეობს შედარებით მცირე დეფორმაციების დროს, მაშინ შეგვიძლია ვისარგებლოთ დრეკადობის კლასიკური თეორიის მეთოდებით. მსედველობაშია მისაღები ისიც, რომ ქანის ზედაპირზე დატვირთვის ზემოქმედება ქანის სისქის (z) ზრდასთან ერთად თანდათან სუსტდება და ბოლოს მთლიანად ქრება. საკმაოდ დიდი z -ებისათვის დაძაბულობის ველზე ზეგავლენას ახდენს ქანის ზედა შრეების წონა. ასე რომ, ქანის ზედაპირზე დატვირთვის ზემოქმედება მნიშვნელოვანია მცირე სისქის (სხვა ზომებთან შედარებით) მქონე შრისათვის. აქედან გამომდინარე, გარკვეული მიახლოებით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ქანი არის ორთოტროპული ნახევარსიბრტყე, რომლის მთავარი დერძების მიმართულებები ემთხვევა საკორდინატო დერძების მიმართულებებს. ყოველივე ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, მოცემული ამოცანა მათემატიკურად ასე ჩამოყალიბდება: მოცემულია ორთოტროპული ნახევარსიბრტყე ($y < 0$), რომლის ox საზღვრის (a_i, b_i) მონაკვეთზე მუდმივი ც სიჩქარით მოძრაობს $q_i(x)$ ($i=1, 2, \dots, n$) კანონზომიერებით განაწილებული დატვირთვები (იხ. ნახ).



ორთოტროპული ნახევარსიბრტყის ox საზღვრის (a_i, b_i) მონაკვეთზე
მუდმივი ც სიჩქარით მოძრავი დატვირთვები

ნახევარსიბრტყისათვის მოსაძებნია σ_x , σ_y , τ_{xy} ძაბვის ტენსორის კომპონენტები, რომლებიც აკმაყოფილებს მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებებს

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} &= \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} &= \rho \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

თავსებადობის პირობას

$$\frac{1}{E_2} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \sigma_2 \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \sigma_y + \frac{1}{E_1} \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} - \sigma_1 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \sigma_x = \frac{2}{\mu} \frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial x \partial y}, \quad (2)$$

ნულოვან საწყის პირობებს და შემდეგ სასაზღვრო პირობებს

$$\left. \begin{array}{l} (\sigma_x)_{y=0} = 0, \text{ საზღვრის თავისუფალ ზედაპირზე,} \\ (\tau_{xy})_{y=0} = 0, -\infty < x < \infty \\ (\sigma_y)_{y=0} = q_i(x), x \in (a_i; b_i); i = 1, 2, \dots, n; \end{array} \right\} \quad (3)$$

სადაც E_1 და E_2 იუნგის მოდულებია მთაგარი მიმართულებებით; σ_1 და σ_2 – პუასონის კოეფიციენტები; μ – ძრის მოდული, U და V – გადაადგილების კექტორის კომპონენტები, რომლებიც ძაბვის ტენსორის კომპონენტებთან დაკავშირებულია შემდეგი თანაფარდობით

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{1}{E_1} (\sigma_x - \sigma_1 \sigma_y), \\ \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{1}{E_2} (\sigma_y - \sigma_2 \sigma_x), \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) = \frac{1}{\mu} \tau_{xy}. \end{array} \right\} \quad (4)$$

როგორც ცნობილია, [1] ძაბვის ტენსორის კომპონენტებისათვის არსებობს შემდეგი წარმოდგენები:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -2mRe[(\beta_1 + m)F_1''(z_1) + (\beta_2 + m)F_2''(z_2)], \\ \sigma_y &= 2nRe[F_1''(z_1) + F_2''(z_2)], \\ \tau_y &= J_m[aF_1''(z_1) + bF_2''(z_2)], \end{aligned} \quad (5)$$

სადაც $F_1(z_1)$ და $F_2(z_2)$ ქვედა (y < 0) ნახევარსიბრტყეჭში ანალიზური ფუნქციებია, ამასთან, $z_1 = \xi + i\beta_1\eta$, $z_2 = \xi + i\beta_2\eta$,

$$\xi = x - ct, \quad \eta = y,$$

$$\beta_1 = \left(1 - \frac{c^2}{c_1^2} \right)^{1/2}, \quad \beta_2 = \left(1 - \frac{c^2}{c_2^2} \right)^{1/2}.$$

c_1 და c_2 განივი და გრძივი ტალღის გავრცელების სიჩქარეებია, m, n, a, b კი – მუდმივები.

(5) თანაფარდობაში (3) სასაზღვრო პირობის გათვალისწინებით მივიღეთ:

$$J_m[aF_1''(\xi) + bF_2''(\xi)] = 0, \quad -\infty < \xi < \infty. \quad (6)$$

(6) დაგმაყოფილდება, თუ ჩავთვლით, რომ

$$F_2''(z) = -\frac{a}{b}F_1''(z). \quad (7)$$

ეს უკანასკნელი საშუალებას გვაძლევს ძაბვის კომპონენტები გამოვსახოთ ერთი ანალიზური ფუნქციის საშუალებით. ამასთან, (3)-იდან $\operatorname{Re} F_1''(\xi) = 0$ საზღვრის თავისუფალ ნაწილზე

$$\operatorname{Re} F_i''(\xi) = \frac{b}{2n(b-a)} \cdot q_i(\xi),$$

$$\xi \in [a_i b_i]; \quad i = 1, 2, \dots n.$$

უგანასებრები გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ჩვენ მიერ დასმული ამოცანა არის დირიხლეს ამოცანა, რომლის ამონახსნის მიღება შესაძლებელია შვარცის ინტეგრალით

$$F_1''(z) = \frac{b}{2n(b-a)} \cdot \frac{1}{2\pi i} \left[\int_{a_1}^{b_1} \frac{q_1(\xi) d\xi}{z-\xi} + \dots + \int_{a_n}^{b_n} \frac{q_n(\xi) d\xi}{z-\xi} \right]. \quad (8)$$

იმის მიხედვით, თუ როგორი სახე აქვს $q_i(x) i = \overline{1, n}$ დატვირთვებს, (5)–(8) ფორმულების დახმარებით შეგვიძლია დაგადგინოთ სხვადასხვა შემთხვევისათვის ძაბვათა განაწილების კანონი.

მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნორმალური ძაბვები როგორც ცალ-ცალკე, ასევე ერთად ასუსტებს ქანის ცალკეულ მონაკვეთებს და საბოლოო ჯამში მხებ ძაბვებთან ქმნის რდგევის ხელსაყრელ პირობებს. ამ პროცესში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მხებ ძაბვებს, რადგან ბზარები (განსაკუთრებით მიკრობზარები) გადის მხები ძაბვების მაქსიმუმის წერტილებზე.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Снедdon И.Н., Берри Д.С. Классическая теория упругости. Гос. Изд. физико-мат. литературы, М., 1961.
 2. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.
 3. Савин Г.Н. Механика деформируемых тел. Киев: Наукова Думка, 1979.
 4. Сеймов В.М. Динамические контактные задачи. Киев: Наукова Думка, 1976.
-

გზარის ფარმოშმნის და გაგრცელების მიმართულების დადგენა კლიენტები
ქანის დინამიკური დატვირთვისას

თ. იამანიძე, მ. ლოსაბერიძე, მ. თუთბერიძე

(გრ. წულუქიძის სამთო ინსტიტუტი)

რეზიუმე: სტატიაში შემოთავაზებულია მათემატიკური მოდელი, რომლის თანახმად ქანი
მიჩნეულია ორთოტროპული ნახევარსიბრტყელი. ამ უკანასკნელის საზღვარზე დაწნევას ახდენს
მუდმივი სიჩქარით მოძრავი დატვირთვები. ამოცანა ამოხსნილია ანალიზურ ფუნქციათა თვრის
დახმარებით.

MECHANICS

ESTABLISHMENT OF FRACTURE INITIATION AND DIRECTION OF PROPAGATION IN ROCK UNDER DYNAMIC LOADING

T. Iamanidze, M. Losaberidze, M. Tutberidze

(G. Tsulukidze Mining Institute)

Summary: In the article there is proposed the mathematical model, according which rock is considered as orthotropic half-plane. On the boundary of this half-plane loads moving at a constant speed exert pressure. The problem has been solved by using theory of analytical functions.

МЕХАНИКА

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИН В СКАЛИСТЫХ ПОРОДАХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Т. Яманидзе, М. Лосаберидзе, М. Тутберидзе

(Горный институт им. Г. Цулукидзе)

Резюме: В статье предложена математическая модель, согласно которой порода принята за ортотропную полуплоскость. На границе этой полуплоскости оказывают давление нагрузки, движущиеся с постоянной скоростью. Задача решена с помощью теории аналитических функций.

ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას სასიმაღლო პირობებში მუშაობის ექსპ-რიმენტული და თერმოდინამიკური კვლევები

ბ. კორძაძე, რ. დემეტრაშვილი

(რ. დგალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

სტატია ეძღვნება საქართველოს მეცნიერებათა აკადემის წევრ-კორესპონდენტის, პროფესორ იოველ ჯებაშვილის დაბადების 90 წლისთავს. მასში მოთხოვდილია ცხოვრების ბოლო პერიოდში მის მიერ ჩატარებულ სამუშაოების შესახებ. პროფესორმა ი. ჯებაშვილმა განვლო ხანგრძლივი და ნაყოფიერი გზა იმ პერიოდიდან, როცა მან აკადემიკოსებთან რ. დგალთან და ვ. მახალდიანთან ერთად დააფუძნა მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი და იყო მისი უცვლელი დირექტორი სიცოცხლის ბოლომდე.

თავისი სიცოცხლის უკანასკნელ წლებში საქართველოს მეცნიერებათა აკადემის წევრ-კორესპონდენტი, პროფესორი ი. ჯებაშვილი ძალიან დიდ ყურადღებას უთმობდა აგზოსატრანსპორტო დიზელის ძრავების სიმძლავრის ფორსირების სულ უფრო და უფრო მზარდ პროცესს საავტომობილო ტექნიკაში, რაც განაპირობებდა მის მიერ სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას მუშაობასთან დაკავშირებული ძირითადი საკითხების კვლევებსაც. ბერძნიერი შემთხვევის წყალობით ამას დაემთხვა მაშინდელი გფრ-ის სამსედო უწყების დაკვეთით ქ. აახენის უმაღლეს ტექნიკურ სკოლასთან არსებული თბოტექნიკისა და შიგაწვის ძრავების ინსტიტუტში პროფესორ ფ. შმიდტის ხელმძღვანელობით ანალოგიურ სამუშაოთა შესრულება, მაგრამ გერმანიაში იგი შემოიფარგლა სასიმაღლო პირობებში ასეთი ძრავას მუშაობის მხოლოდ შესწავლით, მაშინ როცა იმავე პირობებში საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტში შესრულებული სამუშაო ითვალისწინებდა სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას მუშაობის ნომინალური მაჩვენებლების შენარჩუნების პრობლემის გადაჭრისათვის ექსპერიმენტული და თეორიული საფუძვლების შექმნასაც. სწორედ სამუშაოთა ეს კომპლექსი დაედო საფუძვლად მის უუნდამენტურ მოხოგრაფიას „Работа автотракторных двигателей в горных условиях“, რომელიც გამოცემულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა „მეცნიერების“ მიერ 1980 წელს. მოხოგრაფიაში განხოგადობული და შესაშური მეცნიერული სიღრმით არის დამუშავებული ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას მუშაობის ეფექტიანობა სასიმაღლო პირობებში და მისი ამაღლების მეთოდები; აღნიშნულია, რომ წევით რეჟიმებზე მუშაობის დროს ამ ძრავას სამუშაო თერმოდინამიკური ციკლი ხასიათდება დაბალი ეფექტიანობით, რაც განაპირობებს მისი სიმძლავრის ვარდნას გარეშე ატმოსფერული წნევის პროპორციულდად და ასევე ეკონომიკურობის მკვეთრ გაურგებას, დიზელისა და ტურბოკომპრესორის ძირითადი საასუხისმგებლო ნაწილების თბური დატვირთვების მკვეთრ ზრდას, რაც არაიშვიათად ექსტრემალურ ატმოსფერულ პირობებში ძრავას მწყობრიდან ავარიულ გამოსვლასაც კი იწვევს. ასეთ პირობებში მომხმარებელს, ბუნებრივია, აინტერესებს სასიმაღლო პირობებში ძრავას დასაშეგები სიმძლავრის განსაზღვრა და, შესაბამისად, მისი მუშაობის ეფექტიანობის ამაღლება.

მხორე მხრივ, ტურბოჩაბერვით ფორსირებული ძრავებისათვის ასევე დამახასიათებელია მათი არაეფექტურ მუხრუჭად გადაქცევა, რაც, ჩვეულებრივ, დიზენის ძრავას სიმძლავრის ფორსირების კვალობაზე სამუხრუჭო და ეფექტურ სიმძლავრეთა ფარდობის შემცირების ბუნებრივი შედეგია. ამიტომაც საავტომობილო ტექნიკაში პროფესორი ი. ჯებაშვილი აქტიურად სვამს საკითხს სამუხრუჭო რეჟიმებზე ძრავას სიმძლავრის ფორსირების თაობაზე; კერძოდ, ძრავას მუხრუჭის ეფექტიანობის ამაღლების შესახებ, რასაც განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებს ავტომობილების ექსპლუატაციის დროს სასიმაღლო პირობებში.

დასახული მიზნის შესაბამისად სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზენის ძრავას ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევის საფუძველზე ადებულ თანაფარდობათა სისტემატიზაციით ავტორი ადგენს ძრავას სიმძლავრის სიმაღლის მიხედვით ცვლილების მექანიზმის მათემატიკურ მოდელს, რომლის ანალიზით სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზენის ძრავას მუშაობის ნომინალური მაჩვენებლების შენარჩუნების საკითხის დადგენითად გადასაჭრელად გამოყენებული უნდა იყოს ჩაბერვის პარამეტრების გაგრილება. ამასთან ერთად სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზენის ძრავას სამუხრუჭო რეჟიმებზე მუშაობის გასაუმჯობესებლად უნდა შეიქმნას შიგაწვის ძრავას მაღალი წევის კომპრესორად კონვერტირების საფუძველზე არსებულთან შედარებით უფრო დიდეფექტიანი ძრავას მუხრუჭი, რომელიც მოგვცემს ავტომობილის დამუხრუჭების დინამიკის მკვეთრი ამაღლებისა და, შესაბამისად, მისი მუშაობის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების თვისებრივ გაუმჯობესებას.

დასახელებულ მონოგრაფიაში ჩამოყალიბებულია სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზენის ძრავას წევისა და სამუხრუჭო რეჟიმებზე მუშაობის ეფექტიანობის ამაღლების სამეცნიერო საფუძვლები და მეთოდები, რომელთა შემუშავებას არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება მაღალმოდინი და ცხელი კლიმატის პირობებში საექსპლუატაციო თვისებების ამაღლების მსხვილი სამეცნიერო პრობლემის გადაწყვეტაში, რაც უაღრესად აქტუალურია ჩვენს რესურსების სამუშაოებისათვის.

ი. ჯებაშვილის მიერ ტურბოჩაბერვიანი დიზენის ძრავას სასიმაღლო პირობებში წევით და სამუხრუჭო რეჟიმებზე მუშაობის ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევების განხორციელებისათვის ინსტიტუტში შეიქმნა შიგაწვის ძრავების სასიმაღლო ელექტრობალანსური ლაბორატორიული სტენდი, რომელიც კონსტრუქციულად რთული ბაროკამერის გამოყენებლად იძლევა სხვადასხვა კლიმატური პირობების იმიტაციის საშუალებას ატმოსფეროს ფიზიკური პარამეტრების სიდიდის მოთხოვნილ ზღვრებში ზუსტი დაცვით.

სტენდი ავტომატურად უზრუნველყოფს სხვადასხვა სასიმაღლო პირობების შესაბამის გაიშვიათებას პარამეტრის შეწოვისა და განდევნის დროს. კომპრესორის შესასვლელში შესაბამისი გაიშვიათების შექმნა მიიღიტევა სპეციალურ შემშვებ რესივერში პარამეტრის დადროსელებით, ხოლო ტურბინიდან გამოსასვლელსა და ძრავას კარტიერში – როტაციული ტუმბოს საშუალებით.

კომპრესორის შეწოვ ტრაქტში რესივერის შემდეგ მოთავსებულია ელექტროსახურებელი კომპრესორში შემავალი პარამეტრული ტემპერატურის რეგულირებისათვის, ხოლო დიზენის შემწოვ ტრაქტში კომპრესორის შემდეგ ჩაბერვის პარამეტრის გამაგრილებელ ცილინდრში შემავალი პარამეტრის ტემპერატურის რეგულირებისათვის. გამოსაცდელი მოწყობილობის შეშვებისა და გაშვების სისტემების წინადობა სარეგულირებელი დროსელ-ფარების საშუალებით შეირჩევა ძრავას შესაბამისი სტანდარტული სისტემების წინადობათა ტოლი.

აღწერილი მოწყობილობა საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში ძრავას სამუშაო პროცესის ფართო ექსპერიმენტული გამოკვლევა. ამასთან, ძრავასა და ტურბოკომპრესორის მუშაობის პარამეტრების აღსანიშნავად სხვადასხვა სიმაღლეზე ნებისმიერი ატმოსფერული პირობების დროს საწყისი, ანუ ზღვის დონის შესაბამისი, მდგომარეობისას ვიუნებთ შემდეგ აღნიშვნებს:

Ne – ეფექტური სიმძლავრე;

Ni – ინდიკატორული სიმძლავრე;

π_k – კომპრესორში წნევის ზრდის სიდიდე;

T_T – ტურბინის წინ აირების ტემპერატურა;

n_T – ტურბოკომპრესორის როტორის ბრუნვის სიხშირე;

G_T – საწვავის ხარჯი;

G_{BH}, G_{BO} - ჰაერის სარჯი H სიმაღლეზე და ზღვის დონეზე O;

P_KH, P_{KO} - ჩაბერვის ჰაერის წნევა ამავე პირობებში;

η_i – ინდიკატორული მქბ;

P_C, T_C – კუმშვის ბოლოს წნევა და ტემპერატურა;

P_z, T_z – წვის მაქსიმალური წნევა და ტემპერატურა;

$(dp/d\varphi)_{max}$ – წვის დროს წნევის ზრდის სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე;

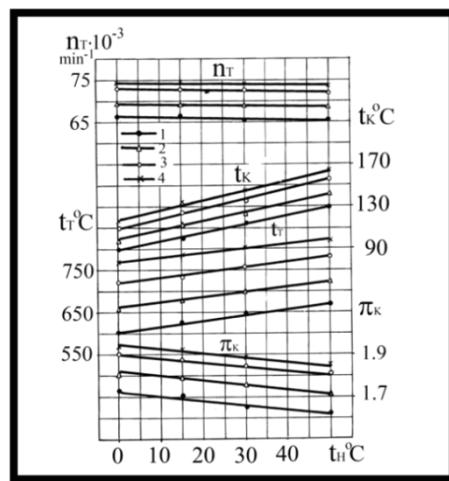
X_{max} – აქტიური თბოგამოყოფის მაქსიმალური სიდიდე;

$(dx/d\varphi)'_{max} - (dx/d\varphi)^''_{max}$ საფეხურებზე აქტიური თბოგამოყოფის მაქსიმალური სიდიდეები;

φ_z – წვის ხანგრძლივობა;

φ_a – ანთების წინსწრების კუთხის სიდიდე.

ტემპერატურის, როგორც გარემომცველი ჰაერის მდგომარეობის ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრის, ცვლილება უშუალოდ მოქმედებს ჩაბერვის ჰაერის მდგომარეობის პარამეტრებზე კომპრესორის შემდეგ და აირისა – ტურბინის წინ. ის არაერთნაირად მოქმედებს ცილინდრში საწვავის მიწოდების წესის მიხედვით ძრავას მუშაობაზე. $G_T = \text{const}$ დროს გარეშე ტემპერატურის გადიდებით ტურბინის წინ აირების ტემპერატურა იზრდება. ასე რომ, კომპრესორის შესასვლელში ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად მისი ფარდობის სიდიდე მცირდება, რაც განაპირობებს კომპრესორში წნევის ზრდის სიდიდის შემცირებას იმდენად, რომ პრაქტიკულად აკომპენსირებს კუმშვის მუშაობის სიდიდეზე გარეშე ტემპერატურის გავლენას. ამიტომ კუმშვის ადიაბატური მუშაობა პრაქტიკულად უცვლელია, რაც დასტურდება ტურბოკომპრესორის როტორის ბრუნვის სიხშირის გარეშე ტემპერატურის მიმართ ინგარიანტულობით (ნახ. 1).

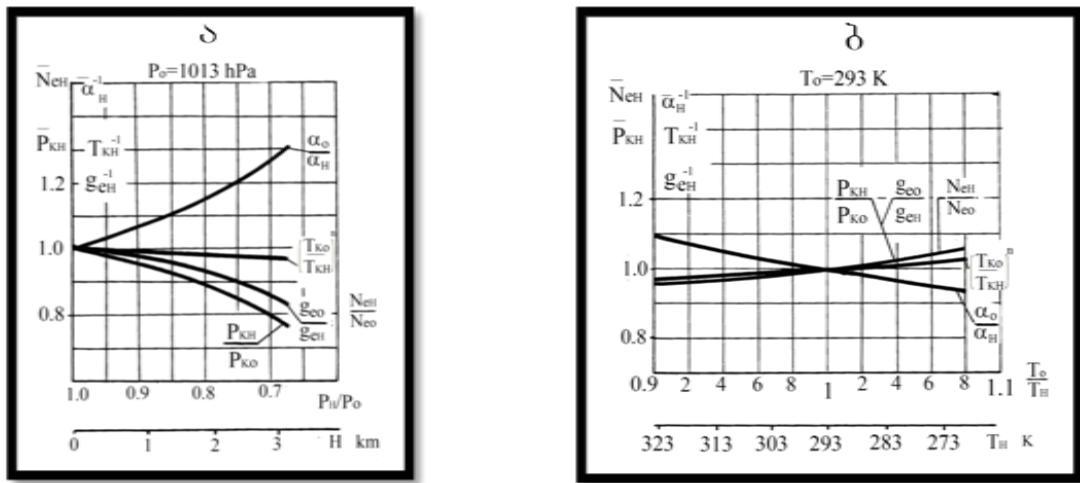


ნახ. 1. TKR 8,5 ტურბოკომპრესორის დიზელის ძრავასთან ერთობლივი მუშაობის ძირითადი მაჩვენებლების დამკიდებულება გარე ტემპერატურაზე ძრავას ბრუნვის $n = 2000 \text{ } \dot{\tau}^{-1}$ სიხშირისა და $G_T = 4,8 \text{ g}/\dot{\tau}^3$ საწვავის ხარჯის დროს ზ. დ. შემდეგ სიმაღლეებზე:
 $H=700 \text{ kPa}$, $2H=1500 \text{ kPa}$, $3H=2500 \text{ kPa}$, $4H=3500 \text{ kPa}$

სიმაღლის ზრდის კვალობაზე გარეშე ტემპერატურის შემცირება იწვევს ტურბინის წინ აირების ტემპერატურის ზრდას, რაც განაპირობებს კომპრესორში წნევის ზრდის ხარისხისა და შესაბამისად კუმშვის ადიაბატური მუშაობის ზრდასაც. ამისათვის საჭირო ენერგიის წყარო ტურბოკომპრესორის როტორის ბრუნვის სიხშირის შესაბამისი გადიდება.

გარეშე ტემპერატურის გადიდებითა და წნევის შემცირებით, მიუხდავად კომპრესორში წნევის ხარისხის ზრდისა, პაერის ხარჯი მცირდება, რაც საწვავის მიწოდების უცვლელობის დროს ($G=const$) განაპირობებს ნარევის შედგენილობის გამდიდრებას და შესაბამისად ძრავას ეკონომიკურობის გაუარესებას.

ძრავას სიმძლავეზე მოქმედი ძირითადი სიდიდეების ცვლილება ატმოსფერული პაერის მდგომარეობის პარამეტრების გავლენით მოცემულია მე-2 ნახ-ზე, რომლის მიხედვით შეიძლება რაოდენობრივად განისაზღვროს თითოეული ამ სიდიდის კუთრი წილი ძრავას სიმძლავრის ცვლილებისას.

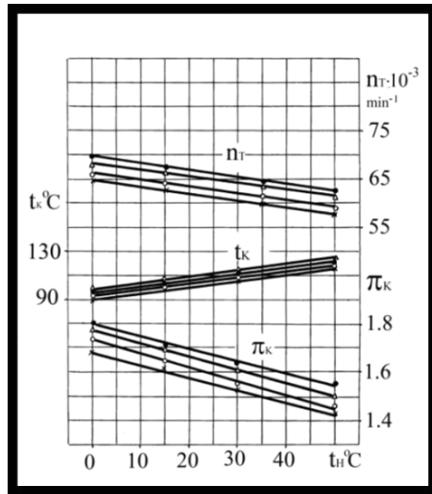


ნახ. 2. 4ЧН 11/12,5 დიზელის ძრავას ეფექტური სიმძლავრის და მასზე მოქმედი ძირითადი პარამეტრების ფარდობითი სიდიდეების დამოკიდებულება სიმაღლის (ა) და გარეშე ტემპერატურის (ბ) სიდიდეზე.

ძრავას $n=2100 \text{ rev}^{-1}$ ბრუნვის სიხშირისა და $Gr=4,8\text{g}\sqrt{\rho}$ საწვავის ხარჯის დროს

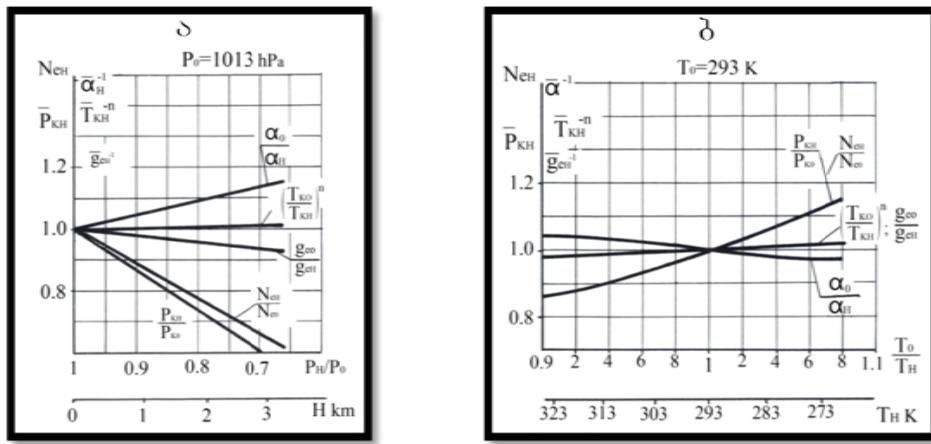
ტურბინის წინ აირების ზღვრული ტემპერატურის მუდმივობის დროს (ნახ. 3), რომელიც საწვავის სათანადო მიწოდებით ხორციელდება, ტურბოკომპრესორის როტორის ბრუნვის სიხშირე გარეშე ტემპერატურისადმი უფრო მგრძნობიარეა, ვიდრე გარეშე წნევის მიმართ. გარეშე ტემპერატურის ზრდით ტურბინის წინ და კომპრესორის შესასვლელში ტემპერატურის ფარდობის სიდიდე მცირდება, რაც განაპირობებს კომპრესორში წნევის ზრდის ხარისხის შემცირებას, რომელიც თავის მხრივ არსებითად ამცირებს გარეშე ტემპერატურის გავლენას ჩაბერვის პაერის ტემპერატურაზე, რაც იძლევა ამ უკანასკნელის გარეშე ტემპერატურის მიხედვით ცვლილების უგულვებელყოფის დაშვების შესაძლებლობას. სიმაღლის გადიდებით გარეშე ტემპერატურის მუდმივობით ტურბინის წინ და კომპრესორის შესასვლელში ტემპერატურის ფარდობის უცვლელობის გამო კომპრესორში წნევის ზრდის ხარისხი, ჩაბერვის პაერის ტემპერატურა და ტურბოკომპრესორის როტორის ბრუნვის სიხშირე ისე მცირე ზღვრებში იცვლება, რომ შესაძლებელია ისინი მიჩნეულ იქნეს გარეშე წნევისა და შესაბმისად სიმაღლის მიმართ ინგარიანტულ სიდიდეებად. კომპრესორში წნევის ზრდის ხარისხის ინგარიანტულობა სიმაღლის მიმართ განაპირობებს ჩაბერვისა და ატმოსფერული პაერის წნევათა პროპორციულობას და შესაბამისად აგრეთვე გარეშე წნევასა და პაერის მასობრივ ხარჯს შორის. რადგანაც პირობა $T_T=const$ განაპირობებს პაერის მასობრივ ხარჯსა და საწვავის მიწოდება.

ბას შორის თითქმის ერთნაირ თანაფარდობას, ამიტომ პაერის სიჭარბის კოეფიციენტი მცირე ზღვრებში ცვალებადობს. გარეშე ტემპერატურისა და წნევის გავლენით ძრავას სიმძლავრეზე მოქმედი ძირითადი სიდიდეების ცვლილება მოცემულია მე-4 ნახ-ზე, რომლის მიხედვითაც შეიძლება განისაზღვროს თითოეული ამ სიდიდის კუთრი წილი სიმძლავრის ცვლილებისას.



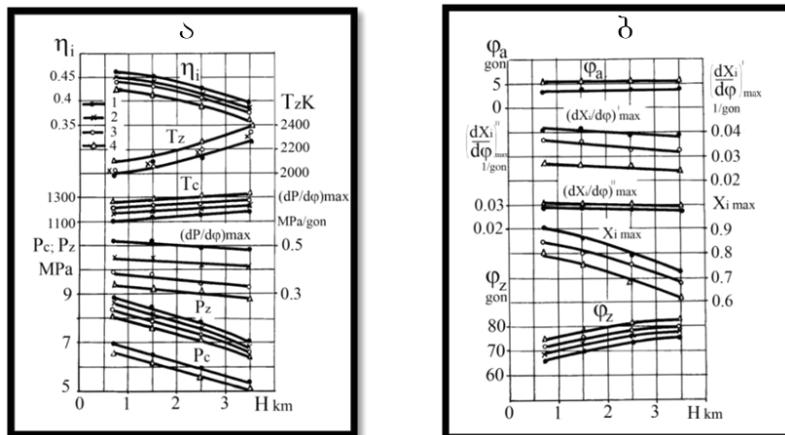
ნახ. 3. ТКР-8,5 ტურბოკომპრესორის 4ЧН11/12,5 დიზელის ძრავასთან ერთობლივი
მუშაობის ძირითადი მაჩვენებლების π_k , t_k , n_T დამოკიდებულება გარეშე ტემპერატურაზე სხვადასხვა
სიმაღლეზე (ნახ. 2) ძრავას ბრუნვის სიხშირის $n=2000 \text{ rev}^{-1}$ და ტურბინის წინ აირების
 $T_T = 650^\circ\text{C} = \text{const}$ ტემპერატურის დროს

გარეშე წნევის გავლენის შესახებ ძრავას მუშაობაზე ცილინდრში საწვავის მიწოდების ამ ორი წესის გამოყენებისას (ნახ. 2 და ნახ. 4), შეიძლება ითქას, რომ პირველი წესის დროს $G_T=\text{const}$, ძრავას სიმძლავრის გარდნა საგრძნობლად მცირეა, ვიდრე მე-2 წესისას ($T_T=\text{const}$), რაც აიხსნება პირველ შემთხვევაში ნარევის შედგენილობის გამდიდრების გამო ტურბინის წინ ტემპერატურის გადიდებით, რომელიც ზრდის კომპრესორში წნევის ხარისხს და განაპირობებს გარეშე წნევასთან შედარებით ჩატარების შემცირებას, მაგრამ ამ შემთხვევაში ძრავას მაღლივობა მკვეთრად იზრდება ძრავასა და ტურბოკომპრესორის ძირითადი საპასუხისმგებლო ნაწილების დასაშვები თბეური დატვირთვებით. ამის თავიდან ასაცილებლად ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას სიმძლავრის შეზღუდვა უნდა განხორციელდეს ტურბინის თბეური დატვირთვის მდგომარეობის გათვალისწინებით, $T_T=\text{const}$. სასიმაღლო პირობებში ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას მაჩვენებლების ცვლილება განკირობებულია სამუშაო პროცესში თბოგამოყოფის განვითარების თავისებურებებით. სხვადასხვა ატმოსფერული პირობების დროს ამ ძრავას სამუშაო პროცესის მიმდინარეობა დამოკიდებულია უმთავრესად ნარევის შედგენილობასა და თბოგამოყოფის დინამიკის ცვლილებაზე. მე-2 და მე-4 ნახ-ებზე მოცემულია პაერის სიჭარბის, ხოლო მე-5 და მე-6 ნახ-ებზე ინდიკატორული მქა. მათი ცვლილების ანალიზით ირკვევა, რომ $G_T=\text{const}$ -ის დროს პაერის სიჭარბის კოეფიციენტის მნიშვნელოვანი შემცირების გამო სიმაღლისა და გარეშე ტემპერატურის ზრდის დროს ციკლის ინდიკატორული მქა შესაბამისად მცირდება, ხოლო $T_T=\text{const}$ -ის დროს არ არის დამოკიდებული ატმოსფერულ პირობებზე, რადგანაც ამ შემთხვევაში პაერის სიჭარბის კოეფიციენტის ცვლილება უმნიშვნელოა.

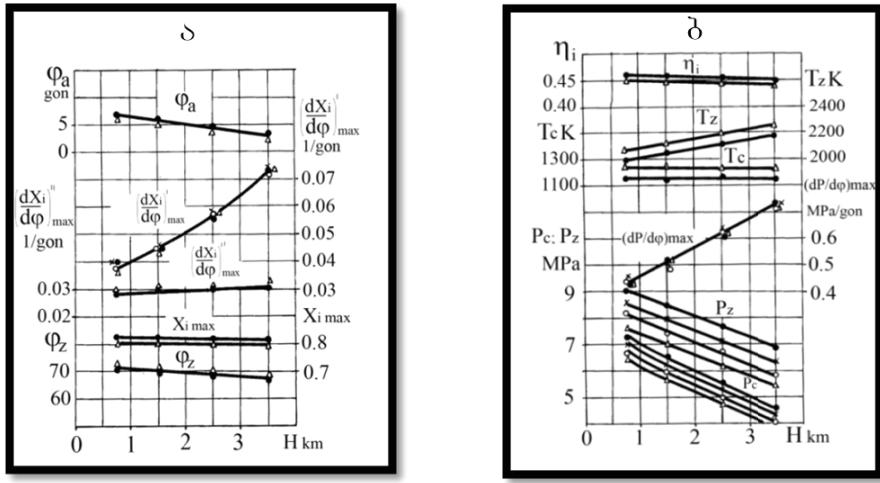


ნახ. 4. 4ЧН11/12,5 დიზელის ძრავას ეფექტური სიმძლავრის Ne და მასზე მოქმედი ძირითადი პარამეტრების α , ge , P_k , T_k , ფარდობითი სიდიდეების დამოკიდებულება სიმაღლესა (ა) და ტემპერატურაზე (ბ) ძრავას ძრუნვის $n=2100 \text{ rev}^{-1}$ სიხშირისა და $T_k=650^\circ\text{C}=\text{const}$ ტემპერატურის დროს

აქტიური თბოგამოყოფის X_i ცვლილებაზე არსებით გავლენას ახდენს ატმოსფერულ ტემპერატურულ პირობებზე დამოკიდებულებებით წვის საწყისი პირობები და ნარეგულირდომენის ხასიათი. გამოსაცდელ დიზელში გვაქვს მოცულობით-აფსკური ნარეგულირდომენი წვის კედლებზე საწვავის ნაწილობრივი მოხვედრით. თბოგამოყოფა ასეთ ე.წ. ნახევრად გაყოფილ კამერაში ხასიათდება მახასიათებელზე წვის ორი საფეხურის არსებობით თბოგამოყოფის სიჩქარის შესაბამისი მაქსიმუმებით.



ნახ. 5. 4 ЧН11/12,5 დიზელის ძრავას სამუშაო ციკლის და თბოგამოყოფის დინამიკის ძირითადი პარამეტრების: η_i , P_c , T_c , P_c და P_z ; $T_z, (dp/d\varphi)'_{\max}$ და $(dp/d\varphi)^n_{\max}$; $(dp/d\varphi)_{\max} \varphi_z$ და φ_a ცვლილება სიმაღლის (ა) მიხედვით სხვადასხვა გარეშე ტემპერატურის (ბ) დროს 1 – $t_H=0^\circ\text{C}$, 2 – $t_H=15^\circ\text{C}$, 3 – $t_H=30^\circ\text{C}$, 4 – $t_H=50^\circ\text{C}$, $n=2100 \text{ rev}^{-1}$ და $Gt=4 \text{ g/Vd}$



ნახ. 6. 4 ყH11/12.5 დიზელის ძრავას სამუშაო ციკლის და თბოგამოყოფის დინამიკის
ძირითადი პარამეტრების P_c, T_c, P_c და $P_z, T_z, (dp/d\varphi)^{\text{max}}$ და $(dp/d\varphi)^{\text{max}}$, $(dp/d\varphi)$ max φ_z და φ_a
ცვლილება სიმაღლის (ა) მიხედვით სხვადასხვა გარეშე ტემპერატურის (ბ) დროს
($n=2100$ წთ $^{-1}$ და $T_T=650^\circ\text{C}=const$)

ანთების შეფერხების პერიოდი არსებით გავლენას ახდენს თბოგამოყოფის განვითარებაზე. მისი სიღიდე დამოკიდებულია ცილინდრში ჰაერის მუხტის წონასა და ტემპერატურაზე. საწვავის შეფრქვევის მომენტში $G_T=const$ და უცვლელი გარეშე ტემპერატურის დროს შეფერხების პერიოდი არ არის დამოკიდებული ატმოსფერულ პირობებზე, რადგანაც ამ დროს მასზე წნევა მცირდება და ურთიერთგამამატონასწორებელ გავლენას ახდენს კუმშვის ტემპერატურის გადიდებაზე. ამ პირობებში თბოგამოყოფის მაქსიმალური სიჩქარე წვის პირველ და მეორე საფეხურზე მცირდება და წვის საერთო ხანგრძლივობაც მატულობს. თბოგამოყოფის ასეთი ზრდა დაკავშირებულია იმასთან, რომ სიმაღლის გადიდების კვალობაზე კუმშვის წნევის შემცირების გამო საწვავის ჭავლის შორსმსროლობა იზრდება და შესაბამისად იზრდება კედლებზე დალექილი საწვავის წილიც. ამ შემთხვევაში მოცულობითს ნარევწარმოქმნაში მონაწილეობს საწვავის მიწოდების ნაკლები წილი, რაც იწვევს ცილინდრში წნევის მაქსიმალური სიჩქარის ზრდის შემცირებას. ამ შემთხვევაში წვის მაქსიმალური წნევა მცირდება, ხოლო წვის მაქსიმალური ტემპერატურა იზრდება. გარეშე ტემპერატურის გაზრდა $G_T=const$ დროს იწვევს აალების შეფერხების პერიოდის და აქტიური თბოგამოყოფის სიჩქარის შემცირებას.

თ $T=const$ დროს და უცვლელ გარეშე ტემპერატურაზე ძრავას მუშაობის შესწავლა ცხადყოფს, რომ აალების შეფერხების პერიოდი და მასთან ერთად ცილინდრში წნევის ზრდის მაქსიმალური სიჩქარე იზრდება, რაც აისხება იმით, რომ ჩაბერვის პაერის ტემპერატურა არ არის დამოკიდებული სიმაღლეზე, ხოლო ჩაბერვის წნევა მცირდება გარეშე წნევის პროპორციულად. გარეშე ტემპერატურის გადიდება კი იწვევს წნევის შემცირებას და ჩაბერვის პაერის ტემპერატურის ნაწილობრივ მატებას; ამასთან, ცილინდრში თბოგამოყოფის დინამიკის პარამეტრები არ არის დამოკიდებული გარეშე ტემპერატურაზე.

ატმოსფერული პირობების გავლენით საშუალო ეფექტური წნევის ცვლილება $G_T=const$ დროს განპირობებულია ინდიკატორული მქე-ის ცვლილებით, ხოლო $T_T=const$ დროს – საწვავის მიწოდების ცვლილებით, რამდენადაც ამ დროს ინდიკატორული მქე პრაქტიკულად არ იცვლება. მექანიკურ დანაკარგებზე ატმოსფერული პაერის მდგომარეობის პარამეტრების გავლენა უმნიშვნელოა, ამიტომ ეფექტური მქე იცვლება ინდიკატორული მქე-ის ცვლილების ხასიათის შესაბამისად, ხოლო $T_T=const$

დროს მისი ცვლილება არსებითია და ამიტომ ეფექტური მქანე იცვლება მექანიკური მქანეს ცვლილების ხასიათის შესაბამისად.

სასიმაღლო პირობებში შიგაწვის ძრავების მუშაობის გამოკვლევების პარალელურად ხდებოდა მათი სიმძლავრისა და ეპონომიურობის სიმძლის მიხედვით ცვლილების მექანიზმის დადგენა. ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას მიმართაც ეს საკითხი მწვავედ დადგა დღის წესრიგში შიგაწვის ძრავების საერთაშორისო საბჭოს კონგრესის (Simac) მოთხოვნების შესაბამისად. სასიმაღლო პირობებში აქ წარმოდგენილი ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას მუშაობის ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევების საფუძველზე შედგენილი თანაფარდობისა და მათი სისტემატიზაციით შემუშავდა ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას სიმძლის მიხედვით ცვლილების მექანიზმის მათგანური მოდელი შემდეგი განტოლების სახით:

$$K = \frac{N_{iH}}{N_{iO}} = \frac{G_{bH}}{G_{bO}} = \frac{P_H}{P_O} \left(\frac{T_O}{T_H} \right)^{\frac{n_k}{n_{k-1}}}, \quad (1)$$

რომელსაც საფუძვლად უდევს კომპრესორში პოლიტროპას იქმაჩვენებლიანი პროცესი შემდეგი ნებისმიერი გარეშე და საწყის პირობებში:

$$\frac{P_{KH}}{P_{KO}} = \left(\frac{T_{KH}}{T_{KO}} \right)^{\frac{n_k}{n_{k-1}}}; \quad \frac{P_{KO}}{P_O} = \left(\frac{T_{KO}}{T_O} \right)^{\frac{n_k}{n_{k-1}}}, \quad (2)$$

საიდანაც ჩაბერვის პაერის ტემპერატურის გარეშე ტემპერატურის მიმართ ინგარიანტულობის მხედვლობაში მიღებით $T_{KH}=T_{KO}$. რაც ექსპერიმენტულადაც დადასტურებულია. შესაბამისად გვექნება

$$\frac{G_{bH}}{G_{bO}} = \frac{P_H}{P_O} \left(\frac{T_O}{T_H} \right)^{\frac{n_k}{n_{k-1}}}, \quad (3)$$

რაც ადასტურებს, რომ ინდიკატორული სიმძლავრის ცვლილების ძირითადი და მთავარი მიზეზი არის პაერის ხარჯის ცვლილება, რადგანაც დარჩენილი სიდიდეების ცვლილება იმდენად მცირეა, რომ შეიძლება მათი უგულებელყოფა. მაშასადამე, $T_I=\text{const}$ დროს პრაქტიკისათვის საკმარისი სიზუსტით ინდიკატორული სიმძლავრის ცვლილება შეიძლება განისაზღვროს პაერის ხარჯის ცვლილებით, ხოლო ეს უკანასკნელი ჩაბერვის პაერის წნევის ცვლილებით; ე.ო.

$$\frac{G_{bH}}{G_{bO}} = \frac{P_{KH}}{P_{KO}}. \quad (4)$$

ტურბოჩაბერვიანი დიზელის ძრავას სიმძლის მიხედვით ცვლილების მექანიზმის მათემატიკური მოდელი თვისებრივად განსხვავდება ანალოგიური მიზნით შედგენილი საანგარიშო სისტემებისაგან, ვინაიდან იგი თავისუფალია ემპირიზმისაგან და შესაბამისად გამოსახავს ძრავას მუშაობის მაჩვენებლებზე გარემომცველი პაერის პარამეტრების გავლენის ბუნებას. ამ მოდელით დადგენილია სასიმაღლო პირობებში დიზელთან ტურბოკომპრესორის ერთობლივი მუშაობის ძირითადი თერმოდინამიკური კანონზომიერებანი. მისი თითოეული თანამამრავლის ფიზიკური არსის გასაგებად განვიხილოთ თანამამრავლი $(T_O/T_H)\exp(\pi_k/\pi_{k-1})$. სიძნელეს არ წარმოადგენს იმის განსაზღვრა, რომ ეს თანამამრავლი ტოლია კომპრესორში წვის ზრდის ხარისხის ფარდობისა:

$$\left(\frac{T_O}{T_H} \right)^{\frac{n_k}{n_{k-1}}} = \frac{\pi_{kh}}{\pi_{ko}},$$

რომლის მიხედვით უცვლელი გარეშე ტემპერატურის დროს კომპრესორში წნევის ზრდის ხარისხი არ არის დამოკიდებული გარეშე წნევაზე, რამდენადაც ამ დროს $\pi_{kh} = \pi_{ko}$. მაშასადმე, ჩაბერვის წნევა გარეშე წნევის პროპორციულია. ამასთან, კომპრესორში წნევის ზრდის ხარისხი ისე იცვლება, რომ ჩაბერვის პაერის ტემპერატურა თითქმის მუდმივი რჩება.

ფურბოჩაგერვიანი დიზელის ძრავას სასიმაღლო პირობებში მუშაობის
ექსარიტენტული და თერმოდინამიკური პოლევები

ბ. კორძაძე, რ. დემეტრაშვილი

(რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: სტატიაში მოცემულია ტურბობაბერვიანი დიზელის ძრავას სასიმაღლო პირობებში მუშაობის ექსარიტენტული და თერმოდინამიკური პოლევების შედეგები. დამუშავებულია ძრავას სრულყოფის მეთოდები და საფუძვლები, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ავტოსატრაქტორო ძრავების მაღალი მთისა და ცხელი კლიმატის პირობებში საგენერაციო თვისებების ამაღლებისათვის.

MECHANICAL ENGINEERING

EXPERIMENTAL AND THERMO-DYNAMIC RESEARCHES OF THE DIESEL ENGINES WITH TURBO-SUPERCHARGE IN ALTITUDE CONDITIONS ACCORDING

B. Kordzadze, R. Demetreshvili

(R. Dvali Institute of Machine mechanics)

Rezume: The results of experimental and thermo-dynamic researches of the diesel with turbo-supercharging in altitude conditions carried out in the altitude laboratory of the Institute of Machine Mechanics providing imitation of altitude conditions with extract value of each physical parameter of atmosphere in the limits of standard atmosphere are given in the work. Thus there are developed the methods and scientific bases of perfection of the engine being very important for solution of the scientific problem to increase quality of motor tractor engines at operation in conditions of high mountains and hot climate.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ТУРБОНАДДУВОМ В ВЫСОТНЫХ УСЛОВИЯХ

Б.И. Кордзадзе, Р.С. Деметрашвили

(Институт механики машин им. Р. Двали)

Резюме: В статье приведены результаты экспериментальных и термодинамических исследований дизеля турбонаддувом в высотных условиях. При этом разработаны методы и научные основы совершенствования двигателя, имеющие важное значение в решении крупной научной проблемы повышения эксплуатационных качеств автотракторных двигателей при работе в условиях высокогорья и жаркого климата.

დიდხარული და ელექტროსაზღვოსო ელექტრომანქანიკური ხელსაწყოების დაპროექტების კონცეფცია

ა. რიკრიკაძე

(რ. დგალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

მსოფლიო სამრეწველო ბაზრის მოცულობა ყოველწლიურად ივსება ახალი ელექტრომექანიკური (ემ) ხელსაწყოების ნომენკლატურით. პრაქტიკულად არ არსებობს მრეწველობის სფერო, სადაც იგი არ პოულობდეს ფართო გავრცელებას. ეს სფეროებია: კოსმონავტიკა, ავიაცია, სამოგზოლოებური (ქვანახშირის), ბიოქიმიური, ავების, სამშენებლო, საერთო მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, მედიცინა, საყოფაცხოვრებო სფერო და სხვ.

ემ ხელსაწყოების ტექნიკურ დონეს მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ამმრავი ელექტრომრავას ტექნიკური დონე, რომელიც წარმოადგენს ხელსაწყოების ძირითად და ყველაზე ძვირადღირებულ კვანძს. აღნიშნულ ხელსაწყოებში ძირითადად გამოიყენება დიდჩარული კოლექტორული ელექტროძრავები (კედ), რომელთა როტორის ბრუნვითი სიჩქარე არ აღემატება 24000 ბრჭ/წ-ს, ხოლო ნომინალური სიმძლავრე-1200 ვტ-ს. თუ გადავხედავთ მსოფლიოს განვითარებული სახელმწიფოების მიერ წარმოებულ ემ ხელსაწყოებს, რომლებშიც გამოიყენებულია კედ, ადვილი მისახვედრია, რომ საჭმე ეხება ჭარბ წარმოებას (დიდ კონკურენციას), მეორე მხრივ, აღნიშნული პროდუქცია რაც არ უნდა ცნობილი ფირმების მიერ იყოს დამზადებული, მაინც ნაკლებსაიმედოა და შედარებით ხშირად გამოდის მწყობრიდან. ამიტომ მომხმარებელი ეძებს საიმედო ემ ხელსაწყოებს, მაგრამ ასეთი ხელსაწყოები ძირითადად სამხედრო მრეწველობასა და სპეციალისტი გამოიყენება, ანუ მნელად საშოგნელია.

თანამედროვე დაპროექტების ეტაპზე ემ ხელსაწყოებს წაეყენებათ მკაცრი მოთხოვნები: ელექტროუსაფრთხოება, საიმედოობა, შესაბამის კლიმატურ პირობებში ხანგრძლივად და უსაფრთხოდ მუშაობის უნარი, ბრუნთა რიცხვის მდოვრე რეგულირება, მცირე მასა და გაბარიტული ზომები, ნაკლები ხმაური და თვითღირებულება, ესთეტიკური და ერგონომიკული მოთხოვნები. ამ ჩამონათვალიდან განვიხილოთ ძირითადად ტექნიკური მოთხოვნები:

ელექტროუსაფრთხოება. ევროპასა და პოსტსაბჭოთა სივრცეში მკვებავი ძაბვის სიდიდედ ძირითადად საყოფაცხოვრებო ტექნიკაში მიღებულია 220 ვ, ხოლო ავსტრალიაში – 240 ვ, მაგრამ ელექტროუსაფრთხოების მხრივ მათი გამოყენება არ არის მიზანშეწონილი. ამ დროს როგორც პოსტსაბჭოთა, ისე ევროსტანდარტი – სამშენებლო, სოფლის მეურნეობის, მეცხოველეობის და სამედიცინო სფეროში კრძალავს ასეთი სიდიდის ძაბვის გამოყენებას და ეს სიდიდე მათ მიერ შეზღუდულია 50 ვ-ით. კერძოდ, ზემოაღნიშნულ სფეროებში მკვებავი ძაბვის სიდიდედ შესაბამისად მიღებულია 42, 36 და 24 ვ. ამ მხრივ ლოგიკურად ისმის კითხვა, რა დააშავა საყოფაცხოვრებო ტექნიკის მომხმარებელმა? აქ, ერთი მხრივ, სახელმწიფო სტანდარტების შექმნაში მონაწილე ორგანიზაციებს შეუძლიათ თავი იმართლონ იმ მოტივით, რომ ამ სფეროში ემ ხელსაწყოების დამზადება დაშვებულია მხოლოდ ორმაგი იზოლაციით, რაც არამართებულია, ვინაიდან ეს „ორმაგი“ იზოლაცია მეტნაკლებად სწრაფად შეიძლება დაზიანდეს (განსაკუთრებით ელექტროქსელში შესაერთებელი სადენი), ამიტომ ამ სფეროშიც ძაბვის სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 50 ვ-ს, ვინაიდან ადამიანის სიცოცხლესთან გვაქვს საქმე.

თუ განვიხილოთ ელექტროენერგიის განაწილების ისტორიას საცხოვრებელ სახლებში, აღმოვაჩენთ, რომ პოსტსაბჭოთა სივრცეში 1965 წლამდე ელექტროქსელში ძაბვის სიდიდე იყო 127 ვ,

რაც შედარებით ნაკლებ საფრთხეს შეიცავდა. შემდგომ აღნიშნული სიდიდე გაზარდეს 220 ვ-მდე (რამაც საფრთხე კიდევ უფრო გაზარდა), რაც გამოწვეული იყო მოხმარებული ელექტროენერგიის სიმძლავრის გაზრდით, მეორე მხრივ, სპილენძის სადენის იაფფასიანი ალუმინის სადენით შეცვლით. აღსანიშნავია, რომ აშშ-ში აღნიშნული ძაბვის სიდიდე დღემდე 110 ვ-ია.

თუ შევადარებოთ დიდ სიჩქარესა და დაბალ ძაბვაზე მომუშავე როგორც მუდმივი, ისე ცვლადი დენის კოლექტორულ ძრავას იმავე სიჩქარესა და იმავე სიდიდის ძაბვაზე მომუშავე ასინქრონულ ძრავას, ანუ როგორც მას უწოდებენ მომატებული სიხშირის ასინქრონულ ძრავას (მსამ), ელექტროუსაფრთხოების თვალსაზრისით მსამ გაცილებით უსაფრთხოა, თანაც მით უფრო, რაც უფრო მეტია მკვებავი დენის სიხშირე. კ.წ. სკინ ეფექტის მიხედვით, რაც უფრო იზრდება დენის სიხშირე, ელექტროდენი მით უფრო სხეულის ზედა შრებში გადის და იგი ადამიანისათვის პრაქტიკულად შეუგრძნობელია.

სწორედ ელექტროუსაფრთხოების მიზნით უნდა იყოს განპირობებული ის ფაქტი, რომ ამ ბოლო ათი წლის განმავლობაში წამყვანი ევროპული ფირმები აღნიშნულ ემ ხელსაწყოებს უპავე ამზადებენ დაბალიანს, კერძოდ: 6; 9; 12; 14; 18; 24 და 36 ვ-იანს, რომელთაც აკუმულატორული ხელსაწყოები ეწოდებათ. საკითხის ასეთი გადაწყვეტა აადვილებს მათ მოხმარებას, ვინაიდან ელექტროქსელის სადგნი უკვე საჭირო ადარ არის, რაც გაცილებით ზრდის ელექტროუსაფრთხოებას. საკითხის ასეთმა გადაწყვეტამ განაპირობა მათი პოპულარობა და მსოფლიო ბაზარზე დამკვიდრება. მაგრამ ხარისხიანი აკუმულატორული ელექტროხელსაწყოები ჯერჯერობით ძვირადიღირებულია და მუშაობის ხანგრძლივობა შეზღუდულია აკუმულატორის სიმძლავრის გამო. უფრო მეტი სიმძლავრის მიღება ამ ეტაპზე შეუძლებელია, თუმცა ეს პრობლემა ალბათ მოგვარდება დიდი ტევადობისა და მცირე გაბარიტების მქონე აკუმულატორების შექმნით.

საიმედოობა. ელექტროძრავების დაახლოებით 80%, რომელიც გამოიყენება ელექტრომექანიურ ხელსაწყოებში დიდჩქარულ კონტაქტიან, ანუ კოლექტორულ ძრავებს წარმოადგენს. რადგან მათი მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია მექანიკურ მუსაკოლექტორულ კონტაქტზე, ამიტომ მათი საიმედოობა გაცილებით დაბალია და მუშაობის ხანგრძლივობა საშუალოდ 1000–1500 სთ-ს არ აღემატება. მსამ-თან შედარებით, მათი მუშაობის ხანგრძლივობა 3–4-ჯერ ნაკლებია. რადგან აკუმულატორული ემ ხელსაწყოებიც შეიცავს კოლექტორულ ელექტროძრავებს, შესაბამისად, მათი საიმედოობაც დაბალია.

კლიმატური პირობები. კოლექტორული ძრავების ფუნქციონირება სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში მუსაკოლექტორის გამო პრაქტიკულად შეუძლებელია. მათი ფუნქციონირება მხოლოდ ზომიერ კლიმატურ პირობებში და თანაც გადახურულ შენობაშია დასაშვები.

მცირე მასა და გაბარიტული ზომები. ეს მოთხოვნები ძირითადად დაკავშირებულია ელექტროძრავის როტორის ბრუნვის სიჩქარესთან. რაც უფრო მეტია ბრუნვის სიჩქარე, მით უფრო ნაკლებია ელექტროძრავის მასა და გაბარიტული ზომა, მაგრამ ბრუნვითი სიჩქარე პროპორციულ დამოკიდებულებაშია საიმედოობასთანაც, ვინაიდან, რაც უფრო მეტია როტორის სიჩქარე, მით უფრო ნაკლებია ძრავის საიმედოობა, განსაკუთრებით თუ ძრავა კოლექტორული ტიპისაა და თანაც დახურული კონსტრუქციის. მუსასა და კოლექტორს შორის როტორის (ღუზის) ბრუნვის დროს წარმოიქმნება ნახშირის მცირე ნაწილაგების მტვრი, რამაც გარკვეული დროის შემდეგ შესაძლოა გადაფაროს კოლექტორის ფირფიტებს შორის სივრცე და გამოიწვიოს ღუზის ხვიების მოკლე ჩართვა (ძრავის მწყობრიდან გამოსვლა).

სმაური. სმაური კოლექტორულ ძრავებში ორგვარია: მექანიკური – საკისრების ბურთულაკების სეპარატორებში გორვით გამოწვეული და ელექტრომაგნიტური – კოლექტორზე ელექტრონაპერწკლით (ელექტრორკალით) გამოწვეული, რაც ტელერადიო დაბრკოლების წყაროს წარმოადგენს. პირველი შესაძლებელია საკისრების შეზეოვით შევაციროთ, ხოლო მეორე – შესაბამისი კონდენსატორის ტევადობის სიდიდის შერჩევით. მექანიკური სმაური მსამ-ში კოლექტორულთან შედარებით მცირეა, ხოლო ელექტრომაგნიტური პრაქტიკულად უმნიშვნელოა.

თვითდირებულება. კოლექტორული ძრავების დამზადების ტექნოლოგია ასინქრონულ ძრავებით შედარებით რთული და შრომატევადია, რის გამოც მათი თვითდირებულება 2–3-ჯერ მეტია.

ბრუნვითი სიჩქარის რეგულირება. კოლექტორული ძრავების უპირატესობა ასინქრონულ ძრავებთან შედარებით გამოიხატება როტორის ბრუნვითი სიჩქარის მდოვრედ რეგულირებაში. სიჩქარის რეგულირება ხორციელდება მარტივი, ეწ. ამპლიტუდური, მეთოდით (ძაბვის სიდიდის რეგულირებით), ხოლო ასინქრონულ ძრავებში – დენის სიხშირის რეგულირებით, რაც შედარებით რთულია.

ზემოთ ჩამოთვლილი ტექნიკური მოთხოვნების დაგმაყოფილება შესაძლებელია მხოლოდ მსამაში გამოყენებით (მოკლედ შერთული როტორით), კერძოდ, როგორც ორ-, ისე სამფაზიანი ძრავასი, თუმცა ორფაზიანის გამოყენება უკეთესია, ვინაიდან მთლიანობაში მისი თვითდირებულება უფრო ნაკლებია, საიმედოობა კი შედარებით მაღალი. ამ უკანასკნელში ნახევარგამტარული კვების წყარო – სიხშირული გარდამქმნელი, კონსტრუქციულად შედარებით მარტივია. იგი უნდა დამზადდეს არა უმეტეს 50 ვ ძაბვაზე, რაც მის მაღალ ელექტროუსაფრთხოებას უზრუნველყოფს, და მას პრაქტიკულად ყველა კლიმატურ პირობებში შეუძლია იმუშაოს და განავითაროს მაღალი წირული სიჩქარები, ამასთან ტელერადიო დაბრკოლებას არ წარმოქმნის უკონტაქტო მუშაობის გამო, თანაც როტორის ბალანსირება შედარებით გაადვილებულია. ამჟამად დადგა დრო და აუცილებლობა დამუშავდეს პროექტები დიდჩქარული მსამაში, რომლებიც შემდგომ წარმოებაში იქნება ჩაშვებული და ათვისებული ახლა უკვე საყოფაცხოვრებო და სამედიცინო ტექნიკის განსავითარებლად, რომელთა ნომენკლატურაში შედის ხელსაწყოების საჭაოდ ფართო საუბრი [1].

მსამაშვე 50–60 წლია გამოიყენება კოსმოსურ და საავიაციო ტექნიკაში როგორც ძალურ ამძრავებად და ვენტილატორებად, ასევე ამძრავებად – ქვანახშირის მრეწველობაში – მაღაროებში, ელექტროსახვერ და სახეს მანქანებში; მშენებლობაში – კედლების ცემენტით შესალეს მანქანებში; სოფლის მეურნეობაში – ბალანსია და ბუჩქების სათიბ-საკრეჭ მანქანებში, წარმატებით გამოიყენება მეცხოველეობაში ცხოველების საპარს მანქანებში. მათი მკვებავი ძაბვა არ აღემატება შესაბამისად 42 და 36 ვ-ს, ხოლო კოსმოსურ ტექნიკაში მკვებავი დენის სიხშირეა – 1000 ჰპ, ავიაციაში 400–500 ჰპ, მშენებლობის, სოფლის მეურნეობის და მეცხოველეობის სფეროში 200 ჰპ.

შეიძლება ითქვას, რომ დღემდე ელექტრომრავების დაპროექტების ორი კონცეფცია არსებობს: პირველი განეკუთნება 1960 წლამდე პერიოდს, რომლისთვისაც დამახასიათებელია მცირე მაგნიტური დატვირთვები და ბრუნვითი სიჩქარეები ≤ 8000 ბრ/წთ, რაც განპირობებული იყო ელექტრომრავების ტექნიკური, საიზოლაციო და კონსტრუქციული მასალების დაბალი ტექნიკური თვისებებით, ამიტომ ელექტრომრავას მოცულობა და მასა გაცილებით დიდი გამოდიოდა, მით უმეტეს, რომ იძულებითი გაგრილების სისტემა გამოიყენებული არ იყო. ეს განსაკუთრებით საყოფაცხოვრებო ტექნიკის სფეროს ეხება.

1960 წლიდან თანდათანობით გაუმჯობესდა ტექნიკური თვისებების მქონე როგორც აქტიური და საიზოლაციო, ისე კონსტრუქციული მასალები, ხოლო 1980–იანი წლებიდან მათმა განვითარებამ ინტენსიური ხასიათი მიიღო, რაც გამოვლინდა ახალი, შედარებით თანამედროვე ელექტრომრავების მთელი სერიის დაპროექტებასა და ათვისებაში. ზემოაღნიშნულს ხელი შეუწყო დიდჩქარული საკისრების ათვისებამაც, რომელთა ბრუნვის სიჩქარემ 25000 ბრ/წთ-ს მიაღწია, ამასთან ერთად დაიხვეწა დაპროექტების ეწ. მეორე კონცეფცია, რომლისთვისაც დამახასიათებელია დიდი მაგნიტური დატვირთვები, დიდი სიჩქარეები და იძულებითი გაგრილების სისტემები (ჰაერით ან სითხით), რამაც საგრძნობლად შეამცირა ელექტრომრავას მასა და მოცულობა.

ზემოთ მოყვანილი დაპროექტების ორივე კონცეფცია სტრუქტურულად შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ:

კონცეფცია №1

მცირე მაგნიტური დატვირთვები $B=0.20-0.45$ ტესლა	ბრუნვითი სიჩქარე ≤ 8.000 ბრ/წთ	მკვებავი ძაბვა 127 კ	იძულებითი გაგრილების სისტემის გარეშე
---	--	-------------------------	--

* მაგნიტური ინდუქცია სტატორსა და როტორს შორის ღრებოში.

კონცეფცია №2

დიდი მაგნიტური დატვირთვები $B=0.35-0.70$ ტესლა	დიდი სიჩქარეები >8.000 ბრ/წთ	მკვებავ-ძაბვა 220 კ	იძულებითი გაგრილების სისტემა (ჰაერი; სითხე)
---	-----------------------------------	------------------------	---

XXI საუკუნის დასაწყისისათვის გაცილებით გაუმჯობესდა ზემოაღნიშნული აქტიური, საიზოლაციო და კონსტრუქციული მასალების ტექნიკური თვისებები, დამუშავდა საკისრების კონსტრუქციები, რომელთა სიჩქარემ $40000-60000$ ბრ/წთ-ს მიაღწია, რაც ჩვენი დაპროექტების კონცეფციის №3 საფეხურზე გადასვლის საშუალებას იძლევა, კერძოდ, უნდა დააკმაყოფილოს მომხმარებლის შემდეგი მოთხოვნები: მაღალი ელექტროუსაფრთხოება, შედარებით მაღალი საიმუდოობა, დაბალი თვითდირებულება, შედარებით მცირე მასა და მოცულობა. ამ მოთხოვნების შესასრულებლად უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მცირე მაგნიტური დატვირთვები, დაბალი მკვებავი ძაბვა (არა უმეტეს 50 კ), განსაკუთრებით დიდი სიჩქარეები – $12000-60000$ ბრ/წთ და მუშაობა იძულებითი გაგრილების სისტემის გარეშე, რომლის სტრუქტურაც შემდეგნაირად წარმოგვიდგება:

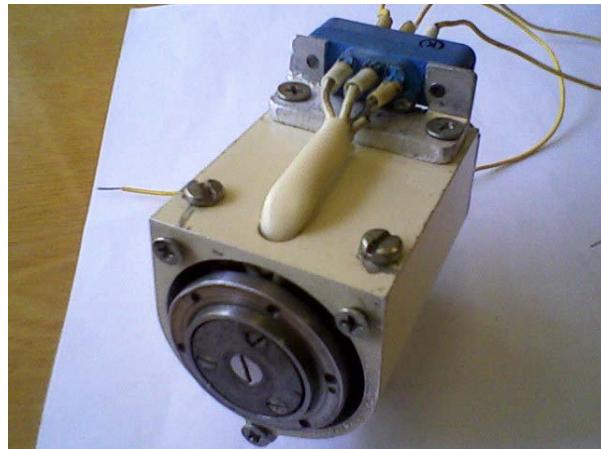
კონცეფცია №3

დაბალი მაგნიტური დატვირთვები $B=0.20-0.45$ ტესლა	განსაკუთრებით დიდი სიჩქარეები > 12000 ბრ/წთ	მკვებავი ძაბვა ≤ 50 კ	იძულებითი გაგრილების სისტემის გარეშე
--	--	-------------------------------	--------------------------------------

ზემოაღნიშნული კონსტრუქციული სისტემა საშუალებას იძლევა როტორის ბრუნვის სიჩქარე გაზრდილ იქნეს 60000 ბრ/წთ-მდე, გაბარიტებისა და მასის შეუცვლელად მივიღოთ გაცილებით მეტი სიმძლავრე, ანუ დიდი კუთრი სიმძლავრე. ასეთი დიდი ბრუნვის სიჩქარე გამოიწვევს როტორის თვითდაცენტრების, რაც დადებითად იმოქმედებს მის მუშაობის უნარზე. ჩვენ მიერ შემუშავებული დაპროექტების კონცეფცია გარევულწილად ეფუძნება წინამორბედი კონცეფციების პიბრილულ შეკავშირებას. ეს კონცეფცია იძლევა საშუალებას მსაბ-ს დაპროექტებისას აქტიურ ელექტროტექნიკურ მასალად გამოყენებულ იქნეს სამრეწველო სიხშირეზე (50ჰ��) მომუშავე აქტიური მასალა, რომლის სისქე – 0,5მ-ია $200-400$ ჰ�� სიხშირის დროს, ხოლო $500-1000$ ჰ��-ის დროს მისი სისქე 0,35 მმ-ია, რაც ამარტივებს მისი დამზადების ტექნოლოგიას და ამცირებს თვითდირებულებას.

დღეისათვის ჩვენ მიერ ესკიზური პროექტის დონეზე დამუშავდა და დამზადდა ორიგინალური კონსტრუქციის დიზაინი (24000–30000 ბრ/წთ) მომატებული სიხშირის ($400-500$ ჰ��) სამფაზა, მცირე სიმძლავრის ($80-100$ ვტ-ის) ასინქრონული მოკლედ შერთულროტორიანი ძრავა როტორის კონსოლური განლაგებით სტატორის კორპუსის მიმართ, რომელიც არ საჭიროებს გაგრილების სისტემას და არც საჭირებს ესაჭიროება ცირკულაციური შეზეოვის სისტემა, ხოლო მისი როტორის სტატორთან შეთანწყობა დღემდე არსებულ ძრავებით ძალზე გამარტივებულია.

ჩვენ მიერ შექმნილ მსაბ-ს ლილგზე შესაძლებელია პირდაპირ იქნეს დასმული მუშა ორგანო (ხელსაწყო) ყოველგვარი მექანიკური გადაცემების გარეშე, რაც ძლიერ ამარტივებს მთლიანობაში მანქანა-ხელსაწყოების კონსტრუქციას. აღნიშნული კონსტრუქციის გამოყენება შესაძლებელია: ტურ-ბოგენერატორებში, ელექტროვენტილატორებში, ელექტროსერხებში, ელექტროსათიბელებში, ელექტ-რომიქსერებში, ყავის ელექტროსაფქვავებში, ელექტროცენტრიფუგებში ელექტროსაშრობებში, ტურბო-კომპრესორებში, მანქანური სისტემის გარდამქმნელებში, ხის ელექტროსაფრეზებში, ელექტროსახეებში, ელექტროსეპარატორებში, ელექტროშალაშინებში, წყალქვეშა ნავების ტურბომრავებში, ელექტროშპინდელებში.



კონსოლური კონსტრუქციის მქონე ელექტროუსაფრთხო მსაბ

ნახაზე ნაჩვენებია №3 კონცეპციის საფუძველზე ჩვენ მიერ დამუშავებული და დამზადებული კონსოლური კონსტრუქციისა და გაზრდილი ელექტროუსაფრთხოების ხარისხის მქონე მსაბ.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Нозадзе А.Д., Рикрикадзе А.А., Шермазанашвили А.Г. Определение сфер возможного применения асинхронных электродвигателей повышенной частоты. მეორე საერთაშორისო კონფერენციის („მექანიკის არაკლასიკური ამოცანები“) მასალები, ქუთაისი, 2012, გვ. 313–316.

ელექტრომანქანიათმშენებლობა

დიდხარული და ელექტროსაფრთხო ელექტრომანქანიკური ხელსაწყოების
დაპროექტების პრცეცია

ა. რიკრიკაძე

(რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია დიდხარული ელექტრომანქანი, რომლებიც გამოიყენება ელექტრომექანიკური ხელსაწყოების ამტავებად; ჩატარებულია კოლექტორული და მომატებული სისტერის ასინქრონული ძრავების შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. განსაკუთრებული ყურადღებაა გამახვილებული ელექტროსაფრთხოებასა და თვითდირებულებაზე. გაწეულია რეკომენდაცია ელექტრომექანიკურ ხელსაწყოებში დაბალ მაბგასა (≤ 50 ვ) და მაღალ სიჩარეებზე (≤ 60000 ბრ/წ) მომატებული სისტერის ასინქრონული ძრავების გამოყენებაზე. აღნიშნულ ძრავებზე დაპროექტების ახალი კონცეფციაა წარმოდგენილი, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ ელექტროსაფრთხო, დაბალი თვითდირებულების, მცირე მასისა და გაბარიტების მქონე ასინქრონული ძრავები. დამუშავებული და დამზადებულია 100 ვტ სიმძლავრის დიდხარული (30000 ბრ/წ) და ელექტროსაფრთხო (მაბგა — 42 ვ) მაღალ სისტერული ასინქრონული ძრავა №3 კონცეციის საფუძველზე ყოველგარი გაგრილების სისტემის გარეშე.

ELECTRICAL MACHINEBUILDING

THE CONCEPTION OF DESIGNING OF HIGH-SPEED AND ELECTRICAL SAFETY OF ELECTROMECHANICAL DEVICES

A. Rikrikadze

(R. Dvali Institute of Machine mechanics)

Resume: There are considered the high speed electric engines, with drive the electro mechanical devices. Comparative technical-economic analysis between the collector and asynchronous electric engines with a short-circuit rotor of increased frequency is carried out. Special attention is paid to technical demands on electrical safety and price. The recommendation is given to make electromechanical devices of low voltage ≤ 50 wet and on high speed ≤ 60.000 r/min. For projecting there is offered a new conception giving possibility to obtain high electric safety, low price, small mass and dimensions.

Corresponding to conception N3 there was developed and made the high-speed electric engine (30 000 r/min) of increased electric safety (42 V) with power 100 Wt without cooling systems.

ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЕ

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

А. Рикрикадзе

(Институт механики машин им. Р. Двали)

Резюме: В статье рассмотрены высокоскоростные электродвигатели, которые предназначены для привода электромеханических приборов. Проведен сравнительный технико-экономический анализ между коллекторными и асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором повышенной частоты. Особое внимание уделено техническим требованиям на электробезопасность и себестоимость. Данна рекомендация для изготовления электромеханических приборов на низком напряжении ≤ 50 В и на высоких скоростях ≤ 60.000 об/мин. Для их проектирования предложена новая концепция, дающая возможность получения высокой электробезопасности, низкой себестоимости, малой массы и габаритов.

В соответствии с концепцией №3 разработан и изготовлен высокоскоростной электродвигатель (30 000 об/мин) повышенной электробезопасности (42 В) мощностью 100 Вт без применения систем охлаждения.

შნივერსალური ბანზოელექტროგენერატორი

ა. რიპრიკამე, ა. შერმაზანაშვილი

(რ. დვალის მექანიკის ინსტიტუტი)

სხვადასხვა კონსტრუქციისა და სახეობის (მცირე, საშუალო და დიდი სიმძლავრის) ავტონომიური ბენზოელექტროგენერატორები გამოიყენება ძირითადად იქ, სადაც არ გაგვაჩნია ელექტროფიციებული ქსელი. ამჟამად განვიხილავთ მხოლოდ 0,5–1 კვტ სიმძლავრის ბენზოელექტროგენერატორებს.*

მხოლოდ იქნა სხვადასხვა ფირმის მიერ იწარმოება საყოფაცხოვრებო დანიშნულების, მათ შორის 220 ვ ცვლადი ძაბვისა და 50/60 ჰც სიხშირის ბენზოელექტროგენერატორები; მაგალითად, რუსეთის ზოგიერთი სპეციალიზებული საწარმო უშვებს მომატებული სიხშირის (400 ჰც) და 115 ვ ძაბვის მქონე ბენზოელექტროგენერატორებს სავალე პირობებისათვის (სამხედრო დანიშნულებით სხვადასხვა სპეციალიზებული ავტონომიური დენით კვებისათვის და სხვ). მათი სიმძლავრეა 0,5 კვტ, ხოლო მასა – 22 კგ (საწვავის გარეშე). ამავე დანიშნულებით აწარმოებენ ასევე 24–30 ვ ძაბვის მქონე მუდმივი დენის ბენზოელექტროგენერატორებსაც. ისინი გამოიყენება აკუმულატორების დასამუხტავად. მათი სიმძლავრე არ აღემატება 1 კვტ-ს.

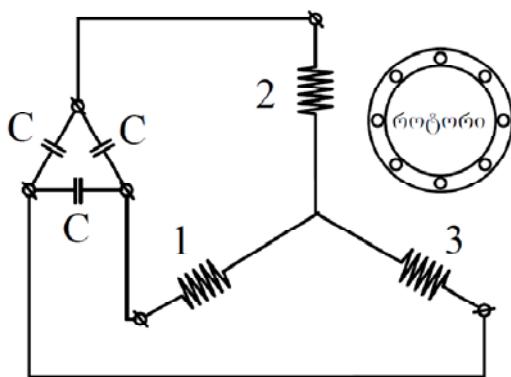
ჩატარებულ იქნა მცირე სიმძლავრის ბენზოელექტროგენერატორების ანალიზი. ზოგიერთ მათგანში ელექტროგენერატორად გამოიყენებულია კონტაქტიანი სინქრონული გენერატორი, ზოგში კი – მუდმივმაგნიტებიანი უკონტაქტო სინქრონული გენერატორი. კონტაქტიანი სინქრონული გენერატორი ნაკლებსაიმედოა, ვინაიდან იგი კონსტრუქციულად შეიცავს საკონტაქტო რგოლებსა და ნახშირიან მუსას, იწვევს ტელერადიო დაბრკოლებას. რაც შეეხება მუდმივმაგნიტებიან უკონტაქტო სინქრონულ გენერატორს, იგი შედარებით ძვირად დირებულია; ამასთან, მასში გამოიყენებული მუდმივი მაგნიტი მყიფეა და მექანიკურად მსხვრევადი. იგი შეიძლება განმაგნიტდეს, რაც გამოიწვევს ელექტროგენერატორის მუშაობის რეჟიმიდან ამოვარდნას ან მისი სიმძლავრის შემცირებას. მრავალმა უცხოურმა ფირმამ ბოლო დროს მხოლოდ ბაზარზე გამოიტანა ბენზოელექტროგენერატორები, რომლებშიც გარდა ზემოაღნიშნულისა, ელექტროგენერატორად გამოიყენებულია უკონტაქტო სინქრონული გენერატორები. თუ ადრე მხოლოდ სამხედრო დანიშნულებისათვის იწარმოებოდა მუდმივი დენის ბენზოელექტროგენერატორები, ამჟამად უკვე არის მათი საყოფაცხოვრებო მიზნით გამოიყენების მოთხოვნილება. გერმანულმა ფირმა “ჰამერმა” და იაპონურმა ფირმა “ჰონდამ” გამოუშვა პორტატიული უნივერსალური ტიპის ბენზოელექტროგენერატორები, რომლებიც ელექტროგენერატორის გამოსასვლელზე ერთდროულად იძლევა როგორც ცვლად, ისე მუდმივ დენს. მათი სიმძლავრე შეადგენს 640 ვტ-ს ცვლადი დენის მხარეზე და 36 ვა-ს (აკუმულატორების დასამუხტავად) მუდმივი დენის მხარეზე. მათი მასაა 18 კგ.

ინდივიდუალური წარმოების დონეზე ჩვენთან ხდება არამარტო ელექტროგენერატორების დაპროექტება, არამედ მისი დამზადებაც. ჩვენი აზრით, ელექტროგენერატორად გამოიყენებული უნდა იქნეს არა სინქრონული, არამედ ასინქრონული გენერატორი (აგ), ვინაიდან იგი კონსტრუქციულად და დამზადების ტექნოლოგიის თვალსაზრისითაც მარტივია, ამავდროულად – ძალზე საიმედო, თვი-

* არსებობს აგრეთვე ეწ. პორტატიული ბენზოელექტროგენერატორებიც, ანუ რომელთა გადაგორება ან გადატანა შესაძლებელია ხელითაც. მათი სიმძლავრეა 0,25–0,5 კვტ, ხოლო მასა 18–25კგ (საწვავის გარეშე).

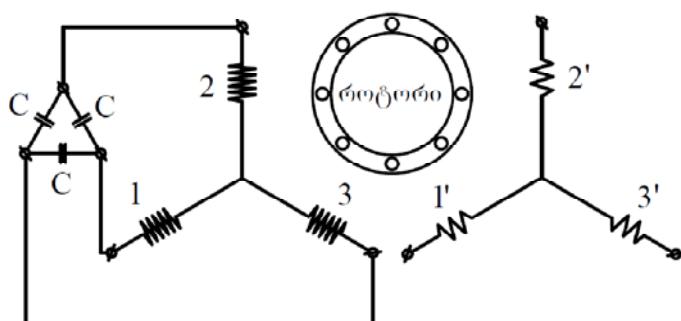
თღირებულება კი დაბალია. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ მისი დამზადება შესაძლებელია არსებული ასინქრონული ძრავების ბაზაზე. ამისათვის საჭიროა არსებული ასინქრონული ძრავას გენერატორულ რეჟიმში გადაყვანა და მისი აგზებისათვის კონდენსატორების ტევადობის გაანგარიშება. ასეთ შემთხვევაში ასინქრონული გენერატორის დაპროექტება და დამზადება შედარებით მარტივდება.

ბოლო 15 წელია, რაც საქართველოს ბაზარზე გამოჩნდა ასინქრონული გენერატორებით და კომპლექტებული ბენზოელექტროგენერატორები. მათში აგზება ხდება კონდენსატორებით. მის როტორში ჩახვეულია ორფაზა გრაგნილი, რომელიც მოკლედ შერთულია ნახევარგამტარული დიოდების მეშვეობით.



ნახ. 1. ავტონომიური ასინქრონული გენერატორის აგზების ერთი
სამფაზაგრაგნილიანი სქემა. 1, 2, 3 – ასინქრონული გენერატორის გრაგნილის ფაზები

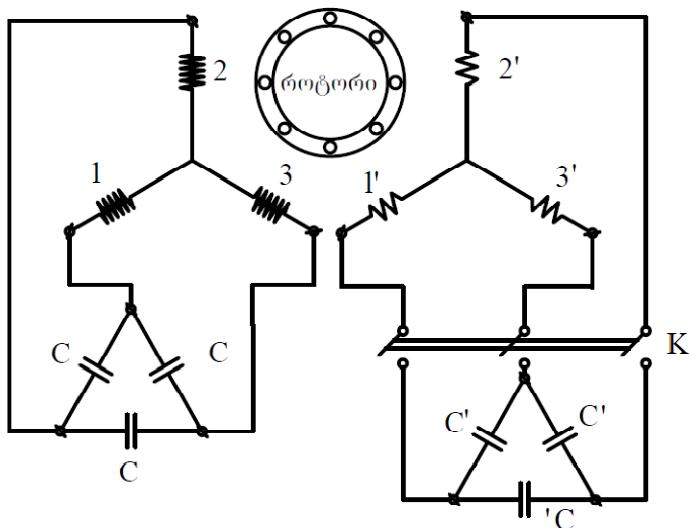
ცნობილია ავტონომიური ასინქრონული გენერატორის აგზების ერთი სამფაზაგრაგნილიანი სქემა (ნახ. 1), სადაც C კონდენსატორია, ხოლო 1, 2, 3 – ასინქრონული გენერატორის გრაგნილის ფაზები. ასეთი სქემით პრაქტიკულად შეუძლებელია ასინქრონული გენერატორის აგზება, როდესაც ტექნიკური დავალება ითვალისწინებს დაბალი ძაბვის მიღებას, რომლის სიღიდე $U \leq 42$ ვ-ზე. ასეთი დაბალი ძაბვის მიღება შესაძლებელია ცნობილი აგზების ორი სამფაზაგრაგნილიანი სქემით, რომელიც ნაწვენებია მე-2 ნახ-ზე, სადაც 1, 2, 3 ასინქრონული გენერატორის აგზების გრაგნილის ფაზებია, ხოლო 1', 2', 3' – მუშა გრაგნილის ფაზები. აგზების გრაგნილზე კონდენსატორებია მიერთვები, ხოლო მუშა გრაგნილიდან ხორციელდება სიმძლავრის მოხსნა (დატვირთვის მიერთება).



ნახ. 2. ავტონომიური ასინქრონული გენერატორის აგზების
ორი სამფაზაგრაგნილიანი სქემა

ჩვეულებრივ, როგორც წესი, ასინქრონული გენერატორის ადვილად აღსაგზნებად სტატორი უნდა აქმაყოფილებდეს პირობას $2P \geq 6$, სადაც $2P$ სტატორის პოლუსთა რიცხვია. ასეთ შემთხვევაში სტატორის მაგნიტური გამტარის უდლის სიმაღლე შედარებით ნაკლები სიდიდისაა ორპოლუსა კონსტრუქციასთან შედარებით, რაც განაპირობებს აგზნებისათვის სტატორში ერთი და იმავე გრაგნილის ხეობის შემთხვევაში მაგნიტურ გამტარში მაგნიტური ინდუქციის საჭირო მნიშვნელობის მიღებას.

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დავადგინეთ, რომ ასინქრონული გენერატორის აგზნების ადვილად მიღება შესაძლებელია იმ შემთხვევაშიც, როდესაც სტატორის პოლუსთა რაოდენობა $2P < 6$. ამ უკანასკნელის მიღწევა შესაძლებელი გახდა მარტივი ხერხით, კერძოდ, მუშა გრაგნილისათვის სამი ფუნქციის მინიჭებით: 1. მუშა გრაგნილის, 2. დამატებითი აგზნების და 3. ძაბვის სტაბილიზაციის ფუნქცია. მე-3 ნახ-ზე ნაჩვენებია ასინქრონული გენერატორის აგზნების მარტივი სქემა, როდესაც $2P < 6$.



ნახ. 3. ასინქრონული გენერატორის აგზნების
გამარტივებული სქემა

ჩვენ ესკიზური პროექტის დონეზე არსებული მოკლედ შერთულროტორიანი სერიული ასინქრონული ძრავის ბაზაზე დამუშავებული და დამზადებული გვაქვს საცდელი სამფაზა როგორც სამრეწველო სიხშირის (50 ჰz), ასევე მომატებული სიხშირის (200–400 ჰz) უნივერსალური ასინქრონული გენერატორი კონდენსატორული აგზნებით (სიმძლავრე – 0,7 კვტ).

ასინქრონული გენერატორის ამძრავად სასურველია გამოყენებულ იქნეს რომელიმე განვითარებული ქვეყნის ფირმის მიერ წარმოებული ბენზინის ძრავა. უცხოური ასინქრონული გენერატორებისაგან განსხვავებით, ჩვენ მიერ შემუშავებული ვარიანტი კონსტრუქციულად მარტივია, რადგან, როგორც ზემოთ აღნიშნეთ, იგი მზადდება არსებული სერიული ასინქრონული ძრავას ბაზაზე, ანუ იგი ახალ კონსტრუქციულ დამუშავებას არ მოითხოვს და თანაც როტორზე სპეციალური ორფაზა გრაგნილის დახვევას არ საჭიროებს. აქ ჩვეულებრივი მოკლედ შერთული ასინქრონული ძრავას როტორია გამოყენებული შეუცვლელად. რაც შეეხბა სტატორს, მასში დახვეულია ორი სამფაზა გრაგნილი, რომელთა შორის ტრანსფორმატორული კავშირია. ასეთი ორი სამფაზაგრაგნილიანი სტატორი საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში მივიღოთ პრაქტიკულად ნებისმიერი სიდიდის დაბალი ძაბვა (12–24–36–42 ვ), რაც ერთ სამფაზაგრაგნილიან სტატორში პრაქტიკულად შეუძლებელია, ვინაიდან შეიქმნება გენერატორის აგზნების პრობლემა, რადგან დაბალი ძაბვის

შემთხვევაში კონდენსატორების სიმძლავრე ძაბვის კვადრატის პროპორციულად მცირდება და, შესაბამისად, აგზნებისათვის საჭირო დენის სიდიდე საკმარისი აღარ იქნება.

გენერატორის გამომავალი ძაბვის სტაბილიზაციისათვის ჩვენ მიერ შემუშავებულია მარტივი ხერხი; კერძოდ, ორ სამფაზაგრაგნილიან სქემაში არსებულ მუშა გრაგნილს ენიჭება დამატებითი აგზნების ფუნქცია, რაც ასინქრონული გენერატორის გადატვირთვის შემთხვევაში გენერირებული ძაბვის სტაბილიზაციის ფუნქციას შეასრულებს. ამისათვის მუშა გრაგნილს K ჩამრთველის მეშვეობით შესაბამისი სიდიდის კონდენსატორები უნდა მივუერთოთ, რაც აგზნების დენის გაზრდასა და ასინქრონული გენერატორის მომჰქერებზე ძაბვის მომატებას, ანუ სტაბილიზაციას, გამოიწვევს. თუ საჭიროების შემთხვევაში მიღებულ ძაბვას გავმართავთ, მივიღებთ მუდმივ ძაბვას, რაც ბენზოელექტროგენერატორს უნივერსალურ ხასიათს შესძენს.

არსებულ ბენზოელექტროგენერატორებში დენით გადატვირთვის შემთხვევაში ელექტროგენერატორებში გამოყენებულია ავტომატური ელექტრონული დაცვა. ჩვენს კონსტრუქციაში ასეთი დაცვა საჭირო არ იქნება, ვინაიდან ასინქრონულ გენერატორს აქვს შესანიშნავი თვისება: თუ იგი სწორადადა გაანგარიშებული, მისი გადატვირთვის შემთხვევაში გენერატორის ელექტრომაგნიტური ველი (ანუ მისი აგზნება) ავტომატურად თავად გაქრება და გენერატორი მწყობრიდან არ გამოვა. ამ დროს გენერატორის გამოსასვლელზე ძაბვა ნულის ტოლი გახდება. როგორც კი დატვირთვა მოხმარებლის მხრიდან ნორმალურ ფარგლებში აღდგება, გენერატორის გამოსასვლელზე ძაბვა ისევ ნორმას დაუბრუნდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს გენერირებული კვების წყაროს ძაბვის ფორმას, რომელიც მიახლოებული უნდა იყოს სინუსოидის ფორმასთან. სინქრონული გენერატორისაგან განსხვავებით, სწორედ ასეთი სინუსოიდური ფორმა აქვს ასინქრონული გენერატორის მიერ გენერირებულ ძაბვას.

აქვე შევნიშნავთ, რომ კონდენსატორული აგზნებით ასინქრონული გენერატორის გამართული ძაბვის სარისხი ნაკლები პულსაციის გამო უფრო მაღალია, ვიდრე სინქრონულ გენერატორებში, რაც კონდენსატორების არსებობით არის განკირობებული. სინქრონულ გენერატორებში, როგორც წესი, აგზნების გრაგნილი როტორზეა განლაგებული, ასინქრონულ გენერატორებში კი – სტატორში, რაც ამარტივებს კონსტრუქციას და როტორის ბალანსირებას. ეს კი როტორის სიჩქარის გაზრდის საშუალებასაც იძლევა, რაც გამოიწვევს იმავე გაბარიტებში სიმძლავრის გაზრდას.

მე-4 ნახ-ზე ნაჩვენებია ჩვენ მიერ დაპროექტებული და დამზადებული საცდელი ბენზოელექტროგენერატორი ასინქრონული მოკლედ შერთულროტორიანი გენერატორის გამოყენებით არსებული სერიული სამფაზა ასინქრონული ძრავას 4AA63B4–У3–ის ბაზაზე;

ბენზოელექტროგენერატორის პარამეტრებია:

ნომინალური სიმძლავრე – 0,7 კვტ;

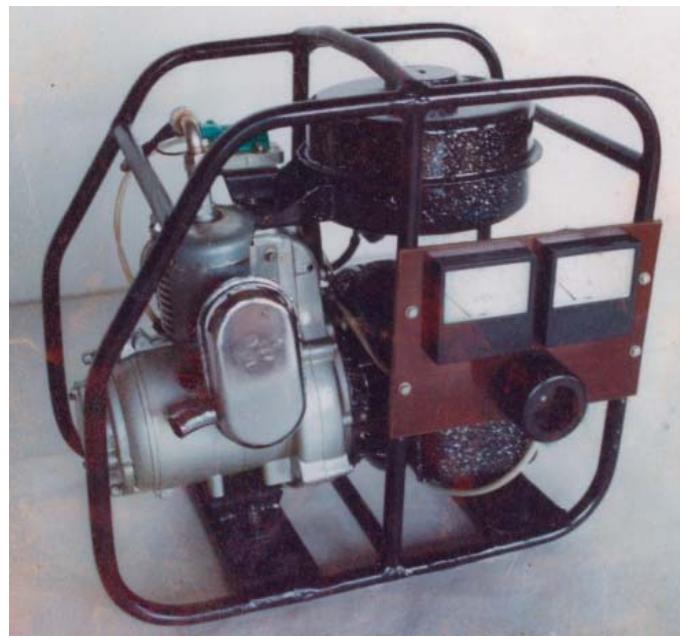
ნომინალური სამფაზა ძაბვა – 220/36 ვ;

ნომინალური დენის სიხშირე – 200 ჸც;

ბრუნვის სიჩქარე – 6 000 ბრ/წთ;

მასა არა უმეტეს (საწვავის გარეშე) – 22 კგ;

ზემოაღნიშნული ბენზოელექტროგენერატორის სქემა შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს როგორც სამოქალაქო, ასევე სამხედრო დანიშნულებით, საყოფაცხოვრებო და სპეცაპარატურის, აგრეთვე სატრანსპორტო საშუალებების ელექტროძრავა-ბორბლების კვებისათვისაც.



ნახ. 4. სამფაზა ასინქრონული ძრავას
4АА63В4-У3-ის ბაზაზე დამზადებული ბენზოელექტროგენერატორი

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Фришман В.С., Прохорова Г.А., Эвентов С.З. Проектирование автономных асинхронных генераторов. «Электротехника», №1, 1988, с.26-28.
2. Питер М., Моретти М., Дивон Луи В. Современные ветрянные двигатели // В мире науки. Пер. с англ. “Scientific American”, №8, 1986, с.128-137.
3. Скороспешкин А. и др. Автономные системы генерирования электроэнергии для ветра и гидро-энергетических установок // Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции, Фрунзе, 1982 г, с. 58-60.

უნივერსალური ბენზოელექტროგენერატორი

ა. რიკრიკაძე, ა. შერმაზანაშვილი

(რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: სტატიაში მოცემულია არსებული მცირე სიმძლავრის ავტონომიური ბენზოელექტროგენერატორების კონსტრუქციების შედარებითი ანალიზი. განხილულია ასინქრონული ელექტროგენერატორების კონდენსატორული აგზების პრობლემა ელექტროგენერატორის მომკერებზე დაბალი ძაბვის ($U \leq 42$ ვ) შემთხვევაში და შემთავაზებულია აგზების მარტივი ორი სამფაზაგრაგნილიანი სქემა, რომელიც ერთდროულად ასრულებს გამოსახვლელი ძაბვის სტაბილიზაციის ფუნქციასაც.

ELECTRIC MACHINE BUILDING

MULTIPLE-PURPOSE PETROL POWER GENERATOR

A. Rikrikadze, A. Shermazanashvili

(R. Dvali Institute of Machine mechanics)

Resume: There is carried out comparative analysis of existed constructions of autonomous petrol electric power generators of low power. There are considered the problems of the condenser of excitation of electric generators at low output voltage and is offered simple two three-phase winding schemes of excitation promoting simultaneously stabilization of output voltage.

ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЕ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ БЕНЗОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

А. Рикрикадзе, А. Шермазанашвили

(Институт механики машин им. Р. Двали)

Резюме: В статье проведен сравнительный анализ существующих конструкций автономных бензоэлектрогенераторов малой мощности; рассмотрены вопросы, связанные с проблемой конденсаторного возбуждения электрогенераторов при низких значениях выходных напряжений $U \leq 42$ В. Предложена простая схема с двумя трехфазными обмотками возбуждения, способствующая одновременной стабилизации выходного напряжения.

ელექტრომანქანათმშენებლობა

ელექტრომანქანა-გორგალი სატრანსპორტო საშუალებებისათვის

†ა. ნოზაძე, ა. რიკრიკაძე, ა. შერმაზანაშვილი, ა. სულაძე

(რ. დგალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

მრეწველობის სხვადასხვა სფეროში წარმატებით გამოიყენება ელექტროამძრავებიანი მანქანები – ექსკავატორები, ამწები, სკრეპერები, ბულდოზერები, გრეიიდერელევატორები, ელექტროსაბურღი დანადგარები, როტორული თხრილის ექსკავატორები, მიწის სათხრელ-საფრეზი მანქანები, გამწევი სატრანსპორტო საშუალებები და სხვ, რომელთაც აქვთ ავტონომიური კვების წყარო. ზემოთ ჩამოთვლილ მანქანა-დანადგარებში პირველად ძრავას მეტწილად წარმოადგენს დიზელი. ამ მანქანებში ზღვრულ სიდიდემდეა შემცირებული მათი მასა და გაბარიტული ზომები, რათა მარტივად შეძლონ კომპაქტურად და მობილურად ფუნქციონირება. დღეს ამ მიზნის მიღწევა შესაძლებელია ელექტრული მანქანებით, რომელთა მართვა ძაბვის სიხშირული რეგულირებით ხორციელდება. ფირმა „დელქო რჟ მი“-მ (აშშ) ჯერ კიდევ წინა საუკუნის დასაწყისში შექმნა სამდერმიანი სატვირთო ავტომობილი. იგი აღჭურვილია მაღალსიხშირული გენერატორით, რომელიც მოძრაობაში მოდის კარბურატორიანი ძრავათი. ავტომობილის ბორბლებში ჩაეყნებულია ასინქრონული, მოკლედ შერთულობრივიანი (ამშრ) ძრავა. მათი ბრუნვის სიჩქარის რეგულირება ხდება სიხშირული გარდამქნელიდან 6–400 ჰკ-მდე და აპაზონში. თითოეული ძრავა მუშაობს ცალკეული სტატიური გარდამქნელის მეშვეობით.

ბელორუსში შეიქმნა სამსედრო დანიშნულების 120 ტ ტვირთამწეობის ავტომატარებელი ბელაზ-549 კ, რომელსაც 4 წამყვანი ბორბალი აქვს. ამ ბორბლებში ჩაეყნებულია ამშრ-იანი ძრავა და მათი დენიოთ კვება ხორციელდება სიხშირული გარდამქნელიდან $f=2-200$ ჰკ-ის დიაპაზონში. ავტომატარებლის მოხვევისას სიხშირული მართვის გამოყენებით მარჯვენა და მარცხენა ბორბლები განსხვავებული სიჩქარით ამოძრავდება. დღეისათვის ბელორუსის ქარხანა „ბელაზი“ აწარმოებს 75–320 ტ ტვირთამწეობის ავტომანქანებს, რომლებშიც გამოყენებულია 200 ჰკ სიხშირის ელექტროძრავები ძრავა-ბორბლისათვის. ბელორუსის ქარხანას აღნიშნულ ძრავებს აწვდის ფირმა „სიმენსი“. აშშ-სა და საფრანგეთში გასული საუკუნის 60-იან წლებში დამზადდა 400 ჰკ სიხშირეზე მომუშავე ელექტროძრავები ავტობუსებისათვის. ამ ეტაპზე ყველაზე თანამედროვე და სრულყოფილ ავტონომიურ ელექტროგრანისმისიას ასრულებს სისტემა, რომელიც შედგება დიზელ-გენერატორისაგან, სტატიური სიხშირის გარდამქნელისა და ელექტროძრავასაგან.

ელექტროძრავების ავტონომიური ელექტროგენერატორის მუშაობის დროს მკვებავი ძაბვა და დენის სიხშირე შესაძლოა მდოვრედ რეგულირდებოდეს პირველადი ძრავას (დიზელის) სიჩქარის რეგულირებითაც. ელექტროძრავების გამოყენება სატრანსპორტო საშუალებებში ზრდის არა მარტო საიმედობას, გამავლობასა და მწარმოებლურობას, არამედ ახდენს მისი მომსახურების გამარტივებას (დიფერენციალის, სიჩქარეთა კოლოფის, კარდანული ლილვის და ა.შ. გამორიცხვით) და მასის მნიშვნელოვან შემცირებას.

ელექტროძრავა უნდა აქმაყოფილებდეს ისეთ მოთხოვნებს როგორიცაა: а) უკონტაქტო შესრულება; б) მცირე მასა და გაბარიტული ზომები, რასაც დიდი სიჩქარები სჭირდება; გ) კლიმატური პირობები (მტვერი, წყალი, ტემპერატურა); დ) ბრუნვითი სიჩქარის რეგულირების დიდი დიაპაზონი. აღნიშნული მოთხოვნები განაპირობებს კონსტრუქციულ თავისებურებებს. მაგალითად, ბრუნვის სიჩქარის რეგულირების დიაპაზონი გავლენას ახდენს ოპტიმალური ძაბვისა და სიხშირის სიდიდეზე, კონსტრუქციულ, საიზოლაციო და ელექტრომაგნიტურ მასალებზე.

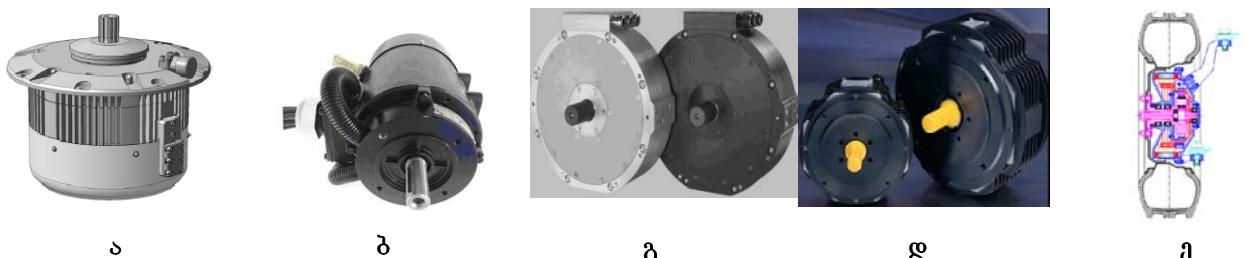
ელექტრომანქანათმშენებლობის წინაშე დგას შემდეგი ამოცანა – ძრავა-ბორბლებისათვის უნდა შეიქმნას თანამედროვე ელექტროძრავა, რომელიც გამოყენებული იქნება მობილურ სატ-

რანსპორტო საშუალებების ში. ამ მიზნის მისაღწევად ჩატარდა არსებული ელექტროძრავების კონსტრუქციების გამოყენება, რომლებიც გამოიყენება საავტომობილო მრეწველობაში, ასევე იალქნიან ნავებსა და მთვარემავალ სატრანსპორტო საშუალებებში. ჩავატარეთ ყველა არსებულ ელექტროძრავაზე კომპლექსური ანალიზი მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეების გათვალისწინებით. მთელი რიგი ელექტროძრავები, კერძოდ, მუდმივი დენის მუდმივმაგნიტებიანი და ცვლადი დენის ელექტროძრავები დღეს წარმატებით გამოიყენება ზემოაღნიშული მექანიზმების ამძრავებად. მუდმივი დენის მუდმივმაგნიტებიანი ძრავები იყოფა კონტაქტიან და უკონტაქტო ელექტროძრავებად, ხოლო ცვლადი დენის ელექტროძრავები – სინქრონულ მუდმივმაგნიტებიან და ამშრ-იან ძრავებად.

მუდმივი დენის კონტაქტიან ელექტროძრავებს მიეკუთვნება კოლექტორული ელექტროძრავები. ასეთია მაგალითად, „აგნი მოტორსის“ (ინდოეთი) ბრტყელი დია კონსტრუქციის ელექტროძრავა, რომლის მასაა 11 კგ, ბრუნთა რიცხვი – 6000 ბრ/წთ, სიმძლავრე – 6 კვტ, დირექტულება – 1600 აუშ დოლარი; მუშაობის რეჟიმი სავარაუდო – ხანმოკლე, განმეორებითი. იგი გამოდგება რობოტებისა და სკუტერებისათვის. მისი გამოყენება ძრავა-ბორბალში დაუშვებელია დია კონსტრუქციის გამო. ამასთან, ახასიათებს უარყოფითი თვისება – ნაპერწყლიანობა და ტელერადიო დაბრკოლებები. ხოლო დადებითი – სწრაფად ამუშავების მომენტი და ბრუნთა რიცხვის მდოვრე რეგულირება დიდ დიაპაზონში. რაც შეეხება უკონტაქტო მუდმივი დენის მუდმივმაგნიტებიან ელექტროძრავებს, ისინი მიეკუთვნებიან თანამედროვე ელექტროძრავებს. მათ როტორში ჩაეყნებულია როტორის მდებარეობის გამწოდი, ხოლო სტატორში – კომუტატორი, რომელიც შედარებით ართულებს ელექტროძრავას კონსტრუქციას. გარდა ამისა, სირთულეს წარმოადგენს მუდმივი მაგნიტების გამოყენება ისეთ მძიმე პირობებში, როგორიცაა ვიბრაციები და მექანიკური დარტყმები, ასევე ელექტროძრავას ხშირი რევერსირება და დამუხრუჭება, განსაკუთრებით მუდმივი მაგნიტების სიმყიფის გამო შესაძლოა მოხდეს მათი მექანიკური დაზიანება (გაბზარვა), რაც გამოიწვევს ელექტროძრავას ფუნქციონირების ნაწილობრივ შეფერხებას ან მთლიანად შეწყვეტას, მთელი უმეტეს, თუ მუდმივი მაგნიტები განლაგებულია როტორზე.

1-ლ ნახ-ზე მოცემულია ცვლადი დენის სამფაზა სინქრონული მუდმივმაგნიტებიანი ელექტროძრავების კონსტრუქციები (თხევადი გაგრილებით) ტროლეიბუსის, ავტობუსის, მეტროსა და სხვ. სატრანსპორტო საშუალებებისათვის. ამ ტიპის ელექტროძრავებს აწარმოებს ფირმები: “ორიონი” (ა), “გრინ მოტორ-სპორტი” (ბ), “ევო ელექტრიკი” (გ) და ”მაგილორი” (დ).

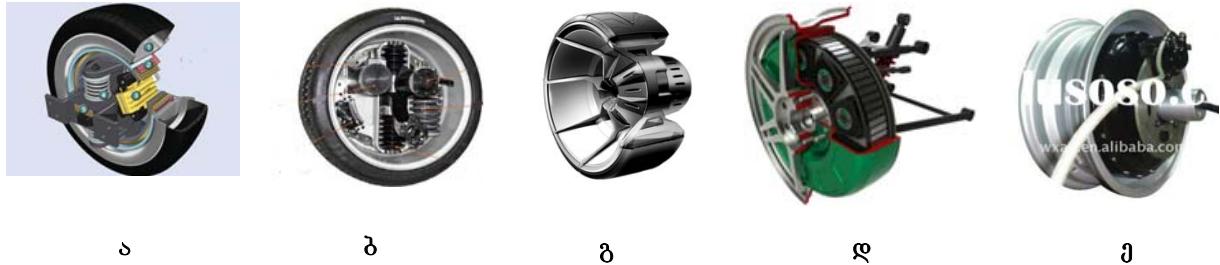
რესეტში შემუშავებულია სინქრონული მუდმივმაგნიტებიანი ძრავა-ბორბლის ინტეგრირებული კონსტრუქციის პროექტი (ნახ. 1, ე) სატვირთო ავტომობილებისა და ყველგანმავალი ტრანსპორტისათვის.



ნახ. 1. ცვლადი დენის სამფაზა სინქრონული მუდმივმაგნიტებიანი ელექტროძრავების კონსტრუქციები თხევადი გაგრილებით.

- ა – ფირმა “ორიონის” (ბელორუსი) ელექტროძრავა (სიმძლავრე – 7,5 კვტ, ბრუნვის სიჩქარე 8000 ბრ/წთ, როტორის დიამეტრი – 160 მმ, სტატორის დიამეტრი – 268 მმ, მასა – 15 კგ);
- ბ – ფირმა “გრინ მოტორ სპორტის” ელექტროძრავა (სიმძლავრე – 18 კვტ, ძაბვა – 48 კ, ბრუნვის სიჩქარე – 4000 ბრ/წთ, ამუშავების მომენტი – 45,5 ნმ, გაბარიტული ზომები – 202x236 მმ, მასა – 15,5 კგ); გ – ფირმა “ევო ელექტრიკის” ელექტროძრავა (სიმძლავრე – 64 კვტ, ბრუნვის სიჩქარე 8000 ბრ/წთ, ამუშავების მომენტი – 145 ნმ, გაბარიტული ზომები – 300x110 მმ, მასა – 30,5 კგ); დ – ფირმა “მაგილორის” (ესპანეთი) ელექტროძრავა (სიმძლავრე – 4,3 კვტ, ბრუნვის სიჩქარე – 3000 ბრ/წთ, ამუშავების მომენტი – 13,6 ნმ, გაბარიტული ზომები – 300x110 მმ, მასა – 24 კგ); ე – რედუქტორიანი ელექტროძრავა-ბორბალი “415-ნილდ” (რუსეთი; სიმძლავრე – 45 კვტ, გაბარიტული ზომები – 830x240 მმ, მასა – 60 კგ)

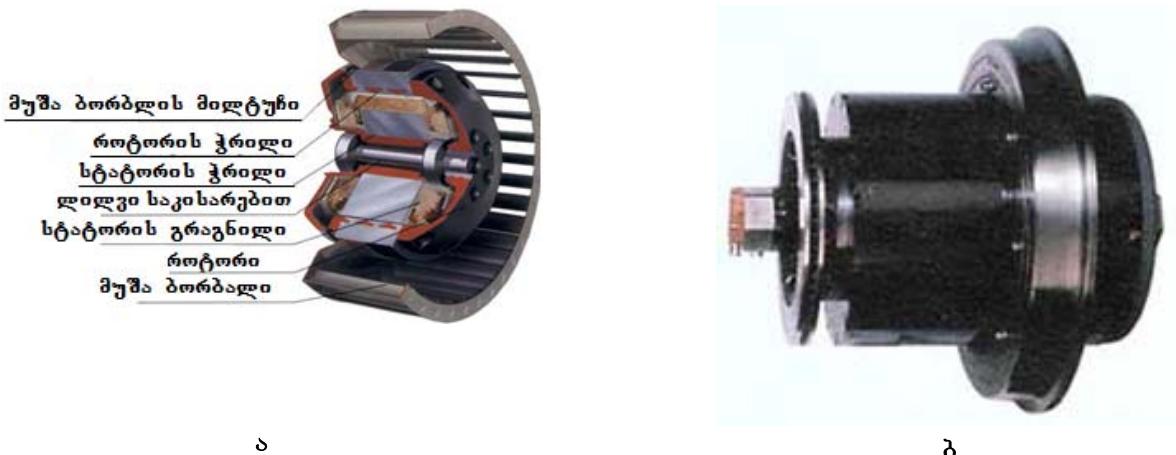
დღეისათვის მრავალი ფირმა (“სიმენსი” – გერმანია, “მიჩელინი” – საფრანგეთი, “აკურა” – იაპონია, “პროტეინექტრიკი” – ინგლისი, “ელექტრიკაუტოტექნოლოჯი” – იტალია-ჩინეთი) მუშაობს და ზოგი მათგანი უკვე აწარმოებს კიდევ როგორც მსუბუქი, ისე სპეციალური მობილური მუდმივი დენის უკონტაქტო ძრავები. მე-2 ნახევ (ა, ბ, გ, დ, ე) ნაჩვენებია ზემოთ ჩამოთვლილი ფირმების ძრავა-ბორბლის კონსტრუქცია.



ნახ. 2. მუდმივი დენის მუდმივმაგნიტებიანი უკონტაქტო ელექტროძრავების კონსტრუქციები.
ა – “სიმენსი”; ბ – “მიჩელინი” (სიმძლავრე – 55 კვტ); გ – “აკურა”; დ – “პროტეინ ელექტრიკი”
(სიმძლავრე – 4 კვტ); ე – “ელექტრიკაუტოტექნოლოჯი” (სიმძლავრე – 4 კვტ, მასა – 72 გ)

რაც შეეხება ევროპული ქვეყნების საწარმოებს, ისინი ძირითადად აწარმოებენ უკონტაქტო მუდმივი დენის მუდმივმაგნიტებიან და ცვლადი დენის სინქრონულ მუდმივმაგნიტებიან ელექტროძრავებს, რომელთა უმრავლესობა წყლით გრილდება.

სატრანსპორტო საშუალებებში ფართო გავრცელება პოვა ამშრ-იანმა ძრავებმა, რომელთა უპირატესობაა უკონტაქტო შესრულება, რაც ზრდის მათ საიმძლოებას, ამარტივებს კონსტრუქციას, დამზადების ტექნოლოგიას და მომსახურებას. ამიტომაც მცირეა მათი თვითდირებულება. უკონტაქტო შესრულება საშუალებას იძლევა გავზარდოთ ბრუნვის სიჩქარე. ასეთი ძრავების მასა და გაბარიტული ზომები შედარებით მცირეა. ძრავა „ზილ-აბეგი“ ამზადებს ელექტროვენტილატორებს, რომლებშიც გამოიყენება 7 კვტ სიმძლავრის ამშ გარეროტორიანი ელექტროძრავები. ავსტრიულ-გერმანული ფირმა “ბომბარდიო ტრანსპორტექიშენ აუსტრია” აწარმოებს ძრავა-ბორბლის ტრამვაის ბორბლებში ჩამონტაჟებულია გარეროტორიანი ელექტროძრავა, რომლის გაგრილება ხდება წყლით (ნახ. 3. ა, ბ).



ნახ. 3. ელექტროძრავა-ბორბლის კონსტრუქციები. ა – ფირმა “ზილ-აბეგის” გარეროტორიანი ასინქრონული ელექტროძრავა-ბორბლი (ვენტილატორი); ბ – ფირმა “ბომბარდიო ტრანსპორტექიშენ აუსტრიას” გარეროტორიანი ასინქრონული ელექტროძრავა-ბორბლი ტრამვაისათვის
(სიმძლავრე – 35 კვტ, გაბარიტული ზომები – 440x460 მმ)

ამშრ-იანი ძრავები შეიძლება იყოს შიგა- და გარეობრორიანი. ელექტროამძრავების განვითარება კოველთვის იწვევდა ელექტროძრავას საწარმოო მექანიზმებთან დაახლოვებას და შუალედური რგოლების გამორიცხვას. ამ შემთხვევაში ხდებოდა ელექტროძრავას უშუალო შეერთება მანქანის მუშაობრივობისთვის. მაგალითად, სამფაზა ამშრ გარეობრორიანი ძრავა გამოყენებულია ელექტროშალაშინისათვის (რუსეთი, ქ. ვიბორგის ელექტროსაირადო ქარხანა), რომლის გარეობრორზე დამაგრებულია შალაშინის პირი და იმართება სიხშირული გარდამქმნელით. ასეთი შესრულებით როტორის ბალანსირება და სტატორის დახვევა მარტივდება. სტატორის უძრავ ღერძში გაკეთებულია ნახვრეტი, რომელიც ქმსახურება ელექტროძრავის სადგნის მიყვანას (სეპარატორის შემთხვევაში კი – დასამუშავებელი პროდუქტის მიწოდებასაც). ასეთი კონსტრუქციის დროს როტორს გარეზედაპირზე შეიძლება გაუკეთდეს გარსაცმი, რომელიც თავისი ტექნოლოგიური დანიშნულებით შეიძლება იყოს ბორბალი, შპინდელი, დოლი, დანა, ხერხი და ა.შ.

ნოვოსიბირსკის ელექტროტექნიკური ინსტიტუტის და სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტის (ორივე რუსეთი) ერთობლივი ძალის სმევით დამზადებულია ტოროიდული კონსტრუქციის სამფაზა ელექტროძრავა-ბორბალი პლანეტურ რედუქტორთან ერთად სამსკორო დანიშნულების ტრანსპორტისათვის, რომლის სიმძლავრეა – 6 კვტ, ძაბვა – 54 კ, ბრუნვის სიჩქარე – 6000 ბრ/წთ, დენის სიხშირე – 400 ჰც, იგი გრილდება წყლით (ნახ. 4).



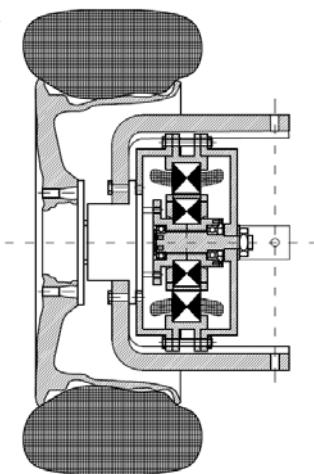
**ნახ. 4. ნოვოსიბირსკის ელექტროტექნიკური ინსტიტუტის
და სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტის (ორივე რუსეთი) მიერ
დამზადებული ელექტროძრავა-ბორბლის კონსტრუქცია**

საცდელი მობილური სატრანსპორტო მანქანის ძრავა-ბორბლის შექმნისას ჩვენი ყურადღება შევაჩერეთ სამფაზა ამშრ-იან ელექტროძრავაზე. დაისახა გეგმა დაპროექტებულიყო ელექტროძრავა ძრავა-ბორბლისათვის, რომელიც დამაგრდებოდა მანქანის ბორბლის დისკოზე რედუქტორთან ერთად. დისკოს შიგა დიამეტრის ზომად აღებულ იქნა 400 მმ, ხოლო სიგანედ – 250 მმ. აქედან გამომდინარე, ელექტროძრავას სიგანე არ უნდა ყოფილიყო 200 მმ-ზე მეტი, ხოლო მისი მასა ალანეტურ რედუქტორთან ერთად – 25 კგ. ასეთი მიზნებისათვის სამფაზა ამშრ-იანი ელექტროძრავა ყოფილი საბჭოთა კავშირის არც ერთი რესპუბლიკის ელექტრომანქანათმშენებლობის საწარმოების მიერ არ იწარმოება.

ჩვენ მიერ ესკიზური პროექტის დონეზე დამუშავდა სამფაზა ამშრ-იანი ელექტროძრავა, რომლის სიმძლავრეა 4–5 კვტ, სინქრონულ ბრუნთა რიცხვი – 6000 ბრ/წთ, მკვებავი დენის სიხშირე – 200 ჰც ყოველგვარი გაგრილების გარეშე. მისი საორიენტაციო მასა არ აღემატებოდა 20 კგ-ს. თუ მას შევადარებოთ ბელორუსის ფირმა „ორიონის“ მიერ დამუშავებულ სუპერმაგნიტებიან სინქრონულ ელექტროძრავას (ნახ. 1, а), რომლის ნომინალური სიმძლავრეა – 7,5 კვტ, მაქსიმალური ბრუნთა რიცხვი – 8000 ბრ/წთ, ხოლო მასაა – 15 კგ და აქვს წყლით გაგრილების სისტემა, ადგილი მისახვედრია, რომ ჩვენი ვარიანტი უკეთესია, ვინაიდან იგი მარტივია დასამზადებლად, ტექნოლოგიურია, გამოირჩევა მაღალი საიმუდოობით და დაბალი ოვითლირებულებით. ჩვენ მიერ შემუშავებული ძრავას კონსტრუქცია ყველა არსებული ამშრ-იანი სამრეწველო და სპეციალიშნულების ელექტროძრავებისაგან ძირითადად და არსებითად განსხვავდება როტორის კონსტრუქციით. კერძოდ, იგი შესრულებულია ორი მაგნიტური შრისაგან: მონოლითური და დატვიფრული ფურცლებისაგან. მონოლითური მაგნიტური გამტარი დატვიფრული მაგნიტური გამტარის გარეზედაპირზეა ჩაწერილი, ხოლო როტორის დერძულ ნახვრეტში ჩაწერილია სიმეტრიულად ორი საყლური, რომლებშიც მოთავსებულია საკისარი.

გამომავალი საყელურის ბოლო მოწყობილია ბორბლის დისკოს მოძრაობის გადაცემის შესაბამისად. ასეთი ელექტროძრავა უზრუნველყოფს ამუშავების მომენტის კოეფიციენტის გაზრდას, რაც ძრავა-ბორბლისათვის ერთ-ერთ ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს. ჩვეულებრივ ელექტროძრავებში აღნიშნული კოეფიციენტი დაახლოებით 1,0–2,0 დიაპაზონშია, ხოლო ჩვენი კონსტრუქცია საშუალებას მოგვცემს ეს კოეფიციენტი გაიზარდოს მინიმუმ 1,4–2,4-მდე. აღნიშნული ელექტროძრავას ასეთი გადაწყვეტა ძალზე ამარტივებს ელექტროძრავას აწყობას და ზრდის მისი მუშაობის საიმედოობას. იგი დახურული ტიპისაა და გათვალისწინებულია ხანგრძლივ რეჟიმში სამუშაოდ. კონსტრუქცია ორიგინალურია იმითაც, რომ როტორი სტატორის მიმართ კონსოლურადაა განლაგებული, რაც ბრუნვითი მოძრაობის მიმართ ვიბრაციების წარმოქმნის ნაკლებ ალბათობას ქმნის, ვინაიდან ამით ასეთი მოძრაობის თავისუფლების ხარისხია გაზრდილი.

მე-5 ნახ-ზე ნაჩვენებია ჩვენ მიერ შემუშავებული კონსტრუქცია – ასინქრონული მოკლედ შერთულროტორიანი ელექტროძრავას და პლანეტური რედუქტორის შეთანწყობა ბორბალთან. აღნიშნული ელექტროძრავას კვება ხორციელდება ავტონომიურად უკონტაქტო სინქრონული ან ასინქრონული გენერატორიდან და ნახევარგამტარული სისმირული გარდამქმნელიდან.



**ნახ. 5. ასინქრონული მოკლედ შერთულროტორიანი
ელექტროძრავა-ბორბლის კონსტრუქცია**

ასეთი ელექტროძრავა-ბორბლის დამუშავება ტექნიკური დაპროექტების დონეზე, მისი დამზადება, გამოცდა და საბოლოო საწარმოში დანერგვა ჩვენი ქვეყნისათვის ფრიად მომგებიანი იქნება. ელექტროძრავას დაპროექტების გამარტივების მიზნით ბაზად აღებულ იქნა არსებული სერიული ელექტროძრავა 4A და AIP, რომლებსაც დღესაც აწარმოებს დსთ-ის ზოგიერთი ქვეყანა (მოლდოვა, ბელორუსი, უკრაინა). ვინაიდან დღეისათვის საქართველოს აღარ აქვს ელექტრომანქანათმშენებელი ქარხნები, ამიტომ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აღნიშნული ქვეყნების ერთ-ერთი საწარმო, სადაც ჩვენი პროექტის საფუძველზე დამზადდება სტატორი და როტორი, თუ ეს უკანასკნელი შესაბამისი დაფინანსებით იქნება უზრუნველყოფილი. ამის შემდეგ შესაძლებელი გახდება საქართველოში საფუძველი ჩაეყაროს როგორც სამხედრო დანიშნულების, ასევე სამოქალაქო მსუბუქი ელექტროავტომობილებისა და სარკინიგზო სატრანსპორტო საშუალებებისათვის ელექტროძრავა-ბორბლების წარმოებას.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Загорский А.Е., Золотов М.Б. Автономный электропривод повышенной частоты. «Энергия», М., 1973.
2. Ю.В.Макаров. Гибридный автомобиль из серийного. "Изобретатель-Рационализатор", N8 (728), 2010.

ელექტრომანქანითმშევაბლობა

ელექტროძრავა-გორგალი სატრანსპორტო საშუალებებისათვის

†ა. ნოზაძე, ა. რიკრიკაძე, ა. შერმაზანაშვილი, ა. სულაძე

(რ. დგალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია სხვადასხვა ტიპის ელექტროძრავები, რომლებიც გამოიყენება მობილურ მანქანებსა და განსხვავებული დანიშნულების სატრანსპორტო საშუალებების ელექტროძრავა-ბორბლებში. ჩატარებულია აღნიშნულ ძრავებზე შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. შერჩეულია და დასაბუთებულია ასინქრონული, მოკლედ შერთულროტორიანი ელექტროძრავას გამოყენების უპირატესობა ელექტროძრავა-ბორბალში. ესკოზური პროექტის დონეზე შემუშავებულია სამფაზა ასინქრონული ძრავა, რომლის სიმძლავრეა 4-5 კვტ, სინქრონულ ბრუნვა რიცხვი – 6000 ბრ/წთ. მკვებავი დენის სიხშირე – 200 ჰც, ხოლო საორიენტაციო მასა – 20კგ.

კონსტრუქციის მთავარი უპირატესობა ისაა, რომ იგი სპეციალურ გაგრილების სისტემას არ საჭიროებს და მისი დამზადება შესაძლებელია არსებული სერიული ელექტროძრავების ბაზაზე.

ELECTRICAL MACHINE BUILDING

ELECTRIC MOTOR-WHEEL FOR TRANSPORT MEANS

†A. Nozadze, A. Rikrikadze, A. Shermazanashvili, A. Suladze

(R. Dvali Institute of Machine Mechanics)

Resume: There are considered electric engines of different types being used as the drive of mobile machines, also electric motor of wheels of transport means of different destination. Comparative technical-economic analysis for the given electric engines is given there. There were chosen and based advantages of asynchronous electric engines, with a short circuit rotor used in electric motor wheels. On the level of sketch project was worked out the three-phase asynchronous electric engine for electric motor wheels, with following technical parameters: power 4-5 kWt, rotational frequency – 6000 r/min, frequency of feeding current - 200 Hz. Approximate mass of the electric motor is no more than 20 kg. The principal advantage of the designed electric motor is that, that its construction does not need forced cooling and its manufacturing is possible on the base of serial asynchronous electric engines.

ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЕ

ЭЛЕКТРОМОТОР-КОЛЕСО ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

†А. Нозадзе, А. Рикрикадзе, А. Шермазанашвили, А. Суладзе

(Институт механики машин им. Р. Двали)

Резюме: В статье рассмотрены разные типы электродвигателей, которые применяются в качестве привода мобильных машин, а также электромотор-колесах транспортных средств разного назначения. Проведён сравнительный технико-экономический анализ для данных электродвигателей. Выбраны и обоснованы преимущества асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, применяемых в электромотор-колёсах. На уровне эскизного проектирования разработан трёхфазный асинхронный электродвигатель для электромотор-колес со следующими техническими параметрами: мощность 4-5 кВт, синхронная частота вращения 6000 об/мин, частота питающего тока 200 Гц. Ориентировочная масса электродвигателя 20кг. Главным преимуществом разработанного электродвигателя является то, что его конструкция не нуждается в принудительном охлаждении, а изготовление возможно на базе существующих серийно выпускаемых асинхронных электродвигателей.

გერტიგალურად მდგომი ადამიანის ფონესორობის ბიომექანიკური პრინციპები

კ. მოისწრაფიშვილი, ა. ეგოიანი

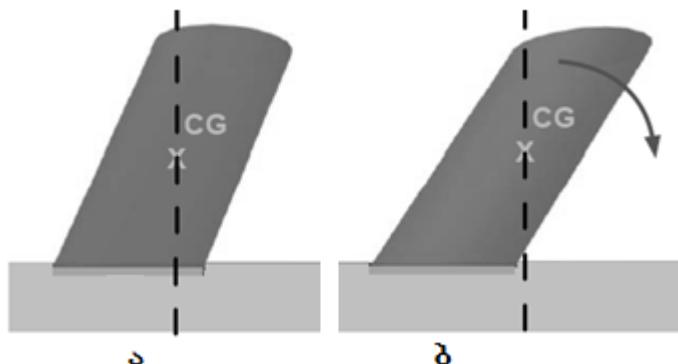
(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

სპორტსა და ადამიანის საქმიანობის სხვა სფეროებში, სადაც აქტიურ ფიზიკურ მოძრაობასთან გვაქვს კავშირი, ბევრი რამ დამოკიდებულია ადამიანის წონასწორობის შენარჩუნების უნარზე.

ცნობილია სტაბილურობის ძირითადი პრინციპები [1, 2]:

1. ადამიანის სიმძიმის ცენტრის (CG) დაბალი პოზიცია;
2. საყრდენის დიდი ფართობი.

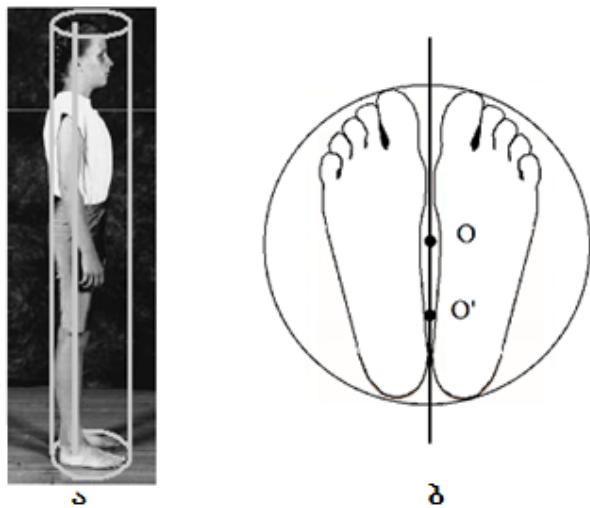
ცილინდრული ფორმის სხეულის პოზიცია მაქსიმალურად მდგრადია, როდესაც სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური პროექცია ემთხვევა საყრდენის ცენტრს (ნახ. 1, ა). თუ სიმძიმის ცენტრის პროექცია საყრდენის ფართობს არ ემთხვევა, მაშინ ცილინდრი იწყებს ვარდნას (ნახ. 1, ბ).



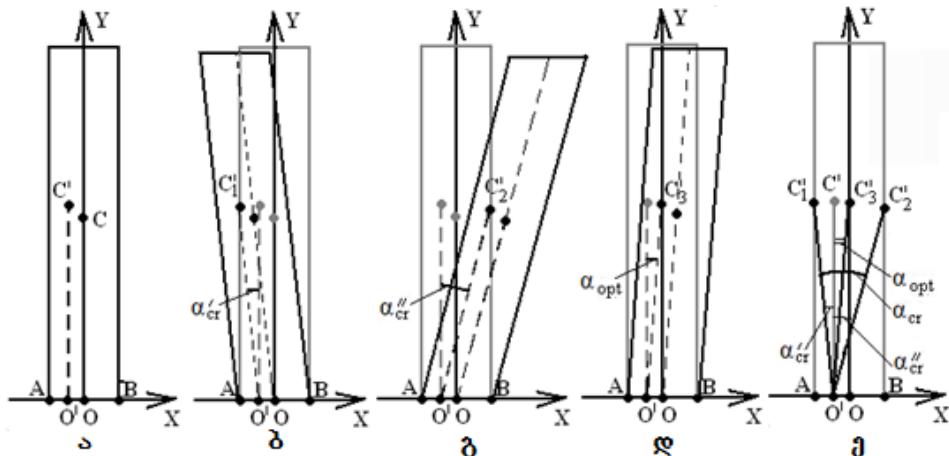
ნახ. 1. ორი დახრილი ცილინდრი:
ა – დაბალანსებული; ბ – დაუბალანსებელი

ვერტიკალურად მდგომი ადამიანის წონასწორობის შესწავლის დროს შეიძლება გამოვიყენოთ ცილინდრებზე დაფუძნებული თეორიული ბიომექანიკური მოდელი, როდესაც ადამიანის სხეული მოთავსებულია წარმოსახვით ვერტიკალურ ცილინდრში (ნახ. 2, ა) და ცილინდრის რადიუსი ადამიანის საყრდენის რადიუსის ტოლია, მაგრამ ადამიანის შემთხვევაში ცილინდრის მაგალითისაგან განსხვავებით, მასა არ არის თანაბრად განაწილებული სივრცეში, რის გამოც ადამიანის სიმძიმის ცენტრის პროექცია, როგორც წესი, არ ემთხვევა საყრდენის გეომეტრიულ ცენტრს (ნახ. 2, ბ).

გადახრის დროს საყრდენის გეომეტრიული ცენტრი არ შეიცვლება. არ შეიცვლება არც მანძილი სიმძიმის ცენტრსა და O წერტილს შორის; შეიცვლება მხოლოდ კუთხე ა ცილინდრის დერძსა და ვერტიკალურ დერძს შორის. ჩვენ გვაინტერესებს ამ კუთხის კრიტიკული მნიშვნელობები: $\alpha=0$ – ადამიანი დგას ვერტიკალურად (ნახ. 3, ა); $\alpha=\alpha_{cr}'$ – ადამიანი კარგავს წონასწორობას უკან გადახრის დროს (ნახ. 3, ბ); $\alpha=\alpha_{opt}$ – ადამიანის მდგრადობა მაქსიმალურია (ნახ. 3, გ); $\alpha=\alpha_{cr}''$ – ადამიანი კარგავს წონასწორობას წინ გადახრის დროს (ნახ. 3, დ).



ნახ. 2. ცილინდრებზე დაფუძნებული თეორიული ბიომექანიკური მოდელი: а – სპორტსმენი დგას წარმოსახვით ცილინდრში; δ – საყრდენი, О – საყრდენის გეომეტრიული ცენტრი, О' – სიმძიმის ცენტრის გერტიკალური პროექცია



ნახ. 3. ადამიანის კრიტიკული პოზიციები უქან და წინ გადახრის დროს

α_{cr}' , α_{cr}'' და α_{opt} კუთხეების გამოსათვლელად შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი ფორმულები:

$$\alpha_{cr}' = \arcsin(|AO'|/l), \quad (1)$$

$$\alpha_{cr}'' = \arcsin(|O'B|/l), \quad (2)$$

$$\alpha_{opt} = \arcsin(|O'O|/l), \quad (3)$$

$l=|O'C|=|O'C_1|=|O'C_2|=|O'C_3|$ გერტიკალურად მდგომი ადამიანის სიმძიმის ცენტრის უ კოორდინატის ტოლია. ლიტერატურიდან ცნობილია [3], რომ საშუალოდ მამაკაცებისთვის $l=0.56\cdot h$, ხოლო ქალებისათვის $l=0.543\cdot h$ და საყრდენის რადიუსი $R_0 \approx h/12 \approx 0.083\cdot h$, სადაც h ადამიანის სიმაღლეა. აგრეთვე ცნობილია, რომ პროპორციული ადამიანისათვის $|AO'| \approx |O'O|$ და $\alpha_{cr}' = \alpha_{opt}$, ამიტომ $|AO'|$, $|O'O|$ და $|O'B|$ მანძილებისათვის გვექნება:

$$|AO'| = |O'O| = R_0/2 = 0.5 \cdot h/12, \quad (4)$$

$$|O'B| = |O'O| + |OB| = 1.5 \cdot R_0 = 1.5 \cdot h/12. \quad (5)$$

თუ (4) და (5) გამოსახულებებს ჩავსვამთ (1)–(3) ფორმულებში, მივიღებთ α_{cr}' , α_{cr}'' და α_{opt} კუთხეების (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

α_{cr}' , α_{cr}'' და α_{opt} კუთხეების მნიშვნელობები
პროპორციული ადამიანის შემთხვევაში
(მამაკაცები, ქალები).

სპორტსმენი	α_{opt} (გრად.)	α_{cr}' (გრად.)	α_{cr}'' (გრად.)
მამაკაცები	4.267	4.267	12.898
ქალები	4.401	4.401	13.309

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ქალები მამაკაცებზე ოდნავ უფრო სტაბილურები არიან, რაც განპირობებულია მათი პროპორციებით. ამასთან, ორივეს აქვს გაცილებით მეტი მდგრადობა წინა მიმართულებით გადახრისას.

არანაკლებ საინტერესოა უფრო გავრცელებული შემთხვევა, როდესაც პროპორციების რომელიმე წესი დარღვეულია: მაგალითად, თუ ტერფის სიგრძე R არ არის R_0 -ის ტოლი, ანუ სპორტსმენს აქვს პატარა ან, პირიქით, დიდი ტერფი. მაშინ გადახრა შეიძლება შევაფასოთ შემდეგი ფორმულების მიხედვით:

$$\Delta R = R - R_0 = R \cdot h / 12 = \Delta R_p \cdot R_0 / 100\%, \quad (6)$$

$$\Delta R_p = [(R - R_0) / R_0] \cdot 100\% = [\Delta R / R_0] \cdot 100\%, \quad (7)$$

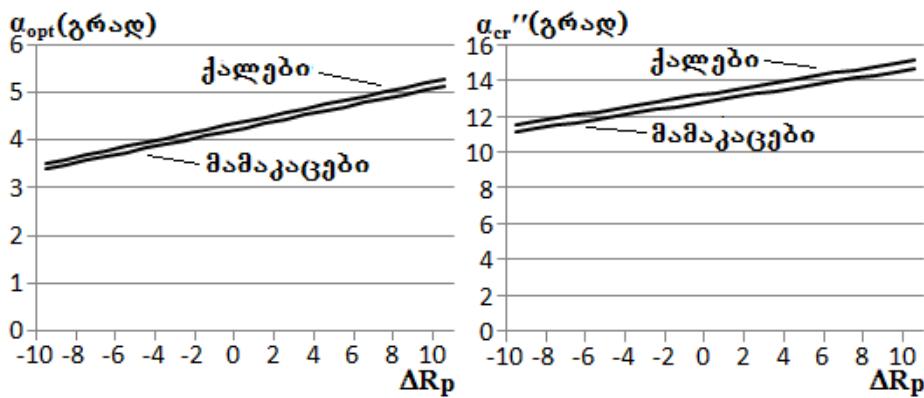
სადაც ΔR არის R_0 -ის ნაზრდი, ხოლო $\Delta R_p = R_0$ -ის პროცენტული ცვლილება.

კინაიდან სიმძიმის ცენტრის კოორდინატები უმნიშვნელოდ არის დამოკიდებული ტერფის ზომაზე (მისი პატარა მასის გამო) ამიტომ მანძილი $|AO'|$ პრაქტიკულად არ იცვლება და ისევ ($R_0/2$)-ის ტოლია. ამ შემთხვევაში კუთხე α_{cr}' რჩება უცვლელი და არ არის დამოკიდებული ტერფის ზომაზე, მაგრამ შეიცვლება O'O მონაკვეთის სიგრძე.

$$|O'O| = 0.5 \cdot R_0 + \Delta R = 0.5 \cdot R_0 + \Delta R_p \cdot R_0 / 100 = (0.5 + \Delta R_p / 100) \cdot R_0, \quad (8)$$

$$|O'B| = |O'O| + |OB| = 0.5 \cdot R_0 + \Delta R + R_0 + \Delta R = 1.5 \cdot R_0 + 2 \cdot \Delta R = (1.5 + 2 \cdot \Delta R_p / 100) \cdot R_0. \quad (9)$$

მე-4 ნახაზზე მოცემულია $\alpha_{opt}(\Delta R_p)$ და $\alpha_{cr}''(\Delta R_p)$ გრაფიკები, როცა ΔR_p იცვლება -10%-დან 10%-მდე.

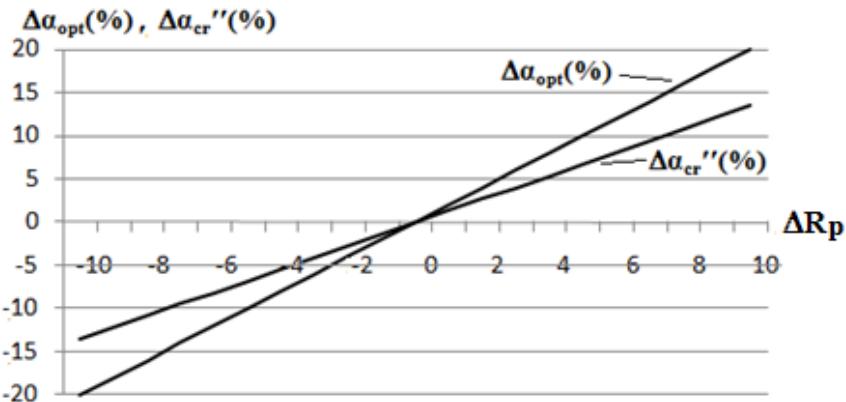


ნახ. 4. $\alpha_{opt}(\Delta R_p)$ და $\alpha_{cr}''(\Delta R_p)$ გრაფიკები

როგორც ვხედავთ, ქალები მამაკაცებთან შედარებით ოდნავ უფრო სტაბილურები არიან და ეს სხვაობა შეუმჩნევლად იზრდება ΔR_p -ის ზრდასთან ერთად (ნახ. 4). პროცენტულად ეს სხვაობა 0.03%-ზე ნაკლებია (ნახ. 5, ცხრილი 2), მაგრამ ორივე კუთხე $\alpha_{opt}(\Delta R_p)$ და $\alpha_{cr}''(\Delta R_p)$ იზრდება ΔR_p -ის

ზრდასთან ერთად პროცენტული $\alpha_{\text{opt}}(\Delta R_p)$ იზრდება 20%-ით და $\alpha_{\text{cr}}''(\Delta R_p) - 13.5\%$ -ით, მაშინ როცა ΔR_p იზრდება მხოლოდ 10%-ით (ცხრილი 2). ზრდას აქვს წრფივი ხასიათი (ნახ. 5).

ეს იმას ნიშნავს, რომ ადამიანის წონასწორობა დამოკიდებულია ტერფის სიგრძეზე: დიდი ტერფი ზრდის ადამიანის წონასწორობას, ხოლო პატარა პირიქით, ამცირებს.



ნახ. 5. $\alpha_{\text{opt}}(\Delta R_p)$ და $\alpha_{\text{cr}}''(\Delta R_p)$ კუთხეების შედარებითი დიაგრამა

ცხრილი 2

$\alpha_{\text{opt}}(\Delta R_p)$ და $\alpha_{\text{cr}}''(\Delta R_p)$ კუთხეების მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები და მათი სხვაობები [-10%; 10%] ინტერვალზე მამაკაცებისა და ქალებისათვის (გრადუსებსა და პროცენტებში).

პარამეტრის ტიპი	ერთეული	მამაკაცები		ქალები	
		α_{opt}	α_{cr}''	α_{opt}	α_{cr}''
მინიმალური ($\Delta R_p = -10\%$)	გრად.	3.412	11.154	3.519	11.508
მინიმალური ($\Delta R_p = -10\%$)	%	-20.023	-13.516	-20.028	-13.527
მაქსიმალური ($\Delta R_p = 10\%$)	გრად.	5.122	14.654	5.283	15.123
მაქსიმალური ($\Delta R_p = 10\%$)	%	20.053	13.615	20.052	13.635
სხვაობა	გრად.	1.7100	3.499	1.763	3.615
სხვაობა	%	40.077	27.131	40.080	27.162

იმედია, რომ სტატიაში მოყვანილი დიაგრამები და ცხრილები ხელს შეუწყობს მწვრთნელებს და სპორტსმენებს ადამიანის წონასწორობასთან დაკავშირებული საკითხების გარკვევაში და წონასწორობაზე ისეთი ფაქტორების გაფლენის შეფასებაში, როგორიცაა ადამიანის პროპორციები, კერძოდ, მისი სიმაღლე და ტერფის სიგრძე.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Duane Knudson. Fundamentals of Biomechanics. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New-York, ISBN 0-306-47474-3, 2003, p.178-188.
2. Diana Cotoros. Biomechanical Analyses of Human Body Stability and Equilibrium. Proceedings of the World Congress on Engineering 2010, Vol. II, WCE 2010, London, U.K, June 30 - July 2, 2010.
3. V. M. Zatsiorskyi. Fundamentals of sports metrology. PHC&S, M., 1979.

**გერმიგალურად მდგომი ადამიანის ფონესოროგის გიოგეგანიგური
პრინციპები**

ქ. მოისწრაფიშვილი, ა. ეგოიანი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: წარმოდგენილ ნაშრომში შესწავლილია გერმიგალურად მდგომი ადამიანის სხეულის წონასწორობა მისი წინ და უკან გადახრისას, როცა ფეხის ტერფები ფიქსირებულია. გამოთვლილია წინ და უკან გადახრის ის კრიტიკული კუთხები α_{cr}' და α_{cr}'' , შესაბამისად, როცა ადამიანის სხეული არასტაბილური ხდება. ასევე გამოთვლილია გადახრის კუთხე α_{opt} , როცა სხეულის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს საყრდენი ფართობის გეომეტრიული ცენტრის თავზე და, როცა მდგომარეობა მაქსიმალურად სტაბილურია. ნაჩვენებია, რომ სტაბილური მდგომარეობა მიიღწევა დიდი $\alpha_{cr} = \alpha_{cr}' + \alpha_{cr}''$ და მცირე α_{opt} -ის მნიშვნელობისას. გამოკვლეულია კრიტიკული კუთხეების დამოკიდებულება ტერფის სიგრძეზე და დადგენილია, რომ α_{cr}' პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული ტერფის სიგრძეზე.

BIOMECHANICS

BIOMECHANICAL PRINCIPLES OF EQUILIBRIUM OF THE UPRIGHT STANDING HUMAN BODY

K. MoisSrapishvili, A. Egoyan

(GEORGIAN STATE UNIVERSITY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS)

Resume: There is studied equilibrium of the upright standing human body during leanings backward and forward with the feet fixed on the ground. Critical values of the angles α_{cr}' and α_{cr}'' , when the body becomes unstable during leanings back and forward correspondingly and α_{opt} – the value of the angle of leaning to the most stable position, when the center of gravity of the body is exactly above the geometrical center of the base of support have been calculated. Stable equilibrium will be achieved for larger $\alpha_{cr} = \alpha_{cr}' + \alpha_{cr}''$ and smaller α_{opt} . It is also studied how equilibrium of the body depends on the foot size and it turns out, that α_{cr}' practically doesn't depend on it.

БИОМЕХАНИКА

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАВНОВЕСИЯ ПРЯМОСТОЯЩЕГО ЧЕЛОВЕКА

К. Моисцрапишвили, А. Егоян

(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА ГРУЗИИ)

Резюме: В этой работе изучается равновесие прямостоящего человеческого тела во время наклонов вперед и назад с фиксированным положением ступней. Рассчитаны критические углы наклона α_{cr}' и α_{cr}'' , когда тело становится нестабильным во время наклонов назад и вперед соответственно и α_{opt} – углом наклона в самое стабильное положение, когда центр тяжести тела находится точно над геометрическим центром площади основы. Показано, что стабильное равновесие достигается при больших $\alpha_{cr} = \alpha_{cr}' + \alpha_{cr}''$ и меньших α_{opt} . Исследовано, как критические углы зависят от длины ступни и выяснено, что α_{cr}' практически не зависит от длины ступни.

სხვადასხვა პოზიციაში მდგრადი აღამიანის ფონასტორობის ბიომექანიკური ანალიზი

ა. ეგოიანი, ქ. მოისწრაფიშვილი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

ცნობილია, რომ სპორტული წარმატება დამოკიდებულია არა მარტო სპორტსმენის პროფესიონალიზმსა და გაწვრთნილობაზე, არამედ მის ანთროპომეტრიულ პარამეტრებზე: ტანის პროპორციებზე, სიმაღლეზე, ფეხის ზომაზე და ა.შ. თუ ისეთი პარამეტრი, როგორიცაა მასა, შედარებით ადვილად რეგულირდება, ტანის პროპორციების შეცვლა პრაქტიკულად შეუძლებელია. სპორტის სხვადასხვა სახეობა მოითხოვს სპორტსმენისგან განსაზღვრულ ფიზიკურ თვისებებს: მაგალითად, კალათბურთში მეტი წარმატება აქვთ მაღალ სპორტსმენებს, მოცურავეებს ხშირად აქვთ გრძელი ფეხები, მსუბუქი წონის მოჭიდავეებს აქვთ მოკლე ფეხები და ფართო მხრები. სპორტული მეცნიერების სპეციალისტებმა დაადგინეს, რომ სპორტსმენის წარმატება სპორტის არჩეულ სახეობაში ხშირად დამოკიდებულია მის პროპორციებსა და ფიზიკურ მონაცემებზე [1].

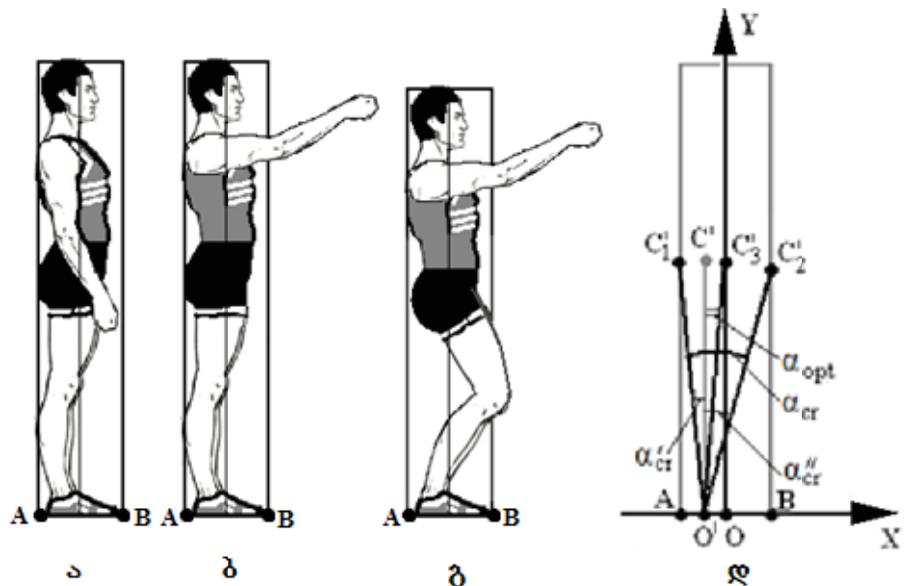
ჩვენი კვლევის მიზანია იმის გარკვევა, თუ როგორი დამოკიდებულებაა სპორტსმენის წონასტორობის შენარჩუნების უნარსა და მის ანთროპომეტრიულ პარამეტრებს შორის; კერძოდ, სიმძიმის ცენტრის კოორდინატებსა და ფეხის ზომაზე. ბიომექანიკაში ადამიანის მოძრაობების აღსაწერად იყენებენ სიმძიმის ცენტრს. ადამიანის სიმძიმის ცენტრის კოორდინატები დამოკიდებულია სხეულის სხვადასხვა სეგმენტის სიმძიმის ცენტრების კოორდინატებზე და გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით [2]:

$$\begin{aligned} X_{CG} &= (x_1 \cdot m_1 + \dots + x_i \cdot m_i + \dots + x_n \cdot m_n) / m, \\ Y_{CG} &= (y_1 \cdot m_1 + \dots + y_i \cdot m_i + \dots + y_n \cdot m_n) / m, \\ Z_{CG} &= (z_1 \cdot m_1 + \dots + z_i \cdot m_i + \dots + z_n \cdot m_n) / m, \end{aligned} \quad (1)$$

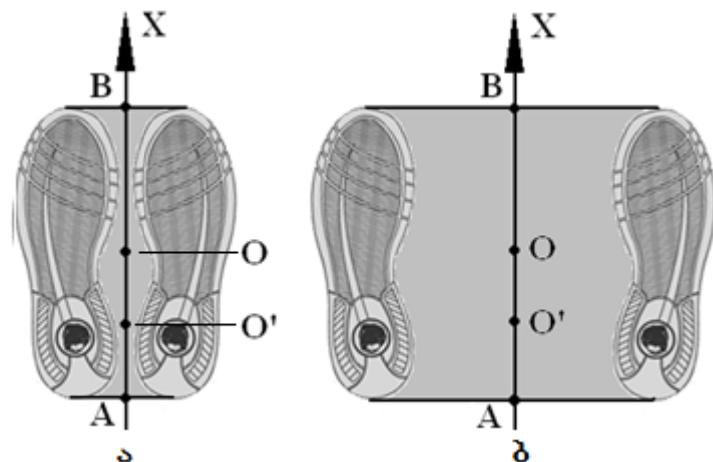
სადაც X_{CG} , Y_{CG} , Z_{CG} მოელი სხეულის სიმძიმის ცენტრის (CG) კოორდინატებია, ხოლო x_i , y_i , z_i – სხეულის სეგმენტების სიმძიმის ცენტრების კოორდინატები, m_i – i -ური სეგმენტის მასა.

ვერტიკალურად მდგომი ადამიანი შეიძლება მოვათავსოთ წარმოსახვით პარალელოგრამში, რომლის ვერტიკალური ღერძი გადის საყრდენის ცენტრზე და პარალელოგრამის სიგანე AB ტერფის სიგრძის ტოლია. მაშინ ადამიანის წონასტორობა წინ და უკან გადახრის დროს განისაზღვრება სამი კუთხით: α_{cr}' , α_{cr}'' და α_{opt} . პირველი ორი კუთხე განსაზღვრავს შესაძლო მაქსიმალურ გადახრებს უკან და წინ [3], ხოლო მესამე არის კუთხე, რომელიც ახასიათებს გადახვლას მაქსიმალურად სტაბილურ პოზიციაში, როდესაც ადამიანის CG ვერტიკალური პროექცია ზუსტად ემთხვევა საყრდენის გეომეტრიულ ცენტრს (ნახ. 1).

განვიხილოთ ადამიანის სხეულის მხოლოდ ის პოზიციები, როდესაც სხეული სიმეტრიულია XOX სიბრტყის მიმართ, სადაც O არის საყრდენის გეომეტრიული ცენტრი, OX სიმძიმის ცენტრის მოძრაობის მიმართულების პარალელურია და OY არის ვერტიკალური ღერძი. ამასთან, განვიხილოთ ის შემთხვევა, როდესაც ორივე ტერფი ერთმანეთის პარალელურია (ნახ. 2), ანუ საყრდენს აქვს მართკუთხედის ფორმა და საყრდენის გეომეტრიული ცენტრი O არის ზუსტად AB მონაკვეთის შუაში: $|AO|=|OB|=L/2$, სადაც L ტერფის სიგრძეა (ნახ. 2).



ნახ. 1. ვერტიკალურად მდგომი ადამიანი წარმოსახვით პარალელოგრამში.
 α , δ , ϑ – სპორტსმენის სხვადასხვა პოზიცია; ϑ – წონასწორობის
 მახასიათებელი კუთხეები



ნახ. 2. საყრდენის გეომეტრიული ფორმა

საწყის პოზიციაში სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური კოორდინატი მაქსიმალურია, ხოლო პორიზონტალური კოორდინატი დამოკიდებულია ადამიანის პოზიციაზე. გადახრის დროს ორივე კოორდინატი შეიცვლება, X_{CG} მცირდება უკან გადახრის დროს და იზრდება წინ გადახრისას.

α_{cr}' , α_{cr}'' და α_{opt} კუთხეების გამოსათვლელად შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი ფორმულები:

$$\alpha_{cr}' = \arcsin((1+k_2)/k_1), \quad (2)$$

$$\alpha_{cr}'' = \arcsin((1-k_2)/k_1), \quad (3)$$

$$\alpha_{opt} = \arcsin(k_3), \quad (4)$$

სადაც k_1 , k_2 და k_3 კოეფიციენტების გამოვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულების მიხედვით:

$$k_1 = |OM'|/|OA| = |O'M_1|/|OA| = |O'M_2|/|OA| = |O'M_3|/|OA| = 2 \cdot Y_{CG}/L = 2 \cdot l/L, \quad (5)$$

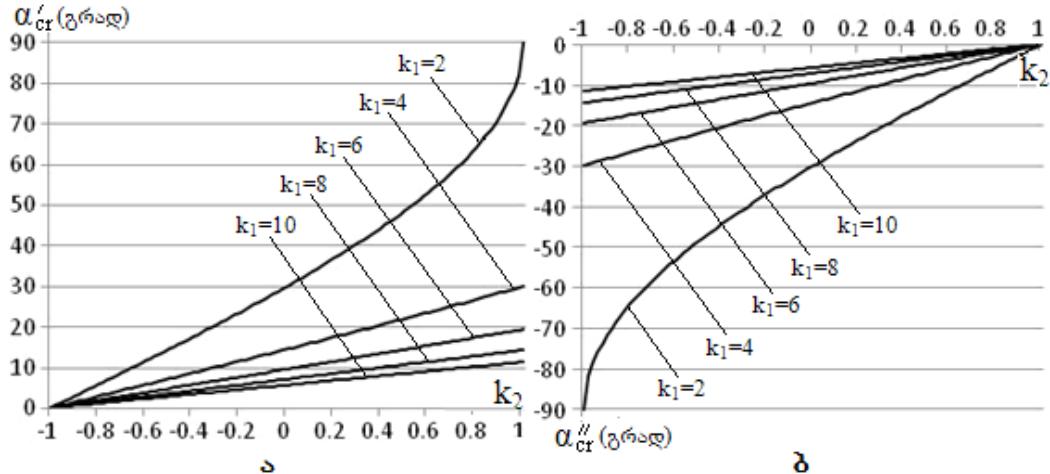
$$k_2 = X_{CG}/|OA| = 2 \cdot X_{CG}/L, \quad (6)$$

$$k_3 = X_{CG}/Y_{CG} = X_{CG}/l = k_2/k_1. \quad (7)$$

L ტერფის სიგრძეა, X_{CG} და Y_{CG} – სპორტსმენის CG-ის საწყისი კოორდინატები, როდესაც Y_{CG} არის მაქსიმალური, $l=Y_{CG}$ მანძილია C' და O' წერტილებს შორის.

(2)–(7) ფორმულებიდან ნათლად ჩანს, რომ მაქსიმალური მდგრადობა ხასიათდება $\alpha_{cr}=|\alpha_{cr}'|+|\alpha_{cr}''|$ კუთხის დიდი და α_{opt} კუთხის პატარა მნიშვნელობებით.

მე-3 ნახ-ზე გრაფიკულად წარმოდგენილია α_{cr}' და α_{cr}'' კუთხეების დამოკიდებულება k_2 -ზე, სადაც $-1 < k_2 < 1$ და k_1 დებულობს ფიქსირებულ მნიშვნელობებს – 2, 4, 6, 8, 10.



ნახ. 3. α_{cr}' და α_{cr}'' კუთხეების დამოკიდებულება k_2 -ზე

როგორც ვხედავთ, α_{cr}' იზრდება k_2 -ის ზრდასთან ერთად, ხოლო α_{cr}'' , პირიქით, კლებულობს k_2 -ის ზრდასთან ერთად. როცა $k_1 \geq 4$ -ისა, ორივე დამოკიდებულება წრფივია.

მე-4 (ა) ნახ-ზე წარმოდგენილია $\alpha_{cr}(k_2)$ ფუნქციის გრაფიკი გამოვლილი k_1 -ის დისკრეტული მნიშვნელობებისათვის – 2, 4, 6, 8, 10. ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ $\alpha_{cr}(k_1, k_2) \approx \text{const}$ თუ $k_1 \geq 4$ – α_{cr} პრაქტიკულად არ იცვლება k_2 -ის ცვლილებასთან ერთად, ამიტომ შეიძლება გამოვიყენოთ (2)–(6) ფორმულების გამარტივებული ვარიანტი $k_2=0$ და $\alpha_{cr}(k_1, k_2) \approx \alpha_{cr}(k_1, 0)$. მივიღებთ შემდეგ ფორმულას:

$$\alpha_{cr}=2 \cdot |\arcsin(1/k_1)|. \quad (8)$$

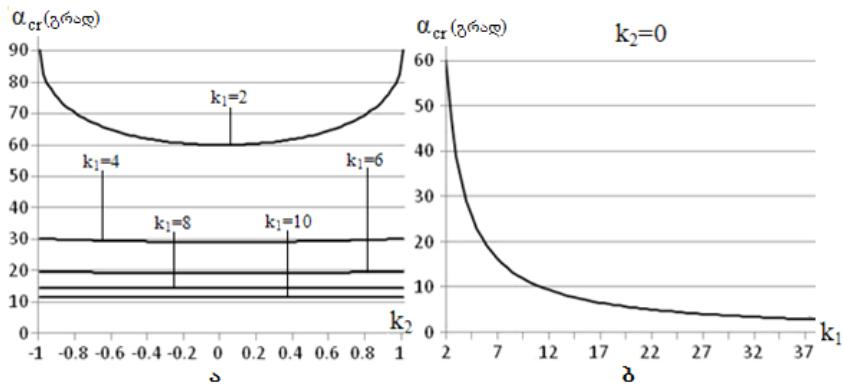
ამ ფუნქციის გრაფიკი მოცემულია მე-4 (ბ) ნახ-ზე. ამ გრაფიკს აქვს პიპერბოლის მხგავსი ფორმა და იგი კარგად აღიწერება აპროქსიმირებული ფორმულით:

$$\alpha_{cr}(k_1, 0) \approx 120/k_1. \quad (9)$$

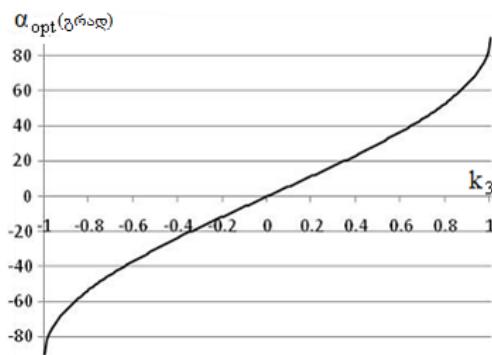
k_1 კოეფიციენტი დამოკიდებულია სპორტსმენის ტანის პროპორციებზე: ტანდაბალი სპორტსმენები, რომლებსაც აქვთ დიდი საყრდენი ფართობი უფრო სტაბილურები არიან და მათ უფრო დიდი α_{cr} ექნებათ. როდესაც k_1 იზრდება, α_{cr} , პირიქით, მცირდება.

(4) ფორმულის მიხედვით, ჩვენ შეგვიძლია გამოვთვალოთ $\alpha_{opt}(k_3)$ ფუნქციის გრაფიკი (ნახ. 5). თუ $\alpha_{opt}(k_3)$ არის უარყოფითი, ეს იმას ნიშნავს, რომ მაქსიმალური სტაბილურობის მისაღწევად სპორტსმენის ტანი უნდა იყოს გადახრილი წინ და, თუ $\alpha_{opt}(k_3)$ არის დადებითი, მაშინ – უკან. გრაფიკს აქვს წრფივი ხასიათი $-0.6 \leq k_3 \leq 0.6$ დიაპაზონში და იგი კარგად აღიწერება აპროქსიმირებული ფორმულით:

$$\alpha_{opt} \approx 58 \cdot k_3 = 58 \cdot X_{CG}/Y_{CG}. \quad (10)$$



ნახ. 4. $\alpha_{cr}(k_2)$ ფუნქციის გრაფიკი. $\delta = \alpha_{cr}$ პუთხის დამოკიდებულება k_2 -ზე,
როცა $k_1=2, 4, 6, 8, 10$; $\delta = \alpha_{cr}(k_1, 0)$ დამოკიდებულება k_1 -ზე



ნახ. 5. α_{opt} პუთხის დამოკიდებულება k_3 -ზე

სპეციალური ლიტერატურიდან ცნობილია [4], რომ საშუალო სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, $L/h \approx 1/6$. ეს მონაცემები მამაკაცებისთვის შეადგენს $X_{CG} = -0.25 \cdot L$ -ს, $Y_{CG} = 0.56 \cdot h$, ქალებისთვის კი – $X_{CG} = -0.25 \cdot L$ -ს, $Y_{CG} = 0.543 \cdot h$ -ს. ამიტომ პირველ შემთხვევაში მივიღებთ $k_1 \approx 6.72$, $k_2 = -0.5$, $\alpha_{cr}' = 4.267^\circ$, $\alpha_{cr}'' = -12.898^\circ$, $\alpha_{cr}''' = 17.665^\circ$ და $\alpha_{opt} = -4.267^\circ$; ხოლო მეორე შემთხვევაში: $k_1 \approx 0.6516$, $k_2 = -0.5$, $\alpha_{cr}' = 4.401^\circ$, $\alpha_{cr}'' = -13.309^\circ$, $\alpha_{cr}''' = 17.71^\circ$ და $\alpha_{opt} = -4.401^\circ$. ეს იმას ნიშნავს, რომ ქალები უფრო სტაბილურები არიან; მაგრამ მაქსიმალურად სტაბილური პოზიციის მისაღწევად მათ მოუწევთ ოდნავ მეტად წინ გადახრა ვიდრე მამაკაცებს.

სტატიაში მოყვანილი დიაგრამები, ვფიქრობთ, დიდ დახმარებას გაუწევს მწვრთნელებსა და სპორტსმენებს სხვადასხვა პოზიციის წონასწორობის შეფასებაში. ამ პოზიციების ფართო კლასს მიეკუთვნება ყველა პოზიცია, როდესაც ადამიანის როგორც მარცხნა, ისე მარჯვენა მხარე სიმეტრიულია ვერტიკალური სიბრტყის მიმართ და ამავე დროს თრივე ტერფი გადახრის მიმართულების პარალელურია. ყველაზე მარტივია ამ პოზიციებს შორის სტანდარტული ვერტიკალური პოზიცია, მაგრამ ამას გარდა დაშვებულია სხვა პოზიციებიც, როდესაც ადამიანს აქვს აწეული ხელები, მოღუნული ან/და გაშლილი ხელები და ფეხები.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА:

4. P. Grimshaw and A. Burden. Sport and Exercise Biomechanics. ISBN 0-203-48830-X, 2007, p. 156-163.
5. Duane Knudson. Fundamentals of Biomechanics. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New-York, ISBN 0-306-47474-3, 2003, p.178-188.
6. Diana Cotoros. Biomechanical Analyzes of Human Body Stability and Equilibrium. Proceedings of the World Congress on Engineering 2010, Vol. II, WCE 2010, London, U.K, June 30 - July 2, 2010.
7. V. M. Zatsiorskyi. Fundamentals of sports metrology. PHC&S, M., 1979.

სხვადასხვა პოზიციაში მდგრადი ადამიანის ფონას ფორმის გიოგვერდიანი ანალიზი

ა. ეგოიანი, ქ. მოისტრაფიშვილი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: წარმოდგენილ ნაშრომში შესწავლილია ადამიანის წონასწორობა მისი წინ და უკან გადახრისას, როცა ფეხის ტერფები ფიქსირებული და ურთიერთპარალელურია. განხილულია სხეულის პოზიციები, როცა XOY წარმოადგენს სხეულის გერტიკალური სიმეტრიის სიბრტყეს, სადაც O საყრდენის გეომეტრიული ცენტრია, ხოლო OX სხეულის სიმეტრიის ცენტრის მოძრაობის მიმართულების პარალელურია, OY კი საყრდენის პერპენდიკულარულია. შემოტანილია ორი კოეფიციენტი $k_1 = 2 \cdot Y_{CG}/L$ და $k_2 = 2 \cdot X_{CG}/L$, სადაც X_{CG} , Y_{CG} სხეულის სიმძიმის ცენტრის საწყისი კოორდინატებია, ხოლო L – ტერფის სიგრძე. ეს კოეფიციენტები საჭმარისი აღმოჩნდა იმისათვის, რომ გამოთვლილ იქნება გადახრის კრიტიკული კუთხეები α_{cr}' და α_{cr}'' , როცა სხეული არასტაბილური ხდება, შესაბამისად, წინ და უკან გადახრისას. ნაჩვენებია, რომ სხეულის სტაბილურობა ხასიათდება $\alpha_{cr} = |\alpha_{cr}'| + |\alpha_{cr}''|$ კუთხით, რომელსაც ძლიერი დამოკიდებულება ახასიათებს k_1 -ზე და k_2 -ზე, და α_{opt} კუთხით, სადაც α_{opt} არის სხეულის გადახრის კუთხე, როცა სხეულის სტაბილურობა მაქსიმალურია და, როცა სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს O წერტილის თავზე. სტაბილური წონასწორობა მიიღწევა დიდი α_{cr} -სა და მცირე $|\alpha_{opt}|$ -ის პირობებში.

BIOMECHANICS

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF EQUILIBRIUM OF THE HUMAN BODY STANDING IN DIFFERENT POSITIONS

A. Egoyan, K. MoisTrapishvili

(GEORGIAN STATE UNIVERSITY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS)

Resume: There is studied equilibrium of the standing human body during leanings backward and forward with the parallel feet fixed on the ground. Body positions with vertical plane of symmetry XOY , where O is the geometrical center of the base of support, OX is parallel to the direction of motion of CG and OY is perpendicular to the ground have been considered. Two coefficients $k_1=2 \cdot Y_{CG}/L$ and $k_2=2 \cdot X_{CG}/L$, where X_{CG} , Y_{CG} are the initial co-ordinates of CG of the body and L is the foot length have been introduced. These coefficients are enough to calculate critical values of the angles α_{cr}' and α_{cr}'' when the body becomes unstable during leanings back and forward correspondingly. There is shown, that stability of the body may be characterized by the angle $\alpha_{cr}=|\alpha_{cr}'|+|\alpha_{cr}''|$, which strongly depends on k_1 and weakly depends on k_2 and α_{opt} – the value of the angle of leaning to the most stable position, when CG of the body is exactly above the point O . Stable equilibrium will be achieved for larger α_{cr} and smaller $|\alpha_{opt}|$.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАВНОВЕСИЯ СТОЯЩЕГО В РАЗЛИЧНЫХ ПОЗИЦИЯХ ЧЕЛОВЕКА

А. Егоян, К. Моисцрапишвили

(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА ГРУЗИИ)

Резюме: В этой работе изучено равновесие человеческого тела во время наклонов вперед и назад с фиксированным положением параллельных друг другу ступней. Рассмотрены позиции тела с вертикальной плоскостью симметрии ХОY, где О – геометрический центр основы, ОХ параллельна направлению движения центра тяжести тела и ОY перпендикулярна основе. Введено два коэффициента $k_1 = 2 \cdot Y_{CG}/L$ и $k_2 = 2 \cdot X_{CG}/L$, где X_{CG} , Y_{CG} - это начальные координаты центра тяжести тела, а L – длина стопы. Этих коэффициентов оказывается достаточно, чтобы рассчитать критические углы наклона α_{cr}' и α_{cr}'' , когда тело становится нестабильным во время наклонов назад и вперед соответственно. Показано, что стабильность тела характеризуется углами $\alpha_{cr} = |\alpha_{cr}'| + |\alpha_{cr}''|$, которые сильно зависят от k_1 и слабо зависят от k_2 , и α_{opt} – углом наклона в самое стабильное положение, когда центр тяжести тела находится точно над точкой О. Стабильное равновесие достигается при больших α_{cr} и меньших $|\alpha_{opt}|$.

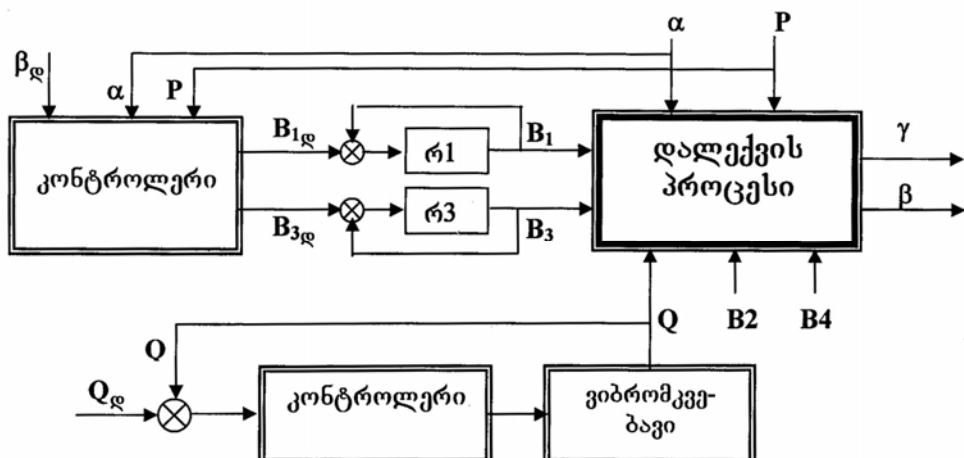
დალექციის პროცესის ოპტიმალური მართვის სისტემა

რ. ენაგელი, მ. ქიტოშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

მანგანუმის მაღნის სეპარაცია (მანგანუმის მინერალების ფუჭი ქანისაგან გამოცალკევება) ძირითადად ხდება გრავიტაციული, კერძოდ, დალექცის მეთოდით. ისევე როგორც ყველა ტექნოლოგიური პროცესი, დალექცის პროცესიც მიმდინარეობს შემაშფოთებელი ზემოქმედებების გავლენის პირობებში. ამდენად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ავტომატური მართვის ისეთი სისტემის აგებას, რომელიც გააუმჯობესებს პროცესის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მაჩვენებლებს შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ცვალებადობის გათვალისწინებით. ამ მიზნით შემუშავებულია დალექციის პროცესის ოპტიმალური მართვის ხერხი [1,2], რომელიც ითვალისწინებს რეგულირების ორი კონტროლ მართვას: პირველი ახდენს სალექი მანქანის გასამდიდრებელი მასალის მიხედვით მწარმოებლურობის სტაბილიზაციას, ხოლო მეორე – პირველი და მესამე კამერის საპარო განყოფილებაში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობის რეგულირებას მაღნის ხარისხისა და რესივერში ჰაერის წნევის მიხედვით. 1-ლ ნახ-ზე მოცემულია ასეთი მართვის სისტემის ფუნქციური სტრუქტურა.

მართვის პირველი კონტროლი წარმოადგენს სალექი მანქანაში მიწოდებული მაღნის სტაბილიზაციის სისტემას [1]. აქვე შევნიშნავთ, რომ კონტროლერისათვის დაგალება Q_d . მისი ექსტრამალური მნიშვნელობა ($Q=30,5 \text{ ტ/სთ}$) განსაზღვრულია ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით.



ნახ. 1. მართვის სისტემის სტრუქტურა. α – მანგანუმის შემცველობაა გასამდიდრებელ მაღანში, %; β – მანგანუმის შემცველობა სალექი მანქანის კონცენტრატში, %; β_R – მისი დაგალებული (პროგრამული) სიდიდე, %; γ – კონცენტრატის გამოსავალი, % Q – სალექი მანქანის მწარმოებლურობა საწყისი მასალის მიხედვით, ტ/სთ; Q_d – მისი სტაბილიზაციის დონე, ტ/სთ; P – ჰაერის წნევა სალექი მანქანის რესივერში, 10⁻⁵ა; B_1 – პირველი კამერის საპარო განყოფილებაში მიწოდებული ჰაერის არსებული რაოდენობა (ფასდება შემაგალი ჰაერსადენის ფარსაკეტის შემობრუნების კუთხით), გრად.; B_1_R – მისი დაგალებული (პროგრამული) მნიშვნელობა, გრად.; B_3 – ჰაერის ხარჯია მესამე კამერაში, გრად.; B_3_R – მისი დაგალებული სიდიდე, გრად; $R1$ და $R3$ – პირველ და მესამე კამერაში მიწოდებული ჰაერის ხარჯის რეგულატორები.

სათანადო ანალიზის შედეგად მიღებულია მართვის სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმი, რომელშიც შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ცვალებადობა გათვალისწინებულია შემდეგნაირად: გასამდიდრებელი მაღნის ხარისხს (α) და პაერის წნევას (P) რესივერში ვაკონტროლებთ უწყვეტად, მაგრამ თუ α -ს შეცვლას მოჰყვება მიწოდებული პაერის ხარჯის უწყვეტი რეგულირება, P -ს შეცვლაზე რეაგირება მოხდება მაშინ, როცა მისი სიდიდე გასცდება ცვალებადობის დიაპაზონის გარეშე უბანს. ამ მიზნით ექსპერიმენტის პერიოდში დაფიქსირებული წნევის ცვალებადობის დიაპაზონი (0,18–0,28) 10^{-5} პა დაიყო სამ უბნად

$$P_1 = 0,18-0,21; \quad P_2 = 0,21-0,25 \quad \text{და} \quad P_3 = 0,25-0,28. \quad (1)$$

შედეგად მიღებულია მართვის კანონები პირველი და

$$B_{11} = 1.613 \cdot 10^5 (\beta_{\varrho} - \alpha)^{2.326} \alpha^{0.473}, \quad (2)$$

$$B_{12} = 1.31 \cdot 10^5 (\beta_{\varrho} - \alpha)^{2.326} \alpha^{0.473}, \quad (3)$$

$$B_{13} = 1.097 \cdot 10^5 (\beta_{\varrho} - \alpha)^{2.326} \alpha^{0.473}, \quad (4)$$

მესამე კამერებისათვის:

$$B_{31} = 2.2926 \cdot 10^8 (\beta_{\varrho} - \alpha)^{4.4539} \alpha^{0.9046}, \quad (5)$$

$$B_{32} = 1.5419 \cdot 10^8 (\beta_{\varrho} - \alpha)^{4.4539} \alpha^{0.9046}, \quad (6)$$

$$B_{33} = 1.0972 \cdot 10^8 (\beta_{\varrho} - \alpha)^{4.4539} \alpha^{0.9046}. \quad (7)$$

ამ გამოსახულებებში B_{11} , B_{12} , B_{13} არის (1) სამი უბნის შესაბამისი პირველი კამერის, ხოლო B_{31} , B_{32} , B_{33} კი – მესამე კამერის საპარავო განყოფილებაში მიწოდებული პაერის რაოდენობა.

თუ სალექტო მანქანის რესივერში პაერის წნევა შეესაბამება პირველ უბანში $P = 0,18-0,21$ სიდიდეს, პროცესის მართვა მოხდება (2) ან (5) კანონის შესაბამისად [2,3]. როდესაც P არის $P = 0,21-0,25$ შუალედში, პროცესი იმართება (3) ან (6) მართვის კანონის მიხედვით.

(2), (3) ან (4) მართვის კანონების მიხედვით, პროცესის მართვა ხორციელდება, როცა β_{ϱ} იმყოფება 41–43,5 % შუალედში. ამ დროს B_3 დაფიქსირებულია თავის საშუალო მნიშვნელობაზე. (5), (6) ან (7) მართვის კანონების მიხედვით, პროცესი იმართება იმ შემთხვევაში, თუ β_{ϱ} იმყოფება 39,5–41 % შუალედში. ამ დროს B_1 დაფიქსირებულია თავის საშუალო მნიშვნელობაზე.

1-ლ ნახ-ზე წარმოდგენილი მართვის სისტემის მეორე კონტურის ფუნქციური სტრუქტურა გამოსახულია მე-2 ნახ-ზე. იგი ახდენს სალექტო მანქანის პირველ და მესამე კამერაში პაერის რეგულირებას (2)–(7) ოპტიმალური მართვის კანონების მიხედვით.

კონტროლერის პირველი ლოგიკური ბლოკის რესივერში ხდება პაერის წნევის სიდიდის გაზომვა და განსაზღვრა, თუ (1)-დან რომელ უბანში იმყოფება იგი. წნევის გადამწყოდის P სიგნალის და კონცენტრატის ხარისხის დავალებული მნიშვნელობის მიხედვით, ლოგიკური ბლოკი (2) განსაზღვრავს თუ (2)–(7) ოპტიმალური მართვის კანონებიდან, რომლის მიხედვით და რომელ კამერაში მოხდება პაერის რეგულირება. შესაბამისი დავალება $\beta_{1\varrho}$ და $\beta_{3\varrho}$ მიეწოდება r_1 და r_3 რეგულატორებს. ამ დროს მეორე და მეოთხე კამერებში პაერის რეგულირება არ ხდება – ისინი აყენია ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავების შედეგად განსაზღვრულ ექსტრემალურ სიდიდეზე $B_2=45,28$ და $B_4=34,73$.

განვიხილოთ ორი შესაძლო ვარიანტი:

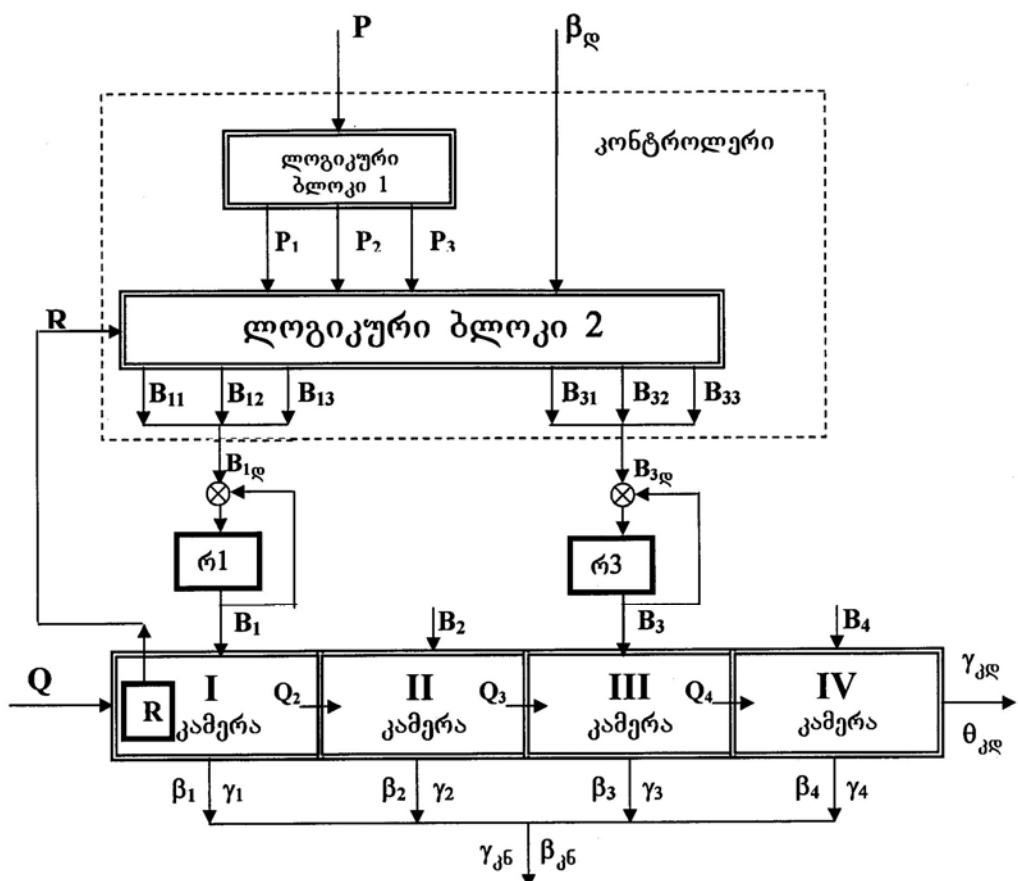
$$1. \quad \alpha = 20\%, \quad \beta_{\varrho} = 40,5\%, \quad P = 0,23 \cdot 10^{-5} \text{ პა.} \quad (8)$$

$$2. \quad \alpha = 26\%, \quad \beta_{\varrho} = 42,5\%, \quad P = 0,265 \cdot 10^{-5} \text{ პა.} \quad (9)$$

პირველი შემთხვევის დროს $\beta_{\text{დ}} = 0$ სიდიდის გამო B_1 დაფიქსირდება, ხოლო B_3 დაიწყებს ცვალებადობას მანამ, სანამ კონცენტრატის ხარისხი არ გახდება პროგრამულის, $\beta_{\text{დ}} = 40.5\%$ -ის ტოლი. ამისათვის კონტროლერი (5)–(7) მართვის კანონებიდან შეირჩევს (6)-ს, რადგან იგი შესაბამება (8)-ს, წნევის ცვალებადობის შუა, P_2 უბანს.

მეორე შემთხვევაში B_3 დაფიქსირდება, ხოლო B_1 ცვალებადობას მანამ, სანამ კონცენტრატის ხარისხი არ გახდება პროგრამულის ტოლი. კონტროლერი (2)–(4) მართვის კანონებიდან შეირჩევს (6)-ს, რადგან იგი შესაბამება წნევის ცვალებადობის ზედა, P_3 უბანს.

პროცესის მართვის ეფექტიანობა (ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის მოთხოვნათა შესაბამისად პროცესის მართვა) დიდადაა დამოკიდებული ძირითადი შემაშფოთებელი ზემოქმედების (α) ზუსტ და უწყვეტ გაზომვაზე. ამჟამად მანგანუმშემცველი ასეთი გადამწოდი არ არსებობს. ხდება მისი შეფასება მაღნის ფიზიკური თვისებების ან პროცესის რეჟიმული პარამეტრის მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში გამოყენებულია სალექი მანქანის საგების გაფხვიერების ჩამოწლივტივიანი გადამწოდი [5], რომელმაც წარმატებით გაიარა ლაბორატორიული და საწარმოო გამოცდები (ნახ. 2-ზე გადამწოდი R). გამოცდებით დადგინდა, რომ მისი სიგნალი პროცესის მმართველი და შემაშფოთებელი ზემოქმედებების პროპრციულია. სხვა პარამეტრების B, P, Q კონტროლის შემთხვევაში R გადამწოდის სიგნალიდან შეიძლება გამოვყოთ α -ს ცვალებადობის შესაბამისი სიგნალი [5, 6].



ნახ. 2. სალექი მანქანის ოპტიმალური მართვის სისტემის ფუნქციური სტრუქტურა

ამრიგად, ზემოთ განხილული მართვის სისტემა უზრუნველყოფს დალექვის პროცესის ოპტიმალურ მართვას მიწოდებული პაკეტის რეგულირებითა და შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ცვალებადობის გათვალისწინებით

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА:

1. ვ. ზვიადაური, რ. ენაგელი, მ. ქიტოშვილი. მაღნის დალექვის პროცესის მართვა მისი ავტომატური ვიბრაციული მიწოდებით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟ. „ენერგია“, 2(50), ნაწ. 1, 2009.
 2. რ. ენაგელი, გ. ჯავახიშვილი, მ. ქიტოშვილი. მანგანუმის მაღნის დალექვის პროცესის მართვის ხერხის შემთხვევა. ჟ. „საქართველოს ნავთობი და გაზი“, №26, თბ., 2010, გვ. 63-68;
 3. რ. ენაგელი, მ. ქიტოშველი. დალექვის პროცესის ოპტიმიზაცია მრავალკამერიან სალექ მანქანში. „სამთო ჟურნალი“, №1(28), თბ., 2012.
 4. რ. ენაგელი, მ. ქიტოშვილი. დალექვის პროცესის ოპტიმიზაცია შემაშფოთებელი ზემოქმედებების გათვალისწინებით. „სამთო ჟურნალი“ №1(28), თბ., 2012.
 5. ა. სტეპანოვი, გ. ბუცხრიიძე, რ. ენაგელი, მ. გამცემლიძე, ნ. ბაბუაძე, ლ. ენუქიძე. სალექ მანქანაში საგების გაფხვიერების გამზომი მოწყობილობა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამთო მექანიკის ინსტიტუტის კრებული „სამთო ელექტრომექანიკა და ავტომატიკა“. „მეცნიერება“, თბ., 1980.
 6. რ. ენაგელი, მ. გამცემლიძე, დ. აბზიანიძე, გ. ჩქარეგული. სალექ მანქანაში საგების გაფხვიერების შემფასებელი მოწყობილობა. ჟ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ №1-3, თბ., 2011, გვ. 56-63.
-

დალექვის პროცესის ოპტიმალური გართვის სისტემა

რ. ენაგელი, მ. ქიტოშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში მოცემულია მანგანუმის მაღნის დალექვის პროცესის ოპტიმალური მართვის სისტემა, რომელიც აგებულია პროცესის მარტიმიზებელი მათემატიკური მოდელისა და მიღებული ტექნოლოგიური კრიტერიუმის საფუძველზე წრფივი დაპროგრამების მეთოდის გრაფიკული ვარიანტით პროცესის ოპტიმიზაციის შედეგად განსაზღვრული მართვის კანონების მიხედვით. მართვის სისტემა უზრუნველყოფს სალექი მანქანის პირველ და მესამე კამერაში მიწოდებული ჰაერის ოპტიმალურ მართვას შემაშფოთებელი ზემოქმედებების – გასამდიდრებელ მაღანში მანგანუმის შემცველობისა და სალექი მანქანის რესივერში წნევის ცვალებადობის მიხედვით.

MINING

OPTIMAL GOVERNING SYSTEM OF SETTLING PROCESS

R. Enageli, M. Qitoshvili

(Georgian Technical University)

Resume: There is given the optimal governing system of settling process of the managanic ore, which is constructed on the basis of process optimizing mathematical model and achieved technological criterion by the graphic version of rectilinear programming method according to the governing laws determined as a result of process optimization. Governing system secures optimal governing of the air achievable in the first and third cells of the settling machine, according to the dangerous influence – according to the changes of managanic composition in concenrtate the ore and changes of pressure in the receiver of the settling machine.

ГОРНОЕ ДЕЛО

СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОСАДКИ

Р. Энагели, М. Китошвили

(Грузинский Технический Университет)

Резюме: В статье приведена система оптимального управления процессом отсадки марганцевых руд, построенном на основе оптимизирующей математической модели процесса, принятого технологического критерия и по законам оптимального управления, полученных в результате оптимизации процесса графическим вариантом метода линейного программирования. Система управления обеспечивает оптимальное управление расходом воздуха в первой и третьей камерах в зависимости от изменений возмущающих воздействий – содержания марганца в обогащаемой руде и давления воздуха в рессивере отсадочной машины.

სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობა

ძრავიანი გაზონის ბაზმჯობესებული ხელის მუხრუჭის ამძრავი კვანძის პინემატიკური პარამეტრების მათემატიკური ანალიზი

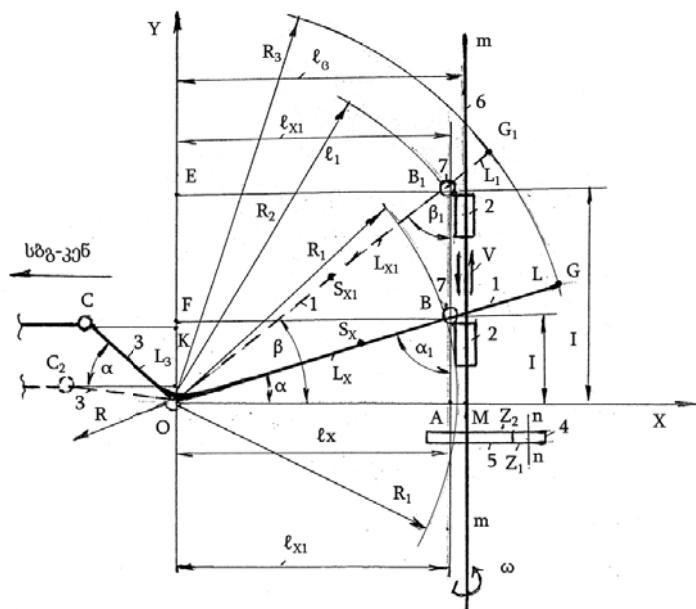
გ. შარაშენიძე, გ. უსანეთაშვილი, ს. შარაშენიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

დიზელმატარებლის ძრავიანი ვაგონის ხელის მუხრუჭის კონსტრუქცია, როგორც ცნობილია, მეტად რთულია. ეს სირთულე გამოწვეულია ბერკეტებისა და ბრუნვითი შემაერთებელი კინემატიკური წყვილების (სახსრების) სიმრავლით. აღსანიშნავია, რომ ამ ბერკეტული გადაცემის სახსრებისა და ბერკეტების არაერთა განლაგების გამო იზრდება სამუშაო ზონა. არსებული ხელის მუხრუჭი აღჭურვილია ორი კონუსური გადაცემით და ამ გადაცემებისთვის საჭირო სამაგრი დეტალებით. საგულისხმოა, რომ კონუსური გადაცემა ართულებს სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის (სბგ) აწყობის სრული ტექნოლოგიური პროცესის დაცვას, რაც მუხრუჭის მოქმედებისას დაკავშირებულია გარკვეულ კინემატიკურ ცდომილებასთან. ამასთან, ტრლდიამეტრიანი კონუსური გადაცემები ვერ უზრუნველყოფს მცირე ფიზიკური ძალით მუხრუჭის დროულ მოქმედებას.

ყოველივე ამის გათვალისწინებით შეიქმნა დიზელმატარებლის ძრავიანი ვაგონის ხელის მუხრუჭის გაუმჯობესებული ვარიანტი, სადაც ორი ერთნაირი კონუსური გადაცემის ნაცვლად გამოყენებულია ამძრავი ცილინდრული კბილა გადაცემა.

გამომავალი კინემატიკური პარამეტრების მათემატიკური ანალიზის გამარტივების (გაიოდების) მიზნით, ამძრავი კვანძის შემობრუნებას ვახდენო 180° -ით, რაც გაანგარიშების საბოლოო შედეგებზე გავლენას ვერ მოახდენს გადაცემის სარკისებრი ასახვის გამო. ნახაზზე მოცემულია ხელის მუხრუჭის ამძრავი კვანძის კინემატიკური პარამეტრების საანგარიშო სქემა.



გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის ამძრავი კვანძის (ω_{α})
კინემატიკური პარამეტრების საანგარიშო სქემა

ნახაზის მიხედვით, ამძრავი კვანძის ამოქმედება ხდება მცირე (Z_1) და გადიდებული (Z_2) ქბილთა რიცხვის მქონე ამძრავი ცილინდრული კბილანებით. მუხრუჭი მოქმედებაში მოდის $n-n$ სიმეტრიის დერმიანი კბილანის სახელურით, საიდანაც მოძრაობა გადაეცემა $m-m$ ხრახნზე ხისტად დამაგრებულ Z_2 ქბილთა რიცხვის მქონე კბილანას ($Z_2 > Z_1$). ხრახნის (6) შემობრუნებით წინს-ვლით მოძრაობას ახორციელებს პრიზმულგანიველობიანი ქვა, ანუ ქანჩი (2), ე.ი. O ბრუნვის წერტილის მქონე OG მხარი ბრუნვითი სახსრის (7) საშუალებით შემობრუნდება α კუთხით, რომლის დროსაც მანძილი ბრუნვის O ცენტრზე გამავალ ორდინატთა OX დერმსა და Z ქანჩის ბრუნვით სახსარს შორის მიიღებს ℓ_X მნიშვნელობას. კუთხე OG მხრისა და ბრუნვითი სახსრების შემაერთვ-ბელ ვერტიკალს შორის მიიღებს α_1 მნიშვნელობას. ამ დროს სახსრის სიმაღლე OX დერმიდან აღინიშნება H -ით ($H=OF$).

იმის გამო, რომ GOC ხინუსა მექანიზმი (2) შეიცავს ქვას, ასევე OG და OC მხრების ხისტ შეერთებას ბრუნვის O ცენტრის გარშემო მოძრაობისას, ამიტომ OC მხარი შემობრუნდება α კუთხით.

OG მხრის მომდევნო შემობრუნებისას, რაც შეიძლება შეესაბამებოდეს ხელის მუხრუჭის ამოქმედების შემდეგ დამუხრუჭების ბოლოსწინა ან საბოლოო მოქნებს, ცვლადი L_X მნიშვნელობა იცვლება ისევ ცვლადი L_{XI} მნიშვნელობით. რომლის სიმაღლე OX დერმიდან ათვლება ტოლობით $H_1 = H + EF$, სადაც EF წარმოადგენს ქვის გადაადგილების მნიშვნელობას შემობრუნების α კუთხიდან β კუთხემდე, ე.ი.

$$H_1 = H + BB_1. \quad (1)$$

თავის მხრივ, H გადაადგილება წარმოადგენს ფუნქციას ხრახნის (6) ბრუნვის ω კუთხურ სიჩქარესა და მის h ბიჯს შორის, ე.ი. შეიძლება ჩაიწეროს

$$H = H(n_{XB} \ h),$$

სადაც n_{XB} არის ხრახნის ბრუნთა რაოდენობა წუთში, ბრ/წთ.

ასევე მართებულია ტოლობა

$$H_1 = H_1(n_{XBI} \ h). \quad (2)$$

საყურადღებოა ის გარემოებაც, რომ ხელის მუხრუჭის სამუხრუჭო კვანძის აწყობის ან დაზუადების ტექნიკური პროცესის ჩატარებისას დასაშვებია ხრახნის $m-m$ ვერტიკალურ დერმს ახასიათებდეს გარკვეული ვერტიკალური უზუსტობა რადაც Δ სიდიდით, ამიტომ შესაძლებელია გვქონდეს ტოლობა:

$$\ell_{XI} = \ell_X \pm \Delta_n, \quad (3)$$

სადაც ℓ_X არის მანძილი სისტემის OX დერმსა და ქვის BB_1 ვერტიკალური გადაადგილების წირს შორის; Δ_n – $m-m$ ხრახნის ვერტიკალური სიზუსტე B წერტილის ქვემოთ OX დერმისადმი ან B_1 წერტილის ზემოთ ამავე დერმისადმი.

ადსანიშნავია, რომ $m-m$ ხრახნის სიმეტრიის დერმსა და OX დერმს შორის მანძილი მუდმივი სიდიდეა:

$$\ell_X = const. \quad (4)$$

მოცემული სამუხრუჭო კვანძის სქემის (იხ. ნახ.) მიხედვით, შეიძლება დაიწეროს ტოლობა OG მხრის საწყისი α კუთხის მიხედვით:

$$tg \alpha = \frac{AB}{OA}. \quad (5)$$

ტოლობის მარჯვენა ნაწილის მნიშვნელობათა გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$tg \alpha = \frac{H(n_{XA}; h)}{\ell_X}. \quad (6)$$

(6) ტოლობის დროის მიხედვით დიფერენცირებით ირკვევა, რომ

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \frac{\ell_x}{\ell_x^2} \cdot \frac{d}{dt} [H(n_{xA}; h)]. \quad (7)$$

(7) ტოლობიდან სინუსა მექანიზმის OG მხრის α კუთხის მიხედვით მობრუნებით შეიძლება მივიღოთ მისივე ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. იგი გამოისახება ტოლობით:

$$\omega_1 = \frac{1}{\ell_x} \cos^2 \alpha \frac{d}{dt} [H(n_{xA}; h)]. \quad (8)$$

იმ შემთხვევაში, თუ ხელის მეცნიერის მოქმედება თავიდანვე იწყება უავე ცნობილი α კუთხით – $\alpha = const$, მაშინ (8) ტოლობიდან შეიძლება დაგვეროთ:

$$\cos \alpha = \left[\frac{\omega_1 \ell_x}{H(n_{xA}; h)} \right]^{1/2}. \quad (9)$$

(9) გამოსახულებიდან კი ვწერთ:

$$\alpha = \arccos \left[\frac{\omega_1 \ell_x}{H(n_{xA}; h)} \right]^{1/2}. \quad (10)$$

სინუსა მექანიზმის L მხრის მობრუნების კუთხური აჩქარება α კუთხის მიხედვით შესაძლებელია გაანგარიშებულ იქნება (8) ტოლობის დიფერენცირებით. მივიღებთ შესაბამის ტოლობას მობრუნების კუთხური ε_1 აჩქარებისთვის:

$$\varepsilon_1 = -\frac{\sin 2\alpha}{\ell_x^2} \omega_1 \frac{d}{dt} [H(n_{xA}; h)] + \frac{d^2}{dt^2} [H(n_{xA}; h)] \frac{1}{\ell_x} \cos^2 \alpha. \quad (11)$$

(9) ფორმულის გათვალისწინებით (11) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\varepsilon_1 = -\frac{\sin 2\alpha}{\ell_x} \omega_1 + \frac{d}{dt} [H(n_{xA}; h)] + \frac{d^2}{dt^2} [H(n_{xA}; h)] \times \left[\frac{\ell_x}{[H(n_{xA}; h)]} \right]. \quad (12)$$

B წერტილში ქვის გადაადგილებისას კუთხე $m-m$ გერტიკალსა და მხარს შორის აისახება ტოლობით:

$$\alpha_1 = 90^\circ - \alpha, \quad (13)$$

ანუ (12) ფორმულის მიხედვით:

$$\alpha_1 = 90^\circ - \arccos \left[\frac{\omega_1 \ell_x}{H(n_{xB}; h)} \right]^{1/2}. \quad (14)$$

ΔOAB -დან

$$\begin{aligned} \ell_x &= L_x \cos \alpha, \\ L_x &= (AB^2) + (CA^2). \end{aligned} \quad (15)$$

(15) გამოსახულებაში AB და CA მნიშვნელობათა შეტანით მივიღებთ შემდეგ ტოლობას:

$$L_x = \frac{\ell_x}{[H(n_{xB}; h)]^{1/2}}. \quad (16)$$

ამბრავი კვანძის სქემის მიხედვით, ქვის გადაადგილების სიგრძე $H_1 > H$, ხოლო OG_1 მხარი OX დერძთან ქმნის β კუთხეს.

ΔOB_1A -დან ვწერთ:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{H_1(n_{xBI}; h)}{\ell_x}. \quad (17)$$

მაშინ (17) ტოლობის დიფერენცირებით მივიღებთ:

$$\omega_2 = \frac{1}{\ell_x} \cos^2 \beta \frac{d}{dt} [H_1(n_{xBI}; h)], \quad (18)$$

სადაც

$$\omega_2 = d\beta / dt.$$

(18) ტოლობიდან შეიძლება დავწეროთ:

$$\cos \beta = \left[\frac{\omega_2 \ell_{XI}}{H_1(n_{XBI}; h)} \right]^{1/2}. \quad (19)$$

ამ ტოლობიდან

$$\beta = \arccos \left[\frac{\omega_2 \ell_{XI}}{H_1(n_{XBI}; h)} \right]^{-1/2}. \quad (20)$$

OG_1 მხრის კუთხეური აჩქარება

$$\omega_2 = d\omega_2 / dt. \quad (21)$$

(18) ფორმულის გათვალისწინებით მივიღებთ ε_2 -ის მნიშვნელობას:

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\ell_X^2} \left\{ \frac{d}{dt} [H_1(n_{XBI}; h)] + \omega_2 \sin 2\beta_2 \times [H_1(n_{XBI}; h)] \right\}. \quad (22)$$

$\Delta O B_1 A$ -დან (23) ტოლობის გათვალისწინებით მიიღება:

$$\beta_1 = 90^\circ - \arccos \left[\frac{\omega_1 \ell_{XI}}{H_1(n_{XBI}; h)} \right]^{1/2}. \quad (23)$$

ამავე კუთხიდან

$$\ell_{XI} = L_{XI} \cos \beta,$$

საიდანაც ვწერო:

$$L_{XI} = \frac{\ell_{XI}}{[H_1(n_{XBI}; h)]^{1/2}}. \quad (24)$$

ამძრავი სამუხრუჭო კვანძის სქემიდან (ი. ნახ.) ჩანს, რომ

$$L_{XI} > L_X,$$

ანუ

$$L_{XI} - L_X = R_2 - R_1 = \frac{\ell_{XI}}{[H_1(n_{XBI}; h)]^{1/2}} - \frac{\ell_X}{[H(n_{XB}; h)]^{1/2}}. \quad (25)$$

მ-მ ხრახნის ω_2 კუთხეური სიჩქარით მობრუნებისას ქვის გარტიკალური BB_1 გადაადგილება შეიძლება განისაზღვროს $\Delta O B_1 B$ -დან:

$$(B_1 B)^2 = L_{XI}^2 + L_X^2 - 2L_{XI}L_X \cos(\beta - \alpha). \quad (26)$$

ქვის BB_1 გადაადგილება ამავე დროს წარმოადგენს $(H_1 - H)$ სხვაობას, მაგრამ $B_1 B$ -ს განსაზღვრისთვის შეიძლება ვისარგებლოთ მხოლოდ (26) ტოლობით. (19) და (25) ტოლობების გათვალისწინებით (26) მიიღებს ასეთ სახეს:

$$(BB_1)^2 = \left(\frac{\ell_{XI}}{[H_1(n_{XBI}; h)]^{1/2}} \right)^2 + \left(\frac{\ell_X}{[H(n_{XB}; h)]^{1/2}} \right)^2 - 2 \frac{\ell_{XI}}{[H_1(n_{XBI}; h)]^{1/2}} \cdot \frac{\ell_{XI}}{[H(n_{XB}; h)]^{1/2}} \cos(\beta - \alpha). \quad (27)$$

საბოლოოდ, (25) და (13) ტოლობების შეტანით (27)-ში, მივიღებთ ქვის BB_1 გადაადგილების მნიშვნელობას ამძრავი კვანძის ამოქმედებიდან საბოლოო დამუხრუჭებამდე:

$$BB_1 = \left\{ \frac{\ell_{XI}^2}{[H_1(n_{XBI}; h)]^{1/2}} + \frac{\ell_X^2}{[H(n_{XB}; h)]} - 4 \frac{\ell_{XI}\ell_X}{[H_1(n_{XBI}; h)]^{1/2}[H(n_{XB}; h)]^{1/2}} \times \right. \\ \left. \times \cos \left[\arccos \left(\frac{\omega_2 \ell_{XI}}{H_1(n_{XBI}; h)} \right)^{1/2} - \arccos \left(\frac{\omega_1 \ell_X}{H(n_{XB}; h)} \right)^{1/2} \right] \right\} \quad (28)$$

ქვის გადაადგილების სიჩქარე, საწყისი B მდგომარეობიდან დაბრუნების შესაბამის B_1 მდგომარეობამდე, განისაზღვრება (28) ტოლობის დროითი დიფერენცირებით. დიფერენცირების შემდეგ BB_1 გადაადგილების წრფივი სიჩქარე გამოისახება (26) ან (28) ფორმულების დასმარებით და შედეგი იქნება ერთნაირი. მაგალითად, (26) ფორმულის გამოყენებისას ვწერ:

$$2BB_1V_{BB_1} = 2L_{XI} \frac{dL_{XI}}{dt} + 2L_X \frac{dL_X}{dt} \\ - 2L_{XI}L_X \sin(\beta-\alpha) \frac{d}{dt}(\beta-\alpha) \\ - \cos(\beta-\alpha) L_X \frac{dL_X}{dt} + L_{XI} \frac{dL_X}{dt} \quad . \quad (29)$$

საბოლოო (29) ტოლობიდან მივიღებთ V_{BB_1} ხაზოვანი მოძრაობის სიჩქარეს:

$$V_{BB_1} = \frac{1}{BB_1} L_{XI} \frac{dL_{XI}}{dt} + L_X \frac{dL_X}{dt} - [L_{XI}L_X \times \\ \times \sin(\beta-\alpha) \frac{d}{dt}(\beta-\alpha) \cos(\beta-\alpha) \times \\ \times \cos(\beta-\alpha) \times L_X \frac{dL_{XI}}{dt} + L_{XI} \frac{dL_X}{dt}] \quad , \quad (30)$$

სადაც BB_1 განისაზღვრება (28) ტოლობის მიხედვით, ხოლო β და α -ს მნიშვნელობა აიღება (20) და (10) გამოსახულებებიდან.

BB_1 გადაადგილების ხაზოვანი აჩქარების მნიშვნელობა განისაზღვრება (30) ტოლობით გამოსახული შესაბამისი სიჩქარის დროითი დიფერენცირებით.

ამრიგად, დადგენილია დიზელმატარებლის ძრავიანი ვაგონის ხელის მუხრუჭის ამძრავი კვანძის გამომავალი კინემატიკური პარამეტრების მნიშვნელობები მათგმატიკური ანალიზის გამოყენებით. მიღებულია შესაბამისი აღგებრული გამოსახულებები. შედეგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის სინთეზისა და დინამიკური პარამეტრების დასადგენად.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА:

- გ. შარაშენიძე. ვაგონების დინამიკა. „განათლება“, თბ., 2001.
- G. Sharashenidze, S. sharashenidze. Optimal brake leverage for sailcar wheel with twosided precs the shoes and calculation of its characteristic parametres. “Problems of Applied Mechanics”, N3(12), Tb., 2003, p. 28-36.
- გ. შარაშენიძე. ვაგონების დანადგარების შემსრულებელი დრენაჟის გადაცემების დინამიკა. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2007.
- გ. შარაშენიძე, ს. შარაშენიძე, ლ. ქუფარაშვილი, გ. უსანეთაშვილი. სამგზავრო ვაგონის ოპტიმალური სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის კინემატიკური ანალიზი. ქ. „მეცნიერება და ტექნიკოლოგიები“, №10-12, 2009, გვ. 65-72.
- გ. შარაშენიძე. ვაგონების კონსტრუქციული ელემენტებისა და მექანიკური სისტემების კლევის ძირითადი პრობლემები. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2013.

სატრანსპორტო მანქანითმშენებლობა

ძრავიანი გამოწვევის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის ამძრავი გვანდის ბამომავალი კინემატიკური კარამეტრების მათემატიკური ანალიზი

გ. შარაშენიძე, გ. უსანეთაშვილი, ს. შარაშენიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში განსაზღვრულია დიზელმატარებლის ძრავიანი ვაგონის ხელის მუხრუჭის ამძრავი კვანძის გამომავალი კინემატიკური კარამეტრების მნიშვნელობა მათემატიკური ანალიზის გამოყენებით. შედეგები ასახულია ანალიზურ გამოსახულებაში, რომელიც ხელის მუხრუჭის პრაქტიკაში ოპტიმიზაციისათვის მათემატიკური ანალიზის გამოყენების საშუალებას იძლევა.

MECHANICAL ENGINEERING

MATHEMATICAL ANALYSIS OF OUTGOING KINEMATIC PARAMETERS OF DRIVING KNOT OF IMPROVED HAND-BRAKE OF MOTOR CAR

G. Sharashenidze, G. Usanetashvili, S. Sharashenidze

(Georgian Technical University)

Resume: In the work it is advisable with consideration of the problems pat by a new direction of transport mechanics. It is founded on optimization of constructive and kinematic characteristics of mechanical transmissions of cars, with the purpose of perfect veriability of mechanical transmissions and motion safety on reailway.

TRANSPORTNOE MASHINOSTROYENIE

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО УЗЛА УЛУЧШЕННОГО РУЧНОГО ТОРМОЗА МОТОРНОГО ВАГОНА ДИЗЕЛЬПОЕЗДА

Г. Шарашенидзе, Г. Усанеташвили, С. Шарашенидзе

(Грузинский Технический Университет)

Резюме: В работе определены значения выходных кинематических параметров приводного узла ручного тормоза. Результаты даются в виде аналитических выражений, дающих возможность использования результатов математического анализа при практическом синтезе ручного тормоза.

სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობა

**დიზელმატარებლის ძრავიანი ვაგონის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის
სინთეზის ამოცანის გადაწყვეტა**

გ. უსანეთაშვილი

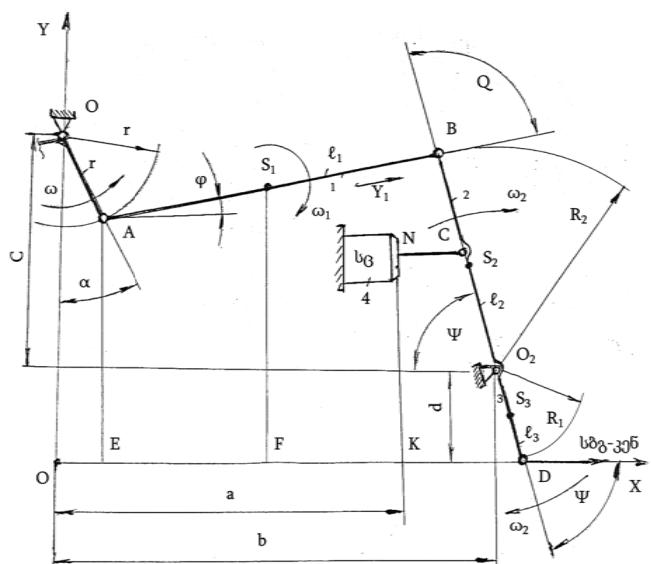
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

დიზელმატარებლის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის რეალური დაგეგმარების მიზნით უნდა განისაზღვროს იმ სამაგრი უძრავი სახსრების საკოორდინატო მნიშვნელობები, რომლებიც ძრავიანი ვაგონის ურიკაზე განთავსებულ რთულ მოწყობილობებშია (ამძრავი, გადამცემი და საკონტროლო ხელსაწყოები). ხელის მუხრუჭის ოპტიმალური მოქმედება განხორციელდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ურიკის მოწყობილობებსა და ხელის მუხრუჭის, განსაკუთრებით კი მისი დაწოლის კვანძის, წევებსა და ბერკეტებს შორის დამყარდება თავისუფალი, უკონტაქტო მოძრაობა.

ამ საკითხის გადაწყვეტა შესაძლებელია, თუ დაწოლის კვანძს განვიხილავთ XOY საკოორდინატო სისტემაში და პორიზონტალური სიბრტყის მიმართ კლასიკური ანალიზური გეომეტრიის დებულებათა გათვალისწინებით მოვახდენთ სათანადო ელემენტების გამოთვლას ამ კოორდინატთა დახმარებით.

როგორც დაწოლის სისტემის კინემატიკური სქემის (იხ. ნახ.) ანალიზიდან ჩანს, დადგენილია მისი მხოლოდ გამომავალი პარამეტრების მნიშვნელობები. სინთეზის ამოცანის გადაწყვეტისას ვსარგებლობთ იმავე სქემით და შემოგვაჭვს ბრუნვითი სახსრების საკოორდინატო მნიშვნელობები.

განვიხილოთ დიზელმატარებლის ძრავიანი გაგონის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის დაწოლის კვანძის კინემატიკური სქემა. მამოძრავებელი ძალა მოდებულია A სახსარში. AB წარმოადგენს დაწოლის კვანძის წევას, რომლის ბოლო B სახსარშია მიერთებული. O_1 უძრავი სახსრის მიმართ BD ბერკეტის მობრუნებისას D სახსრის მარჯვნივ გადაადგილებით ხდება დამუხრუჭების პროცესის დასრულება.



ძრავიანი ვაგონის გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის
დაწოლის კვანძის კინემატიკური სქემა

პირველ რიგში საკორდინატო XOY სისტემაში უნდა დადგინდეს უდიდესი θ კუთხის მნიშვნელობა შესაბამისი A , B და O_1 სახსრების მიედვით. ამ სახსართა კორდინატებია:

$$\begin{aligned} A &= A(X_1, Y_1), \\ B &= B(X_2, Y_2), \\ O_1 &= O_1(X_3, Y_3) \end{aligned} \quad (1)$$

მაშინ ოპტიმალური Θ კუთხის დადგენა შესაძლებელია ასეთი კორდინატული გარდაქმნებით:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= r \cos \alpha; \\ X_2 &= X_1 + \ell_1 \cos \alpha; \\ X_3 &= b. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= L - r \sin \alpha; \\ Y_2 &= d + \ell_3 \sin \Psi; \\ Y_3 &= d, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

სადაც L არის O_0O ორდინატა და შეიძლება დაიწეროს:

$$L = c + d. \quad (4)$$

(2)–(4) ტოლობის გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ:

$$\cos \Theta = \frac{(X_2 - X_1)(X_3 - X_2) + (Y_2 - Y_1)(Y_3 - Y_2)}{\left[(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 \right]^{1/2} \left[(X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2 \right]^{1/2}}. \quad (5)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ:

$$\left. \begin{aligned} X_2 - X_1 &= \ell_1 \cos \varphi; \\ X_3 - X_2 &= b - (X_1 + \ell_1 \cos \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} Y_2 - Y_1 &= d + \ell_3 \sin \psi - L + r \sin \alpha; \\ Y_3 - Y_2 &= d - (d + \ell_3 \sin \psi) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

(4)–(7) ტოლობების გამოყენებით (5) ალგებრული გამოსახულება მცირე გარდაქმნების შემდეგ მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\cos \Theta = \frac{P}{S.G}, \quad (8)$$

სადაც

$$P = b\ell_1 \cos \varphi + r\ell_1 \cos \varphi \cos \alpha - \ell_1^2 \cos^2 \varphi + \ell_3 \sin \varphi + c\ell_3 \sin \psi + r\ell_3 \cos \psi \sin \alpha;$$

$$S = (\ell_1^2 \cos \varphi + \ell_3^2 \sin \psi)^{1/2};$$

$$G = \left[\ell_3^2 \sin^2 \psi - (b + r \cos \alpha + \ell_1 \cos \varphi)^2 \right]^{1/2}.$$

ამ ტოლობათა (8) ფორმულაში შეტანით მიიღება Θ კუთხის ის მნიშვნელობა, რაც აუცილებელია გაუმჯობესებული ხელის მუხრაუჭის დაწოლის კვანძის ელემენტების შემობრუნებისათვის ურიკის ძირითადი მაღარი და ხელსაწყოთა სახეობების განლაგების მიმართ.

$$\Theta = \arccos \left(\frac{P}{S.G} \right). \quad (9)$$

დაწოლის კვანძის მიახლოებითი სინთეზისათვის საჭიროა უძრავ სახსრულ შეერთებასა და მოძრავ სახსრებს შორის თავისუფალი მოძრაობის პარამეტრების განსაზღვრა. ვსარგებლობთ იმავე სქემით და განვსაზღვრავთ O_0B , AO_1 , OO_1 , O_0D და OD მხრებისა და ბერკეტების მნიშვნელობებს ისევ საკორდინატო გარდაქმნების გამოყენებით. აქედან გამომდინარე, შეიძლება დაგწეროთ:

$$\left. \begin{array}{l} O_0 = O_0(X_0, Y_0); \\ A = A(X_1, Y_1); \\ B = B(X_2, Y_2); \\ O_1 = O_1(X_3, Y_3); \\ O = O(O; O); \\ D = D(X_4; Y_4) \end{array} \right\} \quad (10)$$

(10) ტოლობათა გათვალისწინებით მიიღება საძიებელი ელემენტების სახსრების შემდეგი ანალიზური გამოსახულებანი:

$$\left. \begin{array}{l} X_0 = O; \\ X_1 = r \cos \alpha; \\ X_2 = X_1 + \ell_1 \cos \varphi; \\ X_3 = b; \\ X_4 = b + \ell_3 \cos \psi; \\ X_5 = O. \end{array} \right\} \quad (11)$$

ასევე მიიღება:

$$\left. \begin{array}{l} Y_0 = L; \\ Y_1 = Y_0 - r \sin \alpha; \\ Y_2 = Y_1 + \ell_1 \sin \varphi; \\ Y_3 = \ell_3 \sin \psi; \\ Y_4 = O; \\ Y_5 = O. \end{array} \right\} \quad (12)$$

(11) და (12) ტოლობების გათვალისწინებით გვექნება:

$$O_0B = \left[(X_2 - X_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 \right]^{1/2}; \quad (13)$$

$$AO_1 = \left[(X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2 \right]^{1/2}; \quad (14)$$

$$OO_1 = \left[(X_5 - X_3)^2 + (Y_5 - Y_3)^2 \right]^{1/2}; \quad (15)$$

$$O_0D = \left[(X_4 - X_0)^2 + (Y_4 - Y_0)^2 \right]^{1/2}; \quad (16)$$

$$OD = \left[(X_5 - X_4)^2 + (Y_5 - Y_4)^2 \right]^{1/2}. \quad (17)$$

გარკვეული ჩასმებისა და ალგებრული გარდაქმნების შედეგად (13)-(17) ტოლობები ჩაიწერება საკორდინატო მნიშვნელობებით ასეთი სახით:

$$O_0B = \left[r \cos \alpha (\ell_1 \cos \alpha \cos \varphi + \ell_1^2) \right]^{1/2}; \quad (18)$$

$$AO_1 = \left[b^2 + L^2 + r^2 - 2r(b \cos \alpha + L \sin \alpha) \right]^{1/2}; \quad (19)$$

$$OO_1 = \left[b^2 + L^2 - \ell_3 \sin \psi (2L + \ell_3 \sin \psi) \right]^{1/2}; \quad (20)$$

$$O_0O = \left[b^2 - L^2 + \ell_3 \cos \psi (2b + \ell_3 \cos \psi) \right]^{1/2}; \quad (21)$$

$$OD = \left[L^2 - b^2 - \ell_3 \cos \psi (2b - \ell_3 \cos \psi) \right]^{1/2}; \quad (22)$$

დაწლის კვანძის A სახსარში მაქსიმალური დაწლის ძალის შენარჩუნება წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს. ამ მიზნით აუცილებელია სრული დამუხრუჭების ბოლოს შენარჩუნებულ იქნეს O_2A მცირე მხრისა და AB წევის მართობულობის პირობა, ე.ი. $\angle O_2AB$ იყოს მართი ($O_2A \perp AB$).

დასმული ამოცანის გადაჭრის მიზნით შესაძლებელია საკორდინატო მეოთხით სარგებლობა.

მართი O_2AB კუთხის არსებობისთვის აუცილებელია დაცულ იქნეს ტოლობა:

$$(O_2B)^2 = r^2 + \ell_1^2 \quad (23)$$

ანუ შეიძლება დაიწეროს:

$$\left. \begin{aligned} (Z)^2 &= (X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2; \\ \ell_1^2 &= (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

სადაც X_0, X_1, X_2 და Y_0, Y_1, Y_2 არის O_2, A და B სახსრების კოორდინატები.

სათანადო ჩასმების შემდეგ მიიღება ტოლობები:

$$\left. \begin{aligned} Z^2 &= r^2 \cos^2 \alpha + r^2 \sin^2 \alpha \\ \ell_1^2 &= r^2 \cos^2 \varphi + \ell_1^2 \sin^2 \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

(25) სისტემის გამოყენებით სრულდება O_2A და AB ბერკეტების მართობულობის (23) პირობა, რომლის დროსაც $\angle O_2AB = 90^\circ$.

სასურველია, რომ AB წევითა და BD საკიდით შექმნილი Θ კუთხეც იყოს მართი, რისთვისაც აუცილებელია (8) პირობის შესრულება, რომლის მიხედვითაც:

$$\theta = \arccos \frac{P}{S.G}. \quad (26)$$

Θ კუთხის მართობულობა მოითხოვს დაწოლის კვანძის ℓ_1, ℓ_2 და ℓ_3 რგოლების სიგრძეთა ზესტ განსაზღვრას, რაც სინთეზის ამოცანის ცალკე ნაწილია.

O_2A და AB რგოლების მართობულობა შეიძლება დამტკიცდეს კოსინუსების თეორიების მიხედვითაც. ΔO_2AB -სათვის ვწერთ:

$$(O_2B)^2 = r^2 + \ell_1^2 - 2r\ell_1 \cos(\angle O_2AB). \quad (27)$$

მარტივი გარდაქმნების შემდეგ ამ ტოლობიდან მივიღებთ:

$$2r\ell_1 \cos(\angle O_2AB) = 0. \quad (28)$$

r და ℓ_1 მუდმივი სიდიდეებია. ამიტომ $r \neq 0$ და $\ell_1 \neq 0$, ე.ო.

$$\cos(\angle O_2AB) = 0 \quad (29)$$

გამოდის, რომ $\angle O_2AB = 90^\circ$.

აქედან გამოდინარე, შეიძლება დაგასკვნათ, რომ დიზელმატარებლის დაწოლის კვანძის ნაწილობრივი სინთეზის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება O_2A და AB , ასევე AB და BD რგოლების მართობულობის პირობას A სახსარზე მოდებული დაწოლის ძალის უდიდესი მნიშვნელობის შენარჩუნებისთვის.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Н.С. Давиташвили, Г.С. Шарашенидзе. Основы динамического анализа рычажной системы торможения вагонов. «Комитет ИФТоММ-а Грузии», Тб., 2004.
2. გ. შარაშენიძე, პ. კურტანიძე, გ. დოლიძე. ვაგონისა და დანადგარების დრენაჟის მექანიკურ გადაცემათა კვლევის მათემატიკური აპარატი. ჟ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №10-12, თბ., 2008. გვ. 50-57.
3. გ. შარაშენიძე. ვაგონების მექანიკური გადაცემების დინამიკა. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2009.
4. გ. შარაშენიძე, ს. შარაშენიძე, გ. უსანეთაშვილი. ძრავიანი ვაგონის ოპტიმალური სამუხრუჭო გადაცემის კინემატიკა ურიკის ჩარჩოსადმი სამაგრი სახსრებისა და ბერკეტების მდებარეობების გათვალისწინებით. სტუს სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის შრომები, №2(27), თბ., 2013, გვ. 157-164.

სატრანსპორტო მანქანითმშევებლობა

დიზელგატარებალის ძრავიანი გამოწვევის გაუმჯობესებული ხელის გუნდურულის
სინთეზის ამოცანის გადაწყვეტა

გ. უსანეთაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: გაუმჯობესებული ხელის მუხრუჭის გამომავალი პარამეტრების ოპტიმიზაციის მიზანით განსაზღვრულია ამოცანის სინთეზის ზოგიერთი ელემენტი. ამოცანა შესრულებულია ხელის მუხრუჭის დაწოლის კვანძისათვის და მიღებულია ანალიზური გამოსახულება გადაცემის სრული სინთეზის ჩასატარებლად.

TRANSPORT MECHANICAL ENGINEERING

WORK OUT A PROBLEM OF IMPROVED HAND-BRAKE SYNTHESIS OF A DIESEL TRAIN MOTOR CAR

G. Usanetashvili

(Georgian Technical University)

Resume: There is considered of choice of the brake shoe material of the car linkage for the purpose of reduction of the relaxing self-oscillations arising at interaction of frictional surfaces. At present, planning of brake lever transmission of a car is done according to kinematic analysis and synthesis of transmission lever system.

ТРАНСПОРТНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА УЛУЧШЕННОГО РУЧНОГО ТОРМОЗА МОТОРНОГО ВАГОНА ДИЗЕЛЬПОЕЗДА

Г. Усанеташвили

(Грузинский Технический Университет)

Резюме: В работе, с целью оптимизации выходных параметров улучшенного ручного тормоза, определены некоторые элементы задачи синтеза. Задача выполнена для нажимного узла ручного тормоза и получены аналитические выражения для проведения полного синтеза передачи.

რპინიგზის ტრანსპორტი

თანამედროვე მძღავრი რპინიგზის ტექნიკური სადგურის დაპროექტისა
საქართველოს პირველი

ა. კაკაბაძე, ბ. დიდებაშვილი, ტ. კოტრიკაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

ქვეყნის ერთიან სატრანსპორტო სისტემაში რკინიგზის ტრანსპორტი სატგირთო და სამგზავრო გადაზიდვების მოცულობით წამყვან როლს ასრულებს. რაც განსაზღვრავს მისი მუშაობის მაღალ ინტენსიფიკაციას. რკინიგზის ტრანსპორტი განსაკუთრებით ეფექტურია მასობრივი ტვირთების გადაზიდვებისათვის.

ცნობილია, რომ საქართველო წარმოადგენს სატრანზიტო ქვეყანას, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს დასავლეთისა და აღმოსავლეთის (დასავლეთ ევროპას ცენტრალურ და აღმოსავლეთ აზიასთან) და ჩრდილოეთისა და სამხრეთის ქვეყნებს (რუსეთსა და აღმოსავლეთ ევროპას თურქეთთან, ირანთან და სომხეთთან). ამისათვის აუცილებელია ქვეყნის სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის სათანადო გავითარება.

ქვეყნის ეკონომიკის სტაბილურობისათვის აუცილებელია რკინიგზის ტრანსპორტს პქონდეს საწარმო სიმძლავრეების აუცილებელი რეზერვი, რომელიც შეიძლება შეიქმნას მხოლოდ მისი წინასწარი განვითარებით და მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის სრულყოფის გარანტით.

საქართველოს რკინიგზის სადგურებს სერიოზული ნაკლოვანებები ახასიათებს როგორც სალიანდაგო განვითარების საერთო სქემებში, ასევე მთლიანად საექსპლუატაციო სამუშაოების შესრულებაში. ამ ნაკლოვანებების აღმოფხვრა არც ისე ადვილია, რადგან მათი შემდგომი განვითარებისა და შესაბამისი სარეკონსტრუქციო ღონისძიებების განხორციელებისათვის საჭირო ტერიტორიები ძალზე შეზღუდულია. თბილისში არსებულ რკინიგზის ორ უმნიშვნელოვანეს სადგურში „თბილისი-სატვირთოსა“ და „თბილისი-საკვანძოში“ შეზღუდულია შემადგენლობის გაწევა სიგრძეში, არასაკმარისია სახარისხებელი ლიანდაგების რაოდგობა და სასარგებლო სიგრძე და, რაც მთავრია, როგორც უკვე აღვნიშნეთ შეზღუდულია ტერიტორიების მხრივ. ორივე სადგური მდებარეობს ქალაქის ცენტრალურ მჭიდროდ დასახლებულ რაიონებში და შემდგომი განვითარების პერსპექტივა არ გააჩნია. ანოლოგიური მდგომარეობაა თბილისის საგამონო და სალოკომოტივო დეპოებში, ამასთან, ეს სტრუქტურული ერთეულები თითქმის მოწყვეტილია ერთმანეთისაგან.

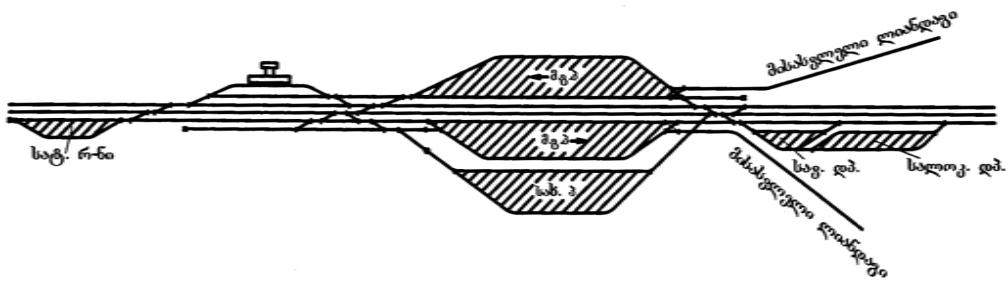
აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად საქართველოს მთავრობამ მიზანშეწონილად მიიჩნია გაეყვანა რკინიგზის შემოვლითი გზა, სადაც მოწყობოდა რამდენიმე შეალედური და მძლავრი ტექნიკური სადგური, რომლებიც შეითავსებდა როგორც თბილისში არსებული საკვანძო და სატვირთო სადგურების, ისე სავაგონო და სალოკომოტივო დეპოების ფუნქციებს. რადგან ტერიტორია შეზღუდული არ არის, სადგურში შეიძლება სხვადასხვა სტრუქტურული ერთეული უფრო ხელსაყრელად განლაგდეს.

ნახაზზე წარმოდგენილია, ტექნიკური სადგურის სქემა, რომელზედაც თანმიმდევრულადაა განლაგებული მძლავრი კომბინირებული ტიპის სატვირთო რაიონი, სამგზავრო მოწყობილობები, სატვირთო გადაზიდვებისათვის განკუთვნილი მიმდევ-გამგზავნი პარკები და სავაგონო და სალოკომოტივო დეპოები. სადგურის ასეთი დაპროექტება ყველა სტრუქტურული ერთეულის განვითარების საშუალებას იძლევა როგორც განვითარების განვითარების მიმდევ-გრძელებით. მოცემული სქემით შესაძლებელი იქნება სამგზავრო მოწყობილობების განვითარება. მიმდებარე ტერიტორიებზე მოსახლეობის ზრდასთან

დაკავშირებით (მაგალითად 2015 წლისათვის დაგეგმილია ოლიმპიური სოფლის მშენებლობა, სადაც პერსპექტივაში 120 000-ზე მეტი საცხოვრებელი იქნება).

წარმოდგენილი სქემის მიხედვით, შესაძლებელია ლოკომოტივების შეუცვლელად დიდი რაოდენობის სატრანზიტო სატვირთო მატარებლების გატარება, რაც საქართველოს რკინიგზისათვის ძალზე აქტუალური პროცესია. ამასთან, ექსპლუატაციაში შევა ბაქო-ყარსის სარკინიგზო მაგისტრალი, რომელიც გაზრდის შესაბამის აზიდან და აზერბაიჯანიდან სატრანზიტო მატარებლების ნაკადის რაოდენობას ევროპის მიმართულებით, ასევე მოემსახურება საქართველოს შავი ზღვის პორტებიდან აღმოსავლეთისაკენ გაგზავნილ სატვირთო შემადგენლობებს და პერსპექტივაში რუსეთთან სარკინიგზო მიმოსვლის ადგგნის შემთხვევაში ჩრდილოეთიდან (რუსეთი, უკრაინა, ბელორუსია, ბალტიისპირეთი) სამხრეთისაკენ გაგზავნილ ტვირთნაკადებს.

უკველივე ზემოაღნიშნულის გარდა, შესაძლებელია აგრეთვე ორივე მხრიდან მოხდეს მისასვლელი ლიანდაგების მიერთება, რომლებიც დასავლეთიდან მოემსახურება მცხეთა-ზაქესისა და თბილისის დასავლეთ ნაწილში განლაგებულ სამრეწველო საწარმოებს, ხოლო აღმოსავლეთიდან – რუსთავისა და თბილისის დასავლეთ ნაწილში განლაგებულ საწარმოებს.



ტექნიკური სადგურის სქემა, რომელზედაც თანამიმდევრულადაა განლაგებული მძლავრი

კომბინირებული ტიპის სატვირთო რაიონი, სამგზავრო მოწყობილობები, სატვირთო გადაზიდვებისათვის განკუთვნილი მიმღებ-გამგზავნი პარკები (მ.გ.პ.) ორივე მიმართულებისათვის, სახარისხებელი პარკი (სახ. პ.), სავაგონო და სალოკომოტივო დეპოები (სავ. და სალოკ. დპ.)

ამრიგად, შემოთავაზებული ახალი სადგურის სქემა ძირითად პარკებში ლიანდაგების რაოდენობისა და სიგრძის გაზრდის, აუცილებელი რეზერვების გამოყენების და ისეთი თანამედროვე მახარისხებელი მოწყობილობების დანერგვის საშუალებას მოგვცემს, რომლებიც უზრუნველყოფს ტექნოლოგიური პროცესის ინტენსივიკაციას და ვაგონების მოცდენების შემცირებას, გატარებული ტვირთნაკადის მოცულობის მკვეთრ ზრდას, მანევრების დროის შემცირებას, რაც სხვადასხვა სტრუქტურული ერთეულების კომპაქტური და ურთიერთხელსაყრელი განლაგების საფუძველზე მიიღწევა. ყოველივე ეს კი შეამცირებს საექსპლუატაციო ხარჯებს, გაზრდის გამტარობას, გატარებული და გადაზიდული ტვირთის მოცულობას, ქვეყნას მისცემს მეტ მატერიალურ შემოსავალს, რაც კველაზე მთავარია, გაიზრდება საქართველოს გეოპოლიტიკური მნიშვნელობა.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА:

1. Савченко И.Е., Акулиничев В.М., Правдин Н.В. и др. Железнодорожные станции и узлы / Под ред. В. М. Акулиничева). М., “Транспорт”, 1992.
2. Ветрухов Е.А., Гулев Я.Ф. Грузовые станции. М., “Транспорт”, 1974.
3. Правдин Н.В., Щубко В.Г. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) // “Маршрут”, М., 2005.

რკინიგზის ტრანსპორტი

თანამედროვე მძლავრი რკინიგზის ტექნიკური სადგურის დაპროექტება
საქართველოს პიროვნები

ა. კაკაბაძე, ბ. დიდებაშვილი, ტ. კოტრიკაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია თბილისის რკინიგზის სადგურებში არსებული მდგომარეობა და შემოთავაზებულია ახალი სარკინიგზო ტექნიკური სადგურის სქემა, რომლის მიხედვით თბილისის შემოვლით გზაზე მათი განთავსების შემთხვევაში გადაიჭრება მთელი რიგი არსებული პრობლემა და საშუალება მოგვეცემა არამარტო უფერტურად გავატაროთ გაზრდილი სატრანზიტო სატვირთო მატარებლების ნაკადები, არამედ მოვამსახუროთ თბილისისა და მიმდებარე რაიონების სამრეწველო საწარმოებსა და მოსახლეობას.

RAILWAY TRANSPORT

PLANNING OF MODERN HIGH-CAPACITY RAILWAY TECHNICAL STATIONS IN CONDITIONS OF GEORGIA

A. Kakabadze, B. Didebashvili, T. Kotrikadze

(Georgian Technical University)

Resume: There is considered existing state of Tbilisi railway stations and is offered lay-out of new railway technical station, that in the case of arrangement on Tbilisi bypass railway allows to solve lot of existing problems and gives the possibility not only effectively pass the increased transit freight trains flow, but also serve the located in Tbilisi and adjacent regions enterprises and population.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОЩНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ГРУЗИИ

А. Какабадзе, Б. Дицебашвили, Т. Котрикадзе

(Грузинский технический университет)

Резюме: В статье рассматривается существующее положение железнодорожных станций г. Тбилиси и предложена схема новых железнодорожных технических станций. В случае их расположения по обводной дороге Тбилиси разрешится ряд существующих проблем, что даст возможность не только эффективно пропустить увеличенный поток транзитных грузовых поездов, но и обслужить промышленные предприятия, население г. Тбилиси и прилегающие районы.

საქართველოს ბალეოლოგიური კურორტების ჩანართმშენებლობითი
ბანკითარების ძირითადი პრინციპები

6. ახცლებიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

საქართველოს ტერიტორია ერთ-ერთი უმდიდრესი კუთხეა მინერალური წყლების რესურსებით, რომლებიც გამოირჩევა ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მრავალფეროვნებით და სამკურნალო თვისებებით. აქ გვხვდება მოქმედი კლასიფიკაციის თითქმის ყველა ტიპის მინერალური წყალი.

არასრული მონაცემებით, ჩვენს ქვეყანაში მინერალური წყაროების საერთო რაოდენობა 2 ათასზე მეტია 130 000 000 ლ-ზე მეტი ჯამური სადღედამისო დებიტით. ნახშირორჟანგიანი წყლები შეადგენს რესურსების საერთო რაოდენობის დაახლოებით 50 %-ს.

საქართველო მდიდარია სამკურნალო ტალახებითაც.

მინერალური წყაროები, რომლებიც გამოიყენება როგორც სასმელად, ისე აბაზანებით სამკურნალოდ, ბალნეოლოგიური კურორტების ძირითადი სამკურნალო ფაქტორია.

ერთმანეთან ახლომდებარე კურორტები, საკურორტო დაბქი და სამკურნალო ადგილები საკურორტო რაიონებად და კურორტების ჯგუფებადა გაერთიანებული, ასეთია, მაგალითად, ობილისის კურორტების ჯგუფი, ბათუმის კურორტების ჯგუფი, ბორჯომის კურორტების ჯგუფი და სხვ.

საქართველოს უდიდესი საკურორტო რეზერვები და მათი ათვისების ღონისძიებების მასშტაბები მოითხოვს ბალნეოლოგიური კურორტების სტრუქტურების ფორმირების სპეციფიკური თავისებურებების დეტალურ განხილვას, მათი ტევადობის ოპტიმალურ შერჩევას, არქიტექტურულ-გეგმარებითი ორგანიზაციის პრინციპების განსაზღვრას. საკითხების სრულფასოვანი გადაწყვეტისათვის აუცილებელია კურორტების ექსპლუატაციის, მშენებლობის და დაგეგმარების სამამულო და საზღვარგარეთის დიდი გამოცდილების დრმა შესწავლა და გამოყენება.



თრუსოს ხეობა.

მინერალური წყლის ტბები და მდინარეები



რკინის შემცველი

ვეგძას ტბა თრუსოს ხეობაში

დღეს ძირითადი კურადღება ეთმობა ბალნეოლოგიური კურორტების არქიტექტურულ-გეგმა-რებითი ორგანიზაციის ძირითადი პრინციპების განსაზღვრას თანამედროვე ქალაქთმშენებლობისა და სამედიცინო მოთხოვნილებების შესაბამისად, აგრეთვე კურორტების კომპლექსური განაშენიანებისათვის ცალკეული ნორმატიული მაჩვენებლების დაზუსტებას; ამასთან, ახალი ბალნეოლოგიური კომპლექსების არქიტექტურულ-გეგმარებითი სტრუქტურის ფორმირებასაც, რადგან კურორტების რეკონსტრუქციის საკითხები საჭიროებს სპეციალურ გამოკვლევას.

გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ საკურორტო წარმონაქმნების დამახასიათებელ ფორმებს ჩვენი დროისათვის წარმოადგენს საკურორტო ქალაქები და დაბები, სხვადასხვა ქალაქში შექმნილი საკურორტო ზონები და ცალკეული სანატორიული ობიექტები.

ოპტიმალურად გამართლებული სანატორიულ-საკურორტო დაწესებულებების გამსხვილებითა და გაერთიანებით შესაძლებელია ამაღლდეს მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობა, გამოირიცხოს მომსახურების მცირე ელემენტების დუბლირება, გაუმჯობესდეს სამკურნალო და კულტურულ-საყიფაცხოვრებო დაწესებულებების ტექნიკური აღჭურვილობა, კურორტების უზრუნველყოფა მაღალკვალიფიციური სამედიცინო კადრებით. ყველა ზემოხსენებული პირობა ახასიათებს ახალ გეგმარებით წარმონაქმნებს – საკურორტო კომპლექსებს, რომლებიც შედის უფრო მსხვილ ქალაქთმშენებლობის წარმონაქმნებში, კერძოდ, საკურორტო რაიონებში, საკურორტო ქალაქებში ან კიდევ განცალ-კეშებითად განლაგებული.



თრუსოს ხეობა.

მინერალური წყლის მდინარე

მინერალური ტბა

სგანეთში

ბალნეოლოგიური კურორტების სხვადასხვა მახასიათებლის (ბუნებრივი სამკურნალო ფაქტორი, გეოგრაფიული განლაგება, ტევადობა, მნიშვნელობა და ა. შ.) განხილვის საფუძველზე დადგენილ იქნა ბალნეოლოგიური კურორტების კლასიფიკაცია:

- საკურორტო რეგიონები** (ბორჯომი, შავი ზღვისპირეთი, დიდი და მცირე კავკასიონი);
- საკურორტო რაიონები** (საკურორტო კომპლექსების დასახლებული პუნქტების აგლომერაცია);
- საკურორტო ქალაქები და დაბები** (დასახლებული პუნქტები, რომელთა ქალაქწარმონაქმნების საფუძველს წარმოადგენს სანატორიულ-გამაჯანსაღებელი დაწესებულებები);
- საკურორტო ზონები** (სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა პროფილის ქალაქებში);
- საკურორტო კომპლექსები** (შედარებით დამოუკიდებელი ქალაქებისა და კურორტების კონკრეტული მდგრადი სანატორიულ-გამაჯანსაღებელი დაწესებულებების ჯგუფებისგან).

კურორტების ამგვარი დაყოფა ზემოთ ჩამოთვლილი ჯგუფებიდან თითოეულის დაგეგმარების ორგანიზაციის თავისებურებების ზუსტ მოთხოვნებს უნდა პასუხობდეს.

გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ ბალნეოლოგიური კურორტების დაგეგმარებითი ორგანიზაციის ყველაზე თანამედროვე და პერსპექტიული ფორმაა ბალნეოლოგიური კომპლექსი.

ბალნეოლოგიური კომპლექსების გეგმარებითი სტრუქტურის ფორმირებისას ძირითად ფაქტორებად გვევლინება:

- ბალნეოლოგიური კომპლექსის ადგილის განსაზღვრა საკურორტო რაიონულ სისტემაში;
- სამკურნალო რესურსების სიმძლავრისა და ტერიტორიული რესურსების დადგენა;
- მინერალური წყაროების სანიტარიული დაცვის ზონებისა და რაიონების საზღვრების დაზუსტება;

- ბალნეოლოგიურ კომპლექსში შემავალი საკურორტო დაწესებულებების შემადგენლობისა და ხასიათის განსაზღვრა.

ასე რომ, ბალნეოლოგიური კომპლექსების განთავსება საკურორტო რაიონის სისტემაში მომსახურე პერსონალის განთავსების ერთიანი სისტემის, სატრანსპორტო, სამეურნეო და საინჟინირო სისტემების ორგანიზაციის საშუალებას იძლევა. ბევრი დაწესებულება: საკურორტო დარბაზები, საყოფაცხოვრებო მომსახურების კომბინატები, საცურაო აუზები და სხვ. უნდა იყოს გათვლილი მხოლოდ მოცემული ბალნეოლოგიური კომპლექსის ავადმყოფების რაოდენობაზე სისტემის და მომსახურების ფარგლების მიმართ განსაკუთრებული მოთხოვნილებების გათვალისწინებით და არ შეიძლება ჰქონდეთ საერთო რაიონული მნიშვნელობა.

რაიონის საზღვრებში სხვადასხვა სამკურნალო და ბუნებრივი რესურსების ყოველმხრივი გამოყენებისას უდიდესი მნიშვნელობა უნდა ენიჭებოდეს მსხვილი საკურორტო ტერიტორიების სამედიცინო ზონებად დაყოფას.

სამკურნალო რესურსების სიმძლავრე, განაშენიანებისთვის გამოსადგენი ტერიტორიების არსებობა გავლენას ახდენს ბალნეოლოგიური კომპლექსების საერთო ტევადობასა და გამოსაყენებელი ტერიტორიების ზომებზე.

ბალნეოლოგიური კომპლექსების შექმნისა და განვითარების ერთ-ერთ გადამწყვეტ პირობას წარმოადგენს სამედიცინო თვალსაზრისით ღირებული მინერალური წყაროების დებიტის სიდიდე.

მინერალური რესურსების სანიტარიული დაცვის ზონების საზღვრები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ბალნეოლოგიური კომპლექსების საზღვრებში განაშენიანებაზე. კერძოდ, ისეთი ნაგებობების განთავსებაზე, როგორიცაა წყლით სამკურნალო და ბიუვეტი (მინერალურ წყაროზე მოწყობილი ნაგებობა). ამ სამკურნალო ნაგებობებს და მინერალურ წყაროებს შორის მჭიდრო ტექნოლოგიური კავშირების არსებობა განაპირობებს მათს ადგილს კომპლექსში, თუმცა, ერთი მხრივ, მათთან საფეხმავლო მისაღვრულების ზღვრული რადიუსების დაცვა და მეორე მხრივ, სამკურნალო ფაქტორების სანიტარიული დაცვის აუცილებელი ღონისძიებების განხორციელება მნიშვნელოვან პირობას წარმოადგენს. მთელი რაიონის მასშტაბით სამკურნალო ადგილმდებარების დაცვის ღონისძიებების ჩატარება საშუალებას იძლევა უფრო მიზანმიმართულად გადამწყდეს ცალკეული კომპლექსების განთავსების საკითხი მათი პერსპექტიული განვითარების გათვალისწინებით, განისაზღვროს რაიონის საწარმოო-სამკურნალო და საცხოვრებელი ზონების მიზანშეწონილი ადგილმდებარება და აგრეთვე საერთო ჯამში ამაღლდეს საკურორტო ტერიტორიის სანიტარიული მდგომარეობის დონე. ამასთან, ტერიტორიულად ახლოს განლაგებული ჯგუფებისათვის რეკომენდებულია შეიქმნას სანიტარიული დაცვის ზონები.

სანატორიული პანსიონატების ერთიან კომპლექსში გაერთიანებით შესაძლებელია სრული ცენტრალიზებული სამედიცინო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მომსახურების განხორციელება,

ხოლო სანატორიუმების კომპლექსში – მხოლოდ ნაწილის. ორივე შემთხვევაში ერთიან კომპლექსში ჩნდება კომფორტის დონის ასამაღლებელი სამკურნალო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების მთელი რიგი მომსახურე დაწესებულებები და ნაგებობები. ამგვარი მომსახურების დაწესებულებათა გაერთიანებით მშენებლობის საერთო მოცულობა მცირდება 13%-ით (სანატორიუმებში მომსახურების ელექტრონტექნიკის ცალ-ცალკე განლაგებასთან შედარებით), რაც ქმნის ეკონომიკურ წინაპირობას სანატორიული დაწესებულებების კომპერიუებისთვის.

ბალნეოლოგიური კომპლექსი შეიძლება განისაზღვროს, როგორც შედარებით დამოუკიდებელი ქალაქთვეგმარებითი წარმონაქმნი, შემდგარი სანატორიული დაწესებულებების ჯგუფებისგან (სანატორიუმები, სანატორიული პანსიონატები), რომლებიც წარმოდგენილი იქნება, როგორც საჭირო ინფრასტრუქტურა და გაერთიანებულია მომსახურების ერთიანი სისტემით ყოველდღიური და პერიოდული მოხმარების დაწესებულებებთან. ასეთი ტევადობის ბალნეოლოგიურ კომპლექსებს სამაჟულო-სამშენებლო პრაქტიკაში პირდაპირი ანალოგი არ გააჩნია.

ბალნეოლოგიურ კომპლექსში მომსახურების გამსხვილების და ცენტრალიზაციის შედეგად ჩნდება ტერიტორიის საერთო ელექტრონტექნიკი, მომსახურების ახალი, მსხვილი ელექტრონტექნიკის თანახმად და მათი რაციონალური განთავსება საფუძვლიანად ზემოქმედებს ფუნქციური ზონირების პრინციპზე.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ბალნეოლოგიური კომპლექსის ტერიტორია უნდა განიხილებოდეს, როგორც ერთი მთლიანი, სადაც გამოიყოფა შემდეგი ძირითადი ფუნქციური ზონები:

- საძილე კორპუსები და სასადილოები;
- სამკურნალო დაწესებულებები;
- კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დაწესებულებები;
- საავარიო სამსახურის პერსონალის საცხოვრებელი;
- სამეცნიერო დანიშნულების სათავსები.

ტერიტორიის საერთო ფართობის (ბრუტო) მაჩვენებელი რეკომენდებულია გათვალისწინებული იყოს კომპლექსის ყველა ფუნქციური ზონის ორგანიზაციის დროს. ამ მაჩვენებელში უნდა ჩაერთოს როგორც განაშენიანებისთვის ვარგისი, ასევე სხვა ნაკვეთები, რომლებიც უმნიშვნელო დანახარჯების შემთხვევაში შეიძლება კეთილმოქმედობის და გამოყენებულ იქნეს დასვენების, სამეცნიერო და სხვა ზონების ორგანიზებისათვის.

გასაშენებელი ტერიტორიის მაჩვენებელში (ნეტო) გათვალისწინებული უნდა იყოს განაშენიანებისთვის ვარგისი მხოლოდ ის ტერიტორიები, რომლებიც მიზანშეწონილი იქნება ავადმყოფების სანგრძლივი ადგილსამყოფლისათვის.

დადგენილია, რომ, ქალაქთმშენებლობის თვალთახედვიდან გამომდინარე, უფრო ეკონომიურად გვევლინება 7–10-სართულიანი განაშენიანება, რომელიც საშუალებას გვაძლევს:

- გამსხვილებელი ტერიტორიის ფართობი 5-სართულიან განაშენიანებასთან შედარებით შემცირდეს 10%-ით;
- გამსხვილებელი სანატორიული შენობების მოცულობა და მათი ტევადობა გაიზარდოს 500 ადგილამდე ერთი ადგილის უმნიშვნელო გაძვირების ხარჯზე 10-სართულიან კორპუსში 5-სართულიანთან შედარებით;
- შემცირდეს შენობების საერთო რაოდენობა და, აქედან გამომდინარე, გაშენების ფართობი, მიწისქვეშა კომუნიკაციების სიგრძე, მიწის სამუშაოების მოცულობა და ა.შ.;
- შემცირდეს მომსახურე დაწესებულებების საფეხმავლო მიღწევადობის რადიუსები;

- განაშენიანებაში გამოყენებულ იქნეს მომსახურების გამსხვილებული ნაგებობები, ოპტიმალური ტევადობის, მოცულობითი მაჩვენებლების და ექსპლუატაციის დირექტულების თვალსაზრისით;
- არსებული გამოცდილების, აგრეთვე ექსპერიმენტული დაპროექტების შედეგების შესწავლა და განზოგადება შესაძლებელს ხდის განისაზღვროს ბალნეოლოგიური კომპლექსების არქიტექტურულ-გეგმარებითი სტრუქტურის საფუძვლები.

ბალნეოლოგიური კომპლექსი ერთგვარი სამკურნალო მიკრორაიონია, რომლის მომსახურების სისტემის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ბლოკირებული საძილე კორპუსი, სასადილო, სამკურნალო-დიაგნოსტიკური ნაწილი (სანატორიუმი) ან საძილე კორპუსი და სასადილო (სანატორიული პანსიონატი), რომელიც წარმოადგენს პირგველადი მომსახურების ჯგუფს და რომლის შემადგენლობაშიც გათვალისწინებულია რიგი კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების სათავსები (მისაღები, სამაგიდო თამაშების ოთახები, ფოტოლაბორატორიები და ა.შ.).

სადღედამისო დროის ბალნისის და პაციენტის მოძრაობის ძირითადი გრაფიკის სპეციალური გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ საძილე კორპუსების და სასადილოების განლაგების ზონაში დღის განმავლობაში ერთდღოულად შეიძლება იმყოფებოდეს ავადმყოფთა მოლიანი რაოდენობის 25%, ამიტომ საძილე ზონაში ავადმყოფების ნაწილისათვის აუცილებლად უნდა შეიქმნას ხანმოკლე დასვენების პირობები და უპირველეს ყოვლისა უნდა უზრუნველვყოთ ავადმყოფების მოსახერხებელი გადაყვანა ძირითადი ყოველდღიური ვიზიტების ობიექტების მიმართულებით.

თუ უშუალოდ ავადმყოფებისთვის გათვალისწინებული დაწესებულებები წარმოადგენს პირგველადი მომსახურების ერთგვარ ჯგუფს, მაშინ ბალნეოლოგიური კომპლექსების ყოველდღიური და ნაწილობრივი პერიოდული მომსახურების დაწესებულებებს მიეცუთვნება სამკურნალო დაწესებულებები, კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დაწესებულებები, სპორტული ნაგებობები და მოწყობილობები, სავაჭრო ნაგებობები, რომელთა დამოუკიდებელ ცენტრებად გამოყოფაც არის შესაძლებელი.

ბალნეოლოგიური კომპლექსის მიზანშეწონილი ტევადობა, სადაც გათვალისწინებულია ბალნეოლოგიური მოწყობილობების მაღალი დირექტულება, მომსახურე დაწესებულებების რაციონალური გამსხვილება და სპეციალური გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილი მათთან მისასვლელი ფეხმავალთა სამოძრაო რადიუსები (სამკურნალო ცენტრამდე – 300 მ, კულტურულ-საყოფაცხოვრებომდე – 600 მ), საორიენტაციოდ უნდა ვიანგარიშოთ 4 000 ადგილი (7- და 10-სართულიანი განაშენიანებისთვის) და 2 000 ადგილი (5-სართულიანი განაშენიანებისთვის).

პრაქტიკის ანალიზი ცხადყოფს, რომ ახალი საპროექტო გადაწყვეტების უმეტესობა ეფუძნება თავისუფალი გეგმარების პრინციპებს, ზოგიერთ შემთხვევაში რეგულარული განაშენიანების ელგუნტების ჩართვით.

მრავალსახეობა, რომელიც გვხვდება ბალნეოლოგიური კომპლექსების დაგეგმარების და განაშენიანების მეთოდების საპროექტო პრაქტიკაში, ძირითადად შეიძლება დავიყვანოთ სწორხაზოვნა, კომპაქტურ და გაფანტულ პრინციპულ სისტემებამდე.

მითითებული სისტემების ფარგლებში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს განაშენიანების სხვადასხვაგარი კომპოზიციური მეთოდები, მათ შორის ბალნეოლოგიური კომპლექსების პირობებისთვის ყველაზე დამახასიათებელი გახსნილი, ჩაქეტილი, ჯგუფური და შერეული კომპოზიციური მეთოდები.

საინჟინრო მოწყობილობები (წყალმომარაგება, კანალიზაცია, გამწმენდი ნაგებობები და ა.შ.) რეკომენდებულია დაგეგმარებულ იქნეს საკურორტო რაიონის ერთიან სისტემაში.

შემოთავაზებული ბალნეოლოგიური კომპლექსების დაგეგმარებითი ორგანიზაციის პრინციპები ითვალისწინებს შემდეგ შესაძლებლობებს:

- სამედიცინო, კულტურულ-საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო მომსახურების კოოპერირებას;
- სამკურნალო, კულტურულ-საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო დანიშნულების დაწესებულებების გამსხვილებასა და მათი ტექნიკური აღჭურვილობის დონის ამაღლებას;
- სამკურნალო ოროცესის მაღალი ეფექტურობის უზრუნველსაყოფად კვალიფიცირებული პადრების მოზიდვას;
- ტიპიზაციის, ინდუსტრიალიზაციის და მშენებლობის ჩქაროსნული მეთოდების განხორციელებას;
- ხარჯების შემცირებას საინჟინრო მომზადებაზე, მოწყობილობათა შეძენაზე და ტერიტორიის კეთილმოწყობაზე მათი რაციონალურად გამოყენების გზით;
- მშენებლობის და ნაგებობების ექსპლუატაციის ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლებას;
- მოცემული გამოკვლევების შედეგებმა შეიძლება პრაქტიკული გამოყენება პოვოს ბალნეოლოგიური კომპლექსების დეტალური დაგეგმარების და განაშენიანების პროექტებში.

ზემოთ ჩამოთვლილი ბალნეოლოგიური კურორტების დაგეგმარების პრინციპების პრაქტიკაში დანერგვა ხელს შეუწყობს არქიტექტურულ-გეგმარებითი გადაწყვეტების გაუმჯობესებას და მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლებას.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია. თბ., 1993.
2. Нодия М. Курортные богатства Грузии. Тб., 1963.
3. Научно-исследовательский институт экономики и планирования народного хозяйства при Госплане Грузинской ССР. Проблемы развития туризма и курортов. Тб., 1972.
4. Панченко Ф. Принципы планировочной организации бальнеологических курортов. Киев, 1984.

ნ. ახვლედიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია საქართველოში ბალნეოლოგიური კურორტების დაგეგმვის ძირითადი პრინციპები, რომლის პრაქტიკაში დანერგვა ხელს შეუწყობს საკურორტო მშენებლობაში არქიტექტურულ-გეგმარებითი გადაწყვეტილების გაუმჯობესებას და მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლებას.

ARCHITECTURE

THE MAIN PRINCIPLES FOR URBAN DEVELOPMENT OF BALNEOLOGICAL HEALTH RESORTS OF GEORGIA

N. Akhvlediani

(Georgian Technical University)

Resume: There are considered the main principles of planning of balneological health resort of Georgia. The represent principles inculcation in practise will help us to improve the architectural-planned decisions and to rise the economic effectiveness of health-resort construction in Georgia.

АРХИТЕКТУРА

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИХ КУРОРТОВ ГРУЗИИ

Н. Ахвледиани

(Грузинский технический университет)

Резюме: В статье рассматриваются основные принципы планирования бальнеологических курортов в Грузии, внедрение которых в практике курортного строительства будет способствовать улучшению архитектурно-планировочных решений и повышению экономической эффективности строительства.

**იგერული ზაფრანის (TAGETES PATULA L.) ყვავილებისაბან ყვითელი ფერის
მცენარეული საღებავების მიზების ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება**

გ. ლვალაძე, გ. ჩაჩუა, დ. ლვალაძე

(აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი)

ადამიანის ჯანსაღი ცხოვრების წესის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია სწორი კვება, რაც ძირითადად ბიოჟსაფრთხო, ეკოლოგიურად სუფთა მცენარეული და ცხოველური ნედლეულით დამზადებული პროდუქციის მიღებაზე დამოკიდებული.

აქედან გამომდინარე, კვების თანამედროვე მოთხოვნათა შესაბამისად, საჭიროა ქიმიური, სინ-თეზური, ფერმენტული, აგრეთვე გენმოდიფიცირებულ ინგრედიენტებზე დამზადებული პროდუქცია შევცვალოთ ბუნებრივი, ეკოლოგიურად სუფთა მცენარეული პროდუქტით.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციამ გამოაქვეყნა სამედიცინო დასკვნა, რომელშიც ადნიშნულია, რომ ხელოვნური საკვების ხანგრძლივი მიღება ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფითად მოქმედებს და იწვევს სხვადასხვა დაავადებას. ასეთი საკვები კი განსაკუთრებით საშიშია ბავშვებისათვის.

ადნიშნულთან დაკავშირებით, მარკეტინგული კალება ჩაატარეს საერთაშორისო ორგანიზაცია გრინფისმა, მწვანეთა მოძრაობამ, ევროკავშირის ქვეყნებმა, რომელებმაც შეისწავლეს მსოფლიოში სასურსაო ობიექტებზე არსებული კვების პროდუქტების ვარგისიანობა და გაირკვა, რომ მსოფლიო ობიექტებზე არსებულია ხელოვნური საკვებით. მათ შორის ყველაზე მეტად გავრცელებულია კვების მრეწველობის დანამატები, ხელოვნური აკრძალული ქიმიური საღებავები, არომატიზატორები და სხვა პროდუქცია, რომლის ბაზაზე ხდება ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელების, კანფეტების, ნამცხვრების, ხილის, რძის პროდუქტებისა და სხვ. წარმოება.

კვების მრეწველობაში აკრძალულ პროდუქტებს შორისაა სხვადასხვა ფერისა და კლასიფიკაციის საღებავები; კერძოდ, ყვითელი ფერის ნივთიერება ტატარაზინი, რომელიც მომწამლავი თვისებებით ხასიათდება. იგი ერთადერთი ყვითელი ფერის ქიმიური საღებავია, რომელსაც დღემდე იყენებენ კვების მრეწველობაში. ამდენად, დიდი მნიშვნელობა აქვს ახალი სანედლეულო ბაზების გამოვლენას, კვების მრეწველობაში ახალი სახის ყვითელი ფერის უკნებელი მცენარეული საღებავების ტექნოლოგიების შემუშავებას ადგილობრივ სანედლეულო ბაზაზე.

ცნობილია ზაფრანის 80-მდე სახეობა, მათ შორის საქართველოში გავრცელებულია 3 სახეობა: იმერული ზაფრანა (*Tagetes patula* L.), იგივე ხავერდა, დეკორატიული (*Crocus sativus* L.) და ველური ზაფრანა.

რაც შეეხება ველურ ზაფრანას, იგი საბავშვო უგარგისია.

დეკორატიული ზაფრანა (*Crocus sativus* L.) გვხვდება მხოლოდ კულტურაში ქალაქის გამწვანებაში. ზაფრანის ამ სახეობას ახასიათებს სწრაფი ზრდა და გაშლილი, ბურთის მსგავსი ყვითელი სასიამოვნო სუნისა და არომატის ყვავილედები. დეკორატიული ზაფრანა იმერული ზაფრანისაგან განსხვავდება. ჩვენში არ ხდება დეკორატიული ზაფრანის სამრეწველო დანიშნულებით კულტივირება, თუმცა, უნდა ადინიშნოს, რომ იგი საუკეთესოდ ეგუება საქართველოს, კერძოდ, იმერეთის ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებს.

ამ თვალსაზრისით საინტერესო ნედლეულს წარმოადგენს საქართველოს ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში მოზარდი იმერული ზაფრანა (*Tagetes patula* L.).

ბოტანიკური დახასიათების მიხედვით იმერული ზაფრანა არის ერთწლიანი ბოსტნეული კულტურა, რომელიც საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში სხვადასხვა სახელწოდებითაა ცნობილი: ხავერდა, იმერული ზაფრანა, და ამ გვარის სხვა სახეობები: ქართლური კაპია, გურული საფრანა, ნარგიზი, კახური ნარგიზი, სუსამბარი, ზაფრანა, იმერული ყვითელი სურნელი, ხარჩოს ყვავილი, მეგრულ-ქართული ზაფრანა, ყვინთელი კოჭა, ყვინთელი პირი.

იმერულ ზაფრანას (*Tagetes patula L.*) / ხავერდას (*Tagetes L.*) ოჯახი მიეკუთვნება რთულყვავილოვნებს (Compositae). მისი სიმაღლე 70 სმ-ს აღწევს, ღერო სწორია, მარტივი ან, უფრო იშვიათად, დატოტვილი, სიგრძეზე დარები ჩასდევს, კენტურთისებრი 5–7 ფოთოლი ღეროზე ურთიერთმოპირდაპირედაა გაწყობილი, კენტურული ფოთოლაკი უფრო დიდი ზომისაა, ვიდრე დანარჩენები; ყველა ფოთოლაკი ბაზურ-ლანცეტა ფორმისაა და წაწვეტებულ კიდეებზე ხერხისებრადაა დაპილული; კბილაკების ძირში და მთავარი ძარღვის გაყოლებით ორივე მხარეზე მოყავისფრო-მოყვითალო გამჭვირვალე ჯირკვლებითაა მოფენილი; 3–4 მმ დიამეტრის მქონე კალთები შეკრბილია ფარისებრ ყვავილებად და ღეროს კენტუროებსა და ზედა ფოთოლების იღლიებშია გაწყობილი; კალათაში 5–9 ყვავილია; ყვითელი ფერის ენისებრი ორნაკვთიანი განაპირა ყვავილები მდედრობითი სქესისაა; ხუთნაკვთიანი მილისებრი შიგა ყვავილები ორსქესიანია; საბურვლის ფოთოლაკები ურთიერთშეზრდილია; წვერზე დაკბილული ცილინდრული ფორმის მოგრძო თესლურები ძირში შევიწროებულია, ოთხწახნაგოვანია და წახნაგზე თეთრი ფერის მოკლე ბეწვითაა მოფენილი; ქოჩორი მარტივია: ქოჩორის სიფრიფანა ქერქლები არაა თანაბარი ზომის – ზოგი მათგანი შეზრდილი და ბლაგვწვეტიანია, ზოგიც – თავისუფალი [1].

იმერულ ზაფრანა/ხავერდას და დეკორატიულ ზაფრანას განსაკუთრებული მოვლა-პატრონბა და ნიადაგის დამუშავება სჭირდება. იგი აღმოცენდება გვიან გაზაფხულზე (მაის-ივნისში) და ყვავილობს აგვისტოში. ზაფრანა გვალვაგამძლე მცენარედ ითვლება. ყვავილობისა და სიმწიფის პერიოდში ზაფრანის ყვავილები დიდი რაოდენობით შეიცავს არომატულ ეთერზეთსა და ყვითლად მდებავი თვისების მქონე ნივთიერებას – კაროტინს, რომელიც ჩვენი კვლევის მიზანსა და ამოცანას წარმოადგენს.

იმერულ ზაფრანას ფართოდ იყენებენ კვების მრეწველობის არომატულ სანელებლებში. კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ შემუშავებულია იმერული ყვითელი ზაფრანის დაფქვლი სახით სანელებლად გამოყენების სტანდარტი.

მართალია, იმერული ზაფრანის ყვავილები შეიცავს ყვითელი ფერის საღებავ ნივთიერებას, მაგრამ მისგან კვების მრეწველობაში გამოყენებული ყვითელი ფერის საღებავის მიღების ტექნოლოგია არ არის შემუშავებული.

ჩვენ მიერ პირველად იქნა ჩატარებული ექსპერიმენტები და შემუშავდა იმერული ზაფრანისაგან ყვითელი ფერის საღებავის მიღების ტექნოლოგია სითხის სახით, რომლის პირველადი მონაცემები საშუალებას იძლევა იმერული ზაფრანის ყვითელი ყვავილები გამოყენებულ იქნეს კვების მრეწველობაში ყვითელი ფერის საღებავის დასამზადებლად. ამისათვის საჭიროა საფუძვლიანად შევისწავლოთ ზაფრანის ყვავილებისაგან მიღებული ყვითელი ფერის საღებავის ბიოქიმიური თვისებები, საღებავის ქიმიზმი და კლასიფიკაცია, რომლის მონაცემებიც ლიტერატურაში არ მოიპოვება.

ლაბორატორიულ პირობებში შევიმუშავეთ იმერული ზაფრანისაგან ყვითელი ფერის საღებავის მიღების სამი მეთოდი. პირველი მეთოდის მიხედვით, იმერული ზაფრანის საღებავი კარგად ისხსნება ცხიმში, სპირტსა და წყალში, რაც ძალზე იშვიათი დადებითი თვისებაა. ცხიმში ხსნადობის გამო იმერული ზაფრანის ყვავილებისაგან შევიმუშავეთ ცხიმში ხსნადი ყვითელი ფერის საღებავის მიღების ტექნოლოგია ხორციროდუქტებში გამოსაყენებლად. იგი ხორციროდუქტებს აძლევს როგორც ყვითელ ფერს, ასევე არომატს და არ შეიცავს ზაფრანის შეტივტივებულ ნაწილა-

კებს, რაც ზაფრანის მშრალი ყვავილების სახით გამოყენებისას ხდება. ცნობილია, რომ ზაფრანის დაფქული ყვავილები არ იხსნება კერძებში და იგი შეტივტივებულია მასში, რაც, ორგანოლეპტიკური თვალსაზრისით, უარყოფითად მოქმედებს პროდუქციაზე.

ზაფრანის ყვითელი ყვავილებისაგან საღებავის მიღების მეორე მეთოდია ექსტრაქციის მეთოდი. ვინაიდან ჩვენ მიერ შემუშავებული ექსტრაპირების მეთოდით ზაფრანის საღებავი კარგავს სუნს და არომატს, იგი შეიძლება ფართოდ იქნოს გამოყენებული კვების მრეწველობაში სხვადასხვა დანიშნულებით. უარომატო ყვითელი ფერის საღებავი შესაძლებელია გავამდიდროთ სასურველი არომატით.

ჩვენ მიერ შემუშავებულია აგრეთვე ზაფრანის ყვავილებისაგან ყვითელი ფერის საღებავის მიღების მესამე მეთოდი, რაც ითვალისწინებს სპირტის ნაყენის მომზადებას. ასეთი ნაყენი ყვითელი ფერის საუკეთესო არომატული საღებავია ალკოჰოლური სასმელების დასამზადებლად.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, იმერული ზაფრანის ყვითელი ყვავილები საუკუთესო მცენარეული ნედლეულია ყვითელი ფერის სამრეწველო საღებავის მისაღებად, რომელიც წარმატებით შეცვლის ყვითელი ფერის აკრძალულ საღებავებს და იგი ნაწილობრივ შეამცირებს კვების პროდუქტებში მომწამლავი საღებავების გამოყენების კუთრ წილს.

ზაფრანის ყვავილისაგან ყვითელი ფერის საღებავის ტექნოლოგიის შემუშავებას და მცენარეული ყვითელი ფერის საღებავის კვების მრეწველობაში გამოყენებას უდიდესი სოციალური და კონომიკური მნიშვნელობა აქვს და თანაც გამართლებულია ეკოლოგიურადაც.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. ა. მაყაშვილი. ბოტანიკური ლექსიკონი. „საბჭოთა საქართველო“, თბ., 1961.
2. Алханишвили Н.Г., Топадзе Н.Т. Некоторые вопросы промышленного производства сушеных пряностей цветов бархатцев груз. НИИПП // Материалы республиканской научно-технической конференции „Научные основы хранения и переработки плодовоощной продукции „в совете решений XIX Всесоюзной конференции. Кутаиси, 16-17 ноября, 1988.

პერის მრავალობა

იმერული ზაფრანის (TAGETES PATULA L.) ყვავილებისაგან ყვითელი
ფერის მცხაობების საღებავების მიღების ახალი ტექნოლოგიების
შემუშავება

გ. ლვალაძე, გ. ჩაჩუა, დ. ლვალაძე

(აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: კვების მრეწველობაში ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ქიმიური და გენმოდიფიცირებული საღებავების შეცვლა ბუნებრივი, მცენარეული საღებავებით.

აქედან გამომდინარე, კვების მრეწველობისათვის ძალზე აქტუალურია ახალი სახის ბუნებრივი მცენარეული ნედლეულის გამოვლენა და ახალი ტექნოლოგიის შემუშავება, რომლის შედეგად მიღებული იქნება ბიოუსაფრთხო კონკურენტუნარიანი საღებავები.

იმერული ზაფრანის (Tagetes patula L.) ყვავილებისაგან დამზადებული ყვითელი ფერის მცენარეული საღებავი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კვების მრეწველობაში ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელების, საკონდიტრო ნაწარმის, ხორცპროდუქტების ფერის შესაცვლელად, რასაც უდიდესი სოციალური და ეკონომიკური უფლებები ექნება.

FOOD INDUSTRY

DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES IN ORDER TO RECEIVE OF VEGETABLE PAINT OF YELLOW COLOR FROM IMERETIAN SAFFRON (TAGETES PATULA L.)

G. Ghvaladze, G. Chachua, D. Ghvaladze

(A. Tsereteli State University, Agrarian University)

Resume: Food industry is one of the most pressing problems in the chemical and genetically modified food industry to change colors, including natural, vegetable dyes in the food industry.

Hence, a new kind of natural herbal raw material identification and development of new technology, which will be obtained through competitive food industry biosafe paints, is urgent.

Yellow colored vegetable dye, made from Imeretian Saffron (Tagetes patula L.) flowers, may be used in food industry, alcoholic and non-alcoholic beverages, confectionery, meat painting which will have both social and economic effects.

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО
КРАСИТЕЛЯ ЖЕЛТОГО ЦВЕТА ИЗ ИМЕРЕТИНСКОГО ШАФРАНА (TAGETE
PATULA L.)**

Г. Гваладзе, Г. Чачуа, Д. Гваладзе

(Государственный университет им. А. Церетели, Грузинский Аграрный Университет)

Резюме: В пищевой промышленности одной из наиболее актуальных проблем является замена химических и генетически модифицированных красителей на природные растительные красители.

Таким образом, выявление новых видов сырья для получения натурального растительного красителя пищевой промышленности и развитие новых технологий, которые будут получены в рамках конкурентоспособной пищевой промышленности, актуально.

Растительный краситель желтого цвета, изготовленный из Имеретинского шафрана (*Tagetes patula L.*), может быть использован в продуктах питания, в алкогольных и безалкогольных напитках, в кондитерских изделиях, в мясопродуктах. Это будет иметь как социальный, так и экономический эффект.

სშავლების დაწყებით საზენურზე სპორტული მოსწავლეთა ხელის ძალის ბანვითარების ზოგადი მაჩვენებლები

მ. მნათობიშვილი, ქ. ხვედელიძე, დ. ყარანგოზაშვილი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

სკოლაში, სადაც ძირითადად ხორციელდება მოსწავლეთა ფიზიკური აღზრდის ამოცანები, განსაკუთრებული უურადღება ექცევა მოსწავლეთა ფიზიკური თვისებების ჩამოყალიბებას და განვითარებას. ამდენად, მოსწავლეთა ფიზიკური მომზადება და მასთან დაკავშირებული ამოცანების გადაჭრა, რომელიც ფიზიკური აღზრდის თეორიისა და მეთოდიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია, პირველ რიგში სწორედ ფიზიკური აღზრდის გაკვეთილებზე უნდა მიმდინარეობდეს. სასკოლო ასაკის ბავშვთა ფიზიკური აღზრდის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანა მათი ყოველმხრივი ფიზიკური განვითრებაა, რაც წარმოადგენს სპორტის მომავალი აღმავლობის წინაპირობას. დღევანდელი სპორტული მოთხოვნილების დონეზე მომზადებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ბავშვთა ფიზიკური თვისებებისა და ფუნქციონალური შესაძლებლობის შესწავლას ნაადრევ ასაკში და სასწავლო-საწვრთხელი მეცადინეობების სწორად დაგეგმვას.

ჩვენი კვლევის მიზანია სასკოლო ასაკის ბავშვების ფიზიკური მომზადების მდგომარეობის შესწავლა და მისი შემდეგი ამაღლების მეთოდიკის სრულყოფა.

ფიზიკური თვისებებიდან პირველ რიგში შეგისწავლეთ ხელის ძალის მაჩვნებლები, რომლებიც იზომებოდა ხელის დინამიმეტრის მეშვეობით ცალ-ცალკე მაქსიმალური შესაძლებლობებით მარჯვენა და მარცხენა ხელისათვის.

ხელის ძალა არის ერთ-ერთი ის ფუნდამენტური ფიზიკური თვისება, რომელიც საჭიროა ოპტიმალური ფიზიკური შესაძლებლობის გამოსავლენად. ჩვეულებრივ, იგი განისაზღვრება, როგორც ძალისხმევის მაქსიმალური ოდენობა, რომელიც შესაძლოა, გამოყენებულ იქნეს წინააღმდეგობის დასაძლევად სხეულის ზედა კიდურების მიერ ძალის გამოვლენის პროცესში. ამ დროს ხელის კუნთები და განსაკუთრებით ხელის მომხრელი კუნთები, თითქმის ყველა ძირითად მოქმედებაში მონაწილეობს. როგორც სპეციალურ პროფესიულ საქმიანობაში, ისე სპორტში, ხელის ძალის მაჩვნენებელი გარკვეული პირობითობით შეიძლება ერთგვარ ინდიკატორადაც მივიჩნიოთ მთლიანად ორგანიზმის ფიზიკური შესაძლებლობების განსაზღვრისას.

კარგად დაგეგმილი და განხორციელებული ფიზიკური აქტიურობა აუმჯობესებს მოსწავლეთა კონცენტრაციას, ზრდის მათ კრეატიულობას, ამაღლებს თვითშეფასებას, უვითარებს გადაწყვეტილების მიღებისა და პრობლემის გადაჭრის უნარს. ასევე პოზიტიურად აისახება მათ ქცევაზე ლიდერობის გამოცდა. მაგალითად, მოძრავ თამაშებში კარგად გამოიკვეთა პასუხისმგებლობის აღების შესაძლებლობა საკუთარ და სხვის საქციელზე. მოსწავლეები ეწვევიან დისციპლინას, მათ უვითარებათ თანაკლასელებთან ურთიერთობის კულტურა. ფიზიკური აქტიურობის დროს მოსწავლეებს ეძლევათ საშუალება ისწავლონ, თუ როგორ დასახონ მიზანი და იბრძოლონ ამ მიზნის მისაღწევად.

სანამ აღნიშნული საკითხის კვლევას დავიწყებდით საჭირო იყო სკოლებში სასწავლო წლის დაწყებისას მოსწავლეთა ფიზიკური მომზადების დონის დადგენა, რათა ნათელი წარმოდგენა გვქონდა მოსწავლეთა ფიზიკურ შესაძლებლობებზე. ეს მონაცემები მოგვცემდა საკითხის შესწავლა-განალიზების საშუალებას. უნდა შეგვემუშავებინა მეთოდიკა, რომლის მიხედვითაც წარიმართებოდა მომავალში კვლევითი მუშაობა.

ამ მიზნით ცდის პირველ შეირჩა სხვადასხვა ასაკის დაწყებითი სწავლების მოზარდები, ქთბილის არასახელმწიფო საერო ზოგადსაგანმანათლებლო საშუალო სკოლა „მერმისის“ 120

მოსწავლე. ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოიკვეთა, რომ ფიზიკური დატვირთვა თავის დადებით შედეგს იძლევა ბავშვთა ფიზიკური განვითარებისა და ფუნქციონალური შესაძლებლობის ზრდაზე.

პირველი კვლევა სასწავლო წლის დასაწყისში (ოქტომბერში) ჩავატარეთ. გამოვიკვლიუთ მოსწავლეთა ხელის ძალის მაჩვენებლები (იხ. 1-ლი და მე-2 ცხრილები).

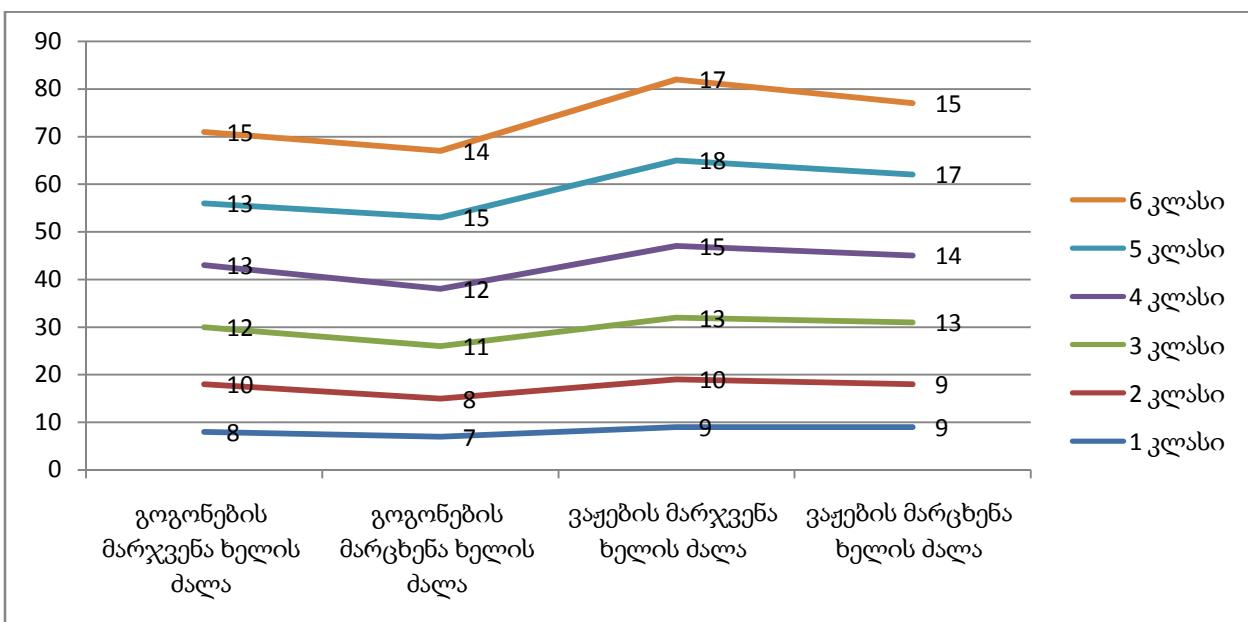
ცხრილი 1

მოსწავლეთა ხელის ძალის პირველადი მონაცემები

კლასი	მარჯვენა ხელის ძალა	მარცხენა ხელის ძალა	მარჯვენა ხელის ძალა	მარცხენა ხელის ძალა
	გოგონები		ვაჟები	
1	8	7	9	9
2	10	8	10	9
3	12	11	13	13
4	13	12	15	14
5	13	15	18	17
6	15	14	17	15

ცხრილი 2

მოსწავლეთა ხელის ძალის პირველადი მონაცემების გრაფიკი



შემოწმება მიმდინარეობდა ხელის დინამომეტრით, რომლის საშუალებითაც შეგვეძლო განვეხაზღვრა ძალის გამოვლენის შესაძლებლობების დონე და, საერთოდ, ფიზიკური მომზადება.

რამდენადაც მოსწავლეთა ფიზიკურ მომზადებაში ერთ-ერთ ძირითად საკითხს ძალის შესაძლებლობების გაძლიერება წარმოადგენს, საჭიროდ მივიჩნიეთ შეგვემუშავებინა ფიზიკური აღზრდის გაკვეთილებზე მოსწავლეთა ფიზიკური მომზადების ამაღლების გზები და შეგვედგინა სრულყოფილი ციკლური ვარჯიშები. გამოყენებული იყო შემდგარი ვარჯიშები: იატაკიდან და ტანკარჯიშის სკამიდან ხელებზე აძალვა; ბაგირზე ცოცვა: ფეხების დახმარებით, ფეხების დაუხმარებლად, კუთხით; დერძზე მიზიდვა; შვედური კედლის გამოყენებით ძალის განსავითარებელ ვარჯიშთა კომპლექსები.

მეორე ექსპერიმენტი (ძალის გაზომვის ტესტები) ჩავატარეთ გაზაფხულზე. მე-3 და მე-4 ცხრილების მონაცემები საშუალებას გვაძლევს ციფრებით გამოვსახოთ ძალის განვითარების ხარისხი და მასში მომხდარი ცვლილებები.

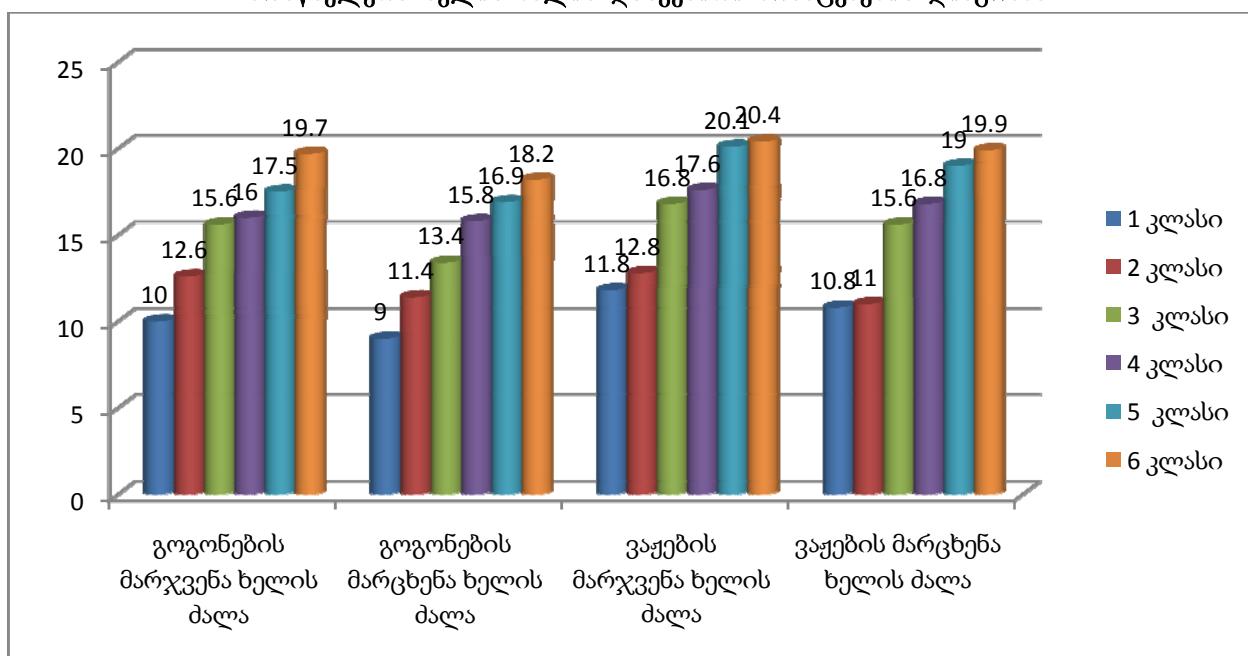
ცხრილი 3

მოსწავლეთა ხელის ძალის დასკვნითი მონაცემები

ქ. ს.ქ.	მარჯვენა ხელის ძალა	მარცხენა ხელის ძალა	მარჯვენა ხელის ძალა	მარცხენა ხელის ძალა
	გოგონები		ვაჟები	
1	10	9	11.8	10.8
2	12.6	11.4	12.8	11
3	15.6	13.4	16.8	15.6
4	16	15.8	17.6	16.8
5	17.5	16.9	20.1	19.0
6	19.7	18.2	20.4	19.9

ცხრილი 4

მოსწავლეთა ხელის ძალის დასკვნითი მონაცემების დიაგრამა



დაკვირვებამ ცხადყო, რომ ტესტირების დროს ძალის გამოვლენის ხარისხზე გავლენას ახდენს ცდის პირის ხელის სივრცეში მდებარეობის ფაქტორი. მაგალითად, ხელის იდაყვში 90° -ით მოხრის შემთხვევაში შედარებით დაბალი მაჩვენებლები მიიღება, ვიდრე იდაყვის სახსრის 180° -ით გაშლის დროს. ხელის ძალის სიდიდე დამოკიდებულია ასევე ასაკზე, სქესზე, გაწვრთნილობის დონეზე. ჩატარებული ტესტების შედეგების საფუძველზე პირველი და მეორე ექსპერიმენტის შედეგად გამოიკვეთა ის, რომ ხელის ძალის მაჩვენებელი გაზრდილია 2–3 კგ-მდე, რაც კარგი შედეგია სწავლების დაწყებითი საფეხურის მოსწავლეებისათვის.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

- გ. გახიძე და სხვ. ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის თეორიისა და მეთოდიკის საფუძვლები; II ნაწილი, თბ., 2004.
- ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის თეორიისა და მეთოდიკის საფუძვლები; III ნაწილი; თბ., 2007.
- შ. წუცუბიძე. ადამიანის ფიზიკური განვითარების გამოკვლევისა და შეფასების მეთოდები. თბ., 1986.
- თ. სანებლიძე. ტანგარჯიში. I ნაწილი, თბ., 1993.

სწავლების დაწყებით სავაზურზე სპორტული მოსწავლეთა ხელის პალის
ბანვითარების ზოგადი მაჩვენებლები

ქ. მნათობიშვილი, ქ. ხვედელიძე, დ. კარანგოზაშვილი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია სწავლების დაწყებით საფეხურზე 1-ლი – მე-6 კლასების მოსწავლეების ხელის ძალის განვითარების უნარი ასაკისა და სქესის გათვალისწინებით. იმ ცდების შედეგების მიხედვით, რომლებიც სასწავლო წლის დაწყებისას და დასრულებისას ჩატარდა ხელის დინამომეტრის მეშვეობით, შემოწმდა როგორც მარჯვენა, ისე მარცხენა ხელის მაჩვენებლები, რამაც შესაძლებელი გახდა ხელის ძალის ზრდის განვითარების პარამეტრების დაფიქსირება ძალის განვითარების გარჯიშების დახმარებით. მიღებული შედეგებით გამოიკვეთა ხელის ძალის ზრდა 2–3 კგ-ით.

SPORT

GENERAL CHARACTERISTICS OF HAND POWER AMONG PUPILS IN THEIR FIRST YEARS AT SCHOOL

M. Mnatobishvili, K. Khvedelidze, D. Karangozashvili

(Georgian State University of physical Education and Sport)

Resume: There is discussed initial stages of the classroom teaching in the forms of 1–6, including the development of a hand-held force ability: age, sex were taken into account by the tests, that were carried out in the beginning and in the end of school year by means of dynamometer. We checked the data from both right and the left hand, which helped us to record the highlights of the growth of hand-held force by power enhancement trainings. According to results we got power was increased by 2–3 kg.

СПОРТ

ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ РУЧНОЙ СИЛЫ УЧЕНИКОВ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ В ШКОЛАХ

М. Мнатобишили, К. Хведелидзе, Д. Карагозашвили

(Государственный университет физического воспитания и спорта Грузии)

Резюме: В статье рассматривается способность развития силы руки в начальной стадии обучения (1–6 класс) с учетом возраста и пола. По результатам испытаний, проведенных в начале и в конце учебного года, с помощью ручного динамометра были зафиксированы параметры роста силы рук, как правой так и левой, с применением упражнений для развития силы рук. Полученные результаты показали рост силы рук на 2–3 кг.

მოცურავეთა მომზადება მოპლე ღისფანციაზე

დ. ყარანგოზაშვილი, მ. მნათობიშვილი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

ცურვას, როგორც სპორტის სახეობას, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია საზოგადოებრივ ცხოვრებაში და ფიზიოლოგიურად სასარგებლო სახეობად არის მიჩნეული. იგი აუმჯობესებს გულ-სისხლძარღვთა და სასუნთქ სისტემას, ნივთიერებათა ცვლას, ამცირებს ზედმეტ აგზნებულობას და ნერვულ დაბატულობას. ცურვისას ჩართულია ყველა ძირითადი კუნთი, რომელიც სხეულს სქენს სიმკერივეს, ჰარმონიულ განვითარებას და კიდევ სხვა მრავალი დადებითი თვისებით ხასიათდება.

სპორტის განვითარების თანამედროვე ეტაპებზე ამ სახეობაში მაღალი შედეგების მიღწევა სპორტსმენთა წინაშე სხვა მოთხოვნებს აყენებს. მოცურავეთა მომზადებაში განსაზღვრული უნდა იყოს ცალკეული მოვარჯიშების უნარები და შესაძლებლობები. ძალა არის ერთ-ერთი ფუნდამენტური ფიზიკური თვისება, რომელიც საჭიროა ოპტიმალური ფიზიკური შესაძლებლობების გამოსავლენად. სხეულის ზედა კიდურების მიერ ძალის გამოვლენის პროცესში მხრის კუნთები თითქმის ყველა ძირითად მოქმედებაში მონაწილეობს. ამასთან, ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ სპორტსმენთა სპეციალურ პროფესიულ საქმიანობაში.

თანამედროვე საწყლოსნო სპორტში ფართოდ გამოიყენება იზოკინეტიკური ტრენაჟორები. ჩვენს შემთხვევაში გამოყენებული იყო ტრენაჟორი „ბიოკინეტიკი”, რომელიც აფიქსირებს შესრულებულ სამუშაოს 10 რეჟიმში. ციფრულ ტაბლოზე გამოსახულია სპორტსმენთა შესაბამისი ძალისხმევა. მოცურავებს შეუძლიათ დააფიქსირონ თავიანთი ძალისხმევა ხელის თითოეულ მოსმაში. ტრენაჟორზე ჩატარებული ექსპერიმენტის დროს მოცურავეთა სწრაფ-ძალის გამოსავლენად გამოიყენეთ ხელის მოსმის იმიტაცია. აღსანიშნავია, რომ „ბიოკინეტიკის“ მე-5 რეჟიმი დაახლოებით შეესაბამება საშეჯიბრო დისტანციაზე მოსმას. რეჟიმი (0–4) უმეტეს წილად აჩვენებს ძალისმიერ კომპონენტს, ხოლო რეჟიმი 6–9 მოცურავის სწრაფ-ძალის შესაძლებლობების კომპონენტს.

საჭირო იყო გამოგვეკვლია, თუ რა გავლენას ახდენდა სხვადასხვა საწვრთნელი საშუალება მოცურავის ძალის სიჩქარის შესაძლებლებებზე.

პირველ ექსპერიმენტში მონაწილეობა მიიღეს თავისუფალი სტილით მოცურავე სპორტის ოსტატებმა (50 მ თავისუფალი სტილი). ყოველი ექსპერიმენტის დასაწყისში და დამთავრებისას ფიქსირდებოდა თითოეული სპორტსმენის ძალისხმევის მაჩვენებელი 10-ივე სამუშაო რეჟიმში (ხელის ყოველი 3-ჯერ მოსმის ჯამით), აგრეთვე დრო 50 მ დისტანციაზე თავისუფალი სტილით.

ამ ექსპერიმენტის დროს გამოიყენებოდა ძალთა შესაძლებლობების გაზრდისაკენ მიმართული საშუალებები, დარბაზში მიმდინარეობდა ტრადიციული ხასიათის საწვრთნელ მუშაობა; ჩვეულებრივ სწორი მოძრაობა არ აღემატებოდა საშეჯიბროს და არ შეესაბამებოდა მას.

ექსპერიმენტის დამთავრებისას აღმოვაჩინეთ ძალისხმევის ზრდა დაბალი ზონების რეჟიმებში (0–4). საშეჯიბრო მოსმის (4–6) და მასზე სისტრაფით მაღალზე (6–9) მნიშვნელოვანი ცვლილებები შემჩნეული არ იყო. თავისუფალ სტილით გაცურვამ 50 მ. დისტანციაზე არ გამოავლინა რაიმე ცვლილებები საწყის მაჩვენებლებთან შედარებით.

მეორე ექსპერიმენტის დროს (ერთი თვის შემდეგ) მუშაობა დარბაზში მიმდინარეობდა სწრაფ-ძალის განსავითარებლად. ვარჯიშების შესრულების სისწრაფეზე შედეგები შეესაბამებოდა საშეჯიბროს ან ოდნავ აღემატებოდა მას.

ამ ექსპერიმენტის დასაწყისში და დასასრულს მიღებული მაჩვენებლების შედარებისას, გამოირკვა, რომ სწრაფ-ძალის შესაძლებლობების ზონაში (საშეჯიბრო მოსმა), რეჟიმი (4–6), აღინიშნა ძალისმიერი მაჩვენებლების მატება, სისწრაფის რეჟიმების ზონაში (6–9) ცვლილება შეეხო მხოლოდ (6–7) რეჟიმებს. ანალოგიური სურათი გამოვლინდა ძალისმიერ ზონაში:

ტრენაჟორ „ბიოკინეტიკის“ (3–4) რეჟიმში მივიღეთ ძალისმევის უმნიშვნელო მომატება, ხოლო (0–1) რეჟიმში მაჩვენებლების დაქვეითება;

მეორე ექსპერიმენტის ყველა მონაწილემ აჩვენა მაჩვენებლების ზრდა 50 მ დისტანციაზე -0,5 - 0,65 წმ საწყისთან შედარებით (იხ. ცხრილი).

ცხრილი

სპორტსმენთა საკონტროლო და ექსპერიმენტული ჯგუფის მონაცემები

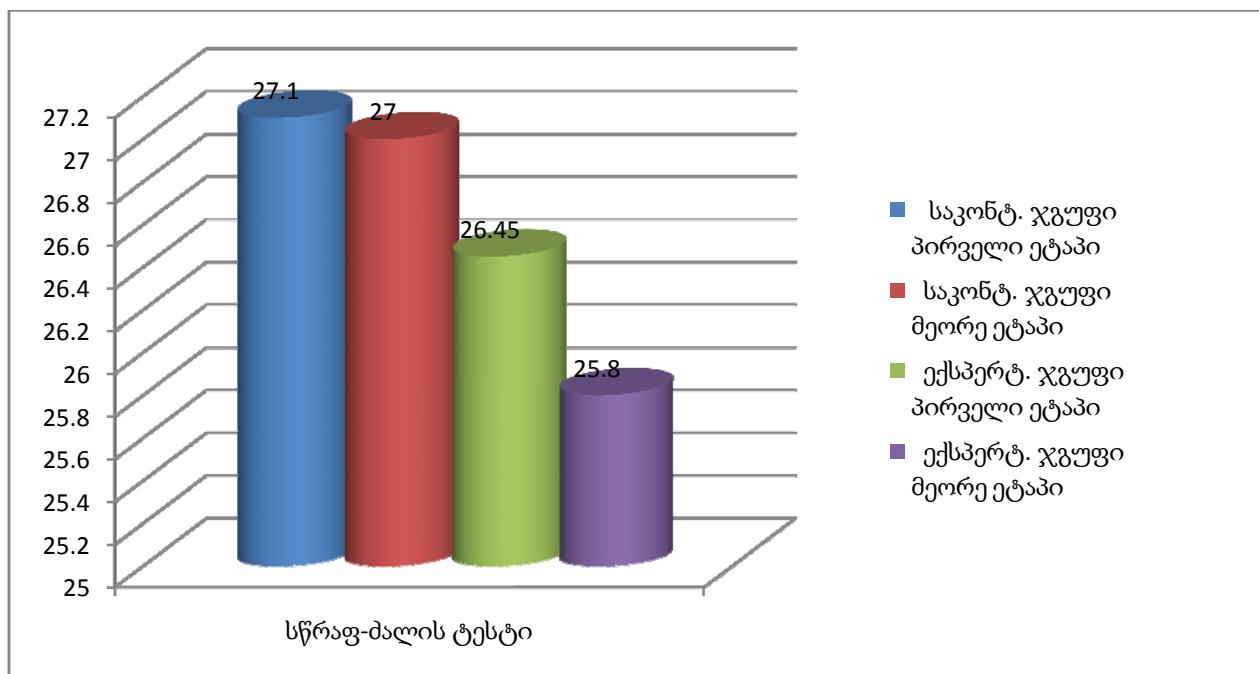
	საკონტროლო ჯგუფი		ექსპერიმენტული ჯგუფი	
	პირველი, საწყისი ეტაპი	მეორე, შემდგომი ეტაპი	პირველი, საწყისი ეტაპი	მეორე, შემდგომი ეტაპი
1	25.7	25.5	25.5	25.0
2	26.8	26.6	26.1	25.5
3	27.0	27.1	25.4	24.9
4	27.4	27.4	26.4	25.9
5	26.9	26.8	26.8	26.3
6	27.1	27.0	27.0	26.35
7	27.9	27.7	26.9	26.25
8	27.4	27.1	26.6	26.1
9	28.0	28.1	27.0	26.4
10	27.2	27.1	26.9	26.3
11	26.9	26.9	26.4	25.9
12	27.3	27.4	26.4	25.8

- წვრთვის პროცესში მაჩვენებლების ზრდა ხდება იმ სწრაფ-ძალის შესაძლებლობების ზონებში, რომელთა სისწრაფის რეჟიმები ემთხვეოდა სპეციალური ძალისმიერი მომზადების საწვრთნელი ვარჯიშების რეჟიმებს დარბაზში;

- მოცურავეთა წვრთნა სისწრაფის რეჟიმებში საგრძნობლად დაქვეითებულ საშეჯიბროსთან შედარებით ზრდის ძალისმიერ კომპონენტებს და არავითარ გავლენას არ ახდენს 50 მ თავისუფალი სტილით დისტანციის გაცურვაზე;

- საწვრთველი საშუალებების გამოყენება სწრაფ რეჟიმში, რომლებიც შეესაბამება საშეჯიბროს, ახდენს სპორტული მაჩვენებლების ზრდას 50 მ თავისუფალი სტილის დისტანციაზე.

ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ (იხ. ნახ.):



**სპორტული საკონტროლო და ექსპერიმენტული ჯგუფის
საერთო მონაცემების დიაგრამა**

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Кузнецов В. Специальная силовая подготовка спортсмена. М., 1975.
2. Вилмор Т. Развитие мышечной силы посредством изотонической и изокинетической тренировки на сопротивление. США, 1984.
3. www.swimming-world.com. 2012.

მოცემულია მოგზაური მოგლე დისტანციაზე

დ. ყარანგოზაშვილი, მ. მნათობიშვილი

(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: წარმატების ერთ-ერთ ფაქტორს მოკლე დისტანციაზე ცურვაში წარმოადგენს სპორტსმენთა სწრაფ-ძალის შესაძლებლობების განვითარების ოპტიმალური დონე.

მოცემულია სწრაფ-ძალისმიერი მომზადება შეჯიბრის რეჟიმში ხელს უწყობს მაჩვენებლების ზრდას იმ შემთხვევაში, თუ წვრთნის მეთოდიკა დარბაზში და წყალში იდენტურია.

СПОРТ

ПОДГОТОВКА ПЛОВЦОВ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ

Д. Карангозашвили, М. Мнатобишивили

(Государственный университет физического воспитания и спорта Грузии)

Резюме: Одним из факторов успеха в плавании на короткие дистанции является оптимальный уровень развития скоростно-силовых возможностей спортсменов.

Скоростно-силовая подготовка пловцов в соревновательном режиме способствует росту результатов в случае идентичности методики тренировки на суше и в воде.

SPORT

PREPARATIONS OF SPORTSMEN IN SHORT COURSE SWIMMING

D. Karangozashvili, M. Mnatobishvili

(Georgian State University of physical Education and sport)

Resume: In short course swimming one of the main tools for success is attaining optimal level of development of speed-power skills.

Speed-power training of swimmers in competitive regime enhances growth of coefficients only if dry land workouts and training methods in pool are same.

რედაქტორები: ლ. გიორგობიანი, ე. იოსებიძე, დ. ქურიძე, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ხ. უნგიაძის

გადაეცა წარმოებას 21.10.2013. ზელმოწერილია დასაბეჭდად 30.06.2014. ქაღალდის ზომა
60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბაზი 8. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

