

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

ISSN 2079-5459

Сборник научных трудов

34'2011

**Тематический выпуск "Новые решения в
современных технологиях "**

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ» в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике

Украины КВ №5256 от 02.07.2001 г

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л.Товажнянский, д-р техн.наук, проф.

Секретарь

К.А. Горбунов, канд. техн.наук, доц.

Координационный совет

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

Л.М. Бесов, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.

Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.

В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.

Ю.И. Зайцев, канд. техн. наук, проф.

В.В. Епифанов, канд. техн. наук, проф.

О.П. Качанов, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

С. И. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

Г.В. Лисачук, д-р техн. наук, проф.

В.С. Луников, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

В.И. Николаенко, канд. ист. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.

Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

А.В. Ивахненко, ст. преп.

Г.И. Львов, д-р техн.наук, проф.

А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.

Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Терзиян, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Узунян, д-р техн. наук, проф.

Л.Л. Брагина, д-р техн. наук, проф.

В.И. Шустиков, д-р техн. наук, проф.

В.И. Тошинский, д-р техн. наук, проф.

Р.Д. Сытник, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.

Г.Г. Жемеров, д-р техн. наук, проф.

В.Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.

Н.Н. Александров, д-р техн. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

Н.И. Погорелов, канд. экон. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе. 21 НТУ
«ХПИ», СМУС Тел. (057) 707-60-40

Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць.
Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ» -
2011. - № 34. - 156с.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів

Друкується за рішенням Вченої ради НТУ „ХПІ", Протокол № 8 від 02.09.2011

Національний технічний університет „ХПІ" 2011

УДК 504.06 : 656.13

Н. В. ВНУКОВА, канд. геогр. наук, доц., ХНАДУ, Харків

ВПЛИВ ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ЕКОБЕЗПЕКУ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

Розглянуті природно-кліматичні фактори та їх вплив на розповсюдження забруднюючих речовин від дії автомобільного транспорту.

Ключові слова: Кліматичні умови, температурний режим, автомобільний транспорт.

Рассмотрены природно-климатические факторы и их влияние на распространение загрязняющих веществ от действия автомобильного транспорта.

Ключевые слова: климатические условия, температурный режим, автомобильный транспорт.

It's considered climatic factors and their impact on the spread of pollutants from road transport.

Key words: climate, temperature, road transport.

Вступ

Викиди забруднюючих речовин від дії автомобільного транспорту в середньому за рік складають 5,5 млн. т, що в перерахунку на загальні обсяги викидів забруднюючих речовин в Україні становить приблизно біля 40 %, а в великих містах забруднення атмосферного повітря вихлопними газами досягає 75-90 % від загального рівня забруднення.

З врахуванням доволі густої транспортної мережі в Україні, стану автотранспортних засобів та природно-кліматичних факторів створюється деяка взаємодія між цими елементами які відповідно впливають одним на одного.

Природно-кліматичні фактори впливають на стан і взаємодію всіх елементів транспортного комплексу. До них відносяться – характеристика циркуляційного режиму, термічна стійкість атмосфери, атмосферний тиск, вологість повітря, температурний режим, температурні інверсії, їхня повторюваність і тривалість, швидкість вітру, повторюваність застоїв повітря і слабких вітрів (0 – 1 м/с), тривалість туманів, рельєф місцевості, геологічна структура і гідрогеологія району, ґрунто-рослинні умови (тип ґрунтів, еродованість ґрунтового покриву, стан рослинності, склад порід, вік, бонітет), фонові значення показників забруднення природних компонентів атмосфери тощо.

Постановка завдання

Вивчення всіх факторів та природно-кліматичних умов які впливають на екологічну безпеку автотранспортного комплексу є доволі актуальним питанням, оскільки від природно-кліматичних умов залежать рівень викидів забруднюючих речовин який в свою чергу залежить від технічного стану агрегатів, тому ці питання торкаються як технічної експлуатації автомобілів так і екологічного стану навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень

Питанням впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище в розрізі впливу природно-кліматичних факторів на розповсюдження забруднюючих речовин від дії транспортного комплексу та їх вплив на екобезпеку присвячені наукові розробки М. Козакова, І. Масленнікової, В. Луканіна, Х. Ленца, Я. Хом'яка, В. Скорченка та інш. [1-3].

Формування цілей та викладення основного матеріалу

У природному середовищі безупинно змінюються температура повітря, швидкість, сила і напрямок вітру, тому поширення енергетичних і інгредієнтних забруднень відбувається в постійно нових умовах. Процеси розкладання токсичних речовин при малих значеннях сонячної радіації сповільнюються. Опади і високі температури навпаки сприяють інтенсивному розкладанню токсичних речовин.

При загальній закономірності зниження рівня забруднення в міру видалення від дороги зниження рівня шуму відбувається за рахунок розсіювання звукової енергії в атмосфері і поглинання її поверхневим покривом. Розсіювання відпрацьованих газів залежить від напрямку і швидкості вітру.

Більш висока температура біля поверхні землі в денний час змушує повітря підніматися вгору, що призводить до додаткової турбулентності. Вночі температура у поверхні землі більш низька, тому турбулентність зменшується. Це явище служить однією з причин кращого поширення звуку вночі в порівнянні з денним часом. Розсіювання відпрацьованих газів навпаки, зменшується.

Підвищення температури повітря з висотою призводить до того, що шкідливі викиди не можуть підніматися вище визначеного рівня. В інверсійних умовах послабляється турбулентний обмін, погіршуються умови розсіювання шкідливих викидів у приземному шарі атмосфери.

Сполучення природних факторів, що визначають можливий рівень забруднення атмосфери, характеризується метеорологічним і кліматичним потенціалом забруднення атмосфери, а також висотою шару перемішування, повторюваністю приземних і піднятих інверсій, їхньою потужністю, інтенсивністю, повторюваністю застоїв повітря, штильних шарів до різних висот.

Падіння концентрацій шкідливих речовин в атмосфері відбувається не тільки внаслідок розведення викидів повітрям, але і через постійне самоочищення атмосфери.

Від природно-кліматичних факторів залежить рівень викидів відпрацьованих газів, який в свою чергу залежить від технічного стану агрегатів (відхилення регульованих параметрів від допустимих в результаті зношення і несправна системи). Також витрати палива залежать від температури навколишнього середовища. В зимовий період зменшується інтенсивність руху транспортного потоку, яка погіршує робочі процеси двигуна, що призводить до зростання витрати палива, збільшується знос тертьових поверхонь, відбувається знос шипів автомобільних шин, що також може вплинути на забруднення ґрунту.

У літній період підвищується випаровуваність палива, погіршується наповнення циліндрів двигуна, з'являються додаткові втрати на привід вентилятора системи охолодження, все це призводить до підвищеної витрати

палива і неефективної роботи двигуна, а також відбувається різке збільшення інтенсивності руху автомобілів, одночасно збільшується радіус розсіювання важких домішок.

Крім того, викид важких металів в придорожній зоні залежить і від процесів зношування, що відбуваються при русі автотransпортних засобів. При низькій температурі навколишнього повітря витрата палива зростає через збільшення опору трансмісії та шин, збільшеного аеродинамічного опору, що може призвести до підвищеного вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах.

При низьких температурах спостерігається зріст викидів CO та C_xH_y у 3 – 4 рази, викиди NO_x практично не змінюються. При виробці моторесурсу через знос двигуна викиди CO, C_xH_y , сажі зростають у 1,5 – 2 рази, а викиди NO_x знижуються на 25 %.

Кліматичні умови використання рухливого складу автомобільного транспорту (АТ) характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю, висотою над рівнем моря, запиленістю (або засніженістю) повітря, кількістю й інтенсивністю опадів, швидкістю вітру.

Встановлено, що температура навколишнього середовища в значній мірі визначає як тепловий режим роботи агрегатів автотransпортного засобу, так і робить вплив на працездатність двигуна, трансмісії, підвісок, коліс, шин.

За даними відомих експериментальних досліджень, при підвищенні температури навколишнього повітря на 10 °C підвищується стала температура олії в двигуні (2,5 - 3 °C), у коробці передач (8 - 10 °C) і у ведучих мостах (на 15 - 20 °C), палива в баці (9,5 - 10 °C), повітря у впускному трубопроводі (9-10 °C). Останнє призводить до зменшення ефективної потужності двигунів на 1,8 - 3,0 %, збільшенню сумарного опору рухові приблизно на 8-10 % і витрати палива на 6-7 %.

Внаслідок інтенсивного охолодження, температурний режим роботи агрегатів значно нижче номінального. Наприклад, при температурі повітря (-30 °C) температура олії в головних передачах мостів повноприводних автомобілів складає (8-18 °C), при температурі повітря (-40 °C) температура олії має мінусове значення, що призводить до істотного підвищення витрати палива.

До цього варто додати, що при тривалій стоянці машини (без використання) багато конструкційних і експлуатаційних матеріалів у результаті впливу низької температури втрачають свої властивості.

При проектуванні більшості транспортних засобів приймають робочий діапазон температур повітря (від -45 до +50 °C), що відповідає умовам експлуатації в помірних макрокліматичних районах. При цьому короткочасно допускається робота при зниженні температури до -50 °C. Врахування умов експлуатації в діапазоні температур повітря від -45 °C (короткочасно -50°C) до +50 °C не спричиняє істотних змін у конструкції, виробництві і застосовуваних матеріалах.

Забезпечення високої корозійної стійкості деталей неможливо без застосування спеціальних технологічних засобів, їхньої обробки і покриття. Слід зазначити, що підвищена вологість повітря при відносно високій температурі (відносна вологість 85-100 % при температурі (30-35 °C)) характерна лише для теплого вологого клімату.

Поряд з корозійним впливом вологості, варто звернути увагу і на інші фактори, що впливають на експлуатаційні характеристики машин. Так, при підвищенні відносної вологості повітря (при температурі +10 °С) на 10 %, ефективна потужність двигуна знижується на 0,75 %.

Звичайно запиленість повітря оцінюють масовою концентрацією пилу (г/м³). Варто мати на увазі, що ступінь запиленості повітря неоднакова по висоті: у полотнини дороги вона максимальна і зі збільшенням висоти знижується. З урахуванням цього, критерій граничної запиленості визначають у багатьох випадках на висоті 1,5 м від рівня дороги. Гранично допустима масова концентрація пилу, при якій автомобіль може довгостроково працювати, складає 1,5-2,5 г/м³. При цих значеннях масової концентрації встановлюють тривалість роботи без зміни й очищення фільтруючих елементів 12-18 ч.

Що стосується засніженості повітря, те цей фактор поки ще недостатньо вивчений. Однак загальні підходи й оцінка впливу засніженості практично такі ж, як і запиленості. Тільки граничні критерії тут складають 0,4-0,6 г/см³.

Висновки

Ефективна потужність двигуна залежить від щільності (тиску) повітря і його температури. Обидва ці фактори пов'язані з висотою над рівнем моря. Ступінь їхньої зміни визначається (1):

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 - H / 44300)^{5,256}, \quad t = t_0 - 0,0065H, \quad (1)$$

де ρ – атмосферний тиск над рівнем моря, КПа; t – температура, К, на висоті H (м) над рівнем моря; ρ_0 і t_0 – ті ж показники на рівні моря.

У результаті зміни щільності повітря потужність двигуна зі збільшенням висоти істотно падає, причому найбільш інтенсивно в карбюраторних двигунів. Дизелі, особливо з наддуванням, менш чутливі до висотного фактору, чим і визначається перевага їхнього використання у високогірній місцевості.

Інтенсивність випадання опадів на території з помірним кліматом, як правило, не перевищує 3-3,6 мм/хв. протягом короткочасного періоду і 1,5-1,6 мм/хв. при тривалому періоді (до 30 хв.). Вимоги обмежуються необхідністю забезпечення герметичності кабіни при русі по запилених або засніжених дорогах і при подоланні бродів [4-7].

Список літератури: 1. Казаков Н., Масленникова И. Экологическая безопасность транспорта [Текст] / Н. Казаков, И. Масленникова. – «Автобизнесмаркет», 2004. – №14. – С.5-9. 2. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт) [Текст] / [Под ред. В. Луканина, Х. Ленца]. – М.: Логос, 2002. – 624 с. 3. Хомяк Я.В. Автомобильные дороги и окружающая среда [Текст] / Я.В. Хомяк, В.Ф. Скорченко. – К.: Вища школа, 1983. – 198 с. 4. Денисов В.Н. Проблемы экологизации автомобильного транспорта [Текст] / В.Н. Денисов, В.А. Рогалев. – СПб.: МАНЭБ, 2003. – 213 с. 5. Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза [Текст] / А.В. Дончева. – М.: СПЕКТ ПРЕСС, 2005. – 286 с. 6. Кавтарадзе Д.Н. Автомобильные дороги в экологических системах [Текст] / Д.Н. Кавтарадзе, Л.Ф. Николаева, Е.Б. Поршнева, Н.Б. Флорова. – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с. 7. Павлова Е.И. Экология транспорта [Текст] / Е.И. Павлова, Ю.В. Буралев. – М.: Транспорт, 1998. – 229 с.

Поступила в редколлегию 27.06.2011

Ю.М.ЮСІБОВА, студ., Інститут хімічних технологій СНУ ім. В.Даля, Рубіжне

Е.В.РУБАН, канд. біол. наук, доц., ст.викл., Інститут хімічних технологій СНУ ім. В. Даля, Рубіжне

В.І.ШВЕЦЬ, канд. хім. наук, доц., заст. дир., Інститут хімічних технологій СНУ ім. В. Даля, Рубіжне

Є.В.ПОПОВ, докт.техн.наук, проф., зав. каф., Інститут хімічних технологій СНУ ім. В. Даля, Рубіжне

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛОЇДНО-ХІМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НЕІОНОГЕННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ТЕХНОЛОГІЇ ВИПУСКНИХ ФОРМ ОРГАНІЧНИХ ПІГМЕНТІВ

Розглянуті основні фізико-хімічні властивості випускних форм органічних пігментів для кольорування текстильних матеріалів. Показано, що найважливішим показником якості пігментів є їх дисперсний склад у випускних формах, а також морфологічні особливості пігментних частинок, що роблять вплив на яскравість, відтінок і міцнісні показники забарвлень при пігментному кольоруванні.

Ключові слова: технологія водонерозчинних органічних барвників, поверхнево-активні речовини, кольорування текстильних матеріалів.

Рассмотрены основные физико-химические свойства выпускных форм органических пигментов для колорирования текстильных материалов. Показано, что важнейшим показателем качества пигментов является их дисперсный состав в выпускных формах, а также морфологические особенности пигментных частиц, которые оказывают влияние на яркость, оттенок и прочностные показатели окраски при пигментном колорировании.

Ключевые слова: выпускные формы органических красителей и пигментов, поверхностно-активные вещества, колорирование текстильных материалов.

The main physical and chemical properties of final forms of organic pigments for coloring textiles. It is shown that the most important indicator of quality is their pigments dispersed in the composition of final forms, as well as morphological features of the pigment particles.

Keywords: finish form of organic dyes and pigments, surfactants, coloration of textile materials.

Важливе місце у виробництві органічних пігментів для текстильних галузей застосування належить процесам перетворення пігментів, що отримуються після синтезу, в спеціальні випускні водозмішувані форми, придатні для безпосереднього застосування в процесах кольорування [1,2]. Слід зазначити, що такі випускні форми мають значні перспективи з погляду створення безстічних технологій обробки текстильних матеріалів [3]. При цьому, при кольоруванні текстильних матеріалів пігментами мають справу головним чином з трьохкомпонентною системою, що складається з макромолекул волокнистого субстрату, високодисперсних частинок пігментів і полімерної плівки, що зв'язує частинки пігментів і субстрату в єдине ціле. Крім того, до складу друкарських фарб входять каталізатори, які сприяють утворенню полімерної плівки в необхідних параметрах технологічного процесу, а також різного роду допоміжні речовини, які поліпшують якість забарвлення та інші споживчі властивості готового текстильного матеріалу. Хімічна і фізична природа оброблюваного

субстрату при пігментному кольоруванні не має істотного значення. Пігменти з однаковим успіхом можна наносити на тканині з різних волокон - натуральних, штучних, синтетичних або їх сумішей в різному співвідношенні. Це обумовлено тим, що пігменти не мають спорідненості до волокон і фіксуються на них завдяки адгезійним властивостям полімерної плівки, що утворюється при тепловій обробці, посиленими за рахунок ковалентних зв'язків компоненту, що пов'язує, з макромолекулами волокна. При цьому, пігменти, які використовуються при пігментному кольоруванні текстильних матеріалів повинні відповідати певним споживчим і технологічним показникам: частинки пігменту на волокні повинні утворювати чистий і яскравий колірний тон, що не змінюється від дії світла, температури, органічних розчинників, хімічних реагентів і побутових дій (стійкість до прань, тертя, поту та ін.); дисперсність пігментних частинок не повинна змінюватися при зберіганні випускних форм, а також в процесах приготування фарбувальних композицій і експлуатації забарвлених тканин. Тому, найважливішим показником якості пігментів є їх дисперсний склад у випускних формах, а також морфологічні особливості пігментних частинок, що роблять значний вплив на яскравість, відтінок і показники міцності забарвлення при пігментному кольоруванні [4]. Проте, в літературі відсутні достовірні, науково-обґрунтовані дані про кількісну характеристику дисперсності пігментів, не дивлячись на те, що дослідженню впливу дисперсності на якість отримуваних забарвлень присвячено ряд робіт [2]. Наводяться суперечливі дані оптимальної дисперсності: у діапазоні 0,1-0,6мкм і у діапазоні 0,6-2,0 мкм. При цьому наголошується, що зниження розмірів частинок приводить до зміни відтінку, причому більшою мірою для синіх пігментів і в меншій - для червоних і жовтих.

Внаслідок того, що пігменти закріплюються на субстраті за допомогою зв'язуючих речовин, стійкість отримуваних забарвлень до тертя, мокрим обробкам і хімічному чищенню залежить від типу зв'язуючого полімеру. Для цих цілей найчастіше використовують поліфункціональні сполуки, які при підвищених температурах полімеризуються і утворюють на волокні полімерні плівки.

Для пігментного методу кольорування текстильних матеріалів в останній час використовують спеціальні рідинні випускні форми (РВФ) пігментів, що містять від 25 до 45% основи пігменту, в яких пігментні частинки знаходяться в тонкодисперсному стані. Такі випускні форми є мікрогетерогенними колоїдними системами, в яких дисперсійним середовищем є вода або її суміш з гліколями, а дисперсною фазою - пігмент. Для отримання таких високодисперсних випускних форм пігментів необхідні спеціально підібрані допоміжні речовини. Крім того, для успішного застосування випускних форм пігментів в їх склад входять речовини, що забезпечують стійкість до різних фізико-хімічних дій (антифризи, антисептики та ін.). У технології РВФ органічних пігментів однієї з основних є стадія диспергування грубодисперсних пігментів у присутності поверхнево-активних речовин (ПАР) до оптимального дисперсного складу. При цьому, легкість протікання процесу диспергування обумовлена змочуванням і стабілізацією пігментних частинок за рахунок адсорбції на них ПАР. Для визначення впливу на процес диспергування різних чинників, пов'язаних з

властивостями конкретної колоїдної системи (пігмент-вода), доцільно умовно розділити його на три стадії, різні за своєю природою, але непіддатливі чіткому розмежуванню на практиці: змочування, диспергування (зменшення розмірів пігментних частинок) і стабілізація тонкодисперсних частинок. Відносний вплив указаних стадій на кінцевий результат диспергування зазвичай важко встановити експериментально, оскільки кожна з них сама по собі складна і до того ж важко піддається розмежуванню. В якості неіоногенних ПАР (НПАР) в роботі використані спеціально синтезовані продукти окису етилену: оксиетильовані ізооктилфеноли (ОЕ ІОФ) з різним ступенем оксиетильовання (ОЕ), оксиетильовані вищі жирні спирти (ОЕ ВЖС) з різним ступенем оксиетильовання, блок-сополімери окислів етилену і пропілену на основі етилендіаміну, блок-сополімери окислів етилену і пропілену з центральною гідрофобною частиною молекули, оксиетильований 2-нафтол, оксиетильований октадециламін, оксиетильований фенол, поліетиленгліколі. У роботі також використовували також технічні НПАР: ОП-7, ОП-10, ОС-20, Синтанол ДС-10, Emulgator W (ф. Bayer, ФРН). При вивченні змочування частинок пігментів з різною полярністю водними розчинами НПАР досліджена зміна рівноважних краєвих кутів змочування залежно від концентрації НПАР. Результати досліджень для пігментів з різною поверхневою полярністю показали, що із збільшенням концентрації НПАР в розчині значення величини краєвого кута змочування падають від 90° до 0° . Концентрація НПАР, при якій починають змінюватися краєві кути змочування, близька до концентрації НПАР, при якій вони починають проявляти свою поверхневу активність на межі з повітрям. При цьому, у разі міцелоутворюючих НПАР найбільш різке зниження величини краєвого кута змочування спостерігається при концентраціях, що наближаються до критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) цих НПАР.

У випадку міцелоутворюючих НПАР, після досягнення ККМ величини краєвих кутів змочування і поверхнева активність практично не змінюються. Підвищення концентрації НПАР в воді, які в досліджених областях концентрацій не утворюють міцел (наприклад, оксиетильований фенол з 5 ланками окислу етилену), теж приводить до зниження величини краєвих кутів змочування, але в значно меншій мірі (від 40° до 18°). Для таких НПАР ізотерми краєвих кутів змочування мають прямолінійну ділянку в досить широкому діапазоні концентрацій, що співпадає з аналогічною ділянкою на ізотермі поверхневого натягу. Приведені вище закономірності характерні як для пігментів з низькою величиною поверхневої полярності, так і для пігментів з високою поверхневою полярністю. У разі пігментів з високою полярністю рівноважні краєві кути змочування характеризуються нижчими значеннями, ніж для пігментів з низькою полярністю. Це пояснюється тим, що на більш гідрофобній поверхні таких пігментів (яскраво-зелений фталоціаніновий) при концентраціях, близьких до ККМ, утворюється тільки моношар НПАР, орієнтований гідрофобними групами до поверхні пігменту, а гідрофільними - у воду.

При збільшенні концентрації органічних пігментів у водних суспензіях в присутності міцелоутворюючих НПАР відбувається поступова зміна характеру перебігу системи - від ньютонівського при $\phi < 22\%$ до псевдопластичного при ϕ

> 32%, характерного для маломіцних твердоутворюючих структур. Пігменти з гідрофобною поверхнею дають міцніші структури, ніж пігменти з гідрофільною поверхнею при однаковій концентрації твердої фази і кількості НПАР в суспензії. Із збільшенням питомої поверхні пігментів текучість їх водних суспензій у присутності НПАР погіршується.

Таким чином, найвищу змочуючу здатність по відношенню до поверхні частинок органічних пігментів проявляють НПАР у водних розчинах при їх ККМ₁. При концентраціях вище ККМ₁ змочуюча здатність НПАР практично не змінюється. Із збільшенням поверхневої полярності пігментів значення рівноважних краєвих кутів змочування для досліджених водних розчинів НПАР зменшується. Це означає, що для ефективного змочування гідрофобних органічних пігментів водним середовищем необхідне використання міцелоутворюючих НПАР при концентраціях, що перевищують ККМ₁. Пігменти з вищою полярністю ефективно змочуються як міцелоутворюючими, так і НПАР, що створюють міцел в водному середовищі. У останньому випадку для ефективного змочування високополярних пігментів необхідно використовувати НПАР в області вищих концентрацій, при яких більшою мірою знижується поверхневий натяг.

На основі проведених досліджень розроблено універсальний склад рідинних випускних форм пігментів для нанесення візерунків на тканинах. Технологія та склад препаратів пігментів захищені авторським свідоцтвом [5]. Отримані рідинні випускні форми пігментів для текстильного друку (торгова марка «Пігменти ТПН»), характеризуються високою стійкістю забарвлення до фізико-хімічних впливів, та по основним показникам якості відповідають кращим зарубіжним аналогам. Дослідні партії пігментів випробувані з позитивними результатами на текстильних підприємствах України та СНД. Таким чином, застосування вітчизняних рідинних випускних форм пігментів, отриманих з використанням неіонних ПАР, у текстильній промисловості дозволяє виключити закупівлю дорогих пігментів зарубіжного виробництва. Практичним продовженням результатів цієї частини роботи стала розробка концентрованих рідинних випускних форм органічних пігментів для нетекстильних галузей застосування (концентрати на водній основі для поліграфії, для забарвлення латексних матеріалів, будівельних фарб та ін.), а також рідинних випускних форм органічних барвників інших класів, зокрема - кубових та дисперсних.

Список літератури: 1. Голомб Л.М. Физико-химические основы технологии выпускных форм красителей. Л.: Химия, 1974. – 223с. 2. Кричевский, Г.Е. Текстильная химия: будущее закладывается сегодня / Г.Е. Кричевский // Текстиль. пром-сть. 2003. - №3. - С.54-57. 3. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Том 2. Колорирование текстильных материалов. –М.: Химия, 2001. –540 с. 4. Карпов В.В., Белов А.Е. Современное состояние производства и потребления красителей // Российский химический журнал. –2002. – т.46. -№1. –с.67-71. 5. Красящий препарат для печати по хлопчатобумажным тканям: А.с.1306093 СССР, МКИ С 09 В:67/00 / В.И. Швеца, Л.Н. Мельник, Е.В. Попов, В.В. Карпов, Заявл.11.02.85. Опубл. 22.11.1986, Бюл.№33.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

В.М.АТАМАНЮК, докт.техн.наук, зав. каф., НУ “Львівська політехніка”, Львів
М.І.МОСЮК, асп., НУ “Львівська політехніка, Львів
Ю.Й.ЯТЧИШИН, канд. техн. наук, доц., НУ “Львівська політехніка”, Львів

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОЇ “ЕНЕРГЕТИЧНОЇ” ВЕРБИ

В статті наведені експериментальні дослідження кінетики фільтраційного сушіння подрібненої “енергетичної верби”. Наведені розрахунки ефективності сушіння фільтраційним методом та зроблено порівняльний аналіз з сушінням в барабанній сушарці та киплячого шару. Запропонована методика вибору параметрів процесу та розрахунку основних конструктивних розмірів установки фільтраційного сушіння.

Ключові слова: “енергетична” верба, вологовміст, кінетика сушіння, тепловий агент, теплообмін, фільтраційне сушіння.

В статье приведены экспериментальные исследования кинетики фильтрационной сушки измельченной “энергетической вербы”. Приведенные расчеты эффективности сушки фильтрационным методом и сделан сравнительный анализ с сушкой в барабанной сушилке и кипящего слоя. Предложенная методика выбора параметров процесса и расчета основных конструктивных размеров установки фильтрационной сушки.

Ключевые слова: “энергетическая” верба, влагосодержание, кинетика сушки, тепловой агент, теплообмен, фильтрационная сушка.

The article contains experimental studies of the kinetics of filtration drying crushed “energy willow”. There are calculations of drying efficiency filtration method and the comparative analysis of drying in the dryer drum and fluid bed. The proposed method of selecting process parameters and calculation of the size anal basic installation of filtration drying.

Key words: “power” willow, vologovmist, kinetics of drying, thermal agent, heat exchange, lauter drying.

Постановка проблеми

Україна лише частково забезпечує себе традиційними видами первинної енергії, тому більшу частину змушена імпортувати. За даними експертів Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України розвіданих запасів нафти та газу залишилось на 40-50 а, вугілля – 400 років [1]. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) на основі біомаси. Виробництво твердого біопалива стрімко розвивається у більшості європейських країнах. На сьогоднішній день ВДЕ покривають 7% енергоспоживання країн ЄС, зокрема біомаса – 4%. В окремих країнах частка біомаси в загальному споживанні первинних енергоносіїв значно перевищує середньоєвропейську і становить у Фінляндії 23%, у Данії – 12%, в Австрії – 12% [2].

На даний час широкого використання набуває вирощування спеціальних насаджень, які надають екологічно чисту сировину для виробництва біопалива [3]. Процесами утворення таких насаджень, на відміну від традиційних джерел енергії (вугілля, нафти, газу), можна керувати. Такими насадженнями є плантації швидкоростучої енергетичної верби. Україна має значний потенціал твердої

біомаси яку можна використати для виробництва твердого біопалива [4] і отримувати як теплову, так і електричну енергію.

Аналіз останніх публікацій

Використанню відновлювальних джерел енергії присвячені роботи багатьох авторів, зокрема [5-7]. В цих публікаціях увага зосереджена на аналізі наявних біоресурсів і перспективах розвитку біоенергетики, а також проблемах висушування і спалювання брикетів, пелет або гранул. Як стверджують автори [6, 7] з точки зору співвідношення “затрати – одержання” енергії, біомаса є найбільш раціональним джерелом. Однак, невирішеним на сьогодні завданням широкого використання біомаси в енергетиці є ефективне висушування подрібненої деревної маси і створення сучасного високоінтенсивного обладнання для її подрібнення, висушування, гранулювання та спалювання. На підприємствах з виробництва деревних брикетів, гранул або пелет для висушування подрібненої “енергетичної” верби, в основному, використовують барабанні сушарки і киплячого шару. Відомо, що до недоліків цих сушарок відносять високу енергоємність, за рахунок неповного використання сушильного потенціалу теплового агента (температура на виході з цих сушарок становить 80 – 120°C), нерівномірність вологості окремих частинок у сушарках киплячого шару, малі значення коефіцієнтів тепловіддачі (для барабанних сушарок) внаслідок невеликої швидкості руху теплового агента ($\leq 1 \text{ м/с}$), громіздкість обладнання (довжина сушильних барабанів становить 20 – 30 м) і потреба у встановленні очисного обладнання для вловлювання дрібних часток, які виносяться із тепловим агентом [8, 9].

Аналіз джерел літератури також показав, що кінетиці сушіння подрібненої деревини і розрахунку сушильного обладнання на сьогодні приділяється недостатня увага, тому наукові та експериментальні дослідження процесів висушування подрібненої деревини мають актуальне значення.

Відомо [10-12], що фільтраційне сушіння належить до високоінтенсивних методів, тому ми досліджували процес висушування подрібненої “енергетичної” верби саме цим методом. Це дасть змогу зменшити затрати теплової енергії, за рахунок використання низькотемпературного теплового агента, температура якого не перевищує 120°C на вході і 25–40°C на виході, громіздкість та металоємність сушильного обладнання, за рахунок виключення очисного обладнання (сушіння відбувається в стаціонарному шарі і винесення дрібнодисперсної фракції відсутнє) і, відповідно, дасть змогу зменшити собівартість готової продукції [13].

Метою роботи є визначення оптимальних параметрів фільтраційного сушіння подрібненої “енергетичної” верби, розроблення методики розрахунку сушильного обладнання, а також порівняння експлуатаційних затрат пропонуваним та методами, які сьогодні використовуються в промисловості.

Результати досліджень

Результати експериментальних досліджень кінетики фільтраційного сушіння подрібненої “енергетичної” верби за різних параметрів процесу графічно представлені на рис. 1. Експерименти проводили на установці та за методикою наведеною в [14]. Зміну вологовмісту визначали ваговим методом у розрахунку

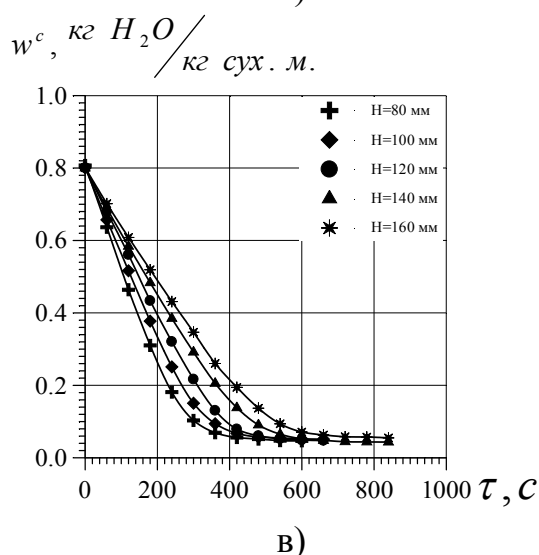
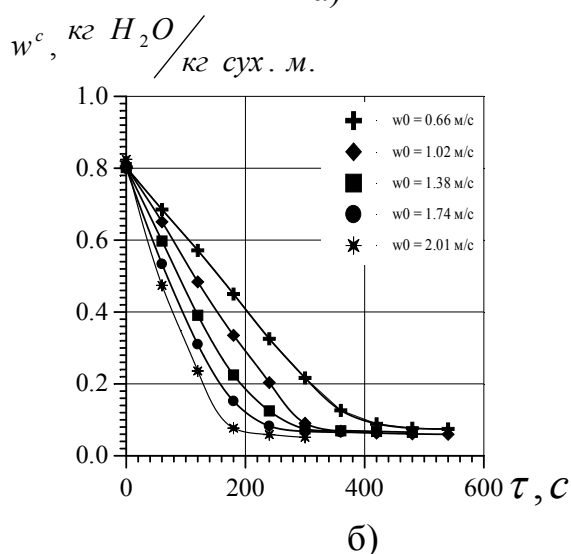
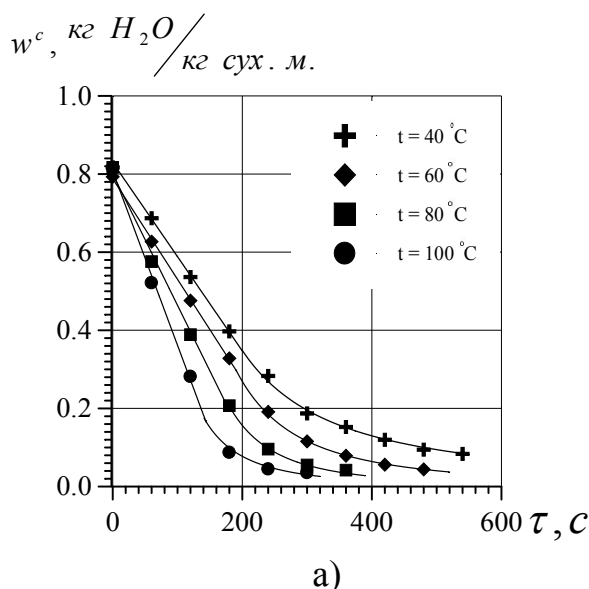


Рис.1. Кінетика сушіння шару подрібненої “енергетичної” верби за різних параметрів процесу:

- а) $H = 120 \text{ мм}$, $w_0 = 1.74 \text{ м/с}$, $t = 40 - 100^\circ \text{C}$
 б) $H = 120 \text{ мм}$, $t = 80^\circ \text{C}$, $w_0 = 0,66 - 2,01 \text{ м/с}$.
 в) $H = 80 - 160 \text{ мм}$, $w_0 = 1.74 \text{ м/с}$, $t = 60^\circ \text{C}$.

на суху масу.

Як бачимо з рис. 1, кінетичні криві мають класичний характер, тобто на них можна виокремити “перший” та “другий” періоди. Однак механізм фільтраційного сушіння є дещо відмінним [15], ніж у випадку конвективного сушіння в стаціонарному шарі, коли в першому періоді видаляється вільна волога, а в другому – зв’язана.

Відомо, що фільтраційне сушіння носить зональний характер [13, 15] і зона масообміну переміщається в напрямку руху теплового агента, внаслідок цього в шарі одночасно існують сухий і вологий матеріал, тобто видаляється вільна і зв’язана волога. Частка сухого матеріалу зростає, а вологого зменшується. Тому на кінетичній кривій сушіння “перший” умовний період існує до тих пір допоки тепловий агент повністю насичується вологою, а з шару видаляється однакова кількість вологи за рахунок розширення зони масообміну в напрямку до перфорованої перегородки. Як тільки зона масообміну сягає перфорованої перегородки тепловий агент неповністю насичується вологою і кількість вологи, що виноситься із шару зменшується, тому на кінетичній кривій маємо “другий” умовний період. Аналіз кінетичних кривих дає змогу визначити необхідний час висушування шару подрібненої деревини до заданого вологовмісту і відповідно енергетичні затрати на процес.

Важливою паливно-енергетичною характеристикою палива є його нижча теплотворна здатність, яка зокрема залежить і від вологості матеріалу. Для визначення теплотворної здатності подрібненої “енергетичної” верби використовували “калориметричну”

бомбу, дослідження проводили за методикою наведеною у [16].

Результати цих досліджень представлені на графічній залежності рис. 2 (лінія 1).

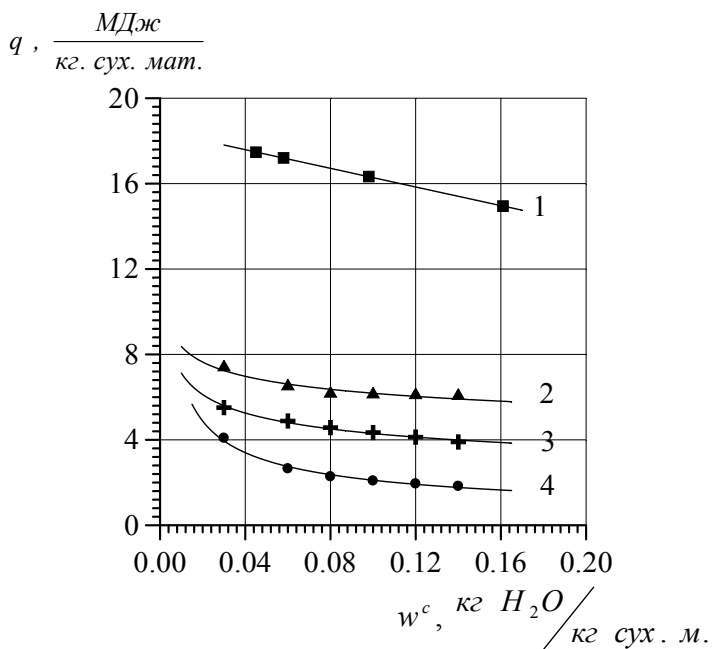


Рис. 2. Залежність нижчої теплотворної здатності подрібненої “енергетичної” верби та затрат теплової енергії на процес її висушування від кінцевої вологості:

1 – нижча теплотворна здатність (експериментальні дані)

Затрати на процес висушування
2 – в сушарці киплячого шару; 3 – в барабанній сушарці; 4 – фільтраційне сушіння (експериментальні усереднені значення для $t = 40 \div 100^\circ\text{C}$, $H = 80 - 160 \text{ мм}$, $w = 0,66 - 2,01 \text{ м/с}$)

подрібненої енергетичної верби, швидкістю фільтрування теплового агенту та його температури із залежності:

$$q_{G_c}^t = \frac{c \cdot v_0 \cdot S \cdot \rho \cdot (t_{\text{ex}} - t_{\text{н.с.}}) \cdot \tau_k}{G_c} \quad (1)$$

де c – теплоємність, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; G_c – маса сухого матеріалу, кг ; t – температура теплового агента, відповідно на вході і навколишнього середовища $^\circ\text{C}$; S – площа поперечного перерізу контейнера, м^2 ; τ_k – час сушіння до кінцевої вологості, с ; v_0 – фіктивна швидкість фільтрування теплового агенту, м/с ; ρ – густина теплового агенту (повітря), кг/м^3 .

Затрати енергії на створення перепаду тисків визначали із залежності:

$$q_{G_c}^{\Delta P} = \frac{\Delta P \cdot v_0 \cdot S \cdot \tau_k}{\eta \cdot G_c} \quad (2)$$

де ΔP - втрати тиску, Па ; η – ккд установки (приймали $\eta = 0,7$).

Сумарні затрати на процес висушування визначали із залежності:

Як бачимо, зі зростанням вологості нижча теплотворна здатність падає, тому що частина енергії затрачається на випаровування води. З іншої сторони, висушування подрібненої “енергетичної” верби вимагає затрат енергії. Зрозуміло, що чим нижча кінцева вологість тим більше необхідно затратити енергії на її висушування. Відомо, що згідно з технологією виготовлення паливних брикетів, пелетів та гранул для забезпечення їх міцності вологість вихідної сировини не повинна перевищувати 4-12%. Тому наші дослідження проводились з врахуванням цих вимог.

Для порівняння на рис. 2 також наведені розрахунки затрат енергії для сушіння подрібненої “енергетичної” верби в обортовому сушильному барабані і установці киплячого шару.

Затрати теплоти на процес фільтраційного висушування визначали за часом сушіння

$$\bar{q} = q_{G_c}^t + q_{G_c}^{AP} \quad (3)$$

Результати розрахунків необхідних затрат енергії для висушування подрібненої “енергетичної” верби фільтраційним методом за різних висот шару, швидкості фільтрування і температури теплового агенту наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Ефективність фільтраційного сушіння

w^c , кг/кг сух. мат.	Нижча теплотворна здатність МДж/кг сух. мат.	МДж/кг сух. мат.					
		$H = (80 \div 160) \cdot 10^{-3} \text{ м}$		$t = (40 \div 100) ^\circ\text{C}$		$w_0 = (0,66 \div 2,01) \text{ м/с}$	
		$q_{\text{усер. затр.}}^H$	Δq^H	$q_{\text{усер. затр.}}^t$	Δq^t	$q_{\text{усер. затр.}}^{w_0}$	Δq^{w_0}
0,03	17,809	4,0771	13,7321	4,2795	13,5297	3,9455	13,8637
0,04	17,591	3,7433	13,8476	3,7932	13,7977	3,3963	14,1946
0,05	17,373	3,5033	13,8693	3,4544	13,9183	3,0235	14,3491
0,06	17,154	3,3187	13,8356	3,2002	13,9542	2,7495	14,4048
0,07	16,936	3,1703	13,7658	2,9999	13,9362	2,5374	14,3988
0,08	16,718	3,0470	13,6708	2,8365	13,8813	2,3668	14,3510
0,09	16,500	2,9423	13,5572	2,6998	13,7997	2,2260	14,2736
0,10	16,281	2,8517	13,4295	2,5832	13,6981	2,1071	14,1742
0,11	16,063	2,7721	13,2908	2,4820	13,5811	2,0050	14,0580
0,12	15,845	2,7014	13,1433	2,3931	13,4517	1,9161	13,9286
0,13	15,626	2,6380	12,9884	2,3141	13,3124	1,8379	13,7886
0,14	15,408	2,5806	12,8276	2,2433	13,1649	1,7683	13,6400

Зрозуміло, що із зростанням кінцевої вологості затрати зменшуються внаслідок зменшення часу висушування, тому щоби визначити ефективність фільтраційного сушіння в табл. 1 наведена корисна різниця між затраченою енергією і нижчою теплотворною здатністю. Як видно із табл. 1, корисна різниця під час фільтраційного сушіння має максимум, який в таблиці виділено жирним шрифтом.

Однак, максимальні значення корисної різниці є дуже близькі між собою, це пояснюється тим, що під час сушіння із частинок видаляється внутрішня волога і кожна частинка зокрема висушується у другому періоді. Затрати на процес сушіння подрібненої “енергетичної” верби в обертовому сушильному барабані та установці киплячого шару розраховували на основі методик наведених у [8, 9, 17], результати розрахунків наведені у табл. 2.

Аналіз таблиці 2 дає змогу визначити корисну різницю між затраченою енергією на сушіння і нижчою теплотворною здатністю готового продукту.

Для порівняння ефективності сушіння подрібненої “енергетичної” верби різними методами на рис. 3 зображені результати наведені в табл. 1 і табл. 2.

Таблиця 2. Ефективність сушіння в установках киплячого шару та барабанній

w^c , кг/кг сух. мат.	Нижча теплотворна здатність МДж/кг сух. мат.	МДж/кг сух. мат.			
		Барабанна сушарка		Сушарка киплячого шару	
		$q_{\text{усер. затр.}}^{\text{Барабан}}$	$\Delta q^{\text{Барабан}}$	$q_{\text{усер. затр.}}^{\text{Кипл. шару}}$	$\Delta q^{\text{Кипл. шару}}$
0,03	17,809	5,5964	12,2128	7,2390	10,5702
0,04	17,591	5,2535	12,3374	6,9697	10,6212
0,05	17,373	5,0022	12,3705	6,7677	10,6049
0,06	17,154	4,8057	12,3486	6,6071	10,5473
0,07	16,936	4,6457	12,2904	6,4742	10,4619
0,08	16,718	4,5114	12,2065	6,3613	10,3566
0,09	16,500	4,3961	12,1035	6,2633	10,2363
0,10	16,281	4,2955	11,9858	6,1770	10,1043
0,11	16,063	4,2065	11,8566	6,0999	9,9632
0,12	15,845	4,1268	11,7179	6,0303	9,8144
0,13	15,626	4,0549	11,5716	5,9670	9,6594
0,14	15,408	3,9894	11,4189	5,9091	9,4992

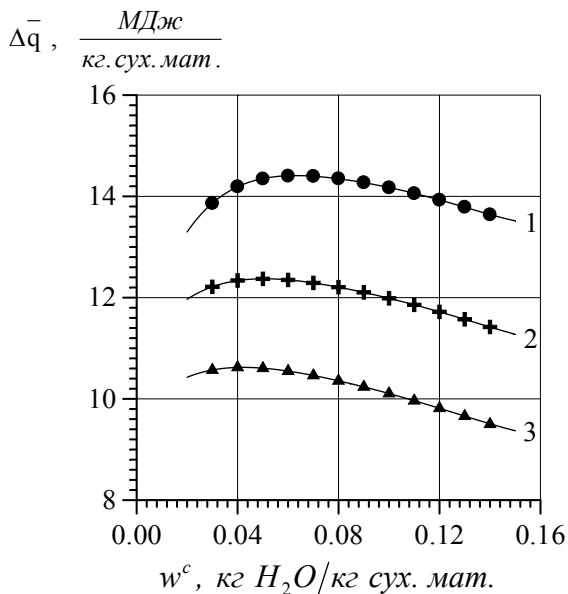


Рис. 3. Корисна різниця між нижчою теплотворною здатністю і затраченою енергією на сушіння від кінцевого вологовмісту подрібненої "енергетичної" верби: 1 – фільтраційне сушіння (експериментальні дані); 2 – барабанна сушарка (теоретичні дані); 3 – сушарка киплячого шару (теоретичні дані).

Як видно із рис. 3 застосування фільтраційного методу дасть змогу отримати на 80% енергії більше, ніж під час сушіння в обертовому сушильному барабані і на 120% більше, ніж в установці киплячого шару (див. рис. 2).

Для сушіння подрібненої "енергетичної" верби планується використовувати запропонована нами установка фільтраційного сушіння барабанного типу [18]. У зв'язку з тим, що методики розрахунку таких установок відсутні в технічній літературі, нами пропонується наступна методика її розрахунку:

1. Експериментально визначають основні параметри дисперсного матеріалу: середній розмір частинок, питому поверхню, початкову, критичну і кінцеву вологість, пористість шару, $\varepsilon_{ш}$,

уявну і насипну густину, теплофізичні характеристики, а також всі необхідні довідкові дані.

2. На основі визначених оптимальних параметрів процесу фільтраційного сушіння подрібненої енергетичної верби задаємось основними параметрами процесу: температурою, висотою шару матеріалу, швидкістю руху теплового агента та необхідною продуктивністю.

3. Розраховуємо час висушування шару подрібненої енергетичної верби, який першим контактує з тепловим агентом до кінцевої вологості за розрахунковою залежністю:

$$\tau'_{II} = \frac{R^2}{D_w} \cdot \frac{\Delta\rho}{x_{нас} - x_n} \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{w_k^c}{w_{kp}^c} \right)^{2/3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{w_k^c}{w_{kp}^c} + \frac{1}{3 \cdot Bi_d} \cdot \left(1 - \frac{w_k^c}{w_{kp}^c} \right) \right) \quad (4)$$

де R - діаметр частинки, D_w - коефіцієнт внутрішньої дифузії, $x_{нас}, x_n$ - вологовміст насичення і початковий, $\Delta\rho = \rho_s / \rho$ - відносна густина, w_k^c, w_{kp}^c - відповідно кінцева і критична вологість матеріалу, кг H_2O /кг сух. м.

4. Розраховуємо час переміщення зони масообміну до перфорованої перегородки з розрахунковою залежності [19]:

$$\tau''_{II} = \frac{R^2}{D_w} \cdot \frac{\omega \cdot \Delta\rho}{x_{нас} - x_n}, \quad (5)$$

де ω - безрозмірна довжина шару, яку визначають із залежності [19]:

$$\omega = \frac{a \cdot \xi \cdot (1 - \varepsilon) \cdot z}{v_0 \cdot R^2}, \quad (6)$$

де a - коефіцієнт температуропровідності, m^2/c ; $\xi = \rho_s \cdot c_s / (\rho \cdot c)$ - відношення об'ємних теплот подрібненої енергетичної верби і теплового агента; z - вертикальна координата висоти шару, м.

5. Визначаємо загальний час сушіння до кінцевої вологості:

$$\tau'_3 = \tau'_{II} + \tau''_{II} \quad (7)$$

6. По кінетичних кривих (рис. 2) визначаємо зміну вологості матеріалу вздовж зони сушіння і середню вологість на кожній секції.

7. Розраховуємо середні втрати тиску в шарі вологої подрібненої енергетичної верби в кожній секції за залежністю [19]:

$$\Delta P_{B.M.} = \left(\frac{w^c - w_p}{w_0^c - w_p^c} \right) \cdot \Delta P_s + \left(\frac{w_0^c - w^c}{w_0^c - w_p^c} \right) \cdot \Delta P_c, \quad (8)$$

де ΔP_c і ΔP_s визначаються на основі критеріальних залежностей, причому ΔP_s - розраховується при початковому значенні пористості шару; w^c, w_p - вологість середня і рівноважна, відповідно, коефіцієнт пропорційності, який у залежності від середнього біжучого вологовмісту, який міститься в шарі і відповідно висоту сухого матеріалу приймемо рівною: $\frac{w_0^c - w^c}{w_0^c - w_p^c}$, а висоту вологого

$$- \frac{w^c - w_p}{w_0^c - w_p^c}.$$

8. Розраховуємо втрати тиску з врахуванням втрат на подолання опору перфорованої перегородки в кожній секції вздовж зони сушіння, забезпечивши виконання умови $\Delta P_{\text{сум.}} = \text{const}$, з метою забезпечення однакової швидкості фільтрування теплового агента крізь шар дисперсного матеріалу вздовж зони сушіння:

$$\Delta P_{\text{сум.}} = \Delta P_{\text{в.м.}} + \Delta P_{\text{перф.перег.}} = \text{const}, \quad (9)$$

де $\Delta P_{\text{в.м.}}$ – втрати тиску в шарі матеріалу; $\Delta P_{\text{перф.перег.}}$ – втрати тиску в перфорованій перегородці, Па.

9. Розраховуємо живий переріз перфорованої перегородки кожної секції вздовж зони сушіння за розрахунковою залежністю [19]:

$$S = 1,74 \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{\text{перф.перег.}}}{10^4 \cdot \rho \cdot v^2}}, \quad (10)$$

де v – швидкість руху теплового агента м/с.

10. Визначаємо продуктивність установки фільтраційного сушіння:

$$G = H \cdot A \cdot v_k \cdot \rho_{\text{нас}}, \quad (11)$$

де H – висота шару матеріалу, м; A – ширина перфорованого барабану, м; v_k – колова швидкість обертання барабану ($v_k = 0,5 \div 2,0$ м/хв приймають залежно від загального часу сушіння τ_3), $\rho_{\text{нас}}$ – насипна густина подрібненої “енергетичної” верби, кг/м³.

11. Визначаємо витрату теплового агента із залежності:

$$Q = L_{\text{заг.}} \cdot A \cdot w_0, \quad (12)$$

де $L_{\text{заг.}}$ – загальна кількість теплового агента, яка необхідна на випаровування вологи, яку визначають із залежності [9]:

$$L_{\text{заг.}} = \frac{W}{3600 \cdot (w_0^c - w_k^c)}, \quad (13)$$

де W – кількість вологи, яку необхідно випарити, кг.

12. На основі отриманих даних вибираємо вентилятори для створення розрідження в сушарці і для нагнітання теплового агента з невеликим запасом щодо продуктивності на 5 – 8% відносно до необхідних витрат гарячого повітря і втрат тиску в системі нагріву.

Враховуючи той факт, що для більшості сушильних установок експлуатаційні затрати складають близько 90%, а капітальні 10% [8], порівнювали лише експлуатаційні затрати на процес сушіння, як найбільш затратної стадії в собівартості готового продукту. Розрахунок експлуатаційних затрат на реалізацію процесів сушіння у сушарці киплячого шару і обертовому сушильному барабанові проводили за методиками наведеними в [9, 10, 11]. Вихідні дані для розрахунку затрат на сушіння наведені в таблиці 3, а отримані результати розрахунків експлуатаційних затрат до вологості 0,08 кг H₂O/кг. сух. наведені в таблиці 4.

Виробництво твердого біопалива в Україні стрімко розвивається, на даний час виготовляють близько 300 тис. т/рік твердого біопалива [21].

Таблиця 3. Вихідні дані для розрахунку затрат енергії на сушіння подрібненої “енергетичної” верби

$w_n^c \text{ кг} H_2O / \text{кг. сух. м.}$	$w_k^c \text{ кг} H_2O / \text{кг. сух. м.}$	$\rho_{\text{нас}}, \text{кг} / \text{м}^3$	$\rho_y, \text{кг} / \text{м}^3$	$c_m, \text{кДж} / \text{кг} \cdot K$
0,8	0,08	90,54	455	1,9

Таблиця 4. Результати розрахунку енергетичних затрат на процес висушування

Позначення	Методи сушіння		
	Фільтраційне сушіння	Барабанна сушарка	Сушарка киплячого шару
$t_n, ^\circ C$	80	300	300
$t_K, ^\circ C$	25	80	80
$w_0^c \text{ кг} H_2O / \text{кг. сух.}$	0,8		
$w_k^c \text{ кг} H_2O / \text{кг. сух.}$	0,08		
$G, \text{кг} H_2O$	747,57		
$L, \text{кг} / \text{год}$	5,85	7,37	73,58
$D, \text{м}$	2,5	1,6	1,07
$L_6, \text{м}$	2	16	-
$n, \text{об} / \text{хв}$	0,2	3,64	-
$a, \text{градус}$	-	3	-
$N_6, \text{кВт}$	4,64	131,19	-
$v_0, \text{м} / \text{с}$	1,74	0,7	6,36
$N_{\text{вен}}, \text{кВт}$	6,58	2,07	15,84
$Q_{\text{кг. сух. мат}} \text{ кДж}$	2750,14	4571,78	6166,24
$Q, \text{кВт} \cdot \text{год}$	763,92	1269,94	1712,85
$Q_\Sigma, \text{кВт} \cdot \text{год}$	775,15	1406,92	1723,38
$\Delta Q_\Sigma, \text{кВт} \cdot \text{год}$		<u>631,77</u>	<u>948,23</u>

В перерахунку на готову продукцію економія енергоресурсів буде становити 189531374,6 кВт/год у порівнянні із сушінням в обертовому барабані, і 284467979,1 кВт/год – сушарці киплячого шару.

Висновки

1 Запропоновано методику розрахунку установки фільтраційного сушіння барабанного типу.

2 Визначено та обґрунтовано параметри процесу фільтраційного сушіння подрібненої “енергетичної” верби, за яких ефективність буде максимальною.

3 Наведено порівняння енергетичних затрат на процес висушування фільтраційним методом за різних параметрів процесу із затратами в обертовому сушильному барабані і установці киплячого шару.

Список літератури: 1.Кудря С.О. Законодавча база відновлюваної енергетики в Україні/С.О. Кудря//Відновлювана енергетика ХІІ століття: матер. 10-ої ювілейної Міжнар. наук.-практ. конф. (14-18 вересня 2009 р.). [Електронний ресурс]. доступний з http://www.ive.org.ua/conference_2009/kudrya%20res%20nikolaevka.pdf. 2. Науково-технічний центр "Біомаса". – План дій по біомасі для України. – К., 2009. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.biomass.kiev.ua>. 3.Коржов В.Л. Значення біомаси дерев у процесі оптимізації енергетичного балансу України / В.Л. Коржов [Текст] // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ № 6 України. – 2008. 4. Гелетуха Г.Г. Энергетический потенциал биомассы в Украине [Текст]// Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А. Промышленная теплотехника. -1998.-т.20, N 4. С. 52-55. 5.Симборський А.І. Сучасний стан і перспективи використання біотехнологій для виробництва електричної і теплової енергії в Україні [Текст]/ А.І. Симборський/ Проблеми загальної енергетики. –2004. №11, С.14-21. 6.Шевченко О.О. Використання вторинних ресурсів для ефективного теплопостачання виробничих та побутових приміщень в сільській місцевості [Текст]// О.О. Шевченко, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.В. Стовпник, О.А. Марчук / Науковий вісник Національного університету біо ресурсів і природокористування України. –2009. –Вип. 134, ч.2. С. 7.Лакида П.І. Енергетичне використання біомаси лісів України в умовах глобальних змін клімату [Текст]// П.І. Лакида, Р.Д. Василишин, Л.М. Матушевич, С.В. Зібцев / Науковий вісник НЛТУ України. –2009. Вип. 19.14. –С.18-22.8.Муштаев В.И. /. Сушка дисперсных материалов [Текст] / В.И. Муштаев., В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1988. 352 с. 9.Сажин Б.С. Научные основы техники сушки [Текст]/ Б.С. Сажин., В.Б. Сажин. М.: Наука , 1997 - 448с., ил. 10.Кіндзера Д.П. Вплив дисперсного складу вугілля на кінетику сушіння у щільному шарі [Текст]/ Д.П. Кіндзера., Я.М. Ханик., В.М. Атаманюк. Розробка сучасних технологій деревообробки. Науковий вісник. Вип.12.5. Львів: УкрДЛТУ, 2002, с.111-115. 11.Гузьова І.О. Гідродинаміка та тепло масообмін при фільтраційному сушінні матеріалів кристалічної та аморфної структури [Текст]/. – Автореф.дис...канд. техн. наук: 05.17.08 / Націон. ун-тет “Львівська політехніка”. –Львів: 2001, -19 с. 12.Кіндзера Д.П. Сушіння паливних матеріалів у щільному шарі [Текст]/: Автореф.дис...канд. техн. наук: 05.17.08 / Націон. ун-тет “Львівська політехніка”. –Львів: 2003. -20 с. 13.Аксельруд Г.А. Кинетика фильтрационного процесса сушки [Текст]/Г.А. Аксельруд., Я.Н. Ханьк., В.И. Топчий. // Химическая технология. – 1986, № 5. – С. 41-46. 14.Ханик Я.М. Гідродинаміка процесу фільтраційного сушіння матеріалів, для яких властиве явище сидання [Текст]/, Я.М. Ханик., Я.М. Гумницький., В.М. Атаманюк., П.В. Білей. Науковий вісник: Проблеми деревообробного виробництва. Збірник науково-технічних праць. Вип. 2. –Львів: УкрДЛТУ, 1994. 15.Атаманюк В.М. Дисперсні матеріали Механізм і кінетика фільтраційного сушіння // Хімічна промисловість України. К.: –2007. –№4, –С.24-29. 16.ГОСТ 147-95. Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания. [ИС "СтройКонсультант" Версия Регламент](#). Начало действия: 01.01.1997. –М. : Разработчики: [МТК 179 "Уголь и продукты его переработки"](#), 49 с. 17. Ликов А.В. Теория сушки [Текст] / А.В. Ликов. М., «Энергия», 1968. 472 с. 18. UA, МПК 2011.01. Установка фільтраційного сушіння сипких матеріалів [Текст] / Атаманюк В.М., Кіндзера Д.П., Мосюк М.І. (UA) 59741; заяв у 2010 13918; опубл. 25.05.2011, Бюл №10. 19.Атаманюк В.М. Гідродинаміка і тепломасообмін під час фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів. Автореф. дис...докт. техн. наук: 05.17.08 / Націон. ун-тет “Львівська політехніка”. –Львів: 2007. -36 с.20.Меньшутина Н.В. Методология анализа энергопотребления сушильного оборудования при использовании динамических критериев [Текст] // Н.В. Меньшутина., Т Кудра., Л.С. Гордеев., М.Г. Гордиенко. Промышленная теплотехника. К.-2003,Т.25, №4. 21.Габрель М.С., – Виробництво біопалива в Україні: стан та перспективи розвитку [Текст]/ М.С Габрель. Науковий вісник НЛТУ. – 2011. – вип. 21.9. 126с.

Поступила в редколлегию 11.09.2011

Л. Ф. ЧЕРНОГОР, докт.физ.-мат.наук, проф., ХНУ им. В.Н. Каразіна,
Харьков

О.С. РАШКЕВИЧ, ад'юнкт, НУ гражданской защиты Украины, Харьков

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЛАЗЕРНИЙ КОМПЛЕКС ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА РІВНІ ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ

Удосконалено методи лазерної діагностики і розроблено на їх основі автоматизований лазерний комплекс оперативного високоточного, чутливого контролю концентрації шкідливих і небезпечних речовин на рівні виходу з промислового джерела в атмосферу.

Ключові слова: атмосфера, шкідливі речовини, автоматизований лазерний комплекс

Усовершенствованы методы лазерной диагностики и разработан на их основе автоматизированный лазерный комплекс оперативного высокоточного, чувствительного контроля концентраций вредных и опасных веществ на уровне выхода их из промышленного источника в атмосферу.

Ключевые слова: атмосфера, вредные вещества, автоматизированный лазерный комплекс

The methods of laser diagnostics are improved and the automated laser complex of operative high-fidelity, sensible control of concentrations of harmful and dangerous matters is developed on their basis at the level of output them from an industrial source in an atmosphere.

Key words: atmosphere, hazardous substances, an automated laser system

Постановка проблеми

Стан атмосферного повітря в сучасних умовах визначається в значному ступеню складом і кількістю шкідливих і небезпечних речовин, що викидаються з різноманітних джерел промислових підприємств. Діюча в Україні система нормування викидів забруднюючих речовин від промислових об'єктів забезпечує встановлення граничної кількості викидів по кожному інгредієнту із застосуванням контролюючими органами економічних, адміністративних і навіть кримінальних відповідальності за перебільшення встановлених лімітів викидів. Але відсутність постійного оперативного контролю викидів по кожному джерелу дозволяє виникнути таких покарань, або здійснювати збільшені викиди у час, коли відсутній контроль з боку СЕС та екологічного нагляду. Існуючі методи періодичного контролю за станом викидів забруднюючих речовин, що застосовуються лабораторіями різноманітних контролюючих органів, не дають оперативних результатів, тому що потребують обов'язкового відбору проб з послідовним їх аналізом і обробкою результатів, і не в повній мірі можуть вважатися показовими, тому що сам відбір проби є втручанням у стан об'єкту аналізу і містить в собі невизначену за кожним разом свою похибку визначення концентрації. Під факельний контроль концентрацій забруднюючих речовин ще менше достовірний з точки зору контролю лімітів викидів.

Розробка і створення безперервних методів і технічних засобів контролю концентрацій шкідливих і небезпечних речовин, що викидаються з організованих і неорганізованих джерел промислових підприємств, які б були позбавлені

недоліків пробовідбірних методів періодичного контролю і давали змогу організації оперативного постійного контролю без втручання в потік викидів є невідкладною сучасною проблемою для забезпечення безпечних умов праці і життя населення у промислово навантажених районах. Також ця потреба викликана відповідними міжнародними зобов'язаннями, які прийняла на себе Україна, а саме виконання положень Кіотського протоколу потребує проведення постійного безперервного контролю за викидом парникових газів у атмосферу від усіх підприємств країни. Необхідним такий контроль є також для перевірки діяльності ідентифікованих і паспортизованих потенційно небезпечних об'єктів, що є одним з основних завдань цивільного захисту.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

В останні роки задля аналізу газового складу атмосфери були розроблені безпробовідбірні та безреагентні методи контролю, що засновані на наступних фізичних ефектах: диференціального резонансного поглинання (ДРП) [1] і спонтанного комбінаційного розсіяння (СКР) [2], які застосовують лазерні пристрої різноманітної конструкції і дозволяють визначати вміст різних газових домішок з досить великою точністю від одиниці до декількох десятків молекул на мільйон сторонніх [3]. Переваги цих методів у порівнянні з традиційними пробовідбірними очевидні, але створення на їх основі вимірювальних комплексів було мало перспективно внаслідок наступних недоліків: невеликий перелік газових речовин, концентрації яких вони вимірюють, неможливість визначення концентрації і будь-якої інформації про розподіл аерозольних часток (пилу) в аналізуємій атмосфері.

У більшому ступені ці недоліки відсутні у газоаерозольного поляризаційного голографічного лідара [4] в основу функціонування якого покладено метод ДРП, що забезпечує поглинання світлової енергії молекулами досліджуємого газу при співпадинні частоти випромінювання лазера з частотою електронного або коливально-обертального переходу цих молекул. Для реалізації цього методу проводиться зондування для кожного інгредієнту на двох частотах, одна з яких точно співпадає з резонансною частотою досліджуємих молекул, а друга – декілько від неї відрізняється (звичайна різниця у довжинах хвиль становить біля 15 нм), що забезпечує врахування впливу на результати вимірів аерозольного і молекулярного розсіяння і поглинання сторонніх речовин. Основним недоліком цього більш перспективного методу є те, що він є ефективним тільки у випадку використання режиму часового накопичення і дозволяє визначити тільки середню концентрацію речовин на усьому протязі проходження лазерного проміню, що неприпустимо для оперативного контролю джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Постановка задачі та її розв'язання

Удосконалити метод ДРП для забезпечення контролю повного переліку інгредієнтів, що викидаються в атмосферу промисловими підприємствами України, із забезпеченням визначення концентрації речовин у реальному часі безпосередньо на виході з джерела викидів. Розробити необхідне обладнання для

реалізації метода і створити на його основі автоматизований комплекс оперативного контролю.

В наслідок проведених досліджень було встановлено, що частотно переналагоджуєми CO_2 – лазер забезпечує можливість послідовного встановлення резонансної частоти поглинання світлового випромінювання в інфрачервоній (ІЧ) – області практично всіх інгредієнтів, що містяться у промислових викидах, і дає змогу за рахунок реалізації методу СКР визначати концентрацію аерозольних часток в аналізуємій зоні (рис. 1).

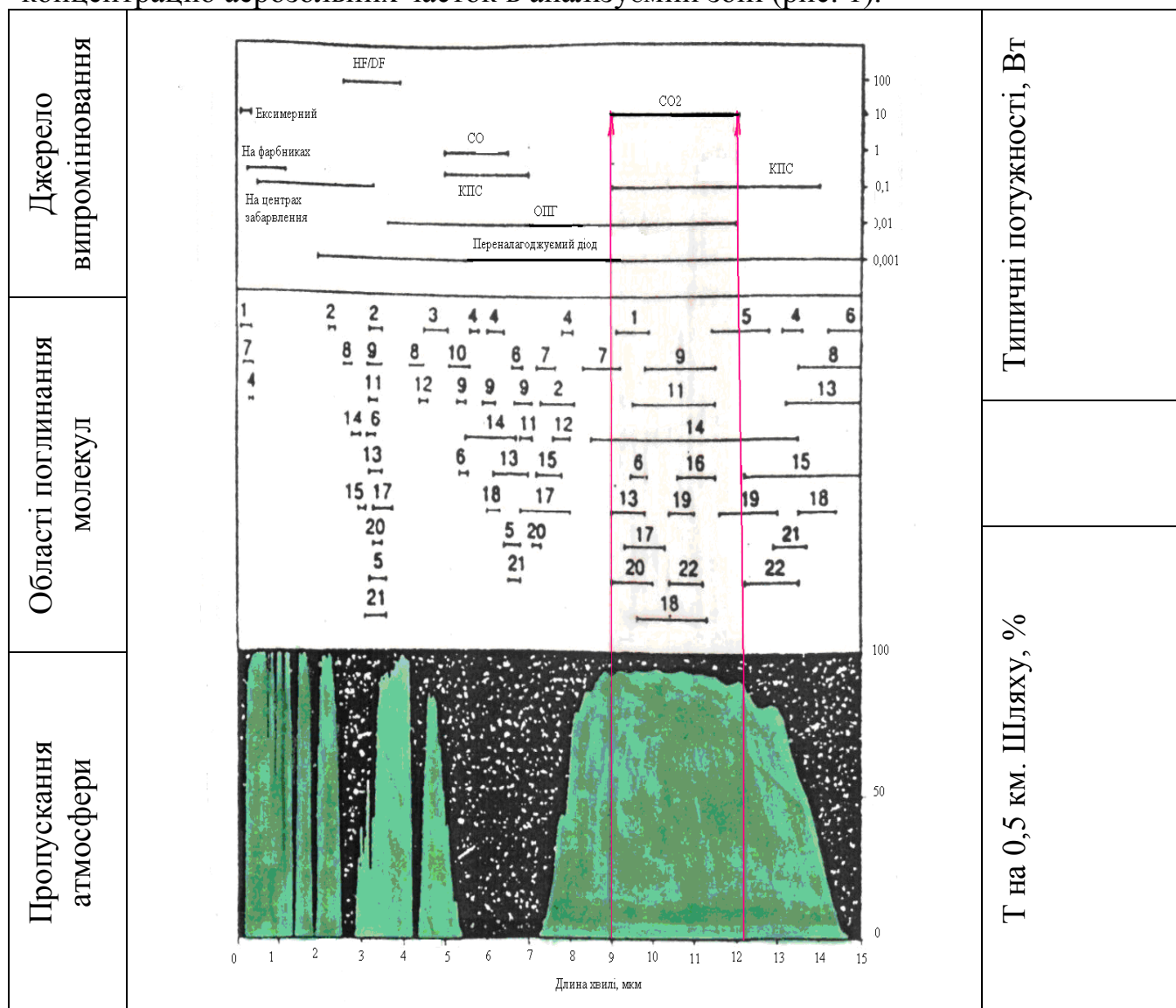


Рис.1 Діапазони випромінювання існуючих лазерних джерел (з вказанням типових потужностей випромінювання), області поглинання деяких екологічно важливих молекул та спектр пропускання атмосфери в області 0,25...15 мкм

Принципова схема та апаратурне оформлення використання відпрацьованого методу зображено на рис.2.

Вихідне випромінювання частотно – переналагоджуємого CO_2 -лазера 1, після проходження модулятора переривача 2 розщеплюється за допомогою плоско-паралельної пластини 3 на дві частини. Відбита частина випромінювання (~ 5% інтенсивності падаючого) реєструється в опорному каналі схеми, що складається з піроелектричного детектору 4, підсилювача 5 і потенціометра 6.

Частина випромінювання лазера, яка пройшла крізь розщеплювач, спрямовується вздовж траси, після відбиття кутовим відбивачем 12 повертається, збирається і спрямовується у вимірювальний канал за допомогою сферичного дзеркала 8 з великою апертурою (400 мм). Вимірюючий канал схожий з опорним каналом і містить піроелектричний приймач 9, підсилювач 10 і загальний з опорним каналом потенціометр 6. Додатково для підвищення чутливості вимірюючого каналу в ньому розташовано синхронний детектор 7. Двоканальний осцилограф 11 дозволяє візуально спостерігати сигнали в опорному і вимірювальному каналах схеми.

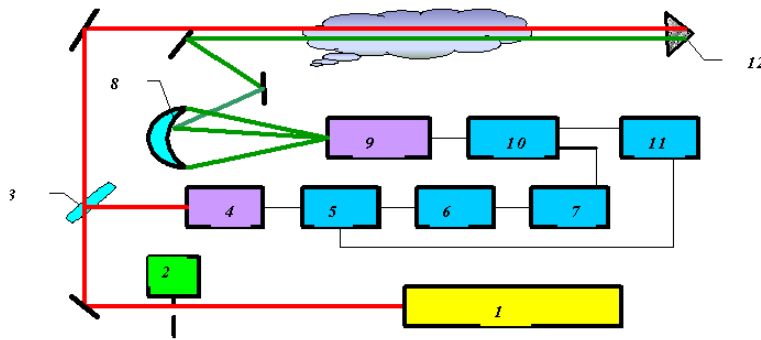


Рис. 2. Принципова схема для трасового зондування атмосфери: 1 – частотно переналагоджуємий CO₂ – лазер; 2 – модулятор переривач; 3 – розщеплювач проміні; 4 – піроелектричний детектор; 5 – підсилювач; 6 – потенціометр; 7 – синхронний детектор; 8 – сферичне дзеркало; 9 – піроелектричний приймач; 10 – підсилювач; 11 – двоканальний осцилограф; 12 – кутовий відбивач

Застосування вищенаведеної схеми виміру дозволяє визначати концентрацію вздовж променя лазера біля сотні інгредієнтів серед яких: оксиди карбону (CO, CO₂), оксиди нітрогену (NO_x), оксиди сульфуру (SO₂, SO₃), озон (O₃), аміак (NH₃), гідросульфід (H₂S), фтор (F₂), хлор (Cl₂), фторид сульфуру (SF₆), метан (CH₄) та його похідні, етан (C₂H₆) та його похідні,

карбогідрогени дієнового ряду, фтор- і хлор- похідні карбогідрогенів (в т.ч. фреони),гідразин і його похідні, бензол (C₆H₆) і його похідні, бенз-а-пірен, аерозольні частки та інші речовини із забезпеченням точності визначення концентрації до 0,01 ГДК.

Для уникнення впливу на показник концентрації речовин, що визначається на окремому джерелі, цих же речовин з інших можливих, поряд розташованих джерел та можливості застосування цієї схеми для створення стаціонарного оперативного автоматизованого комплексу, була розроблена оригінальна схема її застосування в умовах великої кількості поряд розташованих джерел викиду (рис. 3).

Застосування двох кутових відбивачів на кожному з джерел викидів дозволяє повністю уникнути загального впливу сусідніх джерел на значення концентрації речовини, що вимірюється на виході з визначеного джерела. Проведена експериментальна перевірка працездатності такого комплексу підтвердила всі його раніше згадані переваги і дозволила встановити, що метод практично не втрачає чутливості навіть при віддаленості джерела викидів від телескопу на 5 км. Таким чином, реалізація такої схеми дозволяє створити стаціонарний пункт спостереження за викидами забруднюючих речовин в районах з великою кількістю промислових об'єктів при використанні одного лазера і обертального

механізму, що буде забезпечувати послідовну орієнтацію проміні на відповідне джерело за визначеною програмою.

Проведені дослідження дозволили створити універсальний автоматизований лазерний комплекс контролю забруднення атмосфери перевагами якого є наступне:

- висока чутливість, точність і вибірковість методу;
- значна відстань зондування атмосфери до 5 км;
- автоматизоване комплексне дослідження джерел викидів;
- великий перелік інгредієнтів, що контролюються;
- малий час виміру концентрацій до 10 сек на одну речовину;
- відсутність відбору проб викидів;
- можливість формування комп'ютерної бази даних по забруднювачах та інгредієнтах;
- можливість організації стаціонарного пункту спостереження.

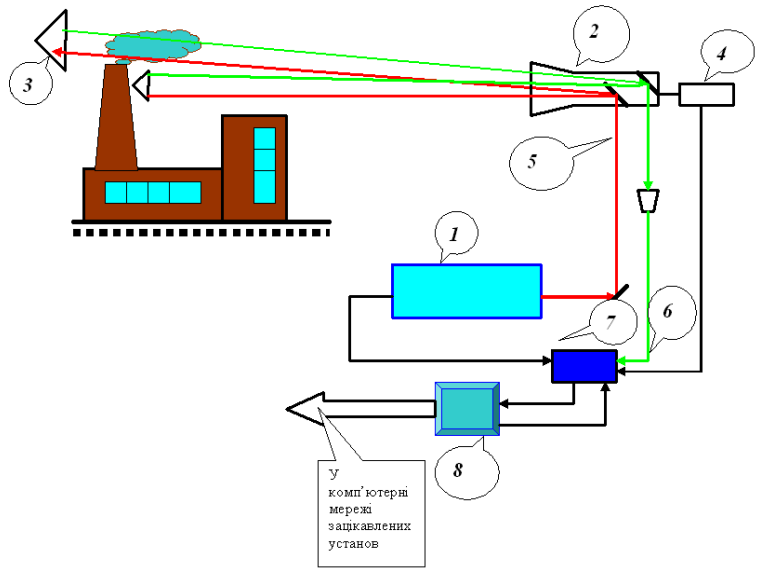


Рис. 3. Принципова схема лазерного комплексу контролю викидів забруднюючих речовин у повітря від промислових підприємств: 1 - лазер; 2 - телескоп; 3 - кутові відбивачі; 4 - блок управління; 5 - прямий промінь лазера; 6 - відбитий промінь лазера; 7 - інтерфейс; 8 - базова ЕОМ зі спеціальним програмним забезпеченням

Висновки

Проведені теоретичний аналіз і експериментальні дослідження по удосконаленню методу ДРП і створена на його основі експериментальна установка та проведені її випробування дозволили створити автоматизований лазерний комплекс оперативного контролю концентрації забруднюючих речовин на рівні джерела викидів в атмосферу від діючих промислових підприємств.

Використання такого комплексу як у стаціонарному режимі так і в режимі оперативної пересувної установки надасть змогу відповідним контролюючим органам набувати достовірну інформацію у реальному часі для своєчасного і адекватного реагування.

Список літератури: 1. Долгий С.И., Зуев В.В., Смирнов С.В., Шубин С.Ф. ИК лазерные газоанализаторы дифференциального поглощения “ТРАЛ – 3” и “ТРАЛ – 3М” // Оптика атмосферы. 1991. Т. 4, № 5. С. 515 – 521. 2. Rafi A.S. Application of Raman scattering in remote sensing // Rama Spectroscopy: Sixty Years on. – Amsterdam, etc., 1989. P. 391 – 422. 3. Захаров В.М., Костко О.К., Торговичев В.А., Чаянов Э.А. Лазерные методы исследования загрязнений атмосферы. Обнинск, Информац. центр, 1976. – 34 с. 4. Титарь В.П., Шпаченко О.В., Некрасов В.И. Голографический лидар для экологического мониторинга атмосферы // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. / Радіофізика та електроніка. 2001. № 513, вип. 1. С. 151 – 160.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

П.И. ГЛУШКО, канд. техн. наук, с.н.с., ННЦ «ХФТИ», Харьков,
А.Ю. ЖУРАВЛЁВ, м.н.с., ННЦ «ХФТИ», Харьков,
В.Л. КАПУСТИН, нач. группы, ННЦ «ХФТИ», Харьков,
Н.А. СЕМЁНОВ, зам.нач.отдела, ННЦ «ХФТИ», Харьков,
Н.А. ХОВАНСКИЙ, вед.инж.-иссл., ННЦ «ХФТИ», Харьков,
Б.М. ШИРОКОВ, докт. техн. наук, с.н.с., ННЦ «ХФТИ», Харьков,
А.В. ШИЯН, инж.-иссл. II кат., ННЦ «ХФТИ», Харьков

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ КАРБИДА КРЕМНИЯ ПУТЁМ СОВМЕСТНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ТЕТРАХЛОРИДА КРЕМНИЯ И ТОЛУОЛА В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРОДА

Описан принцип получения карбида кремния на установке проточного типа. В зависимости от различного соотношения между активными компонентами газовой фазы $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8$, поступающими в реактор, исследована и изучена морфология SiC слоя. Показано влияние скорости парогазового потока и температуры подложки на скорость осаждения SiC .

Описано принцип отримання карбиду кремнію на установці проточного типу. Залежно від різного співвідношення між активними компонентами газової фази $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8$, які надходять в реактор, досліджена і вивчена морфологія SiC шару. Показано вплив швидкості парогазового потоку і температури підкладки на швидкість осадження SiC .

Is described principle of obtaining silicon carbide on install a flow-through type. Depending on the different ratio between the active components of the gas phase $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8$, has been investigated and studied the morphology of the SiC layer. Shown the influence of velocity steam-gas flow and substrate temperature on deposition rate of SiC .

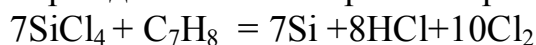
Введение. Карбид кремния (SiC) вследствие высоких физико-химических характеристик может применяться в различных областях. Благодаря высокой прочности, химической стойкости он широко применяется как абразивный материал, для резания прочных материалов, точения инструментов. Кроме того, из порошкообразного SiC изготавливают высокотемпературные нагреватели, а из аморфного SiC -светодиоды и солнечные элементы. В настоящее время существует большой интерес в использовании данного вещества в качестве [полупроводникового](#) материала в электронике, где его высокая [теплопроводность](#), высокое [электрическое поле](#) пробоя и высокая плотность [электрического тока](#) делают его перспективным материалом для высокомоощных устройств [1]. Карбид кремния имеет очень низкий [коэффициент теплового расширения](#) ($4,0 \times 10^{-6} \text{K}$) и он не испытывает [фазовые переходы](#) из-за которых может произойти разрушение монокристаллов [2].

За последнее время появляется всё большее число работ по получению карбида кремния из газовой фазы (CVD) с разнообразием используемых газофазных систем и режимов эпитаксиального роста [3]. Одним из перспективных способов его получения в чистом виде является метод осаждения

на нагретой поверхности из паровой фазы смеси легколетучих и углеродсодержащих продуктов [4-5].

Методика исследования. В качестве источника кремния мы использовали SiCl_4 , а источником углерода являлся толуол C_7H_8 .

Термодинамические расчеты реакций



показали, что без свободного водорода реакция образования карбида кремния не может протекать. Образовавшийся в реакционном объеме свободный хлор приводит к травлению конденсата. Однако, в присутствии свободного водорода происходит значительное уменьшение изобарного потенциала, что свидетельствует о возможности образования карбида кремния см. рис.1.

Получение карбида кремния путём совместного разложения тетрахлорида кремния и толуола в присутствии водорода осуществляли на установке проточного типа, схема которой приведена на рис. 2.

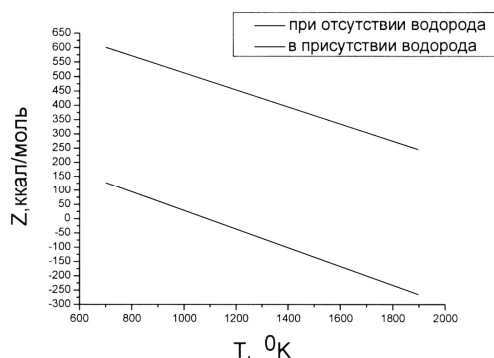


Рис. 1. Зависимость изобарно-изотермического потенциала реакций от температуры

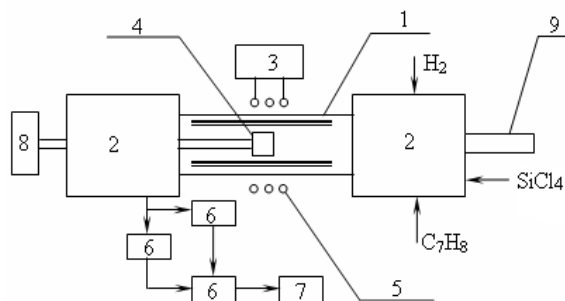


Рис.2 Схема газовой фазной установки: 1 – реакционная камера, 2 – форкамеры, 3 – генератор, 4 – подложка, 5 – индуктор, 6 – азотные ловушки, 7 – форнасос, 8 – источник питания нагревателя, 9 – смотровое окно

Принцип получения карбида кремния состоит в следующем: жидкая исходная смесь тетрахлорида кремния и толуола, приготовленная из компонентов в выбранном соотношении, подаётся с заданной скоростью в испаритель, где смешивается с поступающим туда водородом, расход которого регулируется ротаметром. Полученная в испарителе гомогенная парогазовая смесь поступает дальше в реактор из кварцевой трубы диаметром 150 мм. В качестве подложки использовали предварительно карбидизированный

графит. Применявшийся в работе четырёххлористый кремний и толуол были высокой чистоты, а водород подвергали сушке и очистке от кислорода и других примесей последовательным пропусканием над нагретой медью и расплавленным металлическим натрием.

Для любой из газовой фазных систем в CVD карбида кремния с независимыми источниками одним из основных параметров, оказывающих существенное влияние на кристаллическую структуру и морфологию растущего слоя, является соотношение между активными компонентами газовой фазы $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8$,

поступающими в реактор. Так при соотношении в исходной смеси $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=3,5$ наблюдалось выделение на экране и стенках в значительных количествах чёрного аморфного осадка см. рис.3.

Анализ этого осадка показал, что он практически является чистым углеродом. При этом соотношении, независимо от температуры получения, почти все образцы оказались малопрочными осадками от серого до чёрного цвета слоистой структуры см. рис.4.



Рис.3. Аморфный осадок, выделяющийся на стенках реактора при соотношении $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=3,5$ (x 750)

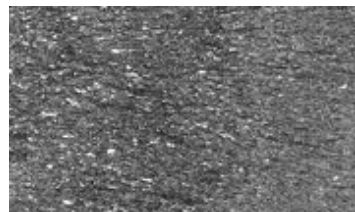


Рис.4. Образцы, образовавшиеся при соотношении $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=3,5$ (x 750)

При соотношении $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=7,4$ образуются конденсаты, состоящие из карбида кремния и пироуглерода см. рис.5. При увеличении температуры от 1400°C до 1700°C концентрация частиц карбида кремния в пироуглероде возрастает.

Совершенно другой вид имеют покрытия, полученные при $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=11$ в диапазоне температур $(1400...1700)^{\circ}\text{C}$. Они представляют собой плотные, прочные металлоподобные осадки, имеющие более ровную поверхность с ярким блеском и мелкозернистой структурой см. рис.6.



Рис.5. Морфология конденсата при соотношении $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=7,4$ (x750)

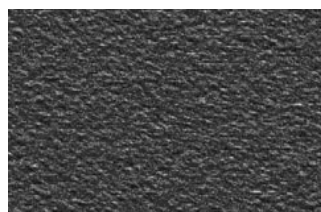


Рис. 6. Образцы, образовавшиеся при 1400°C и соотношении $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8=11$ (x750)

Исследование кинетики процесса осаждения SiC показало, что с увеличением температуры подложки с 1400°C до $1700...1720^{\circ}\text{C}$ наблюдается быстрое увеличение скорости осаждения. Последующее снижение скорости осаждения обусловлено взаимной диффузией газообразных реагентов и продуктов. В области ещё более высоких температур, когда пересыщение велико и реагирующие газы перегреты, происходит гомогенное зародышеобразование с выпадением твёрдого продукта реакции, в

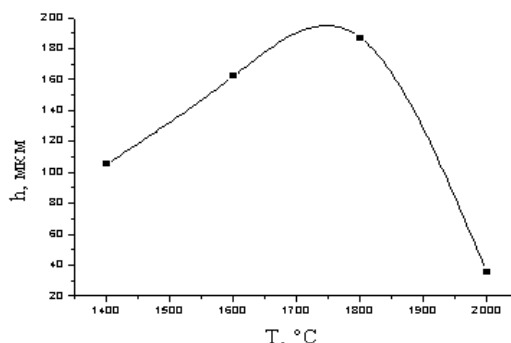


Рис.7. Зависимость толщины покрытия от температуры подложки; $t=15$ мин; соотношение $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8:\text{Si}:\text{C} = 11$ в исходной парогазовой смеси

результате чего снижается скорость осаждения а, следовательно, и толщина покрытия на подложке. Температурная зависимость скорости осаждения карбида кремния на подложке представлена на рис.7.

В работе также исследовалось влияние скорости парогазового потока на скорость осаждения. Анализ результатов показал, что с увеличением скорости парогазового потока скорость образования карбида кремния увеличивается.

Выводы:

1. Получен карбид кремния из парогазовой смеси четырёххлористого кремния, толуола и водорода.
2. Исследована морфология слоя SiC в зависимости от соотношения исходных реагентов $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8$ и температуры подложки.
3. Изучена кинетика процесса осаждения SiC.
4. На основании проведенных исследований установлены оптимальные условия получения карбида кремния: температура подложки $(1600\div 1700)^\circ\text{C}$; соотношение $\text{SiCl}_4:\text{C}_7\text{H}_8$ в исходной парогазовой смеси 11,0; избыточное количество водорода 10-кратное по отношению к суммарному расходу $(\text{SiCl}_4+\text{C}_7\text{H}_8)$. Суммарный расход парогазовой смеси (30...90) л/час.

Список литературы: 1. *Bhatnagar M.; Baliga, B.J. Comparison of 6H-SiC, 3C-SiC, and Si for power devices* // IEEE Transactions on Electron Devices. - Март 1993. — В. 3. — С. 645–655. 2. Harris, Gary Lynn. *Свойства карбида кремния* // Properties of silicon carbide. — United Kingdom: IEE, 1995. — 282 с. — Р. 19; 170–180. 3. Зелёнин В.В., Корогодский М.Л., Лебедев А.А. Некоторые аспекты газофазной эпитаксии карбида кремния // Физика и техника полупроводников. – 2001. – Т 35. - Вып. 10. 4. Minagva S., Gatos H.C. *Japan. J. Apple. Phys.* - 1680 (1971). - 10 (12). 5. Зеленин В.В., Соловьёв В.А., Старобинец С.М., Конников С.Г., Челноков В.Е. // ФТП. – 1995. – вып 29 (6). – С. 1122.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

УДК 547.497.6:547.584

В.В. ШТАМБУРГ, канд. хим. наук, ст. преп., НТУ «ХПИ», Харьков

Б.В. УСПЕНСКИЙ, ст. преп., НТУ «ХПИ», Харьков

В.Г. ШТАМБУРГ, докт. хим. наук, проф., ГВУЗ «УГХТУ», Днепропетровск

А.А. АНИЩЕНКО, канд. хим. наук, доц., ДНУ им. О. Гончара,
Днепропетровск

А.В. МАЗЕПА, канд. хим. наук, с.н.с., ИФХ им. А.В. Богатского НАН
Украины, Одесса

СИНТЕЗ 1,8-БИС(НАФТАЛИМИДОКСИ)-3,6-ДИОКСАОКТАНА

1,8-Бис(нафталімідоокси)-3,6-діоксаоктан синтезовано реакцією 1,8-дібром-3,6-діоксаоктану з натрієвою сіллю N-гідроксинафталіміду.

The 1,8-bisnaphthalimidoxy-3,6-dioxaoctane has been synthesized by the reaction of 1,8-dibromo-3,6-dioxaoctane with sodium salt of N-hydroxynaphthalimide.

Бис-нафталимиды являются высокоэффективными противораковыми препаратами, т.к. наличие двух нафталимидных фрагментов в молекуле

соединения усиливает его фармакологическую активность [1]. Кроме того, бис-нафталимиды являются потенциальными люминофорами с высокой фотостабильностью [1]. Однако, к настоящему времени предложены способы синтеза бис-нафталимидов, в которых два нафталиимидных остатка соединены полиметиленовыми мостиками [1]. В то же время ближайшие аналоги бис-нафталимидов, α,ω -бис-фталиимидоолигооксаалканы являются относительно доступными и нашли применение в получении α,ω -бисаминооксиолигооксаалканов [2,3].

Поэтому, на примере 1,8-бис(нафталиимидо)-3,6-диоксаоктана нами предложен удобный способ получения бис-нафталимидов, в которых два нафталиимидных заместителя разделены олигооксаэтиленовым мостиком. 1,8-Бис(нафталиимидо)-3,6-диоксаоктан **2** образуется с высоким выходом при взаимодействии 1,8-дибром-3,6-диоксаоктана **1** с натриевой солью *N*-гидроксинафталимида в абс. диметилформамиде при 110 – 135°C (рис.).

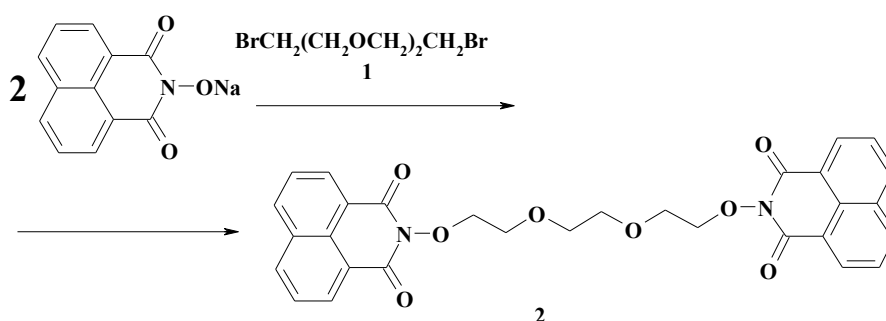


Рис. Схема синтеза 1,8-бис(нафталиимидо)-3,6-диоксаоктана **2**

Строение соединения **2** однозначно подтверждается данными спектров ЯМР ^1H , ЯМР ^{13}C и масс-спектров. В спектре ЯМР ^1H присутствуют сигналы протонов как полиоксаэтиленовой цепи, так и ароматических протонов нафталиимидных заместителей. В спектре ЯМР ^{13}C присутствуют сигналы как трех разновидностей CH_2 -углеродов, так и 6 разновидностей атомов углерода нафталиимидных групп и атомов углерода имидной группы $\text{C}=\text{O}$. В масс-спектрах присутствуют пики ионов $[\text{M}+\text{H}]^+$ и $[\text{M}+\text{K}]^+$ с m/z 541 и 579, соответственно.

Соединение **2** содержит четыре эфирных и гидроксиламиных атома кислорода в цепной части молекулы, что позволяет ожидать проявления им комплексообразующих свойств как поданда. Кроме того, в комплексообразовании с катионами щелочных металлов могут принимать участие два из четырех атомов кислорода карбонильных групп. Естественно, комплексообразование с катионами металлов должно сказываться как на спектральных свойствах 1,8-бис(нафталиимидо)-3,6-диоксаоктана **2**, так и на его фармакологической активности. Это обуславливает необходимость более глубокого исследования этого интересного соединения, его комплексов и его гомологов.

Таким образом, на примере 1,8-бис(нафталиимидо)-3,6-диоксаоктана **2** предложен удобный способ синтеза бис-нафталиимидоолигооксаалканов, новой разновидности бис-нафталимидов.

Экспериментальная часть

Спектр ЯМР ^1H регистрировали на спектрометрах "Varian VXR-300" (300 МГц) Me_4Si в качестве внутреннего стандарта; приведены значения δ , м.д., КССВ

(J), Гц. Масс-спектры записаны в режиме FAB (Fast Atom Bombarded, метод десорбционной ионизации) на приборе VG 70-10EQ. Хлороформ абсолютировали кипячением и перегонкой над P_2O_5 , диметилформамид абсолютировали перегонкой в вакууме 5 мм рт. ст.

1,8-Дибром-3,6-диоксаоктан (1). К смеси 250 мл (1.731 ммоль, 260 г) триэтиленгликоля, 470 мл хлороформа и 23 мл (0,300 моль, 21,93 г) диметилформамида при $-15 - -10^{\circ}C$ в теч. 3 ч прибавили раствор 125,3 мл (1,32 моль, 357,3 г) трибромида фосфора. Реакционную смесь выдерживали при $20^{\circ}C$ в теч. 24 ч. Затем при $0^{\circ}C$ промыли 10% соляной кислотой, водой, 5% р-ром бикарбоната натрия, сушили $CaCl_2$. Удалили растворитель в вакууме, остаток фракционировали в вакууме, отбирая фракцию с т.кип. $106 - 108^{\circ}C$ (3 мм рт. ст.). Получено 223 г (50,3%) 1,8-дибром-3,6-диоксаоктана, бесцветная жидкость, n_D^{24} 1.5002.

1,8-Бис(нафталимидоокси)-3,6-диоксаоктан (2). К раствору 0,109 г (4,73 ммоль) Na в 4 мл метанола добавили 1,008 г (4,73 ммоль) N-гидроксинафталимида, перемешали, удалили метанол в вакууме 5 мм рт. ст. Смесь полученной Na-соли N-гидроксинафталимида и раствор 0,652 г (2,365 ммоль) 1,8-дибром-3,6-диоксаоктана перемешивали при $110 - 135^{\circ}C$ в теч. 13 ч. Затем отфильтровали горячим выпавший осадок, промыли 7 мл горячего диметилформамида, затем 20 мл воды и сушили в вакууме 5 мм рт.ст. Получено 0,375 г (29,3 %) 1,8-бис(нафталимидоокси)-3,6-диоксаоктана 2. Белые кристаллы, т.пл. $208 - 210^{\circ}C$ (с разл.). Спектр ЯМР 1H (300 МГц, $(CD_3)_2SO$): 3.55 (с, 4H, OCH_2CH_2O), 3.74 (т, 4H, $NOCH_2CH_2O$, $^3J = 4.2$ Гц), 4.27 (т, 4H, $NOCH_2CH_2O$, $^3J = 4.2$ Гц), 7.87 (т, 4H, $H_{Ar}^{3,3',6,6'}$, $^3J = 8.1$ Гц); 8.45 (д, 4H, $H_{Ar}^{4,4',5,5'}$, $^3J = 8.1$ Гц); 8.49 (д, 4H, $H_{Ar}^{2,2',7,7'}$, $^3J = 7.2$ Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (125 МГц, $(CD_3)_2SO$): 69.05 (OCH_2CH_2O), 70.24 ($NOCH_2CH_2O$), 75.65 ($NOCH_2CH_2O$). 127.12 [C(10), C(10')], 127.72 [C(4), C(4'), C(5), C(5')], 131.37 [C(2), C(2'), C(7), C(7')], 131.90 [C(9), C(9')], 135.19 [C(1), C(1'), C(8), C(8')], 165.87 [C=O]. Масс-спектр (FAB, H^+ m/z ($I_{отн.}, \%$)): 541 [$M+H$] $^+$ (43), 240 (100). Масс-спектр (FAB, K^+ m/z ($I_{отн.}, \%$)): 579 [$M+K$] $^+$ (48), 94 (100).). Найдено (%): C 66.38; H 4.52; N 5.07. $C_{30}H_{24}N_2O_8$. Вычислено (%): C 66.66; H 4.48; N 5.18.

Из горячего реакционного раствора и диметилформамидного промыва после охлаждения выпало и было получено дополнительно 0,473 г (37,0 %) 1,8-бис(нафталимидоокси)-3,6-диоксаоктана 2.

Список литературы: 1. Федько Н.В., Анікін В.Ф., Ведута В.В. Шляхи синтезу біс-нафталімідів з електронодонорними замісниками в ароматичному ядрі // XXII Українська конференція з органічної хімії : Тез. доп. – Ужгород, 2010. – С.127. 2. Штамбург В.Г., Дмитренко А.А., Плешкова А.П., Притыкин Л.М. Получение α, ω -ди(N-алкокси-N'.N'-диметилкарбамоилоксиаминоокси)олигооксаалканов алкоголизом α, ω -ди(N-хлор-N'.N'-диметилкарбамоилоксиаминоокси)олигооксаалканов // Журн. Орган. Хим. -1993. – т.29, №9. – С.1762 – 1771. 3. Штамбург В.Г., Дмитренко О.О., Жуховицький В.Б., Скобелев О.Л. Спосіб одержання α, ω -діамінооксіолігооксаалканів // Пат. України № 10041А. – 1996. – Бюл. 1996, №4.

Поступила в редколлегию 29.08.2011

Ф.Ф.ГЛАДКИЙ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків
С.В.ВОЛОШЕНКО, здобувач, УкрНДІОЖ НААН, Харків

МОЖЛИВІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ РЕАКЦІЇ ГІДРАТАЦІЇ ФОСФОЛІПІДІВ ОЛІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ ФОСФОЛІПАЗИ С

Здійснено реакцію пробної гідратації фосфоліпідів олії соняшникової з використанням вітчизняного ферментного препарату фосфоліпази С, виробництва ЗАТ «Ензим». Встановлено, що фосфоліпаза С специфічно каталізує розщеплення естерного зв'язку між диацилгліцерином та залишком заміщеної фосфорної кислоти в молекулі гліцерофосфоліпиду. Тим самим доведена можливість застосування фосфоліпази С в технології гідратації фосфоліпідів олій.

Проведено реакцію пробної гідратації фосфоліпідів масла подсолнечного з використанням отечественного ферментного препарата фосфоліпази С, производства ЗАО «Энзим». Установлено, что фосфоліпаза С специфически катализирует расщепление сложноэфирной связи между диацилглицерином и остатком замещенной фосфорной кислоты в молекуле глицерофосфоліпида. Таким образом, доказана возможность использования фосфоліпазы С в технологии гидратации фосфоліпидов растительных масел.

It was realized the reaction of trial degumming of sunflower oil [phospholipides](#) with use of a domestic enzyme preparation of Phospholipase C, which was produced by [private corporation](#) "Enzyme". It was established, that Phospholipase C specifically [catalyzing](#) the splitting [ester group](#) between [diacylglycerol](#) and the residue of the [displaced](#) phosphoric acid in a molecule of glycerolphospholipide. Thus, it was [proved](#) the possibility of use the Phospholipase C in a technology of degumming vegetable oils [phospholipides](#).

Багатьом процесам хімічних перетворювань, що використовуються в різноманітних галузях промисловості, з точки зору економіки та екології притаманні істотні недоліки. Неспецифічний перебіг реакції знижує вихід кінцевих продуктів. Високі температури та/або тиск, кисле чи лужне середовище, що необхідні для проведення реакції, призводять до величезних енерговитрат та потребують великих об'ємів води, великих капіталовкладень, а також застосування спеціального обладнання, що дорого коштує. Утилізація небажаних вторинних продуктів також пов'язана зі значними труднощами та затратами. Високий рівень використання хімічних реактивів та енергії, як і утворення вторинних продуктів, негативно впливають на стан навколишнього середовища. Практично усі перераховані вище недоліки можна усунути з використанням ферментів.

У теперішній час ферментні технології застосовують у виробництві спеціальних жирів, косметичних препаратів, гідратації олій та переестерифікації жирів [1].

У розвитку олійно-переробної промисловості освоєння процесу ферментної гідратації можна вважати принципово новим етапом, що забезпечує різке підвищення якості, розширення асортименту та підвищення біологічної цінності харчових жирових продуктів з одночасним зниженням виробничих затрат [2].

Одними з основних ферментів, що каталізують біохімічні реакції у перетвореннях фосфоліпідів, є фосфоліпази. Молекули фосфоліпідів мають декілька типів зв'язків, які можуть бути модифіковані під дією ферментів типу гідролаз: естерні зв'язки жирних кислот, фосфатидні диестерні зв'язки, одна з яких утворена первинною спиртовою групою гліцерину, інша – залишком R. Існує декілька типів фосфоліпаз (A₁, A₂, B₁, B₂, C, D). B₁, B₂ – це лізоформи фосфоліпаз A₁, A₂. Відрізняються вони характером дії на субстрат, що представлено на рисунку 1 [3,4].

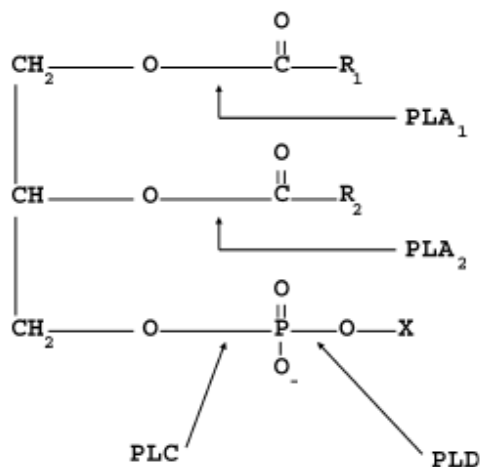


Рис. 1 – Специфічна дія різних типів фосфоліпаз

PLA₁ – фосфоліпаза A₁ (3.1.1.32) фосфатид-1-ацилгідролаза, каталізує гідроліз естерного зв'язку молекули фосфоліпиду в α-положенні;

PLA₂ – фосфоліпаза A₂ (3.1.1.4) фосфатид-2-ацилгідролаза, каталізує гідроліз естерного зв'язку молекули фосфоліпиду в β-положенні;

PLB – фосфоліпаза B (3.1.1.5) лізолецитин-ацилгідролаза, каталізує гідроліз естерного зв'язку молекули лізофосфоліпиду;

PLC – фосфоліпаза C (3.1.4.3) каталізує гідроліз естерного зв'язку між

диацилгліцериним та заміщеною фосфорною кислотою.

Відомі дві підгрупи фосфоліпази C:

- фосфатидилхолін-холінфосфогідролаза – фермент, що каталізує фосфатидилхолін, а також фосфатидилсерин та фосфатидилетаноламін;
- фосфатидилінозитол-інозитфосфогідролаза – фермент, що каталізує гідроліз фосфатидилінозиту та моно- і дифосфатів фосфатидилінозиту;

PLD – фосфоліпаза D (3.1.4.4) каталізує гідроліз естерного зв'язку між фосфатною групою та спиртом у молекулі фосфоліпиду [2].

Згідно з літературними даними, фосфоліпази використовуються тільки в деяких галузях харчової промисловості, а саме: у виробництві крохмалю, олій, хлібобулочних виробів та сиру. Фосфоліпази використовують для отримання емульгаторів для виробництва яєчного порошку, майонезу, соусів та ін [4].

Особливо важливим напрямком використання фосфоліпаз є гідратація фосфоліпідів олій з метою видалення супутніх речовин [4]. В наш час в олійно-жировій галузі вже реалізовані способи гідратації фосфоліпідів олій з використанням таких ферментних препаратів, як «Lecitase® Novo and Ultra», виробництва фірми «Новозаймс», що містить фосфоліпазу A₁, та ферментний препарат EnzyMax®, що містить фосфоліпазу A₂. Ферменти гідролізують естерні зв'язки в позиції A₁ та A₂-фосфоліпідів і таким чином надають гідрофільний характер молекулам фосфоліпідів [5,6].

Завдяки гідрофільному характеру фосфоліпиди можуть бути видалені одноступеневим сепаруванням. Гідролізовані фосфоліпиди є прекрасними емульгаторами для використання в різних харчових та нехарчових системах.

Тому ферментна гідратація не тільки видаляє фосфоліпіди, але і перетворює їх у високоефективні емульгатори [5,6].

Істотно новим способом гідратації фосфоліпідів олій є ферментна гідратація з використанням бактеріальної фосфоліпази С, що отримана з бактерій видів *Clostridium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Pichia* та інші [4,7].

Фосфоліпаза С гідролізує естерний зв'язок між диацилгліцерином та заміщеною фосфорною кислотою [8,9]. Індивідуальним ферментам цієї групи притаманні суттєві вимоги до структури гідрофільного спирту, з яким фосфат утворює другий естерний зв'язок, що не гідролізується під час перебігу реакції [3]. В результаті даної реакції утворюються диацилгліцерини, які залишаються в олії та водорозчинний залишок фосфорної кислоти, що видаляється з олії шляхом відстоювання та центрифугування.

Наразі у світі велику увагу приділяють процесу переробки олій. Метою сучасних досліджень є пошук принципово нових підходів до процесу очищення олій. Згідно з літературними даними американська компанія Verenium розробила спосіб гідратації олій з використанням фосфоліпази С Purifine® С (PLC), продуцентом якої є штам мікроорганізмів *Pichia pastoris* [10,11]. Цей ферментний препарат застосовують для гідратації фосфоліпідів соєвої олії та інших олій з високим вмістом фосфоровмісних речовин. Встановлені оптимальні умови проведення процесу: рН 7 та температура 60 °С. Застосування цього ферментного препарату дає змогу зменшити втрати сирової олії завдяки відсутності виносу її з водорозчинним залишком фосфорної кислоти [12,13]. Ферментний препарат Purifine PLC наразі використовується на заводі в Сан Лоренцо (Аргентина) на устаткованні фірми Alfa Laval [14]. Також існує патент, який передбачає проведення процесу гідратації фосфоліпідів олій з одночасним застосуванням групи фосфоліпаз А та С [15].

Однак відсутні дані щодо механізму перебігу реакції, її кінетики та оптимізації. Тому доцільно дослідити можливість використання ферментного препарату фосфоліпази С для гідратації фосфоліпідів олій вітчизняного виробництва з метою спрощення технології рафінації, зниження матеріалоемності виробництва, скорочення енергетичних затрат, отримання продукту, який збагачений фізіологічно цінними компонентами – диацилгліцерином.

У зв'язку з цим нами було досліджено ферментний препарат фосфоліпаза С виробництва ЗАТ «Ензим» (Вінницька обл.) активністю 500 од/акт. Було виконано пробну гідратацію олії соняшnikової з використанням вказаного препарату.

Застосовувалися різні умови перебігу реакції: варіювалася кількість доданого ферментного препарату, кількість ацетатного буферного розчину, здистильованої води, температура реакції та кількість доданого розчину луку [16]. Умови проведення реакцій надано в таблицях 1,2,3.

В продуктах реакції визначали масову частку диацилгліцеринів. Результати наведені в таблиці 4.

Таблиця 1 – Умови реакції № 1

Найменування	Значення
Наважка олії соняшникової	50 г
Об'єм води здистильованої	2 см ³
Температура	55 °С
Об'єм ферментного препарату	5 см ³
Об'єм луку, с = 1 моль/дм ³	5 см ³

Таблиця 2– Умови реакції № 2

Найменування	Значення
Наважка олії соняшникової	50 г
Об'єм води здистильованої	2 см ³
Температура	33 °С
Об'єм ферментного препарату	5 см ³
Об'єм луку, с = 1 моль/дм ³	10 см ³

Таблиця 3 – Умови реакції № 3

Найменування	Значення
Наважка олії соняшникової	50 г
Об'єм ацетатного буферу	2 см ³
Температура	55 °С
Об'єм ферментного препарату	5 см ³
Об'єм луку, с = 1 моль/дм ³	5 см ³

Таблиця 4 – Масова частка диацилгліцеринів в продуктах реакції

Найменування умов реакції	Масова частка ДАГ, %
Вихідна олія	0,874
1	0,921
2	0,899
3	0,876

З даних таблиці 4 можна зробити висновок, що в продуктах реакції, яка проведена в умовах, згідно таблиці 1, збільшилася масова частка ДАГ. Це свідчить про те, що досліджуваний препарат проявляє найбільшу активність за температури 55 °С та додаванні здистильованої води в якості гідратуючого агенту. Таким чином, проведена повторна реакція гідратація фосфоліпідів у вище вказаних умовах з додаванням більшої кількості ферментного препарату у зв'язку з його низькою активністю. В продуктах реакції визначали масову частку фосфоровмісних речовин та ДАГ. Результати надано в таблиці 5.

З даних таблиці 5 можна зробити висновок про те, що відбувається зменшення масової частки фосфоровмісних речовин та збільшення масової частки диацилгліцеринів в олії після реакції ферментної гідратації (у зразку №4 збільшення масової частки ДАГ відбулося на 68 %), тобто встановлено, що досліджуваний ферментний препарат фосфоліпаза С каталізує розщеплення

складноестерного зв'язку між диацилгліцирином та залишком заміщеної фосфорної кислоти.

Таблиця 5 – Масова частка фосфоровмісних речовин та ДАГ в продуктах реакції

№ зразка	Масова частка фосфоровмісних речовин в прерахунку на стеароолеолецитин, %	Масова частка ДАГ, %
Вихідна олія	0,22	0,874
1	0,08	0,876
2	0,09	0,870
3	0,10	1,175
4	0,13	1,465

Однак, з даних таблиці 5 витікає, що для достатньо повного видалення фосфоровмісних речовин з олії у зв'язку із специфічністю дії ферменту необхідно використовувати одночасно з фосфотидилхолін - фосфоліпазою С, фосфатидилінозітол-фосфоліпазу С, а також фосфоліпази С, різних штамів мікроорганізмів. Оскільки, наприклад, фосфоліпаза С, отримана зі штаму мікроорганізмів *Pichia Pastoris*, каталізує розщеплення тільки фосфатидилхоліну та фосфатидилетаноламіну [11,14], а фосфоліпаза С, отримана зі штаму мікроорганізмів *Bacillus cereus*, каталізує розщеплення фосфатидилхоліну, фосфатидилетаноламіну, фосфатидилгліцерину, дифосфатидилгліцерину та фосфатидилсерину [9].

Таким чином, доведена можливість використання фосфоліпази С виробництва ЗАТ «Ензим» в технології гідратації фосфоліпідів олій. Істотною перевагою нової технології може бути збільшення виходу гідратованої олії, пропорційно вмісту фосфоліпідів, збагачення її фізіологічно цінними компонентами – диацилгліциринами, зменшення ресурсо- та енергозатрат.

Подальші дослідження будуть присвячені вивченню кінетики та механізму дії вказаних ферментів, а також визначанню раціональних умов проведення реакції ферментної гідратації фосфоліпідів олій з використанням ферментних препаратів вітчизняного виробництва.

Список літератури: 1. Ключникова Л.В. Ферментные технологии – будущее масложировой промышленности / Л.В. Ключникова, И.Ю. Блинкова // Масложировая промышленность. – 2006. – № 4. – С. 30 – 31. 2. Ферментативная (энзимная) гидратация растительных масел – ГК «Союзснаб» за технологии XXI века // Масложировая промышленность. – 2011. – № 2. – С. 22 – 24. 3. Арутюнян Н.С. Фосфолипиды растительных масел / Н.С. Арутюнян Е.П. Корнена. М.: Агропромиздат, 1986. – 256 с. 4. Maria L. De Phospholipases and their industrial applications / [L. De Maria J. Vind, K. M. Oxenbuull, A. Svendsen, S. Patkar] // Appl. Microbiol Biotechnol. 2007. – Vol. 74. – P. 290 – 300. 5. Ферментативная (энзимная) гидратация с применением ферментов компании «Новозаймс А/С // Масложировая промышленность. – 2004. – № 3. – С. 44 – 45. 6. Dijkstra A.J. Enzymatic degumming / A.J. Dijkstra // European Journal of Lipid Science and Technology. 2010. – Vol. 112, № 11. – P. 1178– 1189. 7. Диксон М. Ферменты / М. Диксон, Э. Уэбб. М.: Изд-во «Мир», 1966. – 816 с. 8. Самнер Дж. Б. / Химия ферментов Дж. Б. Самнер, Г.Ф. Сомерс. – М.: государственное издательство иностранной литературы, – 1948. – 584 с. 9. Брокерхоф Х. Липолитические ферменты / Х. Брокерхоф, Р. Дженсен. М.: Изд-во «Мир», –

1978. – 387 с. 10. Матеріали компанії Verenium [Електронний ресурс]: Purifine[®] PLC: Improving the Degumming of Edible Vegetable Oil. Режим доступу: http://www.verenium.com/prod_purifine.html. 11. Hitchman T. Purifine[®] PLC: Industrial application in oil degumming and refining / T. Hitchman // Oil Mill Gazetteer. 2009. – Vol. 115. P. 2 – 4. 12. Матеріали компанії Diversa [Електронний ресурс]: Corporation GRAS Notification Concerning BD16449 Phospholipase C Enzyme Preparation From *Pichia pastoris*. Режим доступу: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:j6XKUreVbbsJ:www.accessdata.fda.gov/scripts/cen/gras_notices/grn000204.pdf+PLC+BD+16449&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ua&client=firefox. 13. Verenium and Alfa Laval announce collaboration on Purifine PLC Enzyme // Chemical Business Newsbase. – 2009. – march 24. – P. 15. 14. Матеріали компанії Verenium [Електронний ресурс]: World's Largest Soybean Processing Plant Converts to Usage of Verenium's Purifine[®] PLC Enzymatic Degumming Process. Режим доступу: <http://ir.verenium.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=448847>. 15. Пат. США № 0069587 A1. Enzymatic degumming utilizing a mixture of PLA and PLC phospholipases with reduced reaction time / Dayton C., E.M. Rosswurm, F. de S. Galhardo; 11.09.2007; publ. 12.03.2009. 16. Дятловицкая Э. В. Количественное определения фосфохолина и активности фосфолипазы С / [Э. В. Дятловицкая. В.И. Волкова, М.В. Исполатовская, Л.Д. Бергельсон] //Химия природных соединений. – 1966. – №. 3. – с. 233 – 235.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

УДК 661.321

В.Ф.РАЙКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков
М.А.ЦЕЙТЛИН, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков
В.А.ПАНАСЕНКО, докт. техн. наук, проф., НИОХИМ, Харьков

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ПРИ ГАЗОЖИДКОСТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НА КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С КОНУСНЫМИ ТЕЛАМИ

Приведены результаты исследования интенсивности теплопередачи на контактных элементах каскадного типа состоящих из конической воронки и расположенного над ней конического тела. Для системы раствор поваренной соли – воздух получены уравнения зависимости коэффициента передачи энтальпии от скорости газа в полном сечении тарелки, плотности орошения и температуры жидкости

Наведено результати дослідження інтенсивності теплопередачі на контактних елементах каскадного типу складаються з конічною воронки і розташованого над нею конічного тіла. Для системи розчин кухонної солі - повітря отримані рівняння залежності коефіцієнта передачі ентальпії від швидкості газу в повному перерізі тарілки, щільності зрошення і температури рідини

The results of investigation of heat transfer intensity on the contact elements of the cascade-type consisting of a conical funnel, and located above the conical body. For a system of salt solution - air equations are obtained dependence of the enthalpy of transfer from the gas velocity in the entire cross-section plates, the density of irrigation fluid temperature

1. Введение

Одним из направлений утилизации теплоты сбросных топочных газов является концентрирование технологических жидкостей, которое из-за относительно низкой температуры этих газов должно осуществляться при прямом контакте взаимодействующих сред. Если оборудование для упаривания светлых жидкостей хорошо разработано и изучено (см., например, [1]), то подбор

конструкции аппарата для концентрирования суспензий, образующих плотные отложения на контактных элементах, продолжает быть непростой задачей.

В содовом производстве в аппаратах для обработки газами суспензий используются провальные тарелки с крупными (до 120 мм) отверстиями (далее для краткости ПТКП). При таком большом диаметре уменьшение размера перфораций вследствие образования инкрустаций незначительно снижает свободное пространство для прохода газа, что и обеспечивает достаточно длительную работу без очистки. Однако тепло-массообменные характеристики ПТКП оставляют желать лучшего. В работе [2] показано, что это обусловлено неустойчивостью пенных слоев на тарелках и неравномерностью распределения жидкости по поперечному сечению аппарата.

Следует ожидать, что хорошей альтернативой ПТКП может стать контактный элемент каскадного типа, представляющие собой систему из конической воронки и расположенного над ней тела, образованного из двух конусов, соединенных основаниями [3] (далее для краткости будем называть эту деталь конусным телом, а контактный элемент с этой деталью – КЭКТ). Стоит, однако, отметить, что эта конструкция, не технологична в изготовлении и обслуживании, так как конусное тело сложно жестко установить, а полость, внутри него забивается отложениями, которые невозможно чистить. Можно пожертвовав обтекаемостью упростить описанную выше конструкцию за счет удаления одного (нижнего) из двух конусов, образующих конусное тело. Далее такой упрощенный контактный элемент будем называть контактным элементом с одиночным конусом (КЭОК).

Работа, результаты которой изложены в настоящей статье, была выполнена с целью определить теплообменные характеристики контактных элементов с конусными телами.

2. Теоретическая часть

В процессе теплообмена жидкости и газа в прямом контакте принято различать так называемый «сухой» и «мокрый» теплообмен. Первый – результат переноса теплоты вследствие разности температур жидкости и газа, второй – обусловлен тепловым эффектом испарения или конденсации воды и, по существу, является следствием процесса массопередачи, движущая сила которого разность парциальных давлений пара в газе и пара, равновесного с жидкостью. Совместное протекание двух разнородных физических процессов делает расчет контактного теплообмена, который чаще всего базируется на совместном решении уравнений тепло и массопередачи, весьма сложной процедурой.

Анализе процессов контактного теплообмена может быть существенно облегчен, если в качестве движущей силы выбрать разность между фактической энтальпией газа и его энтальпией при равновесии с жидкостью, как это используется для расчета градиентов [4], и, за редким исключением [5], не используется исследователями контактного теплообмена. В этом случае поток энтальпии между воздухом и водой (или раствором) может быть рассчитан по следующему уравнению:

$$G \frac{dH_r}{dS} = k_H (H^* - H_r), \quad (1)$$

где G – массовый расход газа, кг/с; S – площадь поверхности раздела фаз, м²; k_H – коэффициент передачи энтальпии, кг/м²с; H_r – энтальпия влажного газа, кДж/кг; H^* – энтальпия газа, равновесного с основной массой раствора, кДж/кг.

Ниже описано исследование зависимости коэффициента передачи энтальпии от факторов процесса. Полученные результаты сопоставлялись с аналогичными данными для ПТКП, заимствованными из работы [6]. Следует отметить, что контактные элементы с конусными телами рассматривались нами, как блок из двух условных тарелок (конусный элемент и воронка), и приведенные ниже кинетические коэффициенты характеризуют каждую из них в отдельности, а не блок в целом. Таким образом, приведенное выше сопоставление КЭОК, КЭКТ и ПТКП является корректным, так как сравнивались показатели одной из пары тарелок, образующих контактные элементы с конусными телами и одна тарелка ПТКП.

3. Экспериментальная часть.

Исследование выполнялось на установке, которая состояла из собственно экспериментального колонного аппарата, в который устанавливали 3 экспериментальные тарелки, комплекта вспомогательного оборудования, обеспечивающего его работу и приборов для измерения расходов газа и воды, а также перепадов давлений.

На рис. 1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлены эскизы контактных элементов, подвергавшиеся исследованию. Соответственные размеры КЭКТ и КЭОК были одинаковыми, поэтому показаны только для одного из них. Габариты контактных элементов выбраны таким образом, чтобы доля свободного сечения (отношение площади сечения для прохода газа к площади поперечного сечения аппарата) не была меньше 40 %.

Исследовалась зависимость коэффициента передачи энтальпии (k_H) от скорости газа (w), плотности орошения (I), температуры жидкости (t) Исследование проводилось в интервале скоростей газа, отнесенных к полному сечению опытного аппарата, от 0,2 до 5 м/с. В опытах ее изменяли в интервале от $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м³/м²·с. Значения температуры исходной жидкости меняли в интервале от 60 до 90 °С. Полученные значения коэффициентов относили к среднеарифметическому значению температур жидкости на верхней тарелке и на выходе из установки. Опыты выполняли с 15 % раствором поваренной соли, а расчет массы выпаренной воды выполняли по изменению концентрации [Cl] в процессе упаривания.

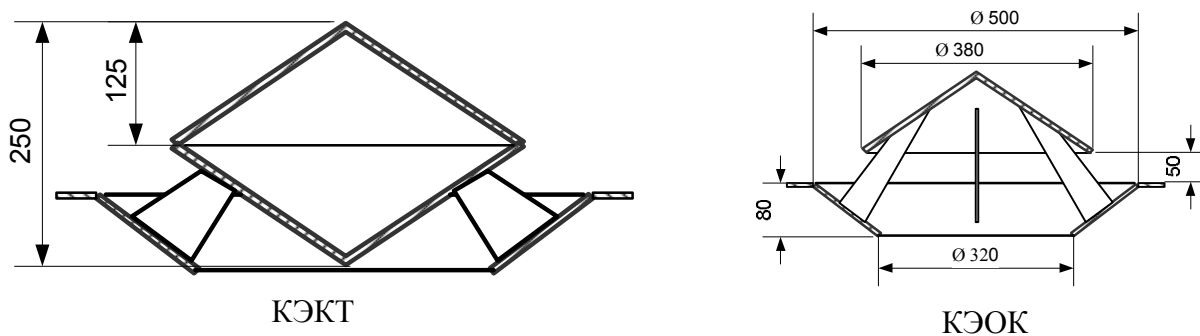


Рис. 1. Исследованные контактные элементы

Вначале исследовалась зависимость k_H от температуры. Дело в том, что средняя температура жидкости (именно к ней относятся рассчитанные по результатам опыта значения k_H) в опытном аппарате зависит не только от ее температуры на входе в установку, но и от конкретных значений скорости газа и плотности орошения. Поэтому для того, чтобы выделить влияние только w и l необходимо исключить влияние температуры.

Для КЭОК влияние температуры на коэффициенты передачи энтальпии представлено на рис. 2. Как видно из рисунка, несмотря на значительный

диапазон изменения температуры исходной жидкости (40 °С), средняя температура жидкости на тарелках менялась в относительно узком интервале, который зависел, главным образом, от плотности орошения.

Можно видеть некоторую тенденцию к снижению величин коэффициентов с ростом температуры, однако эта тенденция достаточно слабая и не для всех пар значений скорости газа и плотности орошения явно выражена. Во всяком случае, в исследованном температурном диапазоне влияние температуры на k_H существенно меньше, чем скорости газа и плотности орошения. Поэтому при анализе зависимостей коэффициентов передачи энтальпии и массопередачи от l и w влиянием температуры пренебрегали. В то же время, как будет показано ниже, при статистической обработке результатов опытов фактор температуры оказался значимым и был учтен в полученных уравнениях.

Поскольку гидродинамика газожидкостной системы на КЭОК и КЭКТ весьма близка, нет оснований полагать, что влияние температуры на k_H для КЭКТ окажется иным, чем для КЭОК.

На рис. 3 приведена зависимость коэффициента передачи энтальпии от скорости газа для КЭОК (1), КЭКТ (2) и ПТКП (3) (данные для ПТКП заимствованы из работы [6]) при плотности орошения $1 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ и температуре исходного раствора 70 °С.

Как видно из графиков в диапазоне скоростей газа 0,2-1,7 м/с

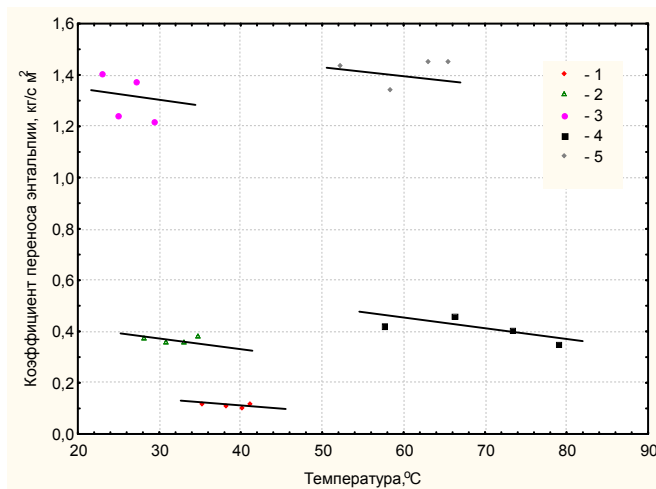


Рис. 2. Зависимости коэффициента передачи энтальпии от температуры для КЭОК при w (м/с) и l (дм³/м²·с), соответственно: 1 – 0,2 и 0,2; 2 – 0,8 и 0,2; 3 – 3,5 и 0,2; 4 – 0,2 и 5; 5 – 0,8 и 5.

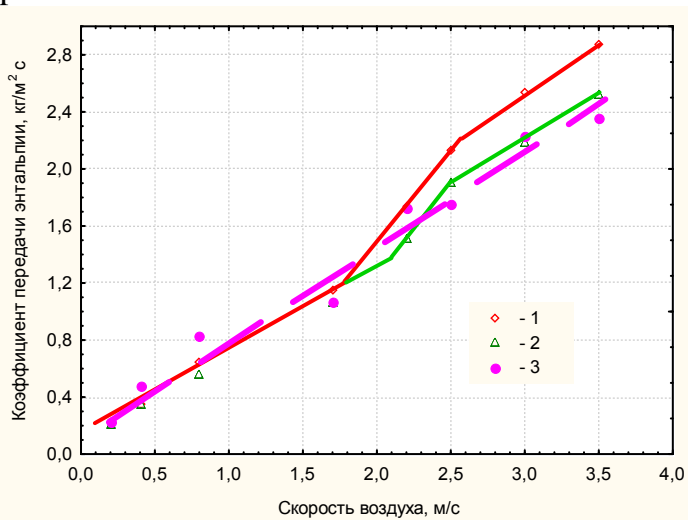


Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи энтальпии от скорости газа для контактных элементов исследованных конструкций

в отсутствие накопления жидкости на тарелках) коэффициенты передачи энтальпии для всех исследованных контактных элементов практически совпадают. Следует отметить несколько более высокие значения k_H в этом диапазоне скоростей воздуха для ПТКП. Это может быть объяснено большим периметром отверстий для прохода газа в сравнении с КЭОК и КЭКТ (на ПТКП таких отверстий несколько (рис. 2.2), а на КЭОК и КЭКТ – одно), а, следовательно, и большей областью интенсивного взаимодействия потоков воздуха и газа

С увеличением скорости газа в интервале 2-2,5 м/с в процессе накопления жидкости на КЭОК и КЭКТ, вызванного уносом жидкости и образованием слоев из брызг и струй, наклон графиков изменения k_H с ростом скорости воздуха заметно увеличивается. Это легко объяснить интенсификацией дробления капель в сужениях контактных элементов (в горловине воронки и по краю конуса) и последующей их сепарацией, то есть интенсификацией обновления поверхности взаимодействия фаз. Что касается ПТКП, то вследствие плохой воспроизводимости результатов опытов, характерной для этих тарелок, каких-либо изменений скорости нарастания коэффициента передачи энтальпии в интервале скоростей воздуха 2-2,5 м/с идентифицировано не было. Увеличение скорости воздуха выше 2,5 м/с приводит к замедлению роста величины коэффициента передачи энтальпии. В этой области наклон графика зависимости k_H от w такой же, как и в интервале 0,2-1,7 м/с.

Характеризуя взаимное положение графиков зависимостей k_H от w можно отметить, что, как уже указывалось, в интервале 0,7-1,2 м/с различия между исследованными контактными элементами лежат в пределах точности опытов. При дальнейшем же увеличении скорости воздуха КЭОК и КЭКТ показывают более высокие значения коэффициента передачи энтальпии, чем ПТКП, причем, если между КЭКТ и ПТКП различие весьма незначительное, то в интервале скоростей воздуха 2,5-3 м/с k_H для КЭОК превышает это величину для ПТКП более, чем на 20 %. Таким образом, из трех рассмотренных контактных элементов наилучшие показатели по коэффициенту передачи энтальпии оказались у КЭОК.

Следует отметить, что, хотя в отличие от ПТКП зависимости k_H от w для КЭОК и КЭКТ явно отражают влияние смены гидродинамических режимов, однако влияние это не столь существенно и при математической обработке зависимостей k_H от w им можно пренебречь. Такой подход позволит не только упростить математическую обработку саму по себе, но и математическую модель процесса, так как исключит необходимость выбора расчетного уравнения на каждом цикле расчета.

На рис. рис. 4 представлены зависимости коэффициента передачи энтальпии от скорости газа для КЭОК и КЭКТ.

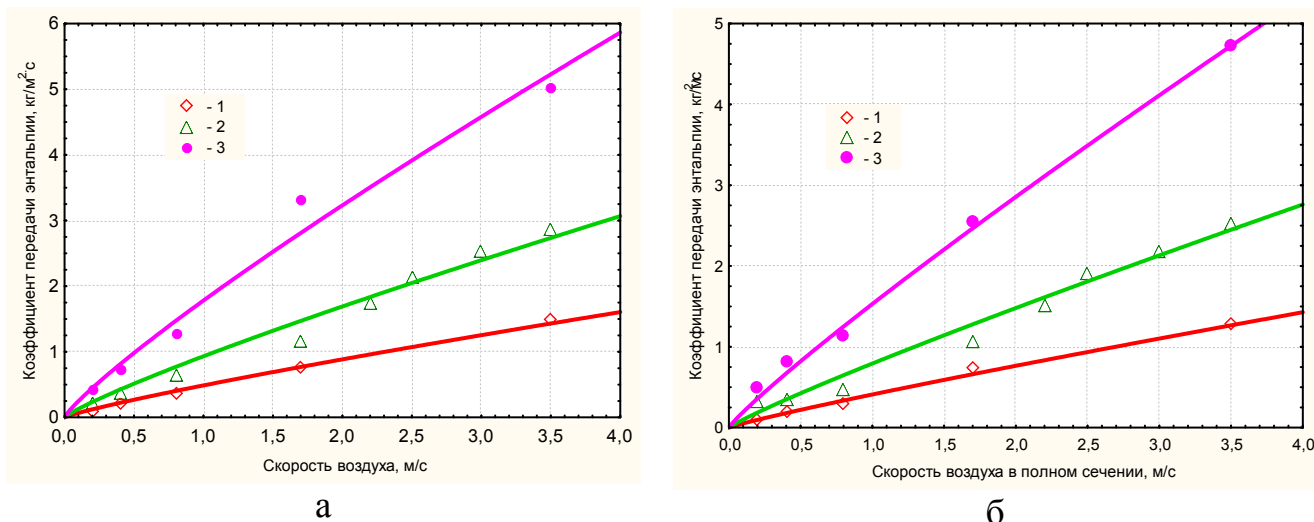


Рис. 4. Зависимость коэффициента передачи энтальпии от скорости воздуха для КЭОК (а) и КЭКТ (б) при плотностях орошения ($\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$): 1 - 0,2; 2 - 1; 3 – 5.

Линии на графике рис. 4 (а) построены по уравнению

$$k_H = 0,931 w^{0,86} l^{0,402}, \quad (2)$$

а на рис. 4 (б) по уравнению

$$k_H = 0,793 w^{0,90} l^{0,41}. \quad (3)$$

Графики на рис. 4 иллюстрируют удовлетворительное совпадение экспериментальных точек с расчетом по этим уравнениям, правда, без детализации области смены гидродинамических режимов (1,7-2,5 м/с). Однако и при таком упрощении коэффициент корреляции между опытом и расчетом превышает 0,98, что можно считать очень хорошим результатом..

Анализируя уравнения (2) и (3) можно заметить, что, во-первых, показатели степени при скорости воздуха в полном сечении аппарата и плотности орошения для КЭОК и КЭКТ имеют весьма близкие значения, что вполне можно было ожидать, учитывая близость конструкций этих контактных элементов и, во-вторых, коэффициент передачи энтальпии для КЭОК существенно выше, чем для КЭКТ (коэффициенте пропорциональности в уравнении (2) на 17 % больше, чем в уравнении (3)).

Графики, приведенные на рис. 5 построены по уравнениям (2) и (3) и могут рассматриваться как номограмма для оценки значений k_H при заданных w и l .

Следует отметить, что рис. 5 наглядно иллюстрирует, что при малых скоростях воздуха, вплоть до 0,5 м/с, плотность орошения оказывает весьма незначительное влияния на интенсивность передачи энтальпии (линии графиков на рис. 5 почти вертикальны в практически применимом диапазоне величин l). Однако с ростом скорости газа влияние плотности орошения усиливается и при скорости 3,0-3,5 м/с степень влияния w и l на k_H становится примерно одинаковой.

Сравнивая полученные результаты с данными по зависимости коэффициента передачи энтальпии от w и l для ПТКП, полученными в работе [6] в виде уравнения $k_H = 0,678 w^{0,89} l^{0,69}$, можно заметить, что влияние скорости газа на k_H имеет тот же порядок, что и в уравнениях (2) и (3). В то же время влияние плотности орошения на k_H у ПТКП существенно большее, чем в наших опытах.

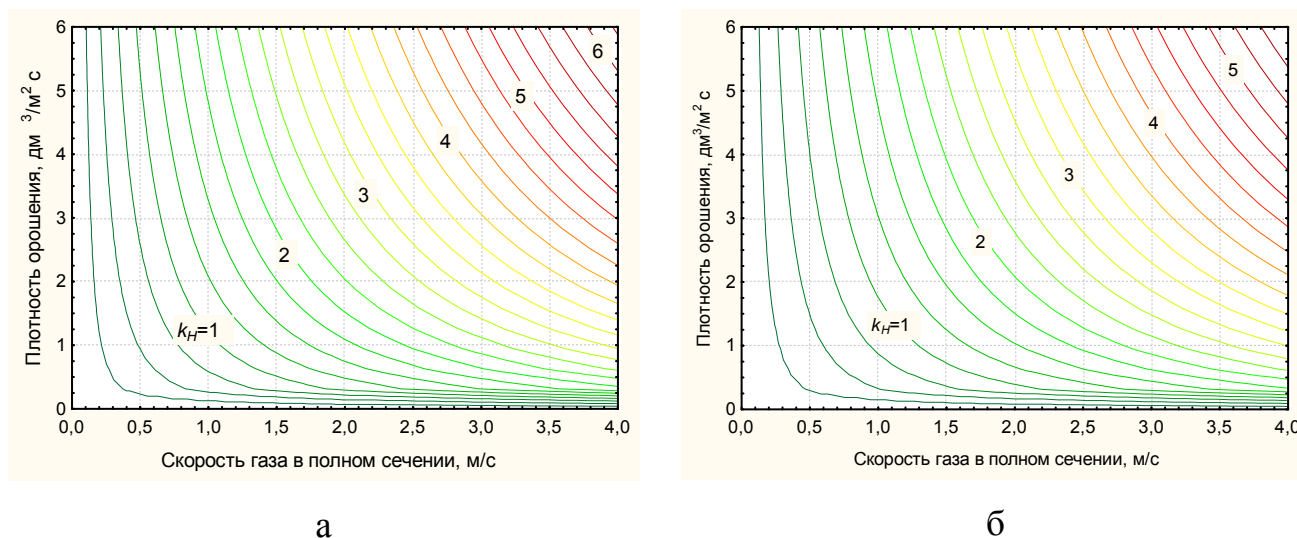


Рис. 5 Зависимость коэффициента передачи энтальпии на КЭОК (а) и на КЭКТ (б) от скорости воздуха в полном сечении аппарата и плотности орошения.

Это можно объяснить тем, что благодаря наличию зон сепарации в КЭОК и КЭКТ возникает внутренняя циркуляция жидкости, обеспечивающая большее, чем на ПТКП накопление жидкости. Это обстоятельство нивелирует в КЭОК и КЭКТ влияние плотности орошения на k_H .

В уравнениях (2) и (3) не учитывалось влияние температуры на коэффициент передачи энтальпии. В то же время это влияние, как можно видеть из графика на рис. 2 заметно и, значит, может быть учтено в расчетных уравнениях. Теоретическая форма уравнения, описывающая связь температуры и k_H весьма громоздка [6]. Поэтому нами были подобраны относительно простые эмпирические уравнения, аппроксимирующие эту зависимость. Из нескольких вариантов таких уравнений выбиралось то, которому соответствовал максимум объясненной доли вариации k_H . В результате были получены следующие уравнения:

$$\text{для КЭОК } k_H = 10,2w^{0,803}t^{0,541}/t^{0,685} \quad (4)$$

$$\text{для КЭКТ } k_H = (1 - 0,0047t)w^{0,825}t^{0,441} \quad (5)$$

Точность уравнений (4) и (5) характеризует доля объясненной вариации – 97,2 и 98,5 %, соответственно и стандартная ошибка расчета k_m – 12 и 10 %, соответственно. Важно, что p -уровни для коэффициентов при температуре меньше 0,05, что подтверждает значимость влияния температуры.

В заключение, сравним полученные нами для КЭКТ и КЭОК данные о зависимости k_H от температуры с аналогичными данными по ПТКП, приведенными в [6]. Можно заметить, что влияние температуры на k_H у ПТКП существенно большее. Объяснение этому следует искать в уже упоминавшейся внутренней циркуляции жидкости, имеющих место в КЭОК и КЭКТ и отсутствующие в ПТКП. Эта циркуляция интенсифицируют перемешивание жидкости и, как следствие, снижают термическое сопротивление жидкостной пленки. По нашему мнению, снижение термического сопротивления жидкостной пленки объясняет также найденное нами увеличение значений k_H у КЭОК и КЭКТ в сравнении с ПТКП.

4. Выводы

Оценка степени влияния температуры исходной жидкости на кинетику передачи энтальпии на контактных элементах с конусными вставками показала, что температура оказывает незначительное, хотя и заметное влияние на скорость теплопередачи.

Определяющее влияние на коэффициент передачи энтальпии оказывают гидродинамические факторы, причем скорость воздуха в большей степени, чем плотность орошения. Расчетные зависимости полученные для вычисления этого коэффициента в зависимости от скорости газа, плотности орошения и температуры предназначены для использования при проектировании аппарата для упаривания суспензий с использованием отходящих топочных газов.

Список литературы: 1. *Егоров Н.Н.* Охлаждение газа в скрубберах.–М.: Росхимиздат, 1954–142 с. 2. *Райко В.Ф.* Гидродинамические характеристики провальных тарелок с крупной перфорацией и большим свободным сечением / В.Ф. Райко, М.А. Цейтлин, П.Х. Эстефани // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2007.– № 30.– С. 78- 82. 3. Патент 1806544 ФРГ. Кл. 12 а 5 (В 01 d 3/30). Тарелка для тепло- и массообменных аппаратов./ Н.Р. Streuber. Заявл. 02.11.68, опубл. 08.03.73. 4. *Шервуд Т.* Массопередача./ Т. Шервуд, Р. Пигфорд, Ч. Уилки – М.: Химия, 1982. – 696 с. 5. Применение контактных экономайзеров для подогрева технологических жидкостей. / В.Ф.Моисеев, В.А. Рудаков, М.А. Цейтлин и др. // Мало- и безотходные технологии в энергетике, как средство защиты окружающей среды и повышения топливоиспользовани: сб. научн. тр.– М.: ЭНИН, 1985.– С. 145-149. 6. *Эстефани П.Х.* Исследование тепло и массообмена при водоиспарительном концентрировании рассола / В.Ф. Райко, П.Х. Эстефани, М.А. Цейтлин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: Технологічний центр. – 2007. – № 5/4(29). – С. 40-44.

Поступила в редколлегию 29.08.2011

УДК 658.382.3

В.В.БЕРЕЗУЦКИЙ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков
РАДВАН АРАФА БИССИУНИ, преп.-стажер, НТУ «ХПИ», Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРЕМЕННОГО СМЕЩЕНИЯ СОБЫТИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В статье рассмотрена новая методика оценки профессиональных заболеваний работников предприятий, которая основана на методе временного смещения событий при анализе профессиональных заболеваний. Метод апробирован на анализе профессиональных заболеваний одного из трубопрокатных производств Египта.

У статті розглянута нова методика оцінки професійних захворювань працівників підприємств, яка заснована на методі часового зміщення подій при аналізі професійних захворювань. Метод апробований на аналізі професійних захворювань одного з трубопрокатних виробництв Єгипту.

The article discusses a new method for evaluation of workers' occupational diseases in factories, based on the method of time shift of events upon analysis of occupational diseases. The method was tested upon analysis of occupational diseases, of an Egyptian tube-rolling factory.

При выполнении исследований на предприятии, с целью получения подробных данных по травматизму и профзаболеваниям с разделением травматизма и профзаболеваниям по неделям возникает новая проблема. Она заключается в синхронизации воздействий опасных и вредных факторов, в рамках последовательных интервалов времени, например повторяющихся дважды в месяц, т.е. приблизительно каждые две недели. Для анализа травматизма на производстве эта проблема не имела никакого значения, поскольку результатом воздействия опасных и вредных факторов моментально становится травма той или иной степени. Что же касается профзаболеваний, то здесь проблема оказалась гораздо более сложной. Поэтому, говоря о легких профзаболеваниях, характеризующихся коротким инкубационным периодом, начиная со степени незначительного профзаболевания $T1 < 1$ день трудоспособности и второй степени, слабое профзаболевание, $T2$: 1–2 дня трудоспособности, можно утверждать, что в рамках установленной точности обработки данных исследований, т.е. двухнедельных интервалов, данные этих профзаболеваний прямо синхронизируются с опасными и вредными факторами вызывающими их. Эти два случая представлены на рис. 1 (а и б).

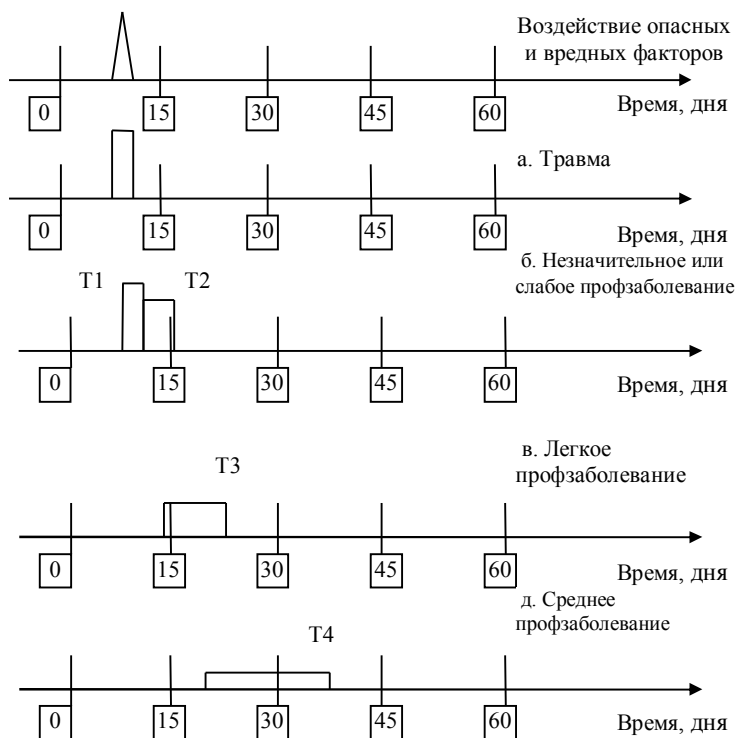


Рис. 1. Временное смещение для легких профзаболеваний

Начиная со степени легкого профзаболевания $T3$: 3-12 дней трудоспособности, возникает проблема отсутствия синхронизации. Как показано на рис.1 (в), в данном случае опасные и вредные факторы, вызывающие развитие профзаболевания, могут привести к его проявлению в рамках текущего временного интервала, в течение двух недель или в рамках следующего временного интервала. С приближением к следующей степени

среднего профзаболевания $T4$: 13-21 день трудоспособности, данная проблема усугубляет ситуацию, что отражено на рис. 3.13 (д).

Данное временное смещение называется интервалом смещения профзаболевания и представляет собой очень сложную задачу, зависящую от множества факторов, среди которых основные факторы, характеризующие профзаболевание само по себе, как острое или хроническое, возраст пациента, природу заболевания, особенности его инкубационного периода и т.д.

Профзаболевания характеризуются различной длиной данного смещения, например, временное смещение для таких профзаболеваний, как вибрационная болезнь, составляет 2-16 лет, поэтому они не могут рассматриваться в рамках данного исследования. Для нехронических заболеваний, особенно связанных с воздействием патогенных микроорганизмов или термальной нагрузкой на тело и органы человека, среднее значение смещения может составлять от 0 до 30 дней. В обратном отсчете от даты постановки диагноза, исходя из временной шкалы проф-заболеваний, или в прямом отсчете, начиная с даты воздействия опасных или вредных факторов, исходя из временной шкалы опасных и вредных факторов, которая является критерием в данном исследовании [1-14].

В исследовании профзаболеваний степенью выше Т3, легкого профзаболевания с 3-12 дней трудоспособности, данное явление проявляется в виде дискретного импульса, как показано на рис. 2 (б), а затем в виде тенденциозно смещенной вероятности профзаболевания, как показано на рис. 2 (в). При этом предполагается временное смещение в размере двух интервалов, т.е. одного месяца, или четырех недель, начиная с даты воздействия опасных или вредных факторов, что говорит о том, что статистические данные по всем профзаболеваниям всех степеней от Т3 и выше смещены вперед во времени на один месяц, а затем перераспределены в виде обратно тенденциозно смещенной вероятности в предполагаемом соотношении, отраженном на рис. 2 (д): так, 60% вероятности появления профзаболевания в рамках текущего смещенного временного интервала, т.е. максимальный эффект опасных или вредных факторов появится во втором интервале после его воздействия, 30% вероятность появления профзаболевания в предыдущем временном интервале, т.е. следующее

возможное появление профзаболевания

ожидается в первом временном интервале после воздействия опасных или вредных факторов, 10%

вероятность появления профзаболевания в предшествующем временном интервале,

т.е. наиболее слабое вероятное появление профзаболевания

ожидается в одном временном интервале с моментом воздействия

опасных или вредных факторов [15-16].

Во избежание дробления каждому случаю

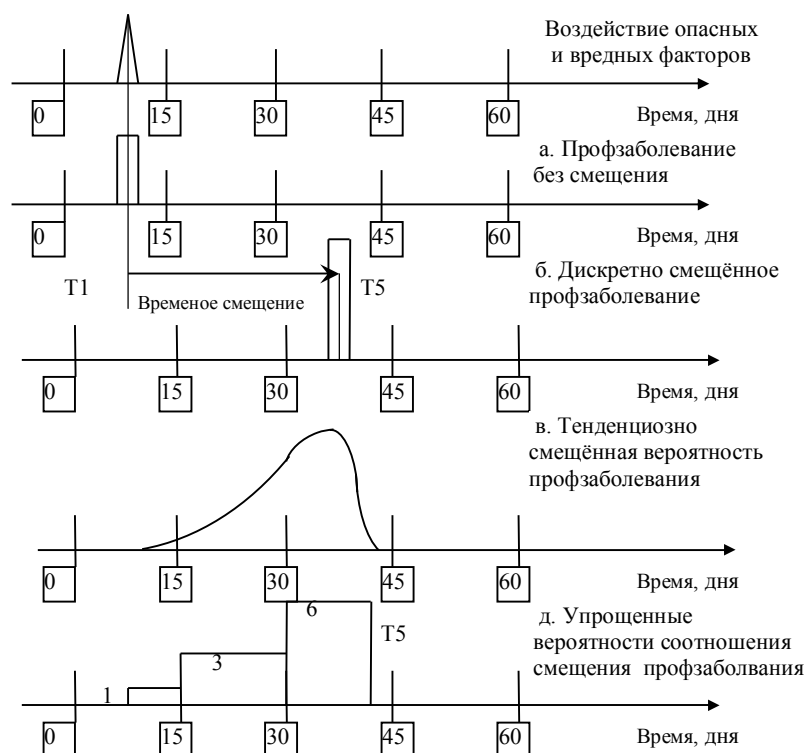


Рис. 2. Временное смещение для тяжелых профзаболеваний и упрощенная вероятность соотношения смещения тяжелых профзаболеваний

травматизма или профзаболеваний присвоено 10 баллов на каждый случай.

Это значение выбрано из соображений упрощения, а временное смещение применяется только при рассмотрении профзаболеваний с периодом нетрудоспособности более 2 дней, т.е. Т3: Легкая травма [12 дней], Т4: Средняя травма [21 день], Т5: Тяжелая травма [61 день], Т6: Очень тяжелая травма [>61 день], Т7: Инвалидность, Т8: Летальная травма, как показано на рис. 2.

Заключение по результатам последнего обсуждения представлено в таблице для общего интервала времени в качестве примера. Каждому временному интервалу длиной в две недели, или пол-месяца, присвоено по 5 баллов, т.е. 10 баллов для каждого месяца, начиная с момента получения первичных данных. Таким образом, первой половине 1-го месяца соответствует временной интервал 0, а второй половине – 5. Один травматизм (или одно профзаболевание) = 10 баллов.

Таблица. Эффект временного смещения степени травматизма или профзаболевания

До временного смещения		После временного смещения	
Для травматизма (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, Т0) и профзаболеваний степени Т1 и Т2			
Временной интервал	Временная матрица травматизма	Временной интервал	Временная матрица травматизма
235	10	235	10
240	0	240	0
245	0	245	0
250	0	250	0
255	0	255	0
Для профзаболеваний степенью выше Т2, т.е (Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8)			
235	0	235	0
240	10	240	1
245	0	245	3
250	0	250	6
255	0	255	0
Для травматизма или профзаболеваний вышеупомянутого случая			
235	10	235	10
240	10	240	1
245	0	245	3
250	0	250	6
255	0	255	0
	и т.д.		и т.д.

Следует упомянуть о возникновении двух граничных проблем, одна из которых заключается в смещении временных интервалов до начала первого интервала в связи с нехваткой данных, т.е. отсутствием данных до начала исследования. Вторая проблема связана с потерей данных за пределами периода исследований и, которые не будут рассмотрены при анализе событий.

Эти проблемы неизбежны для любой выборной временной оси исследования, так как всегда будет присутствовать нехватка данных в начале и

потеря данных в конце. Однако, они никак не влияют на точность настоящей работы, поскольку все показатели реальных травматизма или профзаболеваний исследования лежат вне граничных зон временных интервалов, а показатели исследования средних травматизма или профзаболеваний по своей сути носит аппроксимативный характер.

Выводы: рассмотренный метод временного смещения событий при анализе профессиональных заболеваний позволяет синхронизировать результаты воздействий опасных и вредных факторов, в рамках последовательных интервалов времени и может быть рекомендован, для анализа профзаболеваний на производствах.

В результате разных видов профзаболеваний, которых обладают разными смещенными вероятностями по длительности и характеру, рекомендуются создавать база данных этих профзаболеваний для улучшения процесса анализа и прогнозирования вероятных последствий [16-17].

Список литературы: 1. Workplace Safety and Insurance Board: What is an occupational disease?: [Electronic source]. – 2011. : <http://www.wsib.on.ca/wsib/wsibsite.nsf/public/WhatIsOccupationalDisease>. 2. Answers.com: Occupational diseases: [Electronic source]. – 2011. : <http://www.answers.com/topic/occupational-disease>. 3. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: The difference between the noise deafness of the pitmans and the typical noise-induced hearing loss of the worker in metals: [Electronic source] / Hülse M, Partsch C.J. – 1975. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/127102>. 4. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Degeneration patterns in human ears exposed to noise: [Electronic source] / Johnsson L.G., Hawkins J.E. – 1976. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/999138>. 5. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Delay in medical attention to hand eczema: a follow-up study: [Electronic source] / Hald M, Agner T, Blands J, Johansen J.D. – 2009. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19681880>. 6. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Elemental mercury vapour toxicity, treatment, and prognosis after acute, intensive exposure in chloralkali plant workers. Part II: Hyperchloraemia and genitourinary symptoms: [Electronic source] / Bluhm R.E., Breyer J.A., Bobbitt R.G., Welch L.W., Wood A.J., Branch R.A. – 1992. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1352116>. 7. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Hearing deterioration in professional divers: an epidemiologic study: [Electronic source] / Molvaer O.I, Albrektsen G. – 1990. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2356593>. 8. U.S. National Library of Medicine: MedlinePlus Trusted Health Information for You: Occupational health: [Electronic source]. – 2010. : <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/occupationalhealth.html>. 9. U.S. National Library of Medicine: MedlinePlus Trusted Health Information for You: Stress: [Electronic source]. – 2011. : <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/stress.html>. 10. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Reciprocal relations between effort-reward imbalance at work and adverse health: a three-wave panel survey: [Electronic source] / Shimazu A, de Jonge J. – 2009. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18980788>. 11. Scholar universe: A multi-group cross-lagged analyses of work stressors and health using Canadian National sample: [Electronic source] / Ibrahim S., Smith P., Muntaner C. – 2009. : <http://www.scholaruniverse.com/profiles/people/5B3C75D1AC1BA51900AB182C979D350C?h=multi%20group%20cross%20lagged%20analyses%20work%20stressors%20health%20using%20canadian%20national%20sample>. 12. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Tactile perception in hands occupationally exposed to vibration: [Electronic source] / Brammer A.J., Piercy J.E., Auger P.L., Nohara S. – 1987. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2821102>. 13. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: Trapezius muscle activity as a risk indicator for shoulder and neck pain in female service workers with low biomechanical exposure: [Electronic source] / Westgaard R.H., Vasseljen O., Holte K.A. – 2001. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11219764>. 14. U.S. National Library of Medicine: National Institute of Health: occupational diseases time lag:

[Electronic source]. – 2010. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=occupational%20diseases%20time%20lag&itool=QuerySuggestion>. 15. В.В. Березуцкий, В.В. Макаренко, Радван Арафа Биссиуни. Анализ производственного травматизма на трубопрокатном участке с применением статистического метода. – Харьков: Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – № 30. – С. 73–78. 16. В.В. Березуцкий В.В., С.Е. Гардер, В.В. Макаренко, Радван Арафа Биссиуни. Анализ и математическое описание травм на трубопрокатном участке. – Харьков: Вестник НТУ «ХПИ». – 2009. – №15. – С. 14–20. 17. Радван Арафа Биссиуни. Анализ профзаболеваний с учетом временного смещения событий: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції, «Безпека людини у сучасних умовах», 2–3 грудня 2010 р. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – С. 257–259.

Поступила в редколлегию 29.08.2011

УДК 661.961.1

Б. А. ТРОШЕНЬКИН, докт. техн. наук, ИПМаш Украины, Харьков
Н. Н. ЗИПУННИКОВ, канд. техн. наук, НТУ „ХПИ”, Харьков
В. Б. ТРОШЕНЬКИН, канд. техн. наук, ИПМаш Украины, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОНОМНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МАГНИЯ И АЛЮМИНИЯ

Исследован процесс вытеснения водорода из воды с использованием сплавов на основе магния и алюминия. Изучен характер изменений температуры в ходе реакции. Установлено влияние концентрации серной кислоты и щелочной среды на взаимодействие сплавов с водой.

Досліджено процес витискання водню з води із використанням сплавів на основі магнію та алюмінію. Вивчено характер змін температури у ході реакції. Встановлено вплив концентрації сірчаної кислоти та лужного середовища на взаємодію сплавів з водою.

Process of replacement of hydrogen from water with use of alloys based on magnesium and aluminium is researched. Character of change of reaction temperatures is investigated. Influence of concentration of a sulfuric acid and the alkaline environment on reaction of alloys with water is established.

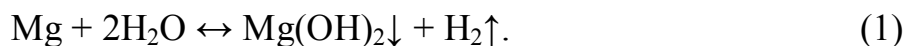
Введение. По мере истощения естественных запасов топлива (природный газ, нефть, уголь) основным энергоносителем станет водород. На автономных объектах, в частности на метеостанциях и аэрологических обсерваториях, применяют силиколевый способ получения водорода из воды. Для этого используют выпускаемый промышленностью сплав ферросилиция (ФС 75) [1]. Совершенствование процесса газогенерирования заключается в подборе сплавов, более эффективно взаимодействующих с водой.

Постановка задачи. Ранее были исследованы кинетические и термодинамические закономерности взаимодействия с водой сплавов ферросиликоалюминия (ФСА) полученных из неорганической части низкокалорийных углей [2], алюминиевых сплавов (А98КаМг и АВ86) в состав которых входят примеси магния и сплавов ферросилиция с добавками бария и кальция (ФС 75 Ба1, ФС 75 Ба4, ФС 90 Ба4, ФС 90) [3].

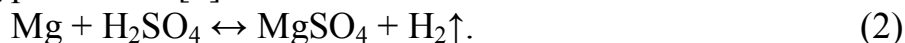
В настоящей работе изучен процесс взаимодействия с водой следующих сплавов (масс. %): МПФ - Mg - 99.5, Fe - 0.35, Si - 0.15 (ГОСТ 6001-79); А85Л10 - Al - 85 %, Li - 10 %, Fe - 5 %.

Основные кинетические исследования проведены в металлическом реакторе

($V_p = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$). Магний начинает разлагать воду при температуре более 100°C , вследствие образования малорастворимого гидроксида магния по уравнению (1) [4]



Так как растворы щелочей с магнием практически не взаимодействуют, опыты проводили с раствором серной кислоты различной концентрации с получением водорода по уравнению [4]



Численные результаты и их обсуждение. Основные результаты исследований химической активности сплава МПФ представлены в табл. 1 и на рис. 1. Номера опытов табл. 1 соответствуют номерам кривых на рис. 1.

Таблица 1. Зависимость скорости выделения водорода и полноты реакции сплава МПФ от кон-центрации кислоты и температуры. Дисперсный состав $(0,15 - 0,6) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $m = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

№ о п ы т а	Концентр ация кислоты, %	Начальная температу ра реакции, $^\circ\text{C}$	Время реакции, $\tau \cdot 10^{-3}, \text{ с}$	Максимальная скорость выделения водорода		Полнота реакции, α_t
				$W \cdot 10^3,$ $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$	$W \cdot 10^5,$ $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	
1	2,5	110	0,3	18,6	45,9	0,67
2	5		0,18	24,5	60,5	0,96
3	7,5		0,14	46,3	114,4	0,97
4	10		0,012	85	210	0,99

Сравнение данных показывает, что при увеличении концентрации серной кислоты от 2,5 до 10 % скорость реакции возрастает в 4,5 раза и полнота реакции достигает своего максимума $\alpha_t = 0,99$.

Опыты со сплавом на основе алюминия с добавкой лития (А85Л10) проведены с водой и водным раствором едкого натра при различной начальной температуре. Результаты исследований приведены в табл. 2 и на рис. 2.

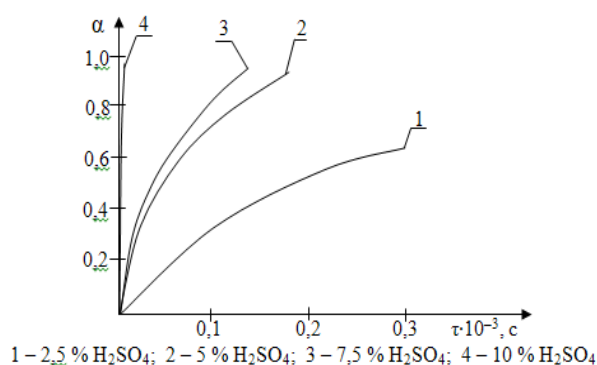
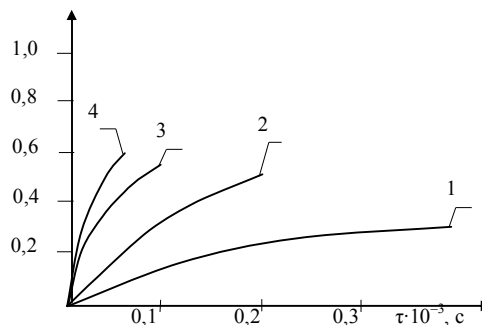


Рис.1. Зависимость полноты реакции от времени τ , при различной концентрации серной кислоты и температуре 110°C для



1 - $t_H = 40^\circ\text{C}$, вода; 2 - $t_H = 90^\circ\text{C}$, 10 % NaOH ; 3 - $t_H = 130^\circ\text{C}$, 10 % NaOH ; 4 - $t_H = 130^\circ\text{C}$, 13,3 % NaOH

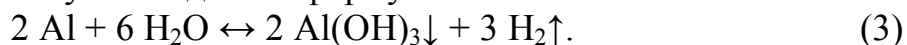
Рис. 2. Зависимость полноты реакций сплава А85Л10 от времени τ при различной температуре и

Таблица 2. Зависимость скорости выделения водорода и полноты реакции сплава А85Л10 от концентрации щелочи и температуры. Дисперсный состав $0,63 \cdot 10^{-3}$ м, $m = 5 \cdot 10^{-3}$ кг

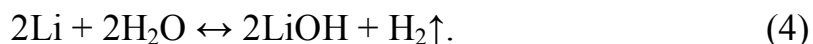
№ опыта	Концентрация щелочи, %	Начальная температура реакции, °С	Время реакции, $\tau \cdot 10^{-3}$, с	Максимальная скорость выделения водорода		Полнота реакции, α_r
				$W \cdot 10^3$, м ³ /(кг·с)	$W \cdot 10^5$, м ³ /(м ² ·с)	
2	10	90	0,2	3,2	5,5	0,54
3	10	130	0,1	7,6	13,1	0,57
4	13,3	130	0,07	8,5	14,6	0,6

Из представленных данных видно, что увеличение начальной температуры реакции сплава А85Л10 с 90 до 130 °С приводит как к увеличению полноты реакции, так и к значительному возрастанию скорости вытеснения водорода из воды - почти в три раза (табл.2).

Алюминий взаимодействует с водой по формуле



Процесс взаимодействия лития с водой сопровождается образованием щелочной среды



Данное обстоятельство позволяет разрушить образовавшийся гидроксид алюминия, который интенсивно поглощает воду и препятствует развитию реакционной поверхности.

Выводы. Исследован процесс получения водорода из воды с использованием сплавов на основе магния и алюминия.

При работе со сплавами на основе магния постепенное увеличение концентрации серной кислоты позволяет значительно увеличить скорость реакции и объем выделившегося водорода.

Наличие щелочных металлов в сплавах на основе алюминия при взаимодействии с водой приводит к образованию щелочной среды, что позволяет интенсифицировать процесс выделения водорода.

Удешевление процесса образования водорода возможно за счет получения необходимых сплавов из углеотходов, в составе которых присутствуют примеси Mg (1-10 %) и Li (1-5 %) [5]. Поэтому исследование реакционной способности магния и лития в составе различных сплавов имеет большую перспективу.

Список литературы: 1. Инструкция по безопасной эксплуатации баллонных газогенераторов АВГ-45 и баллонов с водородом. - М.: Гидрометеиздат, 1978. - 32 с. 2. Трошенский В. Б. Совершенствование процесса и реактора для производства водорода из воды при помощи сплавов, получаемых из неорганической части углей/Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Х.: ХГПУ, 1999. - 17 с. 3. Зипунников Н. Н. Разработка процесса получения водорода из воды с использованием сплавов на основе кремния и алюминия/Н. Н. Зипунников, В. Б. Трошенский/Интеграція технологій та енергозбереження. - 2008. - № 3. - С. 51 - 55. 4. Глинка Н. Л. Общая химия. Учебное пособие для вузов/Под ред. В. А. Рабиновича. - Л.: Химия, 1983. - 704 с. 5. Справочник по содержанию малых элементов в товарной продукции угледобывающих и углеобогащающих предприятий Донецкого бассейна. - Днепропетровск: Укр. Гос. Ин-т минеральных ресурсов ДЮ, 1994. - 187 с.

УДК 619:614.44

С.І.ЯКУШКО, канд. техн. наук, доцент СумДУ, Суми

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГРАНУЛЮВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ СУСПЕНЗІЇ У КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

Доказанные преимущества органо-минеральных удобрений. На основе проведенных исследований установлен механизм и режимы роста гранул органической суспензии в кипящем слое. Сформульована физическая модель процесса.

Доведені переваги органо-мінеральних добрив. На основі проведених досліджень встановлено механізм та режими росту гранул органічної суспензії у киплячому шарі. Сформульована фізична модель процесу.

Led to advantages of organic fertilizers. On the basis of the conducted researches a mechanism and modes of growth of granules is set in a boiling layer. Formulated physical model of process.

В умовах тривалої економічної кризи виробництво та раціональне використання добрив є надзвичайно актуальним для агропромислового комплексу, а для аграрної науки – поштовхом для пошуку енерго- і природозберігаючих технологій виробництва і використання добрив. Реально зменшити напругу в забезпеченні рослинництва мінеральними добривами можна за рахунок переробки та використання відходів сільськогосподарського виробництва. Саме тому для підвищення енергетичної ефективності виробництва продукції сільського господарства потрібна розробка енергозберігаючих і екологічнобезпечних технологій з максимальним використанням вторинних і відновлюваних джерел енергії (біогаз), які можна отримати з відходів тваринництва, птахівництва, рослинництва та переробної промисловості. Тільки у сільському господарстві країни за рік накопичується понад 60 млн. т сухої речовини відходів, з яких можна отримати 12 млрд. м³ біогазу, що еквівалентно 10 млн. тонн умовного палива, та 10 млн. т органічних добрив, або переробити їх на 45 млн. тонн нових видів сухої речовини.

Практичною реалізацією поставлених завдань є створення дієвих конкурентоспроможних установок ефективної внутрішньогосподарської утилізації вторинних продуктів тваринництва, рослинництва і комунального господарства. До них відносяться як суто біогазові установки, так і установки для комплексної утилізації органічних відходів різного походження.

Біоенергетичний аналіз показує [1], що органічні та органо-мінеральні системи добрив позитивно впливають на накопичення енергії в дерново-підзолистих ґрунтах щорічно в межах 2—6 ГДж/га. На чорноземі опідзоленому 12 т/га гною разом з мінеральними туками стабілізує енергетичний стан ґрунту. Відомо [2], що родючість ґрунту – основа життя та розвитку суспільства. Збереження родючості ґрунтів та її підвищення є тим вирішальним фактором, від якого залежить рівень функціонування всіх сфер сільськогосподарського

виробництва, переробної промисловості, кількість та якість вироблених продовольчих товарів, а відтак і продовольча безпека України.

Відомо [1], що мінеральні добрива хоча і стабілізують продуктивність сівобігу, але цей вплив нестійкий. На відміну органічна система з високою дозою гною (24 т/га) та органо-мінеральні добрива, які забезпечують бездефіцитній або позитивний баланс гумусу та біогенних елементів, навпаки щорічно підвищують продуктивність на 1—3 ц к.од./га. Таким чином, продуктивність ріллі поступово та закономірно підвищується при систематичному використанні збалансованих органо-мінеральних добрив.

Починаючи з 30-х років практично всі добрива випускають у гранульованому вигляді. Тенденція до збільшення виробництва гранульованих добрив обумовлена їх безперечними перевагами у порівнянні з порошкоподібними добривами. Гранульовані добрива мають кращі фізичні і агрохімічні властивості – вони не порошать, в результаті чого поліпшуються умови праці при виробництві і застосуванні, знижуються втрати при транспортуванні, зберіганні і внесенні в ґрунт. До того ж гранульовані добрива мають підвищену сипкість і щільність, менше схильні до злежуваності і стирання, вузький гранулометричний склад і невелику кількість дрібної фракції з розміром часток до 1 мм, що забезпечує можливість їх транспортування та зберігання навалюванням [3]. У гранульованих добривах досягається рівномірне розподілення основних поживних речовин і мікроелементів, що значно підвищує їх агрохімічну ефективність. Гарна рухомість гранульованого матеріалу полегшує його пневмотранспорт, дозування, пакування, автоматизацію і механізацію виробничих процесів, навантажувально-розвантажувальні роботи.

Гранульовані добрива більш ефективно використовуються рослинами, оскільки повільніше вимиваються ґрунтовими водами і менше деградують у ґрунті внаслідок меншої поверхні контакту з її компонентами; потребують менших затрат на їх транспортування, зберігання і внесення у ґрунт [4]. Продуктивність праці при внесенні гранульованих добрив підвищується у 1,5 – 2 рази.

Окрім перерахованих вище переваг гранулювання сприяє також можливості внесення добрив у ґрунт, що запобігає їх вимиванню та поступовому розкладанню. Для цього розроблена відповідна техніка, за допомогою якої можна вносивити одночасно насіння та добрива (при посадці), так і окремо добрива під час підживлення рослин.

На відміну від мінеральних, органічні добрива і досі вносяться або шляхом розкидування по полях з подальшим заорюванням (тверді добрива, перегній, тощо), або шляхом розбризкування по полям мобільними цистернами (рідкі добрива). Але для забезпечення мінімальних втрат азоту необхідно використовувати спеціальне обладнання для внесення на поля як рідкої, так і твердої фракції [5, 6].

Однак поверхнєве внесення добрив без загорнення менш ефективне, ніж інші способи внесення. Особливу турботу при загортанні потребують рідкі добрива, що містять азот у рухомій формі. Тому внесення повинно проводитися за допомогою інжекторних машин в рядки. Однак внаслідок механічного

пошкодження коренів, розчини під тиском непридатні для удобрення озимих зернових весною. За цієї ж умови неможна рекомендувати багатократне удобрення ними сінокосів і пасовищ на протязі року.

Вважається, що ґрунти, які піддалися тривалій систематичній дії рідких органічних добрив, поступово стають непридатними для зростання більшості вищих рослин. Рекультивация подібних територій за допомогою звичайних технологій, типу екскавації, вимагає значних матеріальних витрат, тому більшість таких земель залишається покинутими, виведеними з сільськогосподарського використання [7]. Ненормоване застосування рідких органічних добрив може негативно відобразитися на стані навколишнього середовища: порушити процеси саморегуляції родючості ґрунту, викликати засолювання, деградацію структури ґрунту, хімічне і біологічне забруднення. Засолювання ґрунтів, що деградували від застосування рідкого гною, відбувається не тільки за рахунок натрію, але і завдяки надходженню в ґрунт надмірних кількостей з'єднань поживних макроелементів - амонію, нітратів, фосфатів, калію.

Постановка завдання.

Комплексна переробка рідкого гною або посліду потребує розробки технології їх переробки з одержанням гранульованих органічних або органо-мінеральних добрив. Причому доцільно в результаті переробки одержувати гранульовані добрива, бо вся сільгосптехніка пристосована для внесення гранульованих добрив. Найчастіше розмір гранул дорівнює 2 – 4 мм, тому і органо-мінеральні добрива повинні бути в цих межах. На даний час вивчені, розроблені і використовуються у виробництві різні схеми гранулювання із застосуванням різних по конструкції і за принципом дії апаратів [4].

Процес гранулювання достатньо складний і залежить від багатьох факторів – конструкції гранулятора, технологічного режиму, властивостей вихідних компонентів, тощо. Причому апаратурне оформлення процесу в основному і визначає всю технологічну схему виробництва, його економіку і якість продукту.

В залежності від методу гранулювання гранули можуть мати правильну або неправильну форму; кращою формою є близька до сферичної, без виступаючих на поверхні нерівностей, що зводить до мінімуму їх стирання з утворенням пилу.

Грануляцію органіки виконують різними способами. Самим розповсюдженим є грануляція у барабанних грануляторах-сушилках. Таким чином гранульовані органо-мінеральні добрива (ГОМД) одержує фірма «Гармонія» (США). Згідно розробленої технології гній підсушують, змішують з добривами і карбамідо-формальдегідним концентратом (КФК), підсушують і гранулюють [8]. Одержуване таким чином добриво досить цінне, але третина органіки все ж втрачається; обладнання дороге, а сушка у барабанних грануляторах-сушилках потребує до 500 кг палива на видалення кожної тонни вологи.

Професором І.А. Архипченко (ВНІСХМБ) розроблений анаеробно-аеробний спосіб біоферментації сировини у вигляді свинячого та коров'ячого гною, або пташиного посліду. Підготовлену сировину сушать та гранулюють. Можлива добавка поживних компонентів. Готовий продукт більш цінний і біоактивний,

ніж європейські аналоги, і набагато дешевший. Втрати органіки становлять третину. Проте сушарки споживають дуже багато енергії.

Рентабельна технологія одержання органо-мінеральних добрив (ОМД) Башкирського інженерного центру обробки органіки (БІЦОР), розроблена за ініціативою О.В. Тарханова. Вже у 1995 році дослідна установка видала перші тонни ОМД. Принцип його приготування абсолютно інший, ніж у гранульованих органічних добрив (ГОД). Підсушений гній стерилізується формаліном, а його органіка консервується. Потім, за певних умов, додається сечовина. Продукти поліконденсації формальдегіду і сечовини перевершують звичайні азотні добрива: вони діють дуже повільно, зменшують втрати азоту, виділяють CO_2 і стимулюють ґрунтову мікрофлору. Оброблений субстрат швидко сушиться в установці "киплячого шару" і гранулюється. При цьому спосіб сушки, розроблений авторами, приблизно на порядок економічний за традиційні. На отримання тонни ОМД витрачається всього 100 кг палива і 100 кВт енергії [8].

Великий практичний інтерес представляють методи поліпшення якості добрив, які значно не ускладнюють технологічний процес їх виробництва і не потребують використання дефіцитних і дорогих реагентів і кондиціонуючих домішок.

Традиційний спосіб гранулювання включає устрій гранулювання вологої біомаси видавлюванням, сушку і просіювання гранул по фракціям. Гранулятор представляє собою циліндричний корпус з камерою завантаження і філ'єрною решіткою. В середині корпуса розташований шнек, обладнаний насадками для вирівнювання тиску. Шнек обертається за допомогою електромеханічного привода. В зоні завантаження шнека встановлені два призматичних валка-нагнітача, які забезпечують рівномірне подавання продукту в зону шнека. Невелика довжина шнека, наявність роторного нагнітача забезпечують високу продуктивність і ефективну переробку продукту у широкому діапазоні властивостей.

Для одержання гранул заданої довжини, гранулятори обладнані пристроєм для різання джгутів. Устрій кріпиться на поворотній платформі із зовнішньої сторони філ'єри і обертається від електродвигуна з регульованою частотою обертів.

Аналогічним способом формуються гранули в грануляторах типу ОГМ. Основним робочим елементом є матриця, за допомогою якої утворюються гранули розміром 6, 8, 10 мм. Органічна маса потрапляє у камеру для пресування, захвачується кільцевою матрицею, що обертається, і роликами, і під тиском продавлюється через філ'єри у вигляді сформованих гранул.

Проведення досліджень.

Дослідження процесу гранулювання рідкої органічної сировини проводилося на лібораторній установці гранулювання у завислому шарі (див. рис. 1), до складу якої входять камера 1, виконана з органічного скла діаметром 180 мм. Знизу встановлена розподільча решітка 2 з отворами діаметром 2,5 мм у кількості 348 штук. Під решітку через електрокалорифер 4 подавалося гріяче повітря за допомогою газодувки 3. Температура під решіткою змінювалася у межах від 0 до 350⁰С.

В якості органічного матеріалу використовували пташиний послід, який подавався на пневмофорсунку 5 з мірного бачка 6. Перед подачею у киплячий шар послід подрібнювався у млині 7. Розпилювання у киплячий шар здійснювалося пневмофорсункою 5 за допомогою повітрядувки 8 (пилососа).

Гранульований матеріал постійно відбирався з рівня решітки 2 і відводився у сепаратор 9, в якому відбувалася пневмосепарція за допомогою газодувки 10. Дрібні гранули та пил по трубопроводу 12 поверталися у гранулятор 1, а товарна фракція накопичувалася у збірнику 11 і виводилася з процесу.

Вихідні гази після гранулятора проходили очищення від пилу у сепараторі 13. Пил повертався у гранулятор через сепаратор 9.

У ході досліджень контролювалися такі параметри як витрати повітря та суспензії, температура повітря під решіткою та у киплячому шарі, вологість суспензії.

Досліди проводилися наступним чином.

На решітку вводилася затравка у вигляді дрібних органічних гранул. Під решітку подавалося повітря у кількості, яке забезпечувало стійкий киплячий шар гранул. Після цього у киплячий шар починали вводити суспензію за допомогою форсунки. Частину гранул постійно вивантажували з рівня решітки і сепарували. Товарну фракцію гранул розміром більше 2,5 мм виводили з процесу, а дрібні гранули повертали у киплячий шар.

На рис. 2 показаний зовнішній вигляд одержаних гранул.



Рис. 2. Загальний вигляд гранул органічного добрива, одержаних в грануляторі псевдозрідженого шару

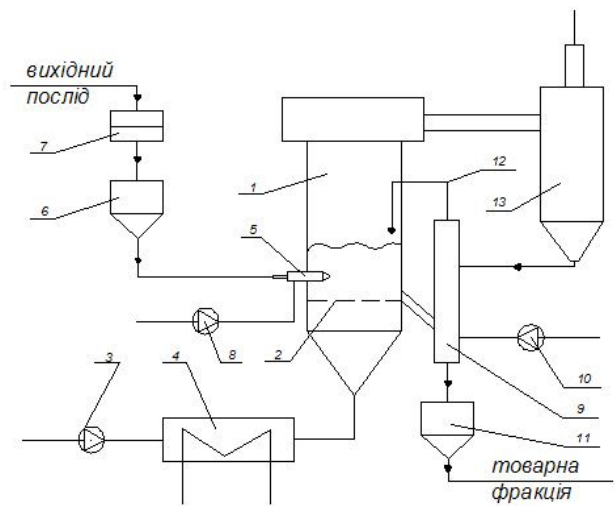


Рис. 1 – Схема дослідної установки:
1 – гранулятор; 2 – решітка; 3, 8, 10 – газодувка; 4 – калорифер; 5 – пневмофорсунка; 6 – мірний бачок; 7 – млин; 9 – сепаратор; 11 – збірник; 12 – трубопровід; 13 – циклон

Особливістю гранулювання органічної речовини є напilenня на поверхню гранул не розчину, як це відбувається у випадку гранулювання мінеральних добрив, а суспензії, яка представляє собою неоднорідну гетерогенну суміш твердих частинок, що становлять дисперсну фазу, з рідкою фазою (дисперсійним середовищем), що є водним розчином солей, кислот і лугів. Фракційний склад твердих (зважених) частинок різноманітний і змінюється залежно від виду і віку тварин,

кормового раціону і попередньої обробки (перемішування, переміщення, тощо) компонентів, що входять до його складу.

Тверді частинки в свинячому гної складають 70-75 % від всієї маси сухої речовини, а у гної великої рогатої худоби - близько 60 % [9]. Суспензія містить багато колоїдних частинок, що створюють в'язку структуру, седиментація яких протікає вкрай повільно. Густина сухої речовини складає 1300 кг/м^3 , а зважені частинки на 75-80 % складаються з води і мають густину $1050-1060 \text{ кг/м}^3$. Це усереднені дані, насправді густина рідкої фази різних видів тварин неоднакова. Особливу трудність представляє переробка підстилкового гною через знаходження в екскрементах різних підстилкових матеріалів (солома, тирса, торф, тощо).

Спочатку задачею дослідження була перевірка, чи відповідає гіпотеза поверхневого «нормального», тобто пошарового росту гранул, прийнята для опису процесів гранулювання у киплячому шарі, при гранулюванні такого органічного матеріалу, як послід.

Встановлено, що механізм росту гранул не завжди відповідає прийнятій гіпотезі. Аналіз зрізів гранул показав, що мають місце три види росту гранул: однобічний, оболонковий з вкрапленнями, нерівномірний.

Найбільш вагомим фактором, що впливає на кінетику росту гранул, є характер взаємодії між краплями суспензії та гранулами. Як показано у роботі [10], не можна апріорно приймати рівномірне розтікання плівки по поверхні гранули.

В залежності від різниці температур між зоною перегріву (прирешіточна зона) и зоною охолодження (зона введення суспензії) можна виділити чотири характерні режими сушки та гранулювання органічної речовини при подачі суспензії у киплячий шар (див. рис. 3). При температурі шару в межах $40-50^{\circ}\text{C}$ крапля суспензії не розтікається по поверхні гранули, а закріплюється з однієї сторони гранули, утворюючи при висиханні міцний нарост, який за своїми розмірами відповідає розмірам краплі (див. рис. 3.1). При підвищенні температури шару до $60-65^{\circ}\text{C}$ крапля суспензії спочатку розтікається, але не повністю, бо починає інтенсивно випаровуватися рідина, утворюючи при висиханні тонкий міцний сухий шар, над поверхнею якого виступають вкраплені грудки різного розміру та форми, які містяться у вихідній суспензії (див. рис. 3.2). Подальше підвищення температури шару ($> 70^{\circ}\text{C}$) призводить до утворення нерівномірної поверхні з глибокими тріщинами (див. рис. 3.3). Аналіз утворених поверхонь показує, що окремі зони міцно зчепляються з поверхнею гранул, а інші легко сколюються, утворюючи нові мікрогранули, тобто відбувається зародкотворення. При дуже високій температурі (100°C і більше) відбувається часткове висушування суспензії в об'ємі, коли вона ще не досягла поверхні гранули. Це призводить до утворення пилу, який складається з дуже дрібних часток

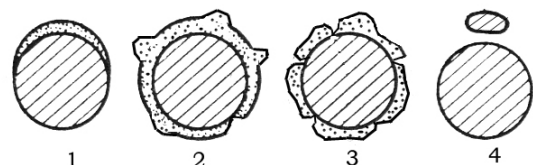


Рис. 3 – Режимы роста гранул
1 – однобічний; 2 – оболонковий із вкрапленнями; 3 – нерівномірний з тріщинами; 4 - з утворенням нових центрів грануляції

різного розміру та форми (див. рис. 3.4).

Одержані результати дозволили зробити висновок, що безперервний процес гранулювання органічної речовини у киплячому шарі з постійним вивантаженням гранул заданого розміру можливий за умов підбору певного технологічного режиму. При цьому нові центри грануляції утворюються як безпосередньо з суспензії, яка розпилюється, так і за рахунок зколювання певних часток з поверхні великих гранул.

Сформулюємо фізичну модель процесу. Специфіка киплячого шару при гранулюванні органічної речовини складається з багаторазового змінення температури на поверхні гранул, яке відбувається таким чином. У прирешіточній зоні гранула обдувається гарячим повітрям і має температуру, близьку до температури повітря. Потім гранула потрапляє в зону зрошення, яку утворює пневмофорсунка шляхом розпилювання суспензії. При цьому гранула в більшому або меншому ступені покривається шаром суспендованої рідини і різко змінює температуру на значно меншу. Гранула стає важкою і знову опускається у прирешіточну зону, де контактує з потоком гарячого повітря, завдяки чому відбувається інтенсивне висушування рідини - плівка рідини випаровується «міттево» - так званий процес «вибухового» кипіння. Вода або розчин випаровується, а на поверхні гранули утворюється шар сухої органічної речовини, збільшуючи завдяки цьому об'єм і діаметр гранули.

Далі процес повторюється.

У киплячому таким чином шарі гранул має місце процес гідрокласифікації, який полягає у тому, що відбувається розшарування гранул за розміром. При цьому внизу зосереджуються великі гранули, вище – гранули меншого розміру, а зверху киплячого шару – дрібні гранули.

Це дає змогу виводити з процесу гранули заданого розміру, встановлюючи відбір гранул на сепарацію з рівня решітки. Після класифікації дрібні гранули знову повертаються у киплячий шар.

За цих умов в апараті знаходиться полідисперсний шар часток, який характеризується більшою рівномірністю і однорідністю. Псевдозрідження полідисперсного шару відбувається більш плавно [11].

Збільшення розміру гранул при напилуванні на його поверхню зрідженого матеріалу залежить від сил зчеплення матеріалу з поверхнею гранули. Цьому сприяє ряд факторів. По-перше, це шорсткість поверхні гранули. Як зазначено вище, органічний матеріал має досить шорстку поверхню, що сприяє хорошему зчепленню матеріалу. По-друге, це властивості напилуваного матеріалу. У нашому випадку напилуваним матеріалом є суспензія, яка включає рідину та частки органічного матеріалу різного розміру. Особливе значення має співвідношення у розпиленних краплях рідкої та твердої фаз [12], оскільки співвідношення фаз у краплі протягом її руху у факелі безперервно змінюється. Це пов'язано із зміною у краплі вологості і температури. Чим менше рідкої фази у вихідній суспензії, тим нижче адгезійна здатність крапель у зоні зрошення і тим більше вірогідність утворення нових часток у шарі. При великому співвідношенні рідкої та твердої фаз крапля гарантовано долітає до поверхні гранули і в тому чи іншому ступені зчеплюється з її поверхнею. При невеликому співвідношенні є

велика вірогідність, що крапля почне висихати ще у польоті, утворюючи при цьому нові центри грануляції.

Висновки

1. Встановлено механізм росту гранул органічної суспензії у киплячому шарі.
2. Визначені чотири режими росту гранул, характерні для гранулювання органічної суспензії у киплячому шарі.
3. Сформульована фізична модель процесу.
4. Обґрунтовано застосування безперервного процесу гранулювання органічної суспензії киплячому шарі з постійним вивантаженням гранул заданого розміру.

Список літератури: 1. *Тарарико Ю.А.* Научные основы рационального использования агроресурсного потенциала территории в различных почвенно-климатических условиях Украины. - ЭИ «Агро Мар» - Сельскохозяйственный отраслевой сервер Agromage.com. - URL=<http://agromage.com/plant.php>. 2. *Мартиненко В.М., Голоха В.В., Иванов В.П.* Органічні добрива в землеробстві сумщини. – Суми, Вид-во «Мрія», 2006 – 23 с. 3. *Класен П.В., Гришаев И.Г.* Основы техники гранулирования. – М.:Химия, 1982. – 272 с. 4. *Кочетков В.Н.* Гранулирование минеральных удобрений. – М.:Химия, 1975. – 224 с. 5. Kuratorium fur Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Die neue Düngverordnung, HRSG: AID-Informdienst e.V., Heft Nr. 2007, 64 S. 6. *Laber H* 2002 Kalkulation der N-Düngung im ökologischen gemüsebau. Schriftenreihe der Sächsischen landesanstalt fur Landwirtschaft 7, 1-77. (33). 7. *Флесс Н.А.* Фиторемедиация почв, подвергшихся загрязнению в результате применения жидких органических удобрений : диссертация... кандидата биологических наук : 06.01.04 Москва, 2007 187 с. РГБ ОД, 61:07-3/938. 8. *Курдюмов Н. И.* Экономика земледелия без иллюзий. - URL=<http://subscribe.ru/archive/country.ua.embiotech/200604/27202504.html> (65). 9. *Дубровский В.С., Виестур У.Э.* Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с. 10. *Тодес О.М., Каганович Ю.Я., Налимов С.П. и др.* Обезвоживание растворов в кипящем слое. – М., Металлургия, 1973 – 288 с. 11. *Гельперин Н.И., Айништейн В.Г., Кваша В.Б.* Основы техники псевдооживления. – М., Химия, 1967. – 664 с. 12. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений/*М.Б.Генералов, П.В.Класен, А.Р.Степанова и др.* – М., Машиностроение, 1984. – 192 с.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

УДК 621.923.752

Л.А. ЖУРАВЛЕВА, м.н.с., ВНУ им. В.Даля, Луганск

В.В. ЯКОВЕНКО, докт.техн.наук, проф., зав.каф., ВНУ им. В.Даля, Луганск

С.Е. ДЗЕЙ, асп., ВНУ им. В. Даля, Луганск

РЕГУЛИРОВАНИЕ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВИБРОСТАНКА

Рассмотрены вопросы регулирования циркуляционного движения рабочей среды путем регулирования угловой скорости электропривода станка.

Ключевые слова: покрытие, рабочие тела, рабочая среда, электропривод станка, регулирование скорости, асинхронный двигатель, виброобработка.

Розглянуто питання регулювання циркуляційного руху робочого середовища шляхом регулювання кутової швидкості електроприводу верстата.

Ключові слова: покриття, робочі тіла, робоче середовище, електропривід верстата, регулювання швидкості, асинхронний двигун, віброобробка.

The problems of regulation of the circulation movement of the working environment by controlling the angular velocity of the electric machine.

Key words: coverage, working the body, working environment, electric machines, variable speed, induction motor, vibration treatment.

Механическая энергия и химические реакции уже более трех десятилетий используются при комбинировании методов обработки поверхности и нанесения покрытий. Вибрационные механохимические покрытия являются неотъемлемой частью комбинированных методов обработки. Интерес этого направления возрастает в связи с созданием новых видов изделий, возникновением новых требований к качеству поверхности и коррозионной стойкости, для удовлетворения которых традиционные пути не всегда оптимальны [1]

Цель работы - обеспечить нанесение качественного покрытия за счет регулирования угловой скорости электропривода вибростанка.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить основные показатели регулирования угловой скорости электропривода.
2. Разработать схему регулирования скорости двигателя вибростанка с частотный управлением.

Формирование защитного покрытия при вибрационном механохимическом нанесении происходит за счет прямых и косых ударов рабочих тел. В работе [2] установлено, что при механохимическом вибрационном способе нанесения покрытия протекают одновременно два противоположных процесса нанесения и снятие покрытия, что связано с воздействием прямых или косых ударов. Из

приведенных данных вытекает, что для обеспечения нанесения качественного покрытия необходимо производить регулирование циркуляционного движения рабочей среды. Это возможно осуществлять путем регулирования угловой скорости электропривода вибростанка.

Технологический процесс нанесения металлического покрытия и процесс вибрационной обработки требует изменения частоты колебаний контейнера в диапазоне от 15 до 75 Гц. Существующий электропривод вибровозбудителей имеет постоянную угловую скорость. Вибровозбудитель жестко связан с контейнером и частота колебаний контейнера изменяется путем соответствующего подбора диаметра шкивов клиноременной передачи от электродвигателя к вибровозбудителю. Такой способ изменения частоты колебаний контейнера непригоден для нанесения цинкового покрытия в процессе виброобработки деталей, так как требует прерывания технологического процесса и занимает недопустимо большое время.

Поэтому электропривод вибростанка должен иметь регулировку частоты вращения.

Регулированием скорости называется принудительное изменение скорости электропривода в зависимости от требований технологического процесса. Регулирование скорости осуществляется дополнительным воздействием на приводной двигатель; оно может быть произведено вручную или специальным автоматическим устройством.

Диапазон регулирования угловой скорости определяется отношением возможных установившихся скоростей; максимальной $\omega_{\max}$ к минимальной $\omega_{\min}$

$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} \quad (1)$$

При заданной точности регулирования для установленных пределов изменения момента нагрузки и других возмущений. Для вибростанков, предназначенных наносить металлические покрытия, диапазон равен 5/1.

Плавность регулирования характеризует скачок скорости при переходе от данной скорости к ближайшей возможной. Плавность тем выше, чем меньше этот скачок. Плавность регулирования оценивается коэффициентом плавности регулирования, который находится как отношение двух разных значений угловых скоростей при регулировании

$$\varphi_{пл} = \frac{\omega_i}{\omega_{i-1}} \quad (2)$$

где ω_i и ω_{i-1} - угловые скорости соответственно на i -той и $(i-1)$ -й ступенях регулирования.

При плавном регулировании $\varphi_{пл} \rightarrow 1$, а число скоростей $z \rightarrow \infty$.

Экономичность регулирования характеризуется затратами на сооружение и эксплуатацию электропривода. Экономически выгодным является такой электропривод, который обеспечивает большую производительность приводимого им в действие механизма при высоком качестве технологического процесса и сравнительно быструю окупаемость.

При оценке экономичности регулируемого электропривода следует принимать во внимание надежность его в эксплуатации, а так же учитывать

стоимость оборудования необходимого для изготовления электропривода. Существенные значения имеют потери энергии в процессе регулирования. Потери мощности ΔP , возникающие при регулировании скорости, определение КПД привода:

$$\eta = \frac{P_2}{(P_2 + \Delta P)} \quad (3)$$

где P_2 - мощность на валу электродвигателя.

Потери энергии при регулировании скорости различны для разных способов регулирования. Они сравнительно велики в системах, где регулирование ведется в главных цепях машины, и значительно ниже при регулировании в цепях возбуждения.

Важным экономическим показателем электропривода является коэффициент мощности и потребление реактивной энергии за рабочий цикл. Сдвиг фаз между током и напряжением сети обуславливается потреблением реактивной мощности, затрачиваемой на создание магнитного потока.

Зная потребляемые двигателем активную P_a и реактивную P_p мощности, можно определить коэффициент мощности, с которым в данный момент работает двигатель:

$$\cos \varphi = \frac{P_a}{\sqrt{(P_a^2 + P_p^2)}} \quad (4)$$

Коэффициент мощности асинхронного двигателя в большей степени зависит от нагрузки; при холостом ходе коэффициент мощности мал вследствие значительной реактивной мощности, затрачиваемой на создание магнитного потока, и также активной мощности, связанной лишь с постоянными потерями. По мере роста нагрузки примерно до номинальной активная мощность растет быстрее реактивной и $\cos \varphi$ возрастает до номинальных значений.

Исходя из перечисленных показателей, можно сказать, что для регулировки скорости вращения вала электродвигателя вибровозбудителя в первую очередь основными являются жесткость механической характеристики и экономичность регулирования. Поэтому целесообразно выбрать схему регулирования скорости двигателя, предложенную в работе [3], которая называется схемой синхронизированного асинхронного электропривода с частотным управлением.

Одним из перспективных направлений при создании регулируемых электроприводов является получение свойств синхронного двигателя в электроприводах с асинхронными электродвигателями с фазным ротором путем пропускания по объектам ротора тока сверхнизкой частоты несинусоидальной формы.

Из [4, 5] известно, что при использовании одного из режимов двойного питания, заключающегося в пропускании по обмоткам ротора асинхронного фазного двигателя постоянного тока, можно получить свойства синхронного двигателя. При этом возможно использование частотного принципа регулирования скорости вращения асинхронного двигателя. Также системы удобно использовать на механизмах, в которых сочетаются требования

получения абсолютно жестких характеристик и регулирования скорости в широком диапазоне.

Предложенный режим питания обмоток ротора сочетает в себе особенности синхронизированного асинхронного электропривода и системы частотный преобразователь – двигатель.

По мере возрастания постоянного напряжения, подаваемого в ротор и, как следствие возрастания тока ротора, происходит возрастание максимального момента двигателя. Принципиальная электрическая схема синхронизированного асинхронного электропривода с частотным управлением показана на рис. 1.

Равномерность нагрева трехфазной обмотки ротора обеспечивается путем циклического последовательного чередования цепей, по которым протекает максимальный ток.

Конструктивные особенности асинхронного двигателя с фазным ротором позволяют осуществить последовательное соединение обмотки статора и ротора двигателя через вентильные элементы (рис. 2)

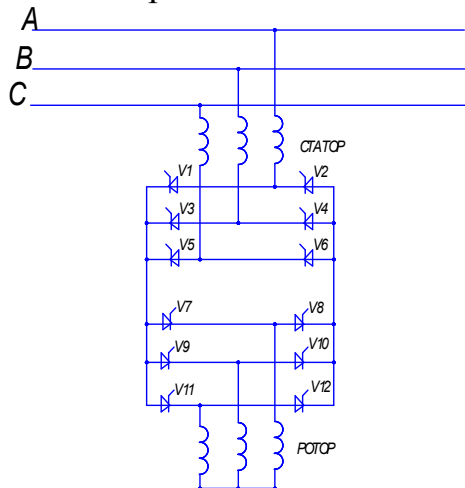


Рис. 2. Синхронизированный асинхронный двигатель с последовательным возбуждением и коммутацией обмотки ротора

Этот процесс продолжается до достижения двигателем критического момента, при превышении значения которого происходит выпадение его из синхронизма. Переключение вентиля осуществляется с частотой более чем на порядок меньшей частоты питающей сети.

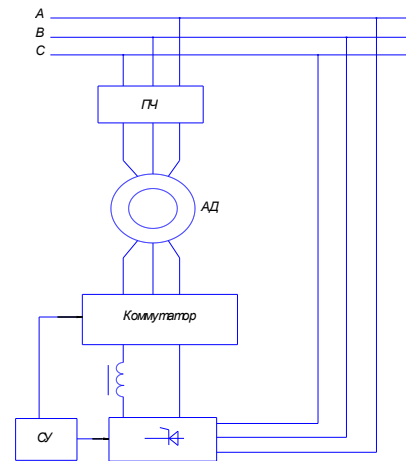


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема синхронизированного асинхронного электропривода с частотным управлением: ПЧ – преобразователь частоты; АД – асинхронный двигатель; СУ – схема управления; УВ – управляемый выпрямитель

Реализация энергии скольжения и простота вентильной части обеспечивает экономичность и надежность электропривода такого типа. Наиболее эффективно использование сочетание принципа последовательного возбуждения совместно с синхронизированием асинхронного двигателя и фазным ротором.

Механические характеристики синхронизированного асинхронного двигателя представляют собой прямые параллельные оси абсцисс функции $\omega = f(m)$, то есть с ростом статического момента растет пик статора и соответственно момента двигателя.

Промежуток времени между переключениями может составлять от 10с до нескольких минут. По каждой из фазных обмоток ротора 1/2 периода работы протекает максимальный ток, 1/3 периода работы – только половина, максимального тока, а 1/6 периода работы – ток в обмотке ротора отсутствует (рис 3). Поэтому фазные обмотки ротора имеют одинаковый тепловой режим.

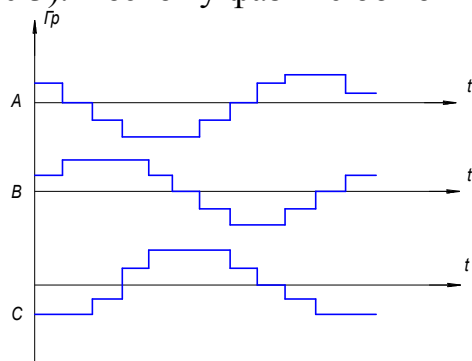


Рис. 3. Циклограммы переключений обмоток ротора синхронизированного асинхронного двигателя с углом смещения вектора магнитного тока на 30° .

Коммутатор представляет собой устройство управления, основанное на логических элементах, воздействующее на основные управляемые ключи. Управление основными ключами можно осуществить с помощью программируемого логического модуля LOGO фирмы “Siemens” использующие релейные выходы.

Более дешевым вариантом может служить устройство управления, построенное на жесткой логике. Период коммутации, с одной стороны, должен быть наибольшим, так как изменение

направления протекания токов приводит к сдвигу угла нагрузки, а с другой стороны, необходимо обеспечивать тепловой баланс роторных обмоток электродвигателя.

Одним из способов пуска синхронизированного асинхронного двигателя является асинхронный пуск. После втягивания двигателя в синхронизм наблюдается снижение тока статора, что позволяет повысить КПД синхронизированной асинхронной машины.

Амплитуды колебаний устанавливаются с уменьшением начального значения скольжения при вхождении в синхронизм. Имеет место меньшие изменения кинетической энергии ротора, а значит, и меньшие колебания.

Процесс наброса нагрузки в установившемся режиме работы синхронизированного асинхронного двигателя аналогичен переходному процессу втягивания его в синхронизм, за исключением отсутствия скольжения. В случае, когда значение статического момента набрасываемой нагрузки велики, близки к критическим, переходной процесс наброса нагрузки принимает апериодический характер, а при превышении критического значения статического момента двигатель выпадает из синхронизма при условии, что отсутствует форсировка возбуждения.

Использование синхронизированного асинхронного электропривода рекомендуется на инерционных механизмах.

Такая область применения обусловлена коммутационными процессами в синхронизированном асинхронном двигателе с фазным ротором, которые приводят к возникновению колебательности в системе, обмену энергией магнитного поля и механически вращающихся частей вибровозбудителя. Для инерционных механизмов электромагнитные переходные процессы, происходящие в роторе, не вызывают электромеханические переходные процессы, так как электромеханическая постоянная времени значительно

превышает электромагнитную постоянную времени. То есть механическая часть привода, которая представляет собой вибровозбудитель, является фильтром высокочастотных колебаний электромагнитного момента. Получение апериодического процесса при коммутации, то есть снижение бросков тока при переключении, минимизация влияния переключений на устойчивость системы, снижение амплитуды колебательной скорости двигателя и повышения коэффициента ее затухания, осуществляется за счет уменьшения угла отклонения вектора магнитного потока и применение широтно-импульсной модуляции.

Коммутация обмоток ротора с отклонением магнитного потока на угол $\pi/6$ имеет значительные преимущества: во-первых, это наименьший угол, на который можно произвести сдвиг магнитного потока. Очевидно, чем на меньший угол происходит смещение векторов, тем меньше возмущающее воздействие оказывается на систему, и тем быстрее она возвращается к установившемуся режиму при прочих равных условиях. Во-вторых, в таком режиме работы облегчается коммутация, так как в каждой обмотке при смене направления протекания тока выдерживается безтоковая пауза, позволяющая спасти току и исключаяющая возникновение перенапряжения в обмотке. На рис.4 приведено схематичное представление коммутатора, последовательность переключения тиристоров приведена в табл.

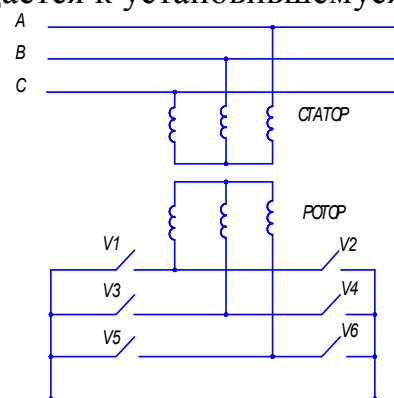


Рис. 4 Схема работы коммутатора

Таблица . Последовательность переключений управляемых вентилях (тиристоров) при смещении вектора магнитного потока на угол 30° .

Номер переключения в цикле	Номер вентиля					
	V1	V2	V3	V4	V5	V6
1		X	X			X
2			X			X
3	X		X			X
4	X					X
5	X			X		X
6	X			X		
7	X			X	X	
8				X	X	
9		X		X	X	
10		X			X	
11		X	X		X	
12		X	X			

Инертно-импульсная модуляция – это коммутация «растянутая» во времени. Коммутацию можно осуществлять как по линейному закону длительного открытия вентиля, так и по другим нелинейным законам.

Для достижения наилучших регулировочных характеристик необходимо использовать замкнутые системы управления синхронизированным асинхронным двигателем.

Приведенная система используется двигатель с фазным ротором мощности 4,5 кВт. Асинхронные двигатели с фазным ротором стоят дороже асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, кроме того они имеют меньшую надежность, так как используют щетки.

Однако системы управления скоростью асинхронных двигателей с фазным ротором более качественны, то есть имеют более жесткую механическую характеристику, хорошую динамику и высокий КПД, чем системы с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.

Принцип построения системы управления скоростью привода отличается простотой и надежностью, так как отсутствуют обратные связи и используются серийно выпускаемое электротехническое оборудование.

В результате проведенных исследований установлено, что:

1. Применение синхронизированного асинхронного электропривода на базе асинхронного электродвигателя с фазным ротором совместно с частотным управлением является целесообразным на механизмах, требующих сочетания абсолютно жестких характеристик и регулирования скорости в широком диапазоне. К таким механизмам относится вибровозбудитель вибростанка.

2. Последовательное соединение обмоток синхронизированного асинхронного двигателя через вентильные элементы позволяет выровнять амплитуды токов статора и ротора и подключить к питающей цепи только выводы обмоток статора, что дает возможность исключить из схемы согласующий трансформатор.

3. Повышение перегрузочной способности асинхронного двигателя с фазным ротором при использовании в системе синхронизированного электропривода достигается путем поочередного подключения обмоток ротора к источнику питания.

4. Применение принципа синхронизации в электроприводе на базе асинхронного двигателя с фазным ротором позволяет при номинальном моменте снизить ток статора на 23%, повысить КПД электропривода на 6%, а также улучшить $\cos \varphi$ на 12%, по сравнению с двигателем с замкнутым ротором.

Список литературы: 1. *Иванов В.В.* Вибрационные механохимические методы нанесения покрытий: монография / В.В. Иванов. – Ростов н/Д: Издательский Центр ДГТУ, 2007. – 140с. 2. *Журавлева Л.А.* Нанесение цинкового покрытия в двухфазной среде при вибрационной обработке. / Л.А. Журавлева, Л.Г. Колодяжная, Л.М. Лубенская, Н.Б. Чернецкая. – Харьков: Восточноевропейский журнал передовых технологий. – №2/1 (38). – 2009. – сс. 13 – 161. 3. *Подольский М.А.* Оценка эффективности упрочнения деталей динамическими методами ППД на основе энергетического критерия. Дис... канд. техн. наук: 05.02.08. – Ростов-на-Дону, 2005. – 147с. 4. *А.с. 782062 СССР.* Синхронизированный асинхронный двигатель / Р.Б. Авринский, В. П. Пригозь (СССР) // Открытия. Изобретения. – 1980. - № 43. 5. *А.с. 1728348 СССР.* Способ управления электроприводом затвора гидротехнического сооружения / Д.Г. Власов (СССР) // Открытия. Изобретения – 1992. – № 15.

Поступила в редколлегию 25.08.2011

Е.Д.ТАРТАКОВСЬКИЙ, докт.техн.наук, проф., зав. каф., УкрДАЗТ, Харків
Д.О.АУЛІН, ст. викл., УкрДАЗТ, Харків
Д.С.АНДРОСОВ, маг., УкрДАЗТ, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХІММОТОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЗІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Проанализированы существующие методы определения изменения эффективности показателей работы тепловозных дизель-генераторных установок при проведении эксплуатационных испытаний химмотологических мероприятий повышения эффективности тепловозов в эксплуатации. Предложено использование современного измерительного комплекса для оценки изменения показателей работы силовой установки тепловоза с повышенной точностью. Ключевые слова: присадка, эксплуатация, эффективность

Проаналізовані існуючі методи визначення зміни ефективності показників роботи тепловозних дизель-генераторних установок при проведенні експлуатаційних випробувань хіммотологічних заходів підвищення ефективності тепловозів в експлуатації. Запропоновано застосування сучасного вимірювального комплексу для оцінки зміни показників роботи силової установки тепловоза з підвищеною точністю.

Ключові слова: присадка, експлуатація, ефективність

Existing methods of definition of change of efficiency of indicators of work diesel a diesel engine-generating of installations are analysed at carrying out of operational tests chemical actions of increase of efficiency of diesel locomotives in operation. Use of a modern measuring complex for an estimation of change of indicators of work of a power-plant of a diesel locomotive with the raised accuracy is offered.

Key words: additive, operation, efficiency

Постановка проблеми

Як відомо, в великій мірі техніко-економічні показники роботи тепловозів залежать від якості дизельного палива та моторної оливи. Поліпшення яких-небудь експлуатаційних властивостей дизельного палива зміною їхнього хімічного складу вимагає величезних витрат, у той же час зміна тих або інших властивостей дизельного палива можливо введенням у нього присадок, що дають такий же або більший ефект як зміна технології виробництва. Нафтопереробні підприємства всіх розвинених країн додають у моторні палива різні присадки (введення миючих присадок обов'язково), на світовому ринку є порядку 1000 присадок. У США споживання присадок до моторних палив перевищує 100000 т у рік. Виробники присадок рекламують переваги, забезпечувані присадками, не розкриваючи, у більшості випадків, їхнього состава.

Аналіз патентної літератури показує, що більша частина запропонованих присадок незастосовна, тому що їхнє використання збільшує токсичність відпрацьованих газів, погіршує властивості палив, значно підвищує вартість палива. Ряд широковикористовуваних присадок, у цей час заборонений по екологічним (містять свинець, барій, марганець) і експлуатаційним міркуванням.

Результати і висновки проведених аналітичних досліджень дозволили сформулювати наступну концепцію: найбільш реалістичним, швидким і економічним шляхом поліпшення якості палив, що забезпечують підвищення експлуатаційних і екологічних характеристик рухомого складу є введення в паливо ефективної багатофункціональної присадки. Особливо приваблива універсальна присадка до моторних палив.

Особливим етапом при прийнятті рішення про застосування певної присадки до дизельного палива є етап проведення експлуатаційних випробувань. Експлуатаційні випробування хімотологічних заходів підвищення ефективності роботи тепловозних дизель-генераторів полягають у фіксації зміни показників роботи тепловоза в експлуатації (аналіз облікових форм ТХО-5, ТХО-11) та оцінки якості протікання робочого процесу в циліндрах тепловозного дизеля при реостатних випробуваннях.

Основний матеріал

Як відомо ефективні показники двигуна внутрішнього згоряння визначається якістю протікання процесів у циліндрі двигуна. На ці процеси впливають багато параметрів.

Тому що двигун внутрішнього згоряння є складним об'єктом, то при визначенні показників його роботи враховуються тільки найбільш істотні фактори. Як правило розглядаються такі процеси, які залежать від стану основних систем і механізмів двигуна і які можна виміряти. До них можна віднести такі процеси двигуна, як тиск у циліндрі, тиск у паливопроводі високого тиску та інш.

У цей час при визначенні показників роботи дизельних двигунів найбільш актуальним є прямий, або непрямий аналіз робочих процесів що відбуваються в циліндропоршневої частини двигуна.

Традиційне непряме визначення якості протікання термогазодінамічних процесів у циліндрі дизеля проводиться із застосуванням максиметрів, вимірників температури, спеціального механічного вимірювального інструмента. До недоліків даних підходів варто віднести досить великі трудовитрати, неможливість визначення деяких параметрів без часткового розбирання двигуна.

При проведенні реостатних випробувань перевіряється якість протікання робочого процесу в окремих циліндрах дизеля.

На номінальному режимі роботи заміряється температура випускних газів і максимальний тиск, що розвивається в циліндрі при згорянні палива.

Як засоби виміри застосовуються максиметр і термодизельний комплекс. При вимірюванні максиметром тиск у циліндрі передається через пружний стовп газу по індикаторному каналу і фіксується манометром. Індикаторний канал у свою чергу складається із трьох частин (рисунок 1): каналу індикаторного крана, каналу від

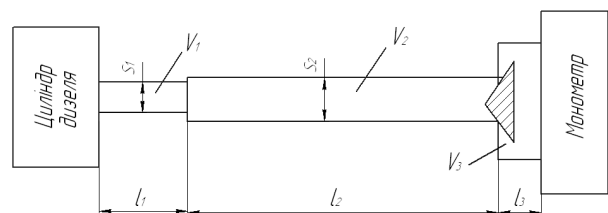


Рис.1. Вимірювання тиску в циліндрі максиметром

приймального штуцера максиметра до зворотного клапана і внутрішньої порожнини за зворотним клапаном. Всі три ділянки заповнені пружним газом і утворюють коливальну систему, що володіє одним ступенем свободи.

Частота вільних коливань такої системи згідно може бути підрахована по вираженню

$$f_0 = \frac{W}{2\pi \sqrt{\frac{2}{\pi} l \left(\frac{2}{\pi} + \frac{V}{S} \right)}} \quad (1)$$

де W - швидкість поширення звуку в каналі;

l - довжина каналу;

V - об'єм внутрішньої порожнини;

S - площа поперечного перерізу каналу.

Власна частота коливань пружного стовпа дорівнює 300 Гц при $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$;

$l = l_1 + l_2 + l_3$; $V = V_1 + V_2 + V_3$; $W = 500 \text{ м/с}$ (при $t = 400-500^\circ\text{C}$).

Величина періоду вільних коливань газу в індикаторному каналі (у перекладі на градуси кута повороту колінчатого вала) при частоті його обертання.

$$T^0 6 \frac{n}{f_0} \text{ град. п. к. в.} \quad (2)$$

Розглядаючи тиск у кожному окремому циліндрі як функцію від кута повороту кривошипа, величину тиску, що може зафіксувати максиметр, можна виразити наступною залежністю

$$P_{CP} = \frac{1}{T^0} \int_{\varphi_{\max} - \frac{T^0}{2}}^{\varphi_{\max} + \frac{T^0}{2}} P(\varphi) d\varphi, \quad (3)$$

де $\varphi_{\max}$ - кут повороту кривошипа, що відповідає максимальному тиску в циліндрі за робочий цикл.

Гранична відносна погрішність амплітуди в динамічному режимі вимірів максиметром

$$\delta P_{\max} = \frac{P_{\max} - P_{CP}}{P_{\max}}, \quad (4)$$

де $\delta P_{\max}$ - істинна величина максимального тиску в циліндрі за робочий цикл.

З виражень (3) і (4) треба, що динамічна погрішність виміру тиску максиметром визначається характером протікання робочого процесу за час T .

У свою чергу, $P_{(\varphi)}$ залежить від параметрів технічного стану дизеля: лінійної величини камери стиснення, кута випередження впорску і циклової подачі палива, якості роботи форсунок, ступеня очищення і зарядки циліндрів повітрям.

Для встановлення кількісних взаємозв'язків між $\delta P_{\max}$ і окремими параметрами технічного стану дизеля, що характеризують функцію $P_{(\varphi)}$,

використовувався метод чисельного моделювання робочого процесу.. Як об'єкт дослідження був обраний тепловозний дизель K6S130DR. Період затримки запалення при варіюванні зазначених параметрів визначався по формулі, запропонованої В. С. Семеновим [3]

$$\tau_i = \frac{665}{\sqrt[3]{(c_m P_B)^2 T_B}}, \quad (5)$$

де C_m - середня швидкість поршня; P_B і T_B - тиск і температура в циліндрі в момент подачі палива.

З результатів розрахунків можна зробити висновок, що максимальний тиск робочого циклу, який фіксує максиметр, можна замірити з похибкою від 6 до 16,6%.

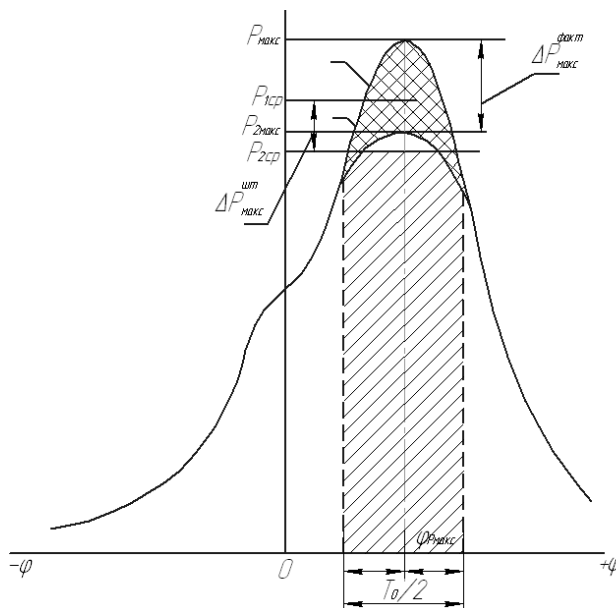


Рис. 2. Похибка вимірювання тиску таксиметром

З розвитком радіоелектроніки і електронно-обчислювальної техніки з'явилися нові можливості для визначення теплотехнічних параметрів, наприклад мікропроцесорний вимірник максимального тиску згоряння в циліндрах дизеля. Даний прилад скорочує час виміру максимального тиску

згоряння і тиску стиснення, має більш високу точність, у порівнянні з максиметром. Більш сучасний апарат, наприклад електронний максиметр додатково дозволяє робити вимір середнього за часом тиску в циліндрі. Прилад за результатами вимірів обчислює середній індикаторний тиск.

Подальший розвиток і вдосконалювання персональних комп'ютерів, систем обробки сигналів, високотемпературних датчиків тиску дозволило робити вимір і відображення індикаторної діаграми двигуна з використанням персональних ЕОМ. Даний підхід дозволяє одержати індикаторну діаграму двигуна в електронному вигляді, що підвищує точність її обробки при наступному аналізі.

Розглянемо структурну схему комплексу (рисунк 3). Сигнали з датчика кута повороту колінчатого вала і датчика тиску в циліндрі надходять на блок живлення і перетворення сигналів. Залежно від виконання, у даний блок найчастіше входить джерело живлення і підсилювач сигналів датчиків. Зустрічається застосування різноманітних датчиків положення колінчатого вала. Найбільш типовим рішенням є застосування датчика магнітного потоку або фотоелектричного датчика. БППС пов'язаний з комп'ютером.

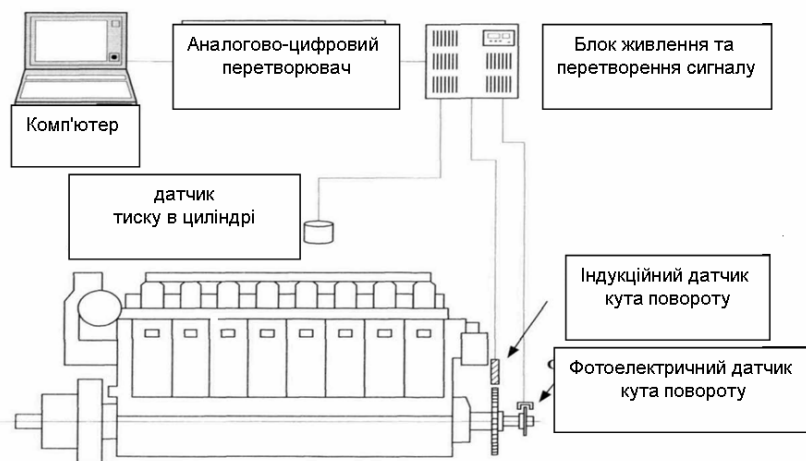


Рис.3. Структурна схема вимірювального комплексу

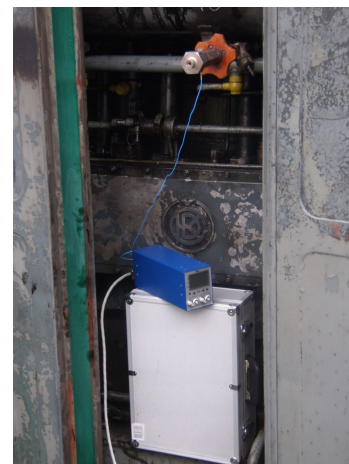


Рис. 4. Загальний вигляд БППС фірми AVL у складі комплексу

Висновки

Дана система дозволяє при відносно невеликих витратах одержати якісний пристрій. Його надійність визначається наявністю малої кількості електронних елементів. При необхідності до БППС можливо підключення і інших вимірювальних пристроїв, таких як: датчики тиску повітря в системі повітропостачання, датчика тахометра ротора турбокомпресора та інш. Застосування комплексу дає можливість підвищити якість як при випробуваннях тепловозів так і при діагностуванні на технічному обслуговуванні та ремонті.

Список літератури: 1. Данилов А.М. Присадки к топливам. Разработка и применение в 1996-2000 г.г. // Химия и технология топлив и масел. 2. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. М.: Техника, — 2002. 64. С. 3. Кутовой, В. А. Впрыск топлива в дизелях / В. А. Кутовой. - М.: Машиностроение, 1981. - 119 с.149

Поступила в редколлегию 30.08.2011

УДК 621

О.Є.СКВОРЧЕВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент НТУ “ХПІ”, Харків

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ТА АГРЕГАТІВ

В роботі зроблена спроба аналітичного огляду сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогидравлических систем. В результаті огляду виявлено, що найбільш розповсюдженими засобами математичного моделювання робочих процесів тут залишаються програми, що дозволяють синтезувати модель із стандартизованих та оригінальних розрахункових блоків.

В работе сделана попытка аналитического обзора современных методов математического компьютерного моделирования рабочих процессов электрогидравлических систем. В результате обзора выявлено, что наиболее распространенными средствами математического моделирования рабочих процессов тут остаются программы, которые позволяют синтезировать модель из стандартизованных и оригинальных расчетных блоков.

The attempt of state-of-the-art review of modern methods of mathematical computer design of workings processes of the electro-hydraulic systems is in-process done. It is exposed as a result of review, that the most widespread facilities of mathematical design of workings processes here are the programs which allow to synthesize a model from the standartized and original calculation blocks.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Комп'ютерне математичне моделювання традиційно є одним із найважливіших етапів параметричного синтезу та аналізу технічних систем, зокрема електрогідравлічних. Якісне та кваліфіковане виконання цього етапу дозволяє зменшити час та витрати на створення нових електрогідравлічних систем та агрегатів. Саме тому виявлення та подальший розвиток найбільш перспективних та ефективних напрямків математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів є актуальною науковою задачею.

Останнім часом з'являється значна кількість публікацій в яких пропонуються математичні моделі та представляються результати комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та їх елементної бази. Математичний апарат, що використовується авторами є достатньо різноманітним – від класичних лінійних моделей теорії автоматичного управління до сучасних напрямків прикладної математики (штучні нейронні мережі, теорія нечітких множин и т.д.). Однак в силу об'єктивних обставин, а саме: занепаду промисловості, старіння лабораторної бази віщих навчальних закладів та науково-дослідних інститутів України, націленість комерційних структур на ремонт та копіювання старих гідросистем тощо, адекватність значної кількості математичних моделей залишається не перевіреною. Співставлення різних сучасних підходів і принципів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів дозволило б відповісти на питання переваги використання того чи іншого методу.

Аналіз останніх публікацій

Аналіз значної кількості публікацій [1-34 та ін.] пов'язаних із машинобудівною гідравлікою та мехатронікою не виявив співставлення та порівняльного аналізу різних підходів і принципів моделювання електрогідравлічних систем та їх елементної бази окрім робіт [1, 2]. Роботи [1, 2] носять фундаментальний характер та систематизують значну кількість методів та моделей автоматизованого аналізу та синтезу елементів гідроприводу. Однак в них не враховані останні публікації вітчизняних авторів. Розроблений в [1, 2] автоматизований комплекс проектування елементів гідроприводу впроваджений в Спеціальну конструкторське бюро “Приладобудування та автоматики” м. Кіров, що виробляє гідроавтоматику для спеціальних машин ВПК Російської Федерації і навряд доступний широкому загалу, тим більше за її кордоном.

Постановка задачі роботи

Задачею даної роботи є порівняльний аналіз підходів і принципів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів, які використовуються авторами публікацій за останні декілька років. Виявлення найбільш перспективних методів

для подальшого їх застосування для розробки нової елементної бази електрогідравлічних приводів.

Порівняльний аналіз сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів

Гідравлічні процеси описуються нелінійними залежностями, що пов'язано із нелінійністю витратно-перепадних характеристик, наявністю змішаного тертя в плунжерних та золотникових парах тощо, тому алгебраїчні та диференційні рівняння тут носять виражено нелінійний характер. Математичний апарат аналітичного рішення таких рівнянь розроблений недостатньо, що призводить до необхідності використання численних методів. Трудомісткість численних методів рішення нелінійних алгебраїчних та диференційних рівнянь привела до того, що в класичних роботах Т.М. Башти, В.Н. Прокоф'єва, Н.С. Гаминіна, В.А. Лещенко, Е.М. Хаймовича, Д.Ф. Попова, Б.Ф. Гликмана та ін. для опису елементів та систем гідроприводу та гідроавтоматики, як правило, використовуються лінеаризовані математичні моделі. На сучасному етапі розвитку прикладної математики та обчислювальної техніки більш доцільно використовувати нелінійні математичні моделі для подальшого їх вирішення численними методами із застосуванням пакетів прикладних програм. Сучасні системи електрогідравлічних приводів являють собою інтеграцію гідравліки, електромеханічних перетворювачів та керуючої електроніки тобто є об'єктами мехатроніки. Складність математичних моделей об'єктів мехатроніки пов'язана із взаємним впливом протікаючих в них процесів різної фізичної природи.

Аналітичний огляд методів математичного моделювання, що застосовуються дослідниками в останні роки розділимо на декілька напрямків (рис. 1).



Рис.1 – Напрямки проведеного аналізу

Підручники [3-5] являють собою фундаментальні роботи в галузі гідроприводу та гідропневмоавтоматики. В них висвітлені усі сучасні напрямки їх розвитку. Однак, на жаль, не приділено достатньої уваги динаміці гідроприводів та їх елементної бази.

Робота [6] ґрунтується на лінеаризованих моделях класичної теорії автоматичного управління.

В роботі [7] також наведені принципи розрахунку динаміки гідроприводу, які в основному ґрунтуються на лінеаризованих моделях класичної теорії автоматичного управління. Також зазначається, що якщо точність розрахунку нереалізується, то лінеаризація недопустима. Для цих випадків представлений метод отримання графіків перехідних процесів шляхом рішення нелінійних диференційних рівнянь на ЕОМ методом Рунге-Кутта. Однак таке рішення технічно реалізоване на ЕОМ “Мінськ-32” за допомогою мови “Фортран”. Такий підхід вкрай застарів та не відповідає сучасним вимогам.

Навчальний посібник [8] коротко висвітлює основи гідроприводу і гідроавтоматики. Містить цікаві розділи, наприклад про слідкувальні гідроприводи дискретної дії. Однак в роботі не приділено достатньо уваги динаміці гідроприводу. Динамічний розрахунок гідроприводу наведений у роботі [9] зведений лише до розрахунку його кінематики.

Роботу [10] можна вважати однією із перших спроб розглянути аналіз та проектування електрогідравлічних систем, як об'єктів мехатроніки. Однак методи викладені в [10] не можна вважати завершеними. Вони потребують подальшого розвитку.

Проаналізувавши доступні широкому загалу підручники, що були опубліковані за останні роки можна зробити висновок про те, що розрахунку динаміки гідроприводів та їх елементів на основі нелінійних математичних моделей в них не приділено достатньої уваги. Також розглянуті вище монографії, підручники та навчальні посібники, окрім [10], не розглядають взаємного впливу механічних, гідравлічних та електричних складових електрогідравлічних приводів.

В дисертації [11] використані лінеаризовані математичні моделі гідравлічних апаратів із осциляцією. Характер перехідних процесів у гідроприводі та клапані, розрахованих за лінеаризованою та нелінійною математичними моделями показали добрий збіг.

Однак виникають сумніви щодо правомірності припущення, що добрий збіг між лінеаризованою та нелінійною моделлю гідроприводу та клапана розглянутого в [11] підтверджує добрий збіг між лінеаризованими та нелінійними математичними моделями інших гідроапаратів.

В дисертації [12] добре розроблені моделі гідроприводів будівельно-дорожніх машин з точки зору їх енергетичних характеристик, зокрема ККД. Однак ці моделі навряд придатні для отримання статичних та динамічних характеристик приводів, тим більше їх елементної бази.

В [13] розглядається синтез енергозберігаючих пневмоагрегатів, однак математичних моделей та інших відомостей щодо гідравлічних агрегатів в авторефераті [13] не знайдено.

В другій главі роботи [14] представлені об'єктно-орієнтовані математичні моделі автономних електрогідравлічних приводів. Математичні моделі містять алгебраїчні та диференційні рівняння, початкові умови. Вибраний та обґрунтований метод численного рішення отриманої системи рівнянь, розроблена програма розрахунку на алгоритмічній мові Паскаль (Delphi). В основу математичного опису автономних електрогідравлічних приводів покладені лінійні моделі, котрі дозволяють відомими методами знаходити структури та параметри, що забезпечують оптимальне керування. Вказується, що розроблена методика може бути використана в випадку більш складних нелінійних моделей.

Принципи та підходи розроблені в [14] не можна назвати найкращими. По-перше методика [14] передбачає використання лінійних моделей, тому можливість її узагальнення на випадок моделювання нелінійних процесів викликає сумніви. По-друге розробка програми розрахунку на алгоритмічній мові Паскаль (Delphi) не доцільна, оскільки на сучасному етапі розвитку

математичного комп'ютерного моделювання рішення лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь можна здійснити простіше наприклад за допомогою програми MathCAD.

Дисертації [15-17] на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук виконані у Вінницькому національному технічному університеті можна віднести до однієї наукової школи. Ці дисертації мають східні напрямки, структуру та методи досліджень. Для теоретичних досліджень робочих процесів гідророзподільників із пропорційним керуванням та регулятора потужності насоса в них побудовані нелінійні математичні моделі цих апаратів із подальшим моделюванням за допомогою модуля Simulink програми MATLAB.

Моделювання енергетичних, статичних та динамічних процесів гідроприводів та їх елементів за допомогою модуля Simulink програми MATLAB використовується в дослідженнях багатьох російських авторів. Так в роботі [18] запропонована лінійна модель дросельного гідропривода будівельного крана та модель нагрівання робочої рідини в цій системі набрана в середовищі MATLAB Simulink.

При проведенні теоретичних досліджень в роботі [19] використовувався як модуль Simulink програми MATLAB, так і пряме рішення нелінійних систем диференційних рівнянь за допомогою програми написаної алгоритмічною мовою Паскаль. Порівняти два розглянуті підходи на основі [19] не можливо оскільки вони використовувались для моделювання різних гідромеханічних систем.

Четверта глава роботи [20] присвячена моделюванню електрогідравлічної гальмівної системи, що самозбуджується (SEHB) в системі MATLAB Simulink. Основними елементами Simulink-моделі є золотниковий розподільник, гідродвигун та опорний гідроциліндр, котрі моделюються у відповідності із вихідною математичною моделлю гальмівної системи. Також в роботі [20] зазначається, що ряд зроблених при побудові моделі припущень впливає на результати моделювання. Для підвищення точності результатів моделювання були проведені додаткові дослідження в програмі DSHplus – інструментальному програмному засобі, бібліотеки котрого містять блоки, що імітують гідравлічні, пневматичні, механічні та електричні компоненти.

В дисертаційній роботі [21] в середовищі MATLAB Simulink виконано моделювання поведінки динамічних систем при піднятті вантажу гідрофікованим краном.

Аналіз дисертаційних робіт українських здобувачів та доступних робіт російських авторів показав, що математичне моделювання робочих процесів електрогідравлічних приводів та їх елементів виконується в основному за допомогою комплексу Simulink/MATLAB. Як правило процес моделювання містить в собі складання математичної моделі диференційних рівнянь, яким потім у відповідність ставляться лінійні та нелінійні блоки Simulink MATLAB. Також зустрічаються роботи в яких динаміка гідравлічних та електрогідравлічних систем моделюється безпосереднім рішенням диференційних рівнянь численними методами, для чого створюються оригінальні програми, як правило, написані алгоритмічними мовами Паскаль або Delphi.

Для більш повного огляду сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравліки проаналізуємо останні статті та тези доповідей в яких розглянуті ці питання.

В роботі [22] наведені лише найбільш загальні принципи побудови математичних моделей об'єктів мехатроніки.

В роботах [23-26] обґрунтовується моделювання робочих процесів гідравлічних та електрогідравлічних систем в середовищі MATLAB Simulink, а також пакету фізичного моделювання SIM HYDRAULICS [25]. В [26] запропоновано розрахункову схему та систему нелінійних диференціальних рівнянь, що описує робочі процеси системи керування пропорційним розподільником. Визначені початкові умови інтегрування системи рівнянь. Обробку математичної моделі виконано за допомогою програмного пакету MATLAB Simulink. Однак відображення системи нелінійних диференціальних рівнянь у вигляді блок-схеми є трудомістким, допускає додаткові можливості зробити помилку. Також блок-схема розв'язання системи рівнянь є достатньо громіздкою.

В роботах [27-29 та ін.] у якості засобу моделювання динаміки електрогідравлічних систем використовується пакет VisSim, що також вимагає набору моделі із стандартизованих розрахункових блоків. Іноді такий підхід вимагає створення оригінальних блоків, так наприклад в [29] розроблений розрахунковий блок для моделювання хвильових процесів в об'ємних гідроприводах з довгими трубопроводами.

В статті [30] програма реалізації імітаційних моделей виконана в графічному середовищі LabView для WindowsXP (National Instruments, США). Незважаючи на те, що в цілому вказана програма дозволила виконати поставлені задачі, автори вказують на певні її недоліки [30].

В [31] отримані результати розрахунку течії рідини в проточній частині відцентрового насосу з одно- та дволопатевиими робочими колесами із використання програмного продукту FlowVision. Побудовані порівняльні характеристики, отримані в ході розрахункового та фізичного експериментів. Вказаний програмний продукт дозволяє з задовільною точністю моделювати течію рідини в проточній частині відцентрових насосів. Однак розглянутий програмний продукт є достатньо дорогим. Також в літературі не знайдено обґрунтування доцільності його використання для об'ємних електрогідравлічних.

Незважаючи на публікації в яких зроблена спроба використати оригінальні пакети імітаційного моделювання, певним “стандартом”, на сьогоднішній час, моделювання робочих процесів гідравлічних та електрогідравлічних систем залишається модуль Simulink програми MATLAB. Таке розповсюдження цієї програми можна пояснити її відносною простістю, схожістю своєю блочною структурою на попередні програми для моделювання гідравлічних процесів (SIAM, VisSim, та ін.). Моделювання в MATLAB/Simulink, VisSim, SIAM нелінійних процесів дещо ускладнено через відсутність деяких необхідних блоків.

Відсутність певних необхідних розрахункових блоків змушує дослідників [29, 32, 33] розробляти свої оригінальні блоки. Так в роботах [32, 33] дослідження

проводяться в MATLAB/Simulink, але основний акцент робиться на розробленій автором оригінальній бібліотеці типових моделей гідравлічних машин та апаратів.

В деяких статтях, як наприклад [34] для рішення системи диференційних рівнянь розроблена оригінальна програма для ПЕОМ. Однак такий підхід також не можна назвати перспективним, оскільки на сучасному етапі розвитку комп'ютерного моделювання численне рішення систем нелінійних диференційних або алгебраїчних рівнянь можна реалізувати за допомогою математичних пакетів, наприклад MathCAD.

На жаль, при аналізі літератури за обраною тематикою, не знайдено інформації щодо застосування програми MathCAD для дослідження енергетичних, статичних та динамічних процесів електрогідравлічних систем приводів та їх елементної бази.

Проведений аналітичний огляд дозволив зробити наступні висновки та виділити перспективи досліджень:

1. Певним стандартом в моделюванні енергетичних, статичних та динамічних процесів в електрогідравлічних систем та їх елементах є модуль Simulink програми MATLAB. Його широке розповсюдження можна пояснити відносною простістю та схожістю своєю блочною структурою на попередні програми для розрахунку гідроприводів (SIAM, VisSim, та ін.).

2. Використання математичних пакетів (Simulink/MATLAB, SIAM, VisSim, та ін.), що дозволяють вводити модель у комп'ютер, шляхом її набору із стандартизованих блоків, має декілька принципових недоліків. Стандартність блоків вимагає створювати оригінальні авторські блоки для моделювання складних робочих процесів. Переведення моделей із первісної форми диференційних та алгебраїчних рівнянь в блочну структуру вимагає значної праці та часу, а також створює передумови для виникнення помилок. Також часто відповідність набраних блок-схем вихідним рівнянням викликає сумніви. Блочно-модульний підхід може стримувати виникнення та розвиток оригінальної вітчизняної елементної бази електрогідравлічних приводів і систем.

3. З огляду на вищевикладене перспективним вбачається створення об'єктно-орієнтованих моделей в основі яких будуть диференційні та алгебраїчні рівняння, із подальшим безпосереднім розв'язанням цих моделей. Серед перспективних комп'ютерних засобів для безпосереднього численного розв'язання систем нелінійних диференційних чи алгебраїчних рівнянь можна назвати обчислювальну систему MathCAD.

Також потрібно відзначити необхідність підручників, методичних розробок, монографій тощо в яких би розроблялися прогресивні методології математичного моделювання електрогідравлічних систем приводів та їх елементної бази, зокрема в MathCAD.

Список літератури: 1. *Дарит Я.А.* Расчетный комплекс машиностроительной гидравлики: Монография. – Ковров: КГТА, 2003. – 412 с. 2. *Дарит Я.А.* Методы и модели автоматизированного анализа и синтеза элементов гидропривода : дис. доктора технических наук : 05.13.12 / *Дарит Яков Адольфович.* – Владимир, 2005. - 426 с. 3. *Гойдо М. Е.* Проектирование объемных гидроприводов. – М: Машиностроение, 2009. – 304 с. 4. *Аврунин*

Г.А. и др. Объемный гидропривод и гидро-пневмоавтоматика : Учебное пособие. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 412 с. 5. Никитин О. Ф. Гидравлика и гидропневмопривод : учеб. пособие / О. Ф. Никитин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 414 с. 6. Динаміка об'ємних гідропневмосистем загальнопромислового призначення: навч. Посібник / З.Я. Лур'є, О.І. Гасюк. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 112 с. 7. Ермолаев В.Я. Гидравлика, гидро- и пневмопривод: Учебно-методическое пособие. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 204 с. 8. Чекулаев Є.Ф. Гідропневмоприводи і пристрої автоматики: навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 159 с. 9. Расчет объемного гидропривода / Ю.М. Король, Н.В. Рында, В.Ф. Тимошенко, А.К. Чередниченко, Под общ. ред. доц. Ю.М. Короля : Учеб. Пособие. – Николаев: НУК, 2009. – 68 с. 10. Казмиренко В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование: Учебное пособие. – М.: Радио и связь, 2001. – 432 с. 11. Андренко П.М. Розвиток наукових основ проектування апаратів з гідравлічною осциляцією для систем гідропроводів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / П.М. Андренко – К., 2009. – 35 с. 12. Ремарчук М.П. Енергозберігаючі силові передачі будівельно-дорожніх машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.05.04 “Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт” / М.П. Ремарчук – Харків, 2008. – 36 с. 13. Крутіков Г.А. Синтез енергозберігаючих гідропневмоагрегатів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.05.17 “Гідравлічні машини та гідропневмоагрегати” / Г.А. Крутіков – Харків, 2011. – 35 с. 14. Малышев В.Н. Оптимизация по многим критериям при выборе конструкции автономного электрогидравлического привода : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.04.13 «Гидравлические машины, гидропневмоагрегаты» / В.Н. Малышев – М., 2009. – 18 с. 15. Лозінський Д.О. Пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керуванням потоків для мобільних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / Д.О. Лозінський – Вінниця, 2010. – 20 с. 16. Петров О.В. Гідропровід чутливий до навантаження на базі мультирежимного гідророзподільника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / О.В. Петров — Вінниця, 2010. – 20 с. 17. Репінський С.В. Система керування аксіально-поршневого регульованого насоса з профільованим вікном золотника комбінованого регулятора подачі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Машинознавство” / С.В. Репінський – Вінниця, 2011. – 20 с. 18. Клиндух Н.Ю. Совершенствование систем гидропривода строительных кранов для эксплуатации при низких температурах : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / Н.Ю. Клиндух – Томск, 2007. – 21 с. 19. Рыбак А.Т. Моделирование и оптимизация гидромеханических систем мобильных машин и технологического оборудования : автореф. дис. на соискание степени доктора техн. наук : спец. 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин» / А.Т. Рыбак – Краснодар, 2008. – 46 с. 20. Старых А.А. Синтез нелинейного регулятора системы управления параметрически неопределенным объектом : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» / А.А. Старых – Томск, 2009. – 19 с. 21. Турышева Е.С. Совершенствование процесса автоматической защиты гидрофицированного крана : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / Е.С. Турышева – Красноярск, 2009. – 19 с. 22. Норенков И.П., Трудоношнев В.А., Федорук В.Г. Математическое моделирование объектов мехатроники [Электронный ресурс] // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2005. – Режим доступа <http://technomag.edu.ru>. 23. Ю.А. Буренников, Л.Г. Козлов, С.В. Репінський Моделирование системы керування насосом змінної продуктивності за допомогою програмного пакету MATLAB Simulink // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 1(5). – С. 89-93. 24. Центр компетенцій MathWorks. Физическое моделирование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://sl-matlab.ru> 25. Бур'ян С.О., Бронцевич Р.С. Моделирование гідравлічних систем за допомогою пакету Sim Hydraulics // Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів. Сучасні проблеми

електротехніки та автоматики. Том 2, Київ: «Політехніка», 2009. – с.174-177. 26. Козлов Л.Г., Лозинський Д.О. Дослідження нелінійних характеристик системи керування пропорційним розподільником з електрогідравлічним керуванням // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 2 (20), 2008. – С. 83-86. 27. Лурье З.Я., Цента Е.Н., Макей В.А. Динамический синтез гидроагрегата навесного оборудования трактора // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 4 (22), 2008. – С. 103-107. 28. Лурье З.Я., Макей В.А., Цента Е.Н. Математическое моделирование динамики гидроагрегата навесного оборудования трактора // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2/4 (32). – С. 36-41. 29. Лурье З.Я., Макаренко М.М., Лиценко И.Г. Моделирование волновых процессов в объемных гидроагрегатах с длинными трубопроводами с применением специального вычислительного блока // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 4 (22), 2008. – С. 79-83. 30. Лозня С.В., Пустовой С.А., Ясинский Э.П., Ясинская И.Э. Опыт применения имитационной модели гидромеханических агрегатов при разработке цифровой системы автоматического управления (САУ) газотурбинного двигателя // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 1 (31), 2011. – С. 85-89. 31. Антоненко С.С., Колесниченко Э.В. Численное моделирование течения жидкости в центробежном насосе с одно- и двухлопастными рабочими колесами // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 4 (26), 2009. – С. 50-54. 32. Узунов А.В. Циклично-модульный подход в задаче моделирования объектов с гидравлическими компонентами // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 1 (23), 2009. – С. 61-66. 33. Узунов А.В. Циклично-модульный подход в моделировании многорежимных гидросистем // Вінниця: ВНАУ. – № 3 (25), 2009. – С. 71-76. 34. Шевченко В.С., Жилевич М.И. Математическое моделирование динамики гидроприводов фрикционных муфт трансмиссии трактора «Беларусь» // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 2 (20), 2008. – С. 93-96.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

УДК 621.391

А.С. ЕРЕМЕНКО, канд. техн. наук, с.н.с., ХНУРЭ, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПОСРЕДСТВОМ ПРОТОКОЛА TCP

В статті аналізується функціонування протоколу TCP при потоковій передачі даних. Проведено порівняльний аналіз протоколів TCP та UDP при передачі відео та експериментальні дослідження продуктивності TCP при прямій потоковій передачі.

Ключові слова: потокова передача, мультимедіа, TCP, продуктивність.

In this article functioning of TCP protocol streaming is analyzed. The comparative analysis of TCP and UDP protocols for streaming video and experimental researches of the productivity of live streaming using TCP are carried out.

Keywords: streaming, multimedia, TCP, productivity.

В статье анализируется функционирование протокола TCP при потоковой передаче данных. Проведен сравнительный анализ протоколов TCP и UDP при передаче видео и экспериментальные исследования производительности TCP при прямой потоковой передаче.

Ключевые слова: потоковая передача, мультимедиа, TCP, производительность.

1. Введение

Потоковый режим передачи данных с гарантированной доставкой данных является востребованным на сегодняшний день вследствие широкого распространения коммерческих мультимедийных порталов и приложений (например, Real Media, Windows Media, просмотр видео контента YouTube и др.), что обуславливает необходимость в специальных сетевых протоколах, ориентированных на соединение [1], [2], [3]. Протокол управления передачей TCP (Transmission Control Protocol), наиболее распространенный транспортный протокол такого типа, был условно принят не удовлетворительным для потоковой передачи данных. Такое решение было принято, поскольку TCP использует механизмы экспоненциального отката и повторных передач сегментов по тайм-ауту, которые сопровождаются увеличением задержек «из конца в конец», тем самым нарушая временные требования для передачи мультимедиа. Вследствие этих ограничений исследования последнего десятилетия были сфокусированы на разработке ориентированных на UDP (User Datagram Protocol) протоколов, поддерживающих потоковую передачу данных, а также предоставляющих механизмы TCP-толерантности и восстановления потерь [4], [5]. Но, несмотря на общепринятую точку зрения о непригодности TCP для потоковой передачи данных, этот протокол постепенно набирает популярность в мультимедийных системах.

Главным преимуществом потоковой передачи данных по протоколу TCP является TCP-толерантность [6], под которой понимается, что рассматриваемый

поток в условиях перегрузки будет себя проявлять, как поток, созданный модулем TCP, который подвержен уведомлениям о перегрузке и в установившемся режиме использует не больше пропускной способности, чем стандартный TCP-поток, функционирующий в таких же условиях (характеризация на основе скорости потерь, времени кругового обращения, размера максимальной единицы передачи и т.д.). Сравнительный анализ достоинств и недостатков потоковой передачи данных посредством протоколов транспортного уровня TCP и UDP представлен в табл. 1.

Таблица 1 Достоинства и недостатки потоковой передачи данных в рамках протоколов TCP и UDP

Протокол	Достоинства	Недостатки
TCP	1. TCP-толерантность. 2. Надежная передача освобождает от необходимости реализации механизмов восстановления потерь на более высоких уровнях. Повторно передаются только потерянные сегменты. 3. Введение механизмов буферизации минимизирует отрицательное влияние на производительность соединения TCP механизмов надежной передачи сегментов данных (потоковая передача с запоминанием). 4. Реагирование на сетевую ситуацию. 5. Поточковый контент TCP не задерживается при передаче межсетевыми экранами.	1. Механизмы обеспечения надежной передачи обуславливают появление запоздавших сегментов. 2. Пульсации скорости передачи сегментов при реагировании модуля TCP отправителя на сетевую ситуацию.
UDP	1. Относительно постоянная скорость передачи данных. 2. Отсутствие механизмов надежной доставки данных уменьшает вероятность появления значительных задержек, тогда как незначительные потери не влияют на качество воспроизведение медиаконтента. 3. Возможность обеспечения реагирования на сетевые перегрузки.	1. Широкополосные видео потоки UDP не всегда толерантны по отношению к потокам TCP, и вследствие отсутствия механизмов контроля пропускной способности могут усугублять перегрузки в сети. 2. Реагирование на перегрузки сети осуществляется прикладным уровнем, при этом значительно снижается скорость передачи медиаконтента. 3. Необходимость разработки дополнительных подходов к управлению очередями пакетов на маршрутизаторах, а также обнаружению не реагирующих на сетевую ситуацию потоков.

Проведенный анализ показывает, что необходимы исследования в направлении достижения достаточной производительности соединения TCP при передаче потоковых данных.

2. Модель производительности соединения TCP при потоковой передаче данных

В [4] предлагается базовая схема потокового TCP, аналогичная потоковой передаче посредством HTTP (Hypertext Transfer Protocol – протокол передачи гипертекста), и далее именуемая как прямая TCP-потоковая передача, а также марковская модель (цепь Маркова с дискретным временем) для прямого потокового TCP и с запоминанием данных. Для упрощения модели подразумевается, что передается поток видео, однако рассматриваемый подход может быть обобщен и для потоковой передачи другого вида контента реального времени.

Постановка задачи (рис. 1). Предположим, что клиент отправляет запрос на загрузку видеоконтента серверу. В соответствии с этим запросом сервер путем потоковой передачи данных по TCP отправляет видеоконтент клиенту. Клиент допускает начальную задержку порядка нескольких секунд, что является распространенным в практике передачи потоковых данных. Все сегменты, прибывающие ранее соответствующего времени воспроизведения, сохраняются в локальном буфере модуля TCP клиента. Этот локальный буфер предполагается достаточно большим в связи с тем, чтобы не возникало потерь сегментов на стороне клиента вследствие переполнения буфера.

Различные исследования [4], [5] показали, что потоковое видео в Интернете имеет, как правило, постоянную скорость передачи CBR (Constant Bit Rate). Учитывая это, в модели предполагается постоянная скорость воспроизведения μ сегментов в секунду, и на стороне клиента воспроизведение подразумевается непрерывным. Также для упрощения модели считаем, что все сегменты имеют одинаковый размер. Сегмент, прибывающий позже соответствующего времени воспроизведения, считается запоздавшим сегментом. Такие сегменты являются причиной сбоев при воспроизведении данных, вследствие чего доля запоздавших сегментов (или вероятность того, что сегмент не прибудет вовремя) используется как метрика производительности соединения TCP при потоковой передаче данных.



Рис. 1 Клиент-серверная архитектура соединения TCP при потоковой передаче данных (сервер передает потоковое видео клиенту посредством протокола TCP, на стороне клиента сегменты, прибывающие ранее времени проигрывания, запоминаются в буфере)

Рассмотрению предлагаются два типа потоковой передачи данных: прямая потоковая передача и с запоминанием медиа. В первом случае сервер генерирует видеоконтент в режиме реального времени и готов к передаче контента сразу же после его генерации. При потоковой передаче с запоминанием сервер передает видео так быстро, как позволяет текущая производительность ТСП с тем, чтобы максимально утилизировать доступную пропускную способность сети.

Рассмотрим марковскую цепь с дискретным временем для прямой потоковой передачи и с запоминанием медиа. Каждый момент времени соответствует длине раунда, равной времени кругового обращения RTT (Round-Trip Time) секунд. При этом при моделировании функционирования соединения ТСП в фазе предотвращения перегрузки, согласно [6], раунд начинается с передачи W сегментов, где W есть текущее значение окна перегрузки ТСП. Таким образом, в случае отправления W сегментов, новые сегменты не будут посылаться до тех пор, пока не будет получено подтверждение получения хотя бы одного из отправленных сегментов. Получение этого подтверждения сигнализирует об окончании текущего раунда и начале следующего. В этом случае длительность раунда равна времени кругового обращения RTT .

Далее длина передаваемого медиаконтента принимается равной L раундов. Скорость воспроизведения видео составляет μRTT сегментов за раунд.

Пусть f соответствует доле запоздавших сегментов в течение воспроизведения видео, а N_i – количеству ранних сегментов в i -ом раунде. Отрицательное значение N_i означает, что сегмент прибывает после момента воспроизведения. Принимаем N_i^l как количество запоздавших сегментов в i -том раунде. Тогда $N_i^l \in \{0, 1, \dots, \mu RTT\}$, причем $N_i^l = 0$ в том случае, если в i -том раунде нет запоздавших сегментов. Пусть $M[N_i^l]$ – среднее количество запоздавших сегментов в i -том раунде, тогда, согласно [4], долю запоздавших сегментов можно определить следующим образом:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^L M[N_i^l]}{\mu RTT L}, \quad (1)$$

где числитель и знаменатель равны соответственно среднему значению запоздавших сегментов в течение всего времени воспроизведения и общему количеству сегментов передаваемого медиа. Далее $M[N_i^l]$

$$M[N_i^l] = \sum_{k=1}^{\mu RTT} k P(N_i^l = k), \quad (2)$$

где $P(N_i^l = k)$ – вероятность k запоздавших сегментов в i -том раунде.

3. Модель прямой потоковой передачи

Модуль ТСП сервера генерирует сегменты, которые затем размещаются в буфере на стороне клиента. Далее сегменты перемещаются из буфера через время τ с постоянной скоростью μRTT сегментов в раунд. Для удобства модели подразумевается, что сегменты, пропустившие свое время воспроизведения, удаляются из буфера. Таким образом, только ранние сегменты хранятся в буфере.

Количество сегментов в буфере никогда не превышает значение $N_{\max} = \mu\tau$, вследствие чего модуль ТСП сервера перестает продуцировать сегменты, когда в буфере находится указанное максимальное значение.

Пусть $\{Y_i^l\}_{i=1}^L$ марковская цепь с дискретным временем для прямой потоковой передачи, где Y_i^l – состояние модели в i -том раунде, которое представляется кортежем (X_i, N_i) , где X_i и N_i – состояние модуля ТСП источника (сервера) и количество ранних сегментов в i -том раунде соответственно. Процесс изменения N_i представляется следующим образом:

$$N_{i+1} = \min(N_{\max}, N_i + S_i - \mu RTT), \quad (3)$$

где S_i – количество сегментов, успешно переданных модулем ТСП отправителя в i -том раунде. Для удовлетворения условия $N_i \leq N_{\max}$ при $i = 1, 2, \dots, L$ модуль ТСП источника не отправляет сегменты в $(i + 1)$ -ом раунде, если $N_i = N_{\max}$.

Предполагается, что длина видео значительно больше, чем RTT . Таким образом, доля запоздавших сегментов может быть аппроксимирована вероятностью в устойчивом состоянии:

$$f = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^L M[N_i^l]}{\mu RTTL} = \lim_{i \rightarrow \infty} \frac{M[N_i^l]}{\mu RTT}. \quad (4)$$

4. Модель потоковой передачи с запоминанием

В модели с потоковой передачей данных с запоминанием количество сегментов в буфере может превышать значение $N_{\max}$. Более того, когда средняя производительность ТСП выше битовой скорости передачи видео, количество ранних сегментов увеличивается, и доля запоздавших сегментов в установившемся режиме равняется нулю.

Пусть $\{Y_i^s\}_{i=1}^L$ марковская цепь с дискретным временем для потоковой передачи с запоминанием, где Y_i^s – состояние модели в i -том раунде, и $Y_i^s = X_i$. Количество ранних сегментов N_i исключено из пространства состояний для сокращения его размерности и уменьшения сложности расчетов. Однако вводится импульсное воздействие $\rho_{yy'}$, вследствие которого происходит переход из состояния $Y_i^s = y$ в состояние $Y_{i+1}^s = y'$, соответствующее разнице между полученными и воспроизведенными сегментами во время этого перехода. Накопление этого воздействия к i -му раунду равняется N_i' .

Т.к. N_i' – общее количество ранних сегментов в i -ом раунде, когда передача и воспроизведение сегментов начинаются в нулевой момент времени, а N_i – количество ранних сегментов в i -ом раунде, когда воспроизведение начинается в момент времени τ , имеется следующее соотношение между N_i и N_i' :

$$N_i = N_i' + \mu\tau. \quad (5)$$

Это отношение позволяет определить распределение в переходном режиме от N'_i к N_i , с помощью которого затем определяются доля задержанных сегментов [4].

5. Экспериментальные исследования с использованием модели прямой потоковой передачи

Применим рассмотренный ранее метод определения доли запоздавших сегментов как метрики производительности прямой потоковой передачи для параметров реальных TCP-соединений сети Интернет. В качестве тестовых соединений использовались соединения с серверами YouTube (<http://www.youtube.com/>), также использовался анализатор сетевого трафика Wireshark [8] и утилита tcptrace [9] для получения временных параметров и характеристики производительности соединений TCP.

Среди проанализированных соединений были выбраны пять из них для наглядного анализа производительности прямой потоковой передачи по TCP. В табл. 2 представлены характеристики соединений и рассчитанная доля запоздавших сегментов.

Таблица 2 Временные параметры и характеристика производительности соединений TCP при прямой потоковой передаче видео

№ п/п	τ , с	μ , сегм./с	RTT_{CP} , с	L , раундов	Тройное ACK	f
1	1	67,359	0,199	1420	7	0,00037
2	1	90,067	0,204	2292	13	0,00031
3	3	78,751	0,195	1692	19	0,00073
4	2	109,441	0,197	3016	13	0,00019
5	1	72,828	0,195	1975	10	0,00036

Анализ временных характеристик, а также субъективная оценка качества видео показали, что в основном начальная задержка при воспроизведении видео не превышает 5 с, а в среднем равняется 1 с и менее. В качестве показателя потерь использовалось количество быстрых повторных передач (получение тройного подтверждения ACK), которые потенциально являются причиной запаздывания сегментов.

На основе полученных характеристик рассчитана доля запоздавших сегментов согласно формуле (1), которая в среднем составила $3 \cdot 10^{-4}$ (рис. 2). Однако согласно субъективной оценке качества видео, запоздавшие сегменты не спровоцировали сбоя при воспроизведении видео (видео проигрывалось непрерывно). На рис. 3 приведены графики производительности тестируемых соединений TCP.

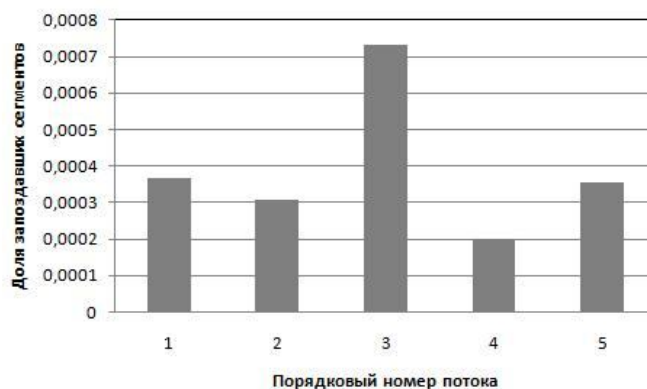


Рис. 2 Доля запоздавших сегментов тестируемых соединений TCP при прямой потоковой передаче видео

6. Выводы

В представленной статье были проанализированы современные тенденции использования транспортного протокола ТСР для передачи трафика мультимедиа в объединенных сетях, а также исследование производительности потоковой передачи данных посредством протокола ТСР. Проведенные исследования, в частности экспериментальные, подтверждают, что потоковая передача данных по ТСР действительно предоставляет приемлемую производительность. К тому же, если производительность соединения ТСР по крайней мере вдвое больше битовой скорости медиа, начальная задержка при воспроизведении видео равна единицам секунд, что также показывают исследования [4] и [7].

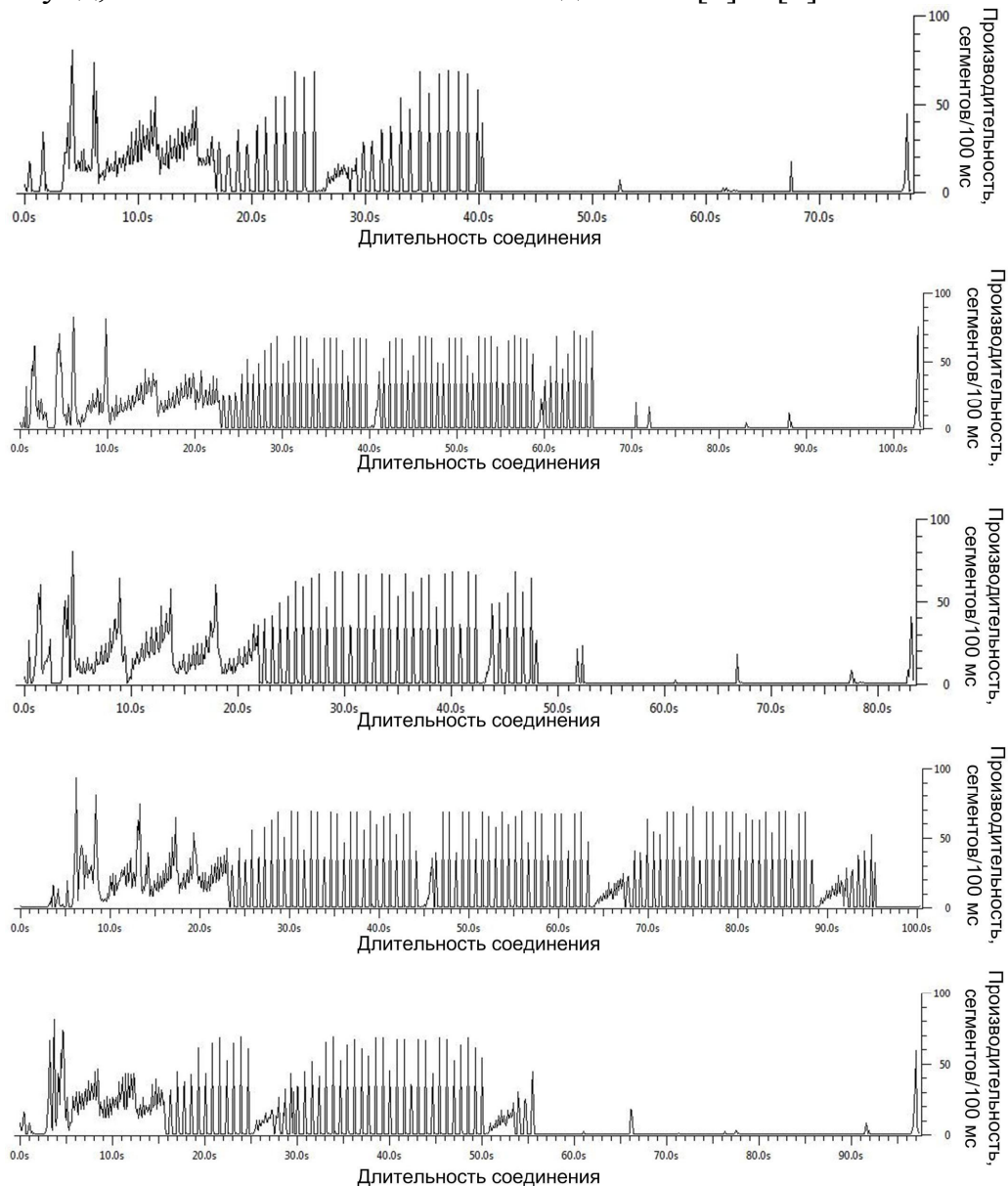


Рис. 3 Производительность соединений ТСР при прямой потоковой передаче видео контента

Для экспериментальных исследований была использована прямая потоковая передача по ТСР и соответствующая модель. К ограничениям модели можно отнести следующее:

1. Необходимость разработки модели с переменным значением μ . Это связано с тем, что при постоянной битовой скорости качество передаваемого контента при его воспроизведении может меняться, тогда как постоянное качество достижимо только при переменной битовой скорости.

2. Доля запоздавших сегментов является достаточно грубой метрикой производительности потоковой передачи данных и не представляет собой адекватную оценку качества отображения, в то время как человеческое восприятие может допускать редкие незначительные искажения при воспроизведении видео.

Таким образом, в дальнейшем необходимы разработки аналитических моделей, учитывающих требования к качеству воспроизведения, имитационное моделирование, а также проведение экспериментальных исследований, включающих не только исследование характеристик соединений TCP, но и анализа субъективной оценки воспроизводимого мультимедиа.

Перспективными в данном направлении являются исследования вопросов буферизации (выбор оптимального размера буфера) при прямой потоковой передаче посредством TCP, а также многопутевая прямая потоковая передача.

Список литературы: 1. *Столлингс, В.* Современные компьютерные сети. 2-е изд. [Текст] / В. Столлингс. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.: ил. 2. ITU-T Y.2007 ITU-T Recommendation Y.2007 (2010), Next Generation Networks – Frameworks and functional architecture models, 2010, 37 p. 3. RFC 4614 Duke M., Braden R., Eddy W., Blanton E. A Roadmap for Transmission Control Protocol (TCP) Specification Documents, 2006. – 33 p. 4. Wang, B., Kurose, J., Shenoy, P., Towsley, D. Multimedia Streaming via TCP: An Analytic Performance Study [Text] / ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications. – 2008. – Vol. 4, № 2. – pp. 16:1–22. 5. Chung, J., Claypool, M., Zhu, Y. Measurement of Congestion Responsiveness of RealPlayer Streaming Video Over UDP [Электронный ресурс] / Proceedings of the Packet Video Workshop (PV). Nantes, France. – 2003. – Режим доступа: \www/ URL 6. <http://web.cs.wpi.edu/~claypool/papers/h2h/h2h.pdf> – 04.08.2011 г. – Загл. с экрана. 7. Padhye, J., Firoiu, V., Towsley, D., Kurose J., Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation [Text] / Proc. ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – 1998. – Vol.28, №.4. – pp. 303–314. 8. Yan, J., Muhlbauer, W., Plattner, B. An Analytical Model for Streaming over TCP [Text] / NEW2AN 2011: 11th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Advanced Networking. – 2011. – pp. 12. 9. Анализатор сетевых протоколов Wireshark [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.wireshark.org/> – 04.08.2011 г. – Загл. с экрана. 10. Анализатор файлов TCP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.tcptrace.org/> – 04.08.2011 г. – Загл. с экрана.

Поступила в редколлегию 25.07.2011

УДК 005.8:575.85

П.А.ТЕСЛЕНКО, канд. техн. наук, доц., Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса

ВВЕДЕНИЕ В ЭВОЛЮЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ

Проект представлен в терминах эволюционного управления. Показано применение методов эволюционного развития сложных систем в предметной области управления проектами.

Ключевые слова: эволюционное управление проектами, зона толерантности, проектный биотоп

Проект представлен в терминах эволюционного управления. Показано застосування методів еволюційного розвитку складних систем в предметній області управління проектами.

Ключові слова: еволюційне управління проектами, зона толерантності, проектний біотоп

The project is presented by evolution management terms. It is shown using the methods evolution development of the complex systems in application domain of project management.

Keywords: evolution project management, tolerance zone, project biotope

Для использования методологии эволюционного развития систем представим проект как совокупность участников с общими условиями, необходимыми для производства продукта проекта в течение жизненного цикла проекта, от нуля до максимума, с известными свойствами, определяющими единство целей. К таким общим признакам проекта можно отнести общность ареала — управляемую организационно-техническую систему (УОТС) [1, 2], сходство морфологических и других признаков, свободное скрещивание.

Под популяцией будем понимать совокупность подпродуктов проекта (ППП), которые развиваются от рождения до своего максимума. Когда проект завершается и подпродукты (ПП) используются во внешней среде будем считать что они для данного проекта гибнут. Тогда проект — это ареал обитания PPP.

В проектном управлении отдельные участники и различные проекты рассматриваются как элементы взаимодействия друг с другом. Тогда совокупность взаимодействующих участников с окружающей средой можно назвать популяцией. Здесь можно указать на необходимость соответствия проектов одному виду по какому либо критерию, а можно говорить об общей совокупности всех проектов, существующих на заданном временном интервале. Тогда существование участника невозможно без проектной среды или же без УОТС.

Однако ни проект, ни УОТС не могут существовать изолированно, так как нуждаются в ресурсах, прежде всего в энергии, веществе, исполнителях, машинах, информации. Кроме того, проект или УОТС имеют некие территориальные ограничения, т.е. занимают определённое пространство или место обитания. Поэтому УОТС вступает в ресурсные, финансовые, пространственные и прочие отношения с другими системами, интегрируясь с которыми она образует единое целое. Этим целым является общество или социально-экономическая система (СЭС) [3]. При этом СЭС включает в себя, в том числе и набор различных видов проектов, УОТС, имеющих влияние на определённую территорию или скорее всего на некое пространство, которое может не совпадать с территориальным делением, например информационное пространство. Проецирование всех УОТС объединённых в единое пространство по некоторому критерию образует организационно-пространственную структуру, которая по смыслу близка к биологическому понятию биотоп. Назовем его проектный биотоп. Тогда совокупность проектных систем — УОТС, с организационно-пространственной проекцией, т.е. с проектным биотопом образуют диалектическое единство — СЭС, своеобразный проектный биогеоценоз.

Связи в проектах, возникают в процессах ресурсных, организационных и пространственных взаимодействий участников друг с другом и с внешней средой. Они могут характеризоваться отношениями конкуренции, хищничества, паразитизма, симбиоза, комменсализма и др. При этом один и тот же ПП может выступать в разных ролях (например, конкурента, хищника или жертвы) по отношению к другим ПП УОТС. Все это вводит дополнительные степени свободы (или дополнительные переменные) при прогнозировании и исследовании динамики ППП, что значительно усложняет моделирование количественных параметров УОТС в условиях реального проектного окружения. При моделировании определяются начальные количественные параметры ППП: их количество, плотность, структурную соподчинённость, плановую скорость нарастания, пространственное распределение и т.п. Эти факторы, которые в дальнейшем необходимо разделить на управляющие и управляемые, и будут определять процессы изменения во времени величин ППП, совокупного продукта проекта и ценности, полученной в результате выполнения проекта.

Изменение количественно-качественной динамики подпродуктов проекта, прежде всего зависит от соответствия условий внешней среды проекта параметрам комфортной ниши проекта, которая способствует достижению максимально ожидаемых результатов. Кроме этого на результативность проекта влияет наличие ресурсов, а также общий (биотический) потенциал ППП. Для исследования закономерностей динамики изменения численности ППП следует использовать математические модели, которые позволят выявить основные тенденции этого сложного процесса.

Будем считать, что изменение величины ППП (количественная и качественная составляющие) осуществляется в результате выполнения двух процессов: накопления ППП и потери ППП.

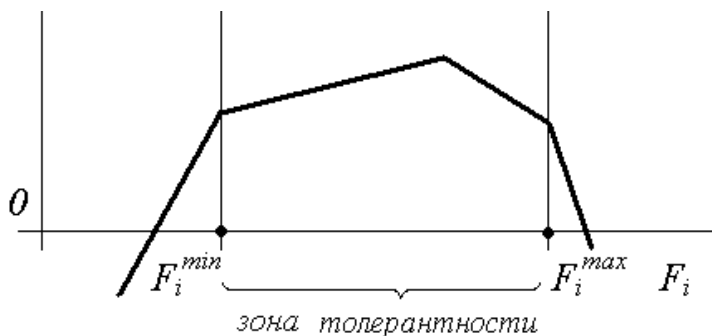
К первой группе процессов, группе накопления, отнесем: процессы производства ПП в результате исполнения проекта, в результате приобретения, в рамках проекта, в результате получения на безвозмездной (безоплатной) основе, в результате обмена одного ПП проекта на другой.

Ко второй группе процессов, группе потери, отнесем: процессы разрушения ППП в результате непредвиденных или же технологических событий, в результате продажи, в рамках проекта, в результате поглощения одного ППП другим, в результате обмена одного продукта проекта на другой.

Отличие описанных процессов проектного управления от естественных законов изменения численности популяций Шелфрда, Мальтуса и других, заключается в том, что последние протекают в естественной среде. В проектной среде, процессы протекают в искусственной среде и доминирующими являются процессы планирования накопления продукта проекта. Однако внешняя для проекта среда подчиняется законам сохранения, поэтому мы вправе рассматривать в контексте проектного управления процессы прибыли и убыли коэффициентов рождаемости и смерти особей в популяции, внося особенности проектного управления. Абсолютные значения коэффициентов рождаемости и естественной смертности не имеют аналогий в проектном управлении, поэтому здесь мы рассмотрим относительный коэффициент естественного прироста

популяции, который назовем плановый коэффициент создания ППП. По смыслу этот коэффициент должен быть всегда положительным, в отсутствии сопротивления среды, поскольку мы не планируем уничтожения продукта проекта.

Для определенных типов проектов, можно выделить во внешней среде, зону толерантности (ЗТ), по аналогии с зоной Шелфорда, в которой плановый или реальный коэффициент создания ППП, будет положительным.



Понятие толерантности проектной среды было

Рис.1. Зона толерантности проектной среды

предложено на VII Международной конференции по управлению проектами в Киеве в мае 2011 года [4].

Предельную нагрузку, которую оказывают продукты проекта на ограниченную территорию среды будем считать емкостью этой среды. Т.е. ёмкости среды будет соответствовать максимально возможному количеству продуктов проекта реализуемых в единицу времени на единице территории или среды. Дополнительно к суммарной ёмкости среды следует добавить сопротивление, вызванное внешними ограничениями, влияющими на способность среды реализовывать проекты. Т.е. «естественная» суммарная ёмкость будет уменьшена на величину этих ограничений. Это касается как ЗТ, так и внешних по отношению к ней зон. Различие будет заключаться в том, что за пределами ЗТ ёмкость среды может стремиться к нулю.

Графически, суммарную ёмкость среды представим на рис.2 и обозначим через Z . Ресурсы среды поглощенные другими проектами обозначим через αn , тогда резерв развития составит величину $\alpha(K-n)$ [5].

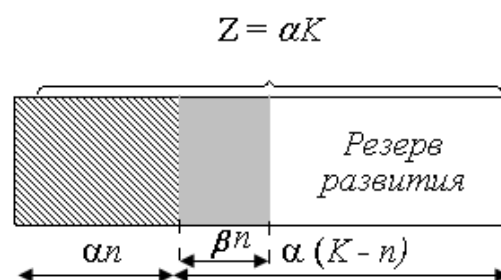


Рис. 2. Ёмкость проектной среды

Тогда скорость нарастания продукта проекта с учетом только

естественного сопротивления среды будет определяться зависимостью вида: $V_n = V_0(K-n)/K$. В случае внешних искусственных ограничений, накладываемых средой, резерв развития сокращается на величину этих ограничений — βn (рис. 2).

С другой стороны, ёмкость среды определяется стратегическими планами развития территории, при этом под территорией будем понимать как площади административно-территориального деления страны, так и «площади» организации, которая развивается.

Развивающиеся продукты проекта поглощают ресурсы данной территории, естественно, что в этой плоскости они конкурируют друг с другом за ресурсы.

Отличием от трофических цепочек является возможность привнесения дополнительных ресурсов из-за границ территории влияния. Естественно, что такие продукты проекта, так же как и сами проекты, получают некое преимущество по сравнению с популяцией на данной территории. Однако в этом случае, они автоматически расширяют границы своей территории и принимают дополнительные риски, возможности, угрозы и ограничения, связанные с расширением площадей.

Выводы

Для моделирования динамики развития проекта достаточно использовать уравнение Ферхюльста-Пирла [6], при этом вместо коэффициентов рождаемости и смертности использовать обобщенный коэффициент планового роста ПП, т.к. снижение ПП иррационально. А вот сопротивление, которое оказывает среда развитию проекта, будет иметь принципиальное значение, как с точки зрения количественной оценки, так и с точки зрения трактовки понятия.

Сопротивление среды может носить окраску как случайного так и не случайного события, которое существенным образом пересекается с понятием рисков в проектах. Объединяет понятие «риск» и «сопротивление» — процесс, который активизируется под воздействием сопротивления среды и завершается материализацией риска в случае не принятия противодействия.

Список литературы: 1.Тесленко П.А. Проект как управляемая организационно-техническая система / П.А.Тесленко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. — Харків: НТУ "ХПІ", 2010. — № 57. — С. 198–202. 2.Тесленко П.А. Эволюционное развитие организационно-технических систем / П.А.Тесленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — Харьков: "Технологический центр", 2010. — № 6/4(48). — С. 22 – 25. 3.Милованов В.П. Синергетика и самоорганизация: Социально-экономические системы / В.П.Милованов. — М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2010. — 224 с. 4 .Тесленко П.А. Системная толерантность проектной среды / П.А. Тесленко // Тези доповідей VIII міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Тези доповідей VIII міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Відповідальний за випуск С.Д.Бушуєв. — К.: КНУБА, 2011. — С. 224 – 226. 5.Гогунський В.Д. Референтна модель розвитку проектів "рушійні сили – опір" /В.Д. Гогунський, К.В. Журавльова // Тези доповідей VII міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Відповідальний за випуск С.Д.Бушуєв. — К.: КНУБА, 2010. — С. 67 – 68. 6.Тесленко П.А. Эволюционное управление проектами на основе системного моделирования / П.А. Тесленко, В.Д. Гогунский // Тези доповідей VIII міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Відповідальний за випуск С.Д.Бушуєв. — К.: КНУБА, 2011. — С. 226 – 227.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

УДК 629.7.054

В.М. МЕЛЬНИК, докт.техн.наук, доц., проф., НТУУ «КПІ» м.Київ,
О.Я. КОВАЛЕЦЬ, асис., НТУУ «КПІ» м.Київ

ПОХИБКИ ВИВЕДЕННЯ БАЛІСТИЧНИХ РАКЕТ

Проводиться аналіз похибок гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень за експлуатаційних умов. Визначається прецесія осі фігури відносно внутрішньої рамки і скоби. Окреслене статичне відхилення осі гіроскопа під дією акустичної хвилі.

Ключові слова: гіроінтегратор, ракета-носій, похибки вимірювань

Проводится анализ погрешностей гироскопического интегратора линейных ускорений в эксплуатационных условиях. Определяется прецессия оси фигуры относительно внутренней рамки и скобы. Очерчено статическое отклонение оси гироскопа под действием акустической волны.

Ключевые слова: гироскопический интегратор, ракета-носитель, погрешности измерений

The analysis of errors of gyroscopic integrator of linear accelerations is conducted in operating terms. The precession of axis of figure is determined in relation to an internal scope and staple. The static rejection of axis of gyroscope is outlined under the action of acoustic wave.

Keywords: integrating gyro, carrier rocket, errors of measurements

1. Вступ

Дослідження відносяться до прикладної механіки і присвячені вивченню впливу проникаючого акустичного випромінювання на гіроскопічний інтегратор лінійних прискорень. Інтенсивність шуму, що породжується таким струменем, пропорційна величині її середньої швидкості у ступені 6-8. За цих умов потужність акустичного випромінювання становить 0,4-0,8% механічної потужності двигунів. Найбільших рівнів звуковий тиск сягає при старті, особливо з поверхні Землі.

Збільшення тяги двигунів ракети призводить до неминучого підвищення сумарного рівня акустичного навантаження на поверхню фюзеляжа, з одного боку, на прилади керування і бортову апаратуру – з іншого. Так, якщо звукове випромінювання сягає 150-160 дБ, навігаційне обладнання втрачає свої паспортні характеристики, виникають пружні, а часом і необернені деформації.

2. Аналіз стану проблеми і постановка задачі досліджень

Головне призначення гіроінтеграторів пов'язане з їх використанням в балістичних ракетах для формування сигналу відключення рушійних установок в кінці активної ділянки руху. У цьому випадку ось скоби встановлюється паралельно поздовжній осі РН.

Активна ділянка руху ракети являється програмною кривою. Тому закон зміни кута тангажа Θ на активній ділянці, з точністю до похибок керування по куту тангажа, також задається. Це дозволяє розрахувати вплив масових сил.

Ракети з керуванням по тязі рушійних установок прив'язуються до програмної траєкторії не тільки у просторі, але і у часі. У цьому випадку, розрахунок впливу сил ваги може бути здійснений доволі точно.

Гіроінтегратор може проводити вимір швидкості ракети вздовж певним чином визначеної Земної, або іншої, осі. Наприклад, вимір вертикальної швидкості носія, північної складової тощо. З цією метою ось чутливості інтегратора повинна стабілізуватися в даному напрямку.

Метою досліджень постає оцінка ступеня впливу звукових хвиль на похибки гіроінтегратора.

3. Рівняння руху

Зорієнтуємо Земну систему координат $O_1\xi_0\eta_0\zeta_0$ наступним чином. Осі $O_1\xi_0$ та $O_1\zeta_0$ розташуємо у площині горизонту, а ось $O_1\eta_0$ направимо за вертикаллю місця.

Положення системи координатних осей $O_1\xi\eta\zeta$, яка жорстко зв'язана з фюзеляжем, відносно Земної системи координат задано кутом тангажа θ і кутом крена φ .

У випадку, коли вивчається тільки прецесійний рух, необхідно відкинути інерційні члени $A\ddot{\alpha}$, $B\ddot{\beta}$ і отримати рівняння руху гіроінтегратора у вигляді –

$$\begin{aligned} H\dot{\beta} = & (-1)^n k_p k_u U - k_\omega k_p^2 \dot{\alpha} - H(\omega_\eta \cos \alpha + \omega_\zeta \sin \alpha) - A_1 \dot{\omega}_\xi - M_{Tp} \text{sign} \dot{\alpha} + M_{x_1}^a; \\ -H(\dot{\alpha} + \omega_\xi) = & ml \dot{V}_{G\xi} - ml \beta (\dot{V}_{G\eta} \sin \alpha - \dot{V}_{G\zeta} \cos \alpha) - ml(\dot{\omega}_\eta \rho_{1\zeta} - \dot{\omega}_\zeta \rho_{1\eta}) - B_1(\dot{\omega}_\zeta \sin \alpha + \dot{\omega}_\eta \cos \alpha) - \\ & - mgl[\sin \theta + \beta \cos \theta \sin(\phi + \alpha)] - M_y^0 \text{sign} \dot{\beta} + M_{y_2}^a. \end{aligned} \quad (1)$$

З урахуванням прийнятого вище припущення про малість величин $\dot{\alpha}$ і $\dot{\beta}$, рівняння (1) можна розглядати незалежно. Друге рівняння в цьому випадку являє собою закон прецесійного руху гіроскопа відносно осі зовнішньої рамки під впливом наступних, породжених акустичним випромінюванням, моментів:

- моменту $M_2(P)$ сил акустичного тиску P , обумовленого парусністю поверхні кожуха, що входить в доданок $M_{y_2}^a = M_2(P) + M_5(\dot{V}) + M_6(\dot{W}) + M_8(W_T)$;

- сумарного моменту $M_5(\dot{V}) = \pi \frac{2B\omega \dot{V}(t)}{R}$ сил інерції Коріоліса, викликаного пружними тангенціальними переміщеннями V циліндричної частини;

- сумарного моменту $M_6(\dot{W}) = \pi \frac{2B\omega \dot{W}(t)}{R}$ сил інерції Коріоліса, викликаного пружними радіальними переміщеннями W циліндричної частини поверхні;

- $M_8(W_T)$ – моменту від акустичної вібрації кришок кожуха.

Останні чотири моменти – є результат спільного впливу на прилад акустичного випромінювання і кутового руху ракети. Причому, момент $M_2(P)$ виникає при дії хвилі тиску на абсолютно тверду поверхню кожуха, а моменти $M_5(\dot{V})$ і $M_6(\dot{W})$ – на пружно податливу.

З усіх перерахованих моментів, тільки перший є корисним, оскільки містить інформацію про вхідну величину $\dot{V}_{G\xi}$ – поздовжнє прискорення центру мас ракети-носія. Інші постають моментами-перешкодами, що призводять до похибок вимірювань.

Таким чином, акустична хвиля проникаючого випромінювання слугує, за інших рівних умов, статичному відхиленню осі фігури на кут β_{CT}^a :

$$\beta_{CT}^a = \frac{M_1(P) + M_3(\dot{V}) + M_4(\dot{W}) + M_7(P)}{k_{\Delta y} k_y k_p k_u} = \frac{PS \cos(\hat{n}, O_1 y_2) I_1 + 2R^{-1} A_1 \omega_\xi \dot{V}(t) + 2R^{-1} \pi A_1 \omega_\xi \dot{W}(t) + \frac{2m_T L \omega_\xi \dot{W}_T(t) \sin[\hat{\omega}_\xi, \hat{W}_T(t)]}{k_{\Delta y} k_y k_p k_u}}{k_{\Delta y} k_y k_p k_u}. \quad (2)$$

Запишемо систему рівнянь руху гіроінтегратора в операторній формі за припущення малості збурюючих моментів. При цьому канал корекції вважаємо увімкненим правильно. Тоді маємо:

$$\begin{aligned} (Ap^2 + k_\omega k_p^2 p) \alpha + (Hp + k_{\Delta y} k_y k_p k_u) \beta = & -H(\omega_\eta \cos \alpha + \omega_\zeta \sin \alpha) - A_1 p \omega_\xi - M_{Tp} \text{sign} p \alpha = M_{x_1}^a; \\ -Hp \alpha + Bp^2 \beta = & -mlp V_{G\xi} - mlp \beta (V_{G\eta} \sin \alpha - V_{G\zeta} \cos \alpha) - mlp(\omega_\eta \rho_{1\zeta} - \omega_\zeta \rho_{1\eta}) - B_1 p(\omega_\zeta \sin \alpha + \omega_\eta \cos \alpha) + H \omega_\xi - \\ & - mgl[\sin \theta + \beta \cos \theta \sin(\phi + \alpha)] - M_y^0 \text{sign} p \beta + M_{y_2}^a. \end{aligned} \quad (3)$$

Тепер рішення системи (3) можна записати наступним чином –

$$\alpha = \frac{Bp^2 M_{\Pi\xi} - (Hp + k_{\Delta y} k_y k_p k_u)(-ml V_{G\xi} + M_{\Pi y})}{p(ABp^3 + Bk_\omega k_p^2 p^2 + H^2 p + Hk_{\Delta y} k_y k_p k_u)}, \quad \beta = \frac{(Ap^2 + k_\omega k_p^2)(-mlp V_{G\xi} + M_{\Pi y}) + Hp M_{\Pi\xi}}{p(ABp^3 + Bk_\omega k_p^2 p^2 + H^2 p + Hk_{\Delta y} k_y k_p k_u)}, \quad (4)$$

Із співвідношень (4) легко встановити прецесійний рух. Для цього досить покласти рівними нулю моменти інерції рухомої частини, тобто $A_0 = B_0 = 0$. Отримуємо:

$$\alpha = \frac{ml}{H} V_{G\xi} - \frac{M_{\Pi V}}{Hp} ; \quad \beta = \frac{-k_{\omega} k_p^2}{H(Hp + k_{\Pi y} k_y k_p k_u)} ml V_{G\xi} + \frac{k_{\omega} k_p^2 M_{\Pi V} + Hp M_{\Pi \xi}}{Hp(Hp + k_{\Pi y} k_y k_p k_u)} . \quad (5)$$

Наведені співвідношення відрізняються простотою й наочністю. Їхній аналіз приводить до тих же висновків, які були зроблені раніше. Ці результати справедливі лише в першому наближенні, оскільки ґрунтуються на припущенні малості моментів-перешкод, прикладених до рухомої частини інтегратора.

4. Похибки від впливу проникаючого акустичного випромінювання

Обумовлені парусністю кожуха (геометричною асиметрією) відносно

своєї осі:

$$\Delta_8^P = \frac{\int_0^t \left[\rho_{2z_2}(P) PS \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 x_2) - \rho_{2x_2}(P) PS \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 z_2) \right] d\tau}{ml} =$$

$$= \frac{\int_0^t \left[\rho_{2z_2}(P) \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 x_2) - \rho_{2x_2}(P) \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 z_2) \right] d\tau}{ml} SP_0 \exp i(\omega \tau - \vec{k}_0 \vec{\rho}_2) d\tau . \quad (6)$$

Формула зведеної відносної похибки визначається співвідношенням:

$$\delta_8 = \frac{\int_0^t \left[\rho_{2z_2}(P) P_0 S \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 x_2) - \rho_{2x_2}(P) P_0 S \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 z_2) \right] d\tau}{V_{G\xi \max}} =$$

$$= \frac{P_0 \int_0^t S \left[\rho_{2z_2}(P) \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 x_2) - \rho_{2x_2}(P) \cos(\vec{n}, \hat{O}_2 z_2) \right] \exp i(\omega \tau - \vec{k}_0 \vec{\rho}_2) d\tau}{V_{G\xi \max}} . \quad (7)$$

Похибка, що обумовлена пружними дотичними переміщеннями $V(\tau)$ циліндричної частини кожуха під дією звукового випромінювання:

$$\Delta_9^V = \frac{2\pi B_1}{Rml} \int_0^t \dot{V}(\tau)(\omega_{\xi} + \omega_{\eta}) d\tau ; \quad \delta_9 = \frac{2\pi B_1}{RV_{G\xi \max}} \int_0^t \dot{V}(\tau)(\omega_{\xi} + \omega_{\eta}) d\tau . \quad (8)$$

Похибка, що обумовлена пружними радіальними переміщеннями $W(\tau)$ циліндричної частини кожуха:

$$\Delta_{10}^W = \frac{2B_1}{Rml} \int_0^t \dot{W}(\tau)(\omega_{\xi} + \omega_{\eta}) d\tau ; \quad \delta_{10} = \frac{2B_1}{RV_{G\xi \max}} \int_0^t \dot{W}(\tau)(\omega_{\xi} + \omega_{\eta}) d\tau . \quad (9)$$

Похибка від акустичної вібрації кришок кожуха гіроскопа:

$$\Delta_{11}^{W_T} = \frac{\int_0^t M_8(W_T) d\tau}{ml} ; \quad \delta_{11} = \frac{\int_0^t M_8(W_T) d\tau}{V_{G\xi \max}} . \quad (10)$$

Співвідношення (6)...(10) надалі потребують більш детального аналізу.

5. Висновки

Таким чином, можна визначити похибки виведення балістичних ракет за натурних умов, і, тим самим забезпечити паспортні значення тактико-технічних характеристик літальних апаратів.

Питання акустичних похибок гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень постають надзвичайно важливими для ракет, що рухаються на знижених траєкторіях. Вони можуть перевищувати за цих умов всі інші похибки. Тут набувають вирішального значення дифракційні ефекти і нелінійні явища, такі, як хвильове співпадання.

Список літератури: 1. *Одинцов А.А.* Гироскопические интеграторы линейных ускорений: Учеб. пособие. - К.: КПИ, 1968. - 87с. 2. *Koshljakov V.N., Karachun V.V., Mel'nik V.N., Saverchenko V.G., Balanin V.Kh.* SOME ASPECTS OF FLAIGHT SAFETY IN CONDITIONS PENETRATE ACOUSTIC RADIATION. The World Congress "Aviation in the XXI-st Century", 14-16.09, 2003, Kyiv, Ukraine, NAU, Kyiv, Ukraine. - P. 2.37-2.40. 3. *Карачун, В.В., Мельник, В.М.* Коливання і хвилі в імпедансних системах інерціальної навігації / В.В. Карачун, В.М. Мельник // Доповіді Нац. акад. наук України. - 2007. - №5. - С.63-70. 4. *Ягодкин, В. В., Хлебников, Г. А.* Гироприборы баллистических ракет [Текст] / В.В. Ягодкин, Г.А. Хлебников. - М.: Воениздат Мин. об. СССР, 1967. - 215 с. - Библиогр.: С. 212-213.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

УДК 656.135(043):658.7

Т.Ф. ФЕДОРОВА, асист., ХНАМГ, Харків

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА З ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ

Проаналізовані моделі визначення економічних показників функціонування логістичних ланцюгів з доставки швидкопсувних вантажів автомобільним транспортом. Виявлені позитивні сторони існуючих моделей та їх недоліки. Запропонована модель, яка базується на методології проектного аналізу та враховує втрату вантажем його споживчих властивостей з плином часу. Ключові слова: модель, доставка, швидкопсувні вантажі.

Проанализированы модели определения экономических показателей функционирования логистической цепи по доставке скоропортящихся грузов автомобильным транспортом. Выявлены положительные и негативные стороны изученных моделей. Предложена модель, которая базируется на методологии проектного анализа и учитывает потерю грузом потребительских свойств с течением времени. Ключевые слова: модель, доставка, скоропортящиеся грузы.

The paper is considered the analyses the models of determination of economic indicators of functioning logistic chains on delivery of perishable cargoes by motor transport. The positive and negative sides of the studied models are exposed. A model which is based on methodology of project analysis and takes into account the loss of consumer properties a load in time is offered. Key words: model, delivery, perishable cargoes.

1. Постановка проблеми

При доставці швидкопсувних вантажів (ШПВ) автомобільним транспортом по логістичному ланцюгу (ЛЛ) необхідно узгодження, координація дій кожного учасника доставки вантажів від виробника до реалізатора. Необхідним є також врахування зміни якості вантажу та відповідної його вартості в залежності від часу та умов поставки [1]. Тому актуальним є розробка моделі визначення економічних показників функціонування ЛЛ з доставки ШПВ автомобільним транспортом.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз літературних джерел дозволив виділити ряд формалізованих способів визначення витратної складової доставки вантажів. Так, в роботі [2] автор пропонує оцінювати ефективність доставки овочів та фруктів за допомогою

приведених витрат на доставку 1 т вантажу. При розрахунку капітальних витрат не застосовується методологія проектного аналізу, що не дозволяє оцінити розмір капітальних вкладень в поточних періодах. В роботі [3] розглядається функціонування системи доставки вантажів через розподільчий склад торгово-закупівельного підприємства. Ефективність системи пропонується оцінювати за допомогою комплексного критерію та питомими витратами на доставку вантажу по маршруту. В роботі для розрахунку критеріїв ефективності використовується собівартість перевезення, але не враховується її динаміка, що не відображає врахування технології конкретного перевезення. Недоліки використання собівартості при оцінці ефективності більш детально розглядаються в [4]. Модель функціонування ЛЛ з доставки вантажу (на прикладі пива) наведена в [5]. Найбільш адекватним показником ефективності автор вважає показник чистої приведеної вартості, що характеризує перевищення сумарних грошових надходжень над сумарними витратами проекту. Але представлена модель не відображає специфіки ШПВ.

3. Мета статті

Основною метою даної роботи є аналіз існуючих моделей економічних показників функціонування ЛЛ з доставки швидкопсувних вантажів та розробка моделі, яка базується на методології проектного аналізу та враховує втрату вантажем його споживчих властивостей з плином часу.

4. Матеріали і результати дослідження

Для розробки моделі функціонування ЛЛ з доставки швидкопсувних вантажів проаналізуємо вже існуючі моделі з доставки вантажів та критерії їх ефективності.

Вчені в роботах [2,3,5] при оцінці ефективності так або інакше торкаються питання мінімізації витрат системи. Розглянемо детальніше кожний підхід.

В роботі [2] автор в запропонованій моделі доставки овочів та фруктів розглядає можливість використовувати склад постачальника для організації роботи ЛЛ. В його роботі розглядаються три основні схеми доставки фруктів та овочів від місця виробництва до місця споживання: 1) поле – торгова мережа; 2) поле – плодоовочева база (ПБ) – торгова мережа; 3) поле – склад постачальника (СП) – плодоовочева база – торгова мережа. Критерієм ефективності є приведені витрати на доставку 1 т вантажу. При цьому ефективність застосування схеми перевезення фруктів та овочів визначається за умовами порівняння приведених витрат з наступної формули:

$$ПЗ_{n=1} \leq ПЗ_{n=2,3...i}, \quad (1)$$

де $ПЗ_{n=1}$ - приведені витрати на доставку плодоовочевої продукції з поля до торгової мережі (повторність дорівнює «0»), грн./т; $ПЗ_{n=2,3...i}$ - приведені витрати на доставку плодоовочевої продукції з поля до торгової мережі з урахуванням повторності перевезень від 1 до i -ї, грн./т; n – кількість перевантажень фруктів та овочів з автомобіля на склад та назад в залежності від схеми перевезень.

При визначенні приведених витрат в даній моделі враховуються втрати швидкопсувної продукції при транспортуванні та зберіганні на складі.

За розробленими автором моделями наведені розрахунки витрат за розглянутими схемами перевезень:

1) для схеми «поле – торгова мережа»:

$$ПЗ_1 = C_{нав} + C_{пер} + C_{розв} + C_{п.пер} + \Delta K_{ат}, \quad (2)$$

2) для схеми «поле – плодоовочева база – торгова мережа»:

$$ПЗ_2 = C_{нав}^1 + C_{пер}^1 + C_{розв}^1 + C_{п.пер}^1 + \Delta K_{ат}^1 + \Delta K_{ск}^1 + C_{п.хр} + C_{нав}^1 + C_{пер}^1 + C_{розв}^1 + \Delta K_{ат}^1, \quad (3)$$

3) для схеми «поле – склад постачальника – плодоовочева база – торгова мережа»:

$$ПЗ_3 = C_{нав}^2 + C_{пер}^2 + C_{розв}^2 + \Delta K_{ат}^2 + \Delta K_{ск}^2 + C_{п.хр} + C_{нав}^2 + C_{пер}^2 + C_{розв}^2 + C_{п.пер}^2 + C_{нав}^2 + C_{пер}^2 + C_{розв}^2 + \Delta K_{ат}^2 + \Delta K_{ск}^2 + C_{п.хр} + C_{нав}^2 + C_{пер}^2 + C_{розв}^2 + \Delta K_{ат}^2, \quad (4)$$

де $ПЗ$ – приведенні витрати на доставку овочів та фруктів в залежності від схеми перевезення, грн./т; $C_{нав}$ – вартість операцій навантаження в залежності від схеми перевезення, грн./т; $C_{пер}$ – вартість перевезення овочів та фруктів автомобільним транспортом в залежності від схеми перевезення, грн./т; $C_{розв}$ – вартість операцій розвантаження в залежності від схеми перевезення, грн./т; $C_{п.пер}$ – вартість втрат овочів та фруктів при перевезенні автомобільним транспортом у відповідності зі схемами перевезення, грн./т; $C_{п.хр}$ – вартість втрат при зберіганні овочів та фруктів на складі, грн./т; $\Delta K_{ат}$ – питомі приведені капітальні вкладення в автомобільний транспорт у відповідності зі схемами перевезення, грн.; $\Delta K_{ск}$ – питомі приведені капітальні вкладення в складські приміщення у відповідності зі схемами перевезення, грн.

Недоліком моделі є те, що вона розрахована тільки на один тип продукції – овочі та фрукти. Їхньою специфікою є визначення виробника готової продукції – ним є поле. Тобто на відміну від виробника – підприємства випуск готової продукції має сезонний характер, а значить і іншу організацію ЛЛ. Також автором розраховуються питомі капітальні витрати, які не дозволяють оцінити розмір реальних капітальних вкладень в поточних періодах, що можливо при застосуванні методології проектного аналізу.

В роботі [3] запропонований автором комплексний критерій ефективності ($K_{ком}$) являє собою комбінацію з показників, які характеризують ступінь задоволення логістичних вимог «в потрібному обсязі» (K_1^{ef}), «точно до зазначеного терміну» (K_2^{ef}) та «з мінімальними витратами» (K_3^{ef}):

$$K_{ком} = \frac{K_1^{ef} \cdot K_2^{ef}}{K_3^{ef}} = \frac{\Sigma C_{факт}^{2p} \Sigma C_{факт}^{2p'}}{\Sigma C_{план}^{2p} \Sigma S_{факт}^{cd}}, \quad (5)$$

$$\text{де } K_1^{ef} = \frac{\Sigma C_{факт}^{2p}}{\Sigma C_{план}^{2p}}, \quad K_2^{ef} = \frac{\Sigma C_{факт}^{2p'}}{\Sigma C_{план}^{2p}}, \quad K_3^{ef} = \frac{\Sigma S_{факт}^{cd}}{\Sigma C_{факт}^{2p}},$$

де $\Sigma C_{план}^{2p}$, $\Sigma C_{факт}^{2p}$, $\Sigma C_{факт}^{2p'}$ - вартість вантажів, які відповідають потоку замовлень; всіх вантажів, що доставлені, а також вантажів, які доставлені «точно до зазначеного терміну» відповідно; $\Sigma S_{факт}^{cd}$ - витрати на доставку вантажів за маршрутами, функціонування логістичної служби, на простой можливостей системи доставки.

Ефективність роботи автомобіля на маршруті оцінюється питомими витратами на доставку вантажу:

$$SS_M = \frac{S_M^{\Sigma}}{\Sigma C_M^{2p}}, \quad (6)$$

де S_M^{Σ} - витрати на доставку вантажів по маршруту, грн.; ΣC_M^{2p} - вартість вантажу, грн.

Аналізуючи моделі (5), (6), слід зауважити, що при визначенні витрат на доставку по маршрутам автором використовуються собівартості використання транспортних, складських та експедиційних можливостей, які можуть значно змінюватися і не відповідають поточним витратам в реальному часі. В моделі не розглянуто вплив фактору часу на якість продукції, що при організації ланцюга з доставки швидкопсувних вантажів може привести до повної втрати вантажем своїх споживчих властивостей і, як наслідок, своєї вартості.

У роботі [5] розглянуто ЛЛ з доставки вантажу (на прикладі пива), який утворюють незалежні учасники ринку чистої конкуренції: виробник – транспортне підприємство 1 – розподільчий центр – транспортне підприємство 2 – роздрібна мережа (ВИР–ТП1–РЦ–ТП2–РМ). Автор використовує для оцінки ефективності функціонування ЛЛ показник чистої приведеної вартості (NPV). Цільова функція моделі досліджуваної системи визначається так:

$$NPV_{cuc} = F(NPV_{вир}, NPV_{рц}, \Sigma NPV_{рмі}, NPV_{mn1}, NPV_{mn2}) \rightarrow \max, \quad (7)$$

де $NPV_{вир}$, $NPV_{рц}$, $\Sigma NPV_{рмі}$, NPV_{mn1} , NPV_{mn2} - відповідно чиста приведена вартість проекту виробника, РЦ, РМ й ТП1 та ТП2, грн.

Математично цільова функція (7) записана з використанням формули визначення чистої приведеної вартості у такому вигляді:

$$NPV_{cuc} = \sum_{t=1}^k \frac{NCF_{cuct}}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^k \frac{IC_{cuct}}{(1+i)^t}, \quad (8)$$

де NCF_{cuct} - чистий грошовий потік по окремих інтервалах загального періоду експлуатації проекту; IC_{cuct} - інвестиційні витрати по окремих інтервалах

загального періоду експлуатації проекту; i - дисконтна ставка; k - загальний період розрахунку.

З погляду автора, важливе значення при визначенні чистої приведеної вартості проекту мають загальні витрати проекту ЛЛ, або його учасника, за розрахунковий період (квартал) t розраховуються за формулою:

$$C_t = K_t + U_t + P_t + H_t, \quad (9)$$

де K_t – капітальні вкладення, грн.; U_t - поточні витрати на організацію виробництва, грн.; P_t – виплати за запозиченим капіталом, грн.; H_t – основні податки й збори, грн.

Недоліком такої моделі є те, що вона не враховує специфіку швидкопсувних вантажів, тобто втрату вантажем його споживчих властивостей з плином часу.

При дослідженні роботи ланцюга з доставки швидкопсувних вантажів перш за все необхідно визначити межі системи та кількість її учасників. Учасниками, які формують систему є: виробник продукції, оптовий торговець (РЦ), роздрібні торговці та два транспортних учасника, які обслуговують транспортування вантажів від виробника до оптового торговця і далі до роздрібної мережі. Вважається, що в даній системі використовується тільки автомобільний транспорт. Приймається, що оптовий торгівельць працює тільки з одним виробником. А також, що він будує новий холодильний склад зі всім необхідним обладнанням. Декілька роздрібних торговців (магазинів) формують роздрібну мережу.

При побудові моделі за робочу гіпотезу приймається таке припущення: існує певна сукупність характеристик роботи учасників логістичного ланцюга, яка при заданому рівні якості забезпечує найефективнішу роботу ланцюга в цілому. Необхідним рівнем якості для даної системи є обслуговування матеріалопотоку відповідно до попиту [5].

Розглянемо більш детально структуру загальних витрат кожного учасника ЛЛ з доставки ШПВ. Капітальні витрати виробника обумовлені збільшенням обсягів реалізації, що призводить до зростання кількості засобів по обслуговуванню матеріалопотоку. Такими засобами є: стелажі, піддони, навантажувачі та додаткові пости навантаження. Приймається, що виробник не буде використовувати запозичений капітал, а обсяг потрібних капіталовкладень знаходиться у межах власного фінансування. Поточні витрати виробника наведені в табл. 1. Враховуючи специфіку ШПВ, слід зазначити, що в ЛЛ обов'язково потрібно враховувати витрати на природну втрату вантажу, витрати на механічне пошкодження вантажу та витрати на псування при транспортуванні та зберіганні [1]. Основними податками виробника є податок на прибуток та податок на додану вартість.

Для формування парку транспортних засобів (ТЗ) їх пропонується взяти у кредит. Капітальні витрати обох транспортних учасників обумовлені потрібною кількістю ТЗ. У підприємства, яке обслуговує ділянку ВИР – РЦ ТЗ мають більшу вантажопідйомність, ніж у підприємства, яке обслуговує ділянку РЦ – РМ. Це обумовлюється розміром замовлення партій вантажу. Обсяг капітальних витрат визначається як сума вартості придбання транспортних засобів та витрат на

оформлення та постановкою їх на облік. Структура поточних і капітальних витрат представлена в табл. 1. До витрат на податки і збори транспортних учасників, окрім податку на прибуток і ПДВ, відносяться також податок з власників транспортних засобів та збір за забруднення природного навколишнього середовища.

Таблиця 1 - Структура витрат учасників логістичного ланцюга

	Капітальні витрати	Поточні витрати	Виплати по запозиченому капіталу	Податки
Виробник	– Стелажі – Піддони – Навантажувачі – Пости	– Витрати на заробітну плату водіїв навантажувачів – Витрати на ремонт та утримання обладнання – Витрати на електроенергію – Витрати на паливо для навантажувачів – Загально господарські витрати – Витрати на природну втрату та пошкодження вантажу	----	– Податок на прибуток – ПДВ
ТП1	– Транспортні засоби	– Витрати на заробітну плату водіїв та ІТП – Витрати на ремонт та утримання ТЗ – Витрати на паливо для ТЗ – Загально господарські витрати – Витрати на природну втрату вантажу – Витрати на пошкодження вантажу при перевезенні	Фінансовий кредит	– Податок на прибуток – ПДВ – Податок з власників ТЗ – Екологічний збір
РЦ	– Холодильне обладнання – Навантажувачі – Пости	– Витрати на заробітну плату водіїв навантажувачів – Витрати на ремонт та утримання обладнання – Витрати на електроенергію – Витрати на паливо для навантажувачів – Загально господарські витрати – Витрати на природну втрату вантажу – Витрати на пошкодження – Витрати на псування вантажу при зберіганні в РЦ	Фінансовий кредит	– Податок на прибуток – ПДВ
ТП2	– Транспортні засоби	– Витрати на заробітну плату водіїв та ІТП – Витрати на ремонт та утримання ТЗ – Витрати на паливо для ТЗ – Загально господарські витрати – Витрати на природну втрату вантажу – Витрати на пошкодження вантажу при перевезенні	Фінансовий кредит	– Податок на прибуток – ПДВ – Податок з власників ТЗ – Екологічний збір
РМ	– Холодильне обладнання для реалізації продукції	– Орендна плата – Витрати на заробітну плату – Витрати на ремонт та утримання обладнання – Витрати на природну втрату та пошкодження вантажу – Витрати на псування вантажу при зберіганні в РМ	-----	– Єдиний податок для юридичних осіб 10%

Витрати РЦ мають аналогічну до виробника структуру. При цьому в РЦ має місце можливе залучення кредитних коштів на побудову нового холодильного складу. Також потрібно враховувати витрати на природну втрату вантажу, витрати на механічне пошкодження вантажу та витрати на псування при зберіганні на РЦ.

Капітальні витрати учасника РМ - це витрати на холодильне обладнання, яке необхідно для реалізації продукції, при цьому припускаємо, що власних коштів на купівлю обладнання має бути достатньо. Поточні витрати відображені в табл. 1. Вважається, що учасниками РМ є юридичні особи, які мають сплачувати єдиний податок в розмірі 10%. Слід зауважити, що для доставки деяких товарів, наприклад, йогуртів, дещо зміниться структура витрат. Деякі компанії-виробники компенсують витрати на псування вантажу в РМ, тому в наведеному випадку ця стаття витрат буде у виробника. Мають місце і випадки, коли витрати на псування вантажу в РМ компенсує РЦ, в такому випадку ця стаття витрат буде у РЦ.

Більш детально витрати, пов'язані зі специфікою ШПВ, тобто витрати на природну втрату вантажу, витрати на механічне пошкодження та витрати на псування вантажу при зберіганні, які несуть учасники ЛЛ, наведені в табл. 2. В цьому випадку витрати на псування вантажу в РМ компенсує РЦ.

Таблиця 2 – Структура витрат, пов'язаних зі специфікою швидкопсувних вантажів, по учасникам ЛЛ

Учасник	Витрати	Значення
Виробник	Витрати на природну втрату вантажу у ВИР	$U_{npvt}^{vip} = \frac{Q_m^{vip} \cdot B_{1m}^{vip} \cdot N_{nv}}{100} \cdot n$
	Витрати на механічне пошкодження у ВИР	$U_{nouit}^{vip} = \frac{Q_m^{vip} \cdot B_{1m}^{vip} \cdot S_{vmp}^{vip}}{100} \cdot n$
ТП1	Витрати на природну втрату вантажу у ТП1	$U_{npvt}^{mcl} = \frac{Q_m^{mcl} \cdot B_{1m}^{mcl} \cdot N_{nv}}{100} \cdot n$
	Витрати на механічне пошкодження у ТП1	$U_{nouit}^{mcl} = \frac{Q_m^{mcl} \cdot B_{1m}^{mcl} \cdot S_{vmp}^{mcl}}{100} \cdot n$
РЦ	Витрати на природну втрату вантажу у РЦ	$U_{npvt}^{pц} = \frac{Q_m^{pц} \cdot B_{1m}^{pц} \cdot N_{nv}}{100} \cdot n$
	Витрати на механічне пошкодження у РЦ	$U_{nct}^{pц} = \frac{Q_m^{pц} \cdot B_{1m}^{pц} \cdot S_{vmp}^{pц}}{100} \cdot n$
	Витрати на псування вантажу на складі РЦ	$U_{nct}^{pц} = (Q_m^{pц} \cdot B_{1m}^{pц} \cdot n - U_{nouit}^{pц} - U_{npvt}^{pц}) \cdot K_{псув}^{pц}$ $K_{псув}^{pц} = \begin{cases} 1, t_{перб} \geq t_{mnm} \\ 0, t_{перб} < t_{mnm} \end{cases}$
	Витрати на псування вантажу на складі РМ	$U_{nct}^{pm} = (Q_m^{pm} \cdot B_{1m}^{pm} \cdot n - U_{nouit}^{pm} - U_{npvt}^{pm}) \cdot K_{псув}^{pm}$ $K_{псув}^{pm} = \begin{cases} 1, t_{xp}^{pm} \geq t_{mnm} - t_{дос}^{pm} \\ 0, t_{xp}^{pm} < t_{mnm} - t_{дос}^{pm} \end{cases}$
ТП2	Витрати на природну втрату вантажу у ТП2	$U_{npvt}^{mc2} = \frac{Q_m^{mc2} \cdot B_{1m}^{mc2} \cdot N_{nv}}{100} \cdot n$
	Витрати на механічне пошкодження у ТП2	$U_{nouit}^{mc2} = \frac{Q_m^{mc2} \cdot B_{1m}^{mc2} \cdot S_{vmp}^{mc2}}{100} \cdot n$
РМ	Витрати на природну втрату вантажу в РМ	$\bar{U}_{npvt}^{rpm} = \frac{Q_m^{pm} \cdot B_{1m}^{pm} \cdot N_{nv}}{100} \cdot n$
	Витрати на механічне пошкодження в РМ	$\bar{U}_{nouit}^{pm} = \frac{Q_m^{pm} \cdot B_{1m}^{pm} \cdot S_{vmp}^{pm}}{100} \cdot n$

Де n - кількість мінімальних періодів розрахунку (місяців) в загальному розрахунковому періоді t , од; Q_m^{vip} , $Q_m^{pц}$, Q_m^{pm} , Q_m^{mcl} , Q_m^{mc2} - місячний обсяг матеріалопотоку, який зберігається у ВИР, на РЦ, РМ та перевозиться ТП1 та ТП2 відповідно, т; B_{1m}^{vip} , $B_{1m}^{pц}$, B_{1m}^{pm} , B_{1m}^{mcl} , B_{1m}^{mc2} , - вартість однієї тонни вантажу, який реалізується ВИР, РЦ, РМ та перевозиться ТП1 та ТП2 відповідно, грн.;

N_{ne} - норма природної втрати, %; $S_{втр}^{вир}$, $S_{втр}^{рц}$, $S_{втр}^{рм}$, $S_{втр}^{mc1}$, $S_{втр}^{mc2}$ - питома вага втрати вантажу внаслідок пошкодження на складі ВИР, РЦ, РМ та під час перевезення ТП1 та ТП2 відповідно, %; $K_{псув}^{рм}$ - коефіцієнт псування вантажу в учасника РМ; $t_{xp}^{рм}$ - час зберігання вантажу в учасника роздрібної мережі, діб; t_{mnm} - термін придатності швидкопсувного товару, тобто час протягом якого вантаж зберігає свої якості, діб; $t_{дос}^{рм}$ - час доставки ШПВ до учасника роздрібної мережі, діб; $K_{псув}^{рц}$ - коефіцієнт псування вантажу на складі РЦ; $t_{перб}$ - час перебування товару в межах ЛЛ, діб.

Час доставки ШПВ до учасника роздрібної мережі пропонується визначити наступним чином:

$$t_{дос}^{рм} = t_{xp}^{вир} + t_{нав}^{вир} + t_{пер}^{mc1} + t_{роз}^{рц} + t_{xp}^{рц} + t_{нав}^{рц} + t_{пер}^{mc2} + t_{роз}^{рм}, \quad (10)$$

де $t_{xp}^{вир}$ - час зберігання на складі виробника, діб; $t_{нав}^{вир}$ - час навантаження на складі виробника, діб; $t_{пер}^{mc1}$ - час перевезення вантажу ТП 1 від виробника до РЦ, діб; $t_{роз}^{рц}$ - час розвантаження на складі РЦ, діб; $t_{xp}^{рц}$ - час зберігання на складі РЦ, діб; $t_{нав}^{рц}$ - час навантаження на складі РЦ, діб; $t_{пер}^{mc2}$ - час перевезення вантажу ТП 2 від РЦ до РМ, діб; $t_{роз}^{рм}$ - час розвантаження на складі учасника РМ, діб.

Час перебування вантажу в межах ЛЛ пропонується визначати за формулою:

$$t_{перб} = t_{xp}^{вир} + t_{нав}^{вир} + t_{пер}^{mc1} + t_{роз}^{рц} + t_{xp}^{рц} + t_{нав}^{рц} + t_{пер}^{mc2} + t_{роз}^{рм} + t_{xp}^{рм*}, \quad (11)$$

де $t_{xp}^{рм*}$ - вимога учасника роздрібної мережі щодо часу зберігання вантажу в роздрібній мережі, діб.

5. Висновки

На основі аналізу існуючих моделей економічних показників функціонування логістичних ланцюгів з доставки швидкопсувних вантажів автомобільним транспортом була розроблена модель з доставки швидкопсувних вантажів по ЛЛ, яка базується на методології проектного аналізу, що дозволяє визначати чисту приведену вартість проекту в довільний період часу функціонування проекту, та враховує витрати, які виникають у кожного учасника логістичного ланцюга у зв'язку з природною втратою вантажу, його псуванням та механічним пошкодженням. Також в моделі витрат транспортного учасника, на відміну від існуючої моделі, враховується збір за забруднення природного навколишнього середовища з транспортних підприємств.

Список літератури: 1. Федорова, Т.Ф. Особливості функціонування логістичного ланцюга з доставки швидкопсувних вантажів автотранспортом [Текст] / Т.Ф. Федорова, А.М. Ширяєва, К.А. Петренко // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2011. - №5 (159) – Частина 1. – С. 203-207. 2. Пономарев А.А. Техничко-економические исследования организации перевозок овощей и фруктов автомобильным транспортом в курортный сезон (на примере Крыма) [Текст]: Автореф. дис. ... канд. эк. наук: 08.00.05 / А.А. Пономарев: [Моск. Ордена Трудового Красного Знамени инж.-эк. ин-т им. С. Орджоникидзе]. – М., 1974. – 24 с. 3. Кащеев С.А. Повышение эффективности функционирования системы доставки грузов в торговую сеть автомобильным транспортом [Текст]: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.22.10 / Кащеев Сергей Александрович; Волгоград, 2004. – 19с. 4. Горяинов, А.Н., Определение модели перевозки грузов в междугородном сообщении [Текст] / А.Н. Горяинов, Т.Ф. Федорова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. № 2/6 (26)– Харьков: «Технологический Центр», 2007. – С.17-20. 5. Горяинов, О.М. Автотранспорт в логістичних системах і ланцюгах [Текст]: монографія / О.М. Горяинов, Д.М. Рославцев. – Харків: НТМТ, 2009. – 344 с. – ISBN 978-966-8603-63-1.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

УДК 331.103.255

В.Х. ЗАВРІЧКО, ст., УкрДАЗТ, Харків

В.В. КОТОВ, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБЛІКУ ТА НОРМУВАННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ

Удосконалення процесу автоматизованого нормування витрат електроенергії і дизельного палива на тягу поїздів за рахунок розширення обліку нормоутворюючих чинників, зокрема показника кваліфікації машиністів локомотивних бригад.

Improvement of process of the automated setting of norms expenditure of electric power and diesel fuel on railway traction on account of expansion of consideration of norm be formed factors, in particular index of qualification of machinists of locomotive brigades.

Усовершенствование процесса автоматизированного нормирования расхода электроэнергии и дизельного топлива на тягу поездов за счет расширения учета нормообразующих факторов, в частности показателя квалификации машинистов локомотивных бригад.

Вступ

Ресурсозбереження, яке стає важливим супутнім фактором реалізації будь-якого виробничого процесу, на залізничному транспорті здійснюється у наступних напрямках: конструктивні заходи, технологічні заходи, експлуатаційні та організаційно-технічні заходи. У першу чергу до організаційних заходів належить віднести удосконалення системи нормування енерговитрат, яка широко використовується в локомотивному господарстві. Ця система охоплює усі рівні управління, але найбільший потенціал енергозбереження сконцентрований на самому нижньому рівні, т. е. безпосередньо у локомотивних депо, де формують систему технологічних норм - так прийнято називати норми енерговитрат на поїздку в межах тягового плеча.

Науково обґрунтовані норми, що відображають основні умови роботи рухомого складу і організацію перевізного процесу, є необхідним інструментом

при плануванні витрат паливно-енергетичних ресурсів, як в масштабі сіті залізниць, так і на рівні господарського підрозділу. З іншого боку, правильно встановлена норма витрати палива або електроенергії за наявності стимулювання їхньої економії (у вигляді виплати премій) є чинником, мобілізуючим на поліпшення використання паливно-енергетичних ресурсів і розкриття технічно обґрунтованих резервів їхньої подальшої економії

Постановка проблеми в загальному вигляді

У більшості локомотивних депо процес обліку та нормування витрати енергоресурсів в даний час автоматизований. Розроблені численні комп'ютерні програми, що отримали назву АРМ для виконання різних розрахунково-облікових функцій: АРМ-ТЧУ, АРМ-ТЧБ, АРМ-ТЧД і інш. Автоматизоване робоче місто інженера-теплотехніка (АРМ-ТЧМ1) дозволяє:

- організувати і удосконалити облік і раціональний розподіл споживання енергоресурсів по підрозділам підприємства;
- здійснити розробку енергетичних паспортів для експлуатаційних дільниць і локомотивів;
- автоматизувати розробку режимних карт ведення поїздів;
- забезпечувати поточний облік і контроль за підсумками витрат палива та електроенергії кожною локомотивною бригадою, оцінювати економічну ефективність поїздок;
- забезпечувати доступ до всієї необхідної нормативної і інструктивної документації для здійснення технічного навчання локомотивних бригад;
- розширювати облік нормообразуючих факторів для розрахунків технічно обґрунтованих диференційованих норм витрат палива і електроенергії на тягу поїздів, а також удосконалювати методику нормування і багато інше.

Технологічні норми відображають вплив як постійних чинників, що впливають на результати перевізного процесу (які не міняються від поїздки до поїздки), так і змінних, облік яких і представляє особливу складність при нормуванні. Суть системи нормування можна представити як сукупність двох компонентів: розрахунок оптимальної норми та облік фактичної витрати енергії

Аналіз досліджень та публікацій

В даний час існує велика кількість підходів та рекомендацій призначених для вирішення різних задач з нормування. Норми, які розробляються, відрізняються як своїм складом так і методами розрахунків. Найбільше розповсюдження одержали розрахунково-аналітичний, балансовий, розрахунково-статичний та експериментальний (дослідний) методи.[1]. Практично кожен з них (включаючи і розроблені в Укрзалізниці документи [2,3]) базується на узагальнюючих положеннях які ураховують найбільш характерні особливості експлуатаційної роботи. Як початкові передумови при цьому використовуються дані тягово-енергетичних паспортів локомотивів (не завжди відповідні реальному технічному стану), а численні поправочні коефіцієнти, що ураховують вплив окремих чинників, з фізичної точки зору не завжди цілком достовірно відображають дійсність.

Вплив усіх факторів, що діють на енергетичні процеси під час руху поїзда, врахувати неможливо, оскільки деякі з них не піддаються виміру, а інші недостатньо вивчені. Звідси виникає основна задача в енергетиці тяги локомотива: визначити ступінь впливу цих факторів на кінцевий результат та взаємозв'язку між характерними параметрами процесів і значущими чинниками, тобто визначити форму даної залежності і інтенсивність, з якою вона проявляється серед численних супутніх впливів

Як відомо, під час руху поїзда протікає процес перетворення енергоресурсів в енергію руху поїздів. Цей процес безпосередньо пов'язаний з обсягом і якістю використання енергоресурсів в технології перевезень і є предметом енергетики тяги поїздів [4].

Набір чинників впливу на витрати електроенергії і дизельного палива на тягу рухомого складу у більшості методик подібний, а коефіцієнти впливу різні залежно від метео- географічних умов, технічних характеристик рухомого складу і колії, особливостей режиму ведення поїзду, параметрів поїздопотіку, а також інших параметрів.

Найбільша вірогідність методів, що використовуються досягається шляхом уточнення параметрів факторів, що розраховуються і встановлення надійного обґрунтованого зв'язку розмірів споживання дизельного палива і електроенергії локомотивами і основними параметрами перевізного процесу.

В повний набір факторів, які відображають реальний процес руху поїзда, повинні входити маса складу, середнє навантаження на вісь вагона, середня технічна швидкість, частка порожнього пробігу вагону, частка безстикової колії, номінальна (тривала) дотична потужність локомотива, зчіпна маса локомотива, коефіцієнт технічного стану, коефіцієнт використання потужності допоміжних машин, відносна витрата енергоресурсів на холостому ході, номінальний (тривалий) ККД локомотива, коефіцієнт дільничної швидкості, затримки у забороняючих сигналів, неграфікові попередження по швидкості, шляхові попередження по швидкості, еквівалентний уклон, температура зовнішнього повітря, коректування опору руху, структура парку локомотивів, рекуперація електроенергії, організаційно-технічні заходи, введення пасажирського поїзду в графік, частка вагонів з кондиціонерами, електроопалення пасажирських вагонів.

Подальше підвищення точності нормування може бути досягнуте в результаті обліку реального технічного стану локомотива при розрахунку його енергетичного паспорту, збільшення кількості факторів, котрі враховуються при нормуванні, а також за рахунок уточнення залежностей, які розраховуються.

Висловлення основного матеріалу

Необхідно відзначити що серед факторів що враховуються при нормуванні, відсутній фактор, що відповідає за кваліфікацію локомотивної бригади. Проте облік такого чинника необхідний, оскільки в системі нормування він може служити додатковим стимулом для машиністів до енергооптимальної їзди.

Ще у середині шістдесятих роках В.С. Молярчук [5] пропонував при нормуванні витрат енергоресурсів на тягу враховувати коефіцієнт, що залежить від майстерності локомотивних бригад, прогресивних методів, що

використовуються ними при керуванні локомотивами. Подібний коефіцієнт пропонувалось визначати дослідним шляхом.

А у 1972 році А.М Костромін [6] запропонував багатofакторне рівняння регресії, побудоване за даними маршрутів машиністів, що дозволяло виявити резерви економії ПЕР за рахунок вдосконалення методів керування локомотивами. Аналітична ж залежність між витратами електричної енергії й показником, що характеризує прогресивні методи керування, не була показана.

У якості допоміжного критерію для оцінки впливу кваліфікації машиніста на норму витрат палива і електроенергії міг би служити коефіцієнт кваліфікації у вигляді показника для кожного виду руху, визначуваного середньовзвішеним по кількості машиністів N ставленням стажу роботи до віку.

$$K_k = \sum_{i=1}^N \frac{C_{mi}}{B_i},$$

де K_k – середнестатистичний коефіцієнт кваліфікації машиністів;

N – кількість машиністів;

C_{mi} – стаж роботи i -го машиніста;

B_i – вік i -го машиніста.

Коефіцієнт кваліфікації може бути розрахований для кожного виду руху, маршруту, тягового плеча і в цілому для депо.

В базових формулах для уточнення розрахунків, що проводяться, пропонується вводити коефіцієнт впливу кваліфікації машиніста на прогнозну величину питомого енергоспоживання

$$K_{kv} = 1 + \left[\left(\frac{C_{mi}}{B_i} \right) - K_k \right] \cdot \frac{1}{10}$$

Обґрунтована оцінка технічної підготовки машиністів, їх кваліфікації дозволить більш точно визначати норму витрати палива і електричної енергії на тягу.

Висновок

В статті розглянута можливість удосконалення процесу визначення прогнозних величин питомих витрат палива і електроенергії на тягу поїздів за рахунок обліку при нормуванні чинника, що характеризує ступень кваліфікації машиніста локомотивної бригади.

Список літератури: 1. Дробаха В.І., Котов В.В. Вірогідність методик нормування витрати дизельного палива на тягу поїздів // Зб. наук. праць / Укр. ДАЗТ, 2003. С. 16-26. 2. Інструкція по технічному нормуванню витрат дизельного палива і електричної енергії на тягу поїздів (№ЦТ-0059) – Київ, Укрзалізниця, 2003. – 85 с. 3. Методика розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів (ЦТ-0099) – Київ: тов. «Швидкий рух», 2004. -60 с. 4. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теория локомотивной тяги / Под ред. В.Д.Кузьмича. – М.: Изд-во «Маршрут», 2005. – 448 с. 5. Молярчук В.С. Теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электрической энергии для тяговых средств транспорта. – М: Транспорт, 1966. 6. Костромин А.М. Об оптимальном управлении тепловозом при вождении поездов // Труды БелИИЖТ, вып. 116, 1972.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

В.Е. САВАНЕВИЧ, докт. техн. наук, проф. ХНУРЭ, Харьков

А. М. КОЖУХОВ, инж., Национальный центр управления и испытаний космических средств, Евпатория

А. Б. БРЮХОВЕЦКИЙ, инж., Национальный центр управления и испытаний космических средств, Евпатория

В. П. ВЛАСЕНКО, инж., Национальный центр управления и испытаний космических средств, Евпатория

В.Н. ТКАЧЁВ, соиск., ХНУРЭ, Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МАТРИЦЫ РАЗМЫТИЯ ДЛЯ МЕТОДА СЛОЖЕНИЯ ПЗС-КАДРОВ С НАКОПЛЕНИЕМ СИГНАЛА ОТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА

Разработан метод определения оптимальных значений элементов матрицы размытия для метода сложения ПЗС-кадров с накоплением сигнала от астероида со слабым блеском и ненулевым видимым движением. Оптимальные значения элементов матрицы размытия определяются методом имитационного моделирования на экспериментальных данных индивидуально для каждого оптического средства. Приведены оптимальные значения элементов матрицы размытия для нескольких оптических средств.

Ключевые слова: астероид, накопление сигнала от астероида, сложение ПЗС-кадров.

Розроблений метод визначення оптимальних значень елементів матриці розмиття для методу додавання ПЗЗ-кадрів з накопиченням сигналу від астероїда зі слабким блиском і ненульовим видимим рухом. Оптимальні значення елементів матриці розмиття визначаються методом імітаційного моделювання на експериментальних даних індивідуально для кожного оптичного засобу. Приведені оптимальні значення елементів матриці розмиття для кількох оптичних засобів

Ключові слова: астероїд, накопичення сигналу від астероїда, додавання ПЗЗ-кадрів.

The method of detection of the best value of blurring matrix' elements for the method of CCD-frames' stacking with signal's accumulation from a faint asteroid with nonzero apparent motion on series of CCD-frames is worked out. Estimation of the best value of blurring matrix' elements is done using method of simulation on experimental data for each optical facility individually. The best values of blurring matrix' elements for some optical facilities are represented.

Key words: asteroid, signal accumulation from an asteroid, CCD-frames stacking.

1. Введение

Накопление сигнала от объекта позволяет повысить показатели качества его обнаружения и точность оценки его параметров. Особенно это актуально для оптико-электронных средств (ОЭС), использующих телескопы с малыми апертурами и, следовательно, невысокими характеристиками проникающей способности. Однако, из-за значительных видимых собственных движений астероидов для них невозможно применить такие классические астрономические методы накопления сигналов, как увеличение времени экспозиции или простое сложение кадров ПЗС-наблюдений одной области небесной сферы. Методы сложения кадров с накоплением сигналов от движущихся объектов (методы СКДО), учитывающие данную особенность наблюдений астероидов не могут

учесть всех влияющих факторов (например, влияния турбулентности атмосферы на распределение амплитуд пикселей ПЗС-матрицы) при определении значений используемых при сложении взаимных сдвигов ПЗС-кадров. Одним из вариантов повышения эффективности накопления энергии данного сигнала при проведении СКДО является проведение некоторого дополнительного размытия сигнала с помощью сглаживающего цифрового фильтра низких частот [1, 2]. Характеристики данного фильтра определяются матрицей (маской) размытия. Наибольшей эффективности можно добиться в случае применения матрицы размытия с оптимальными значениями элементов.

2. Анализ литературы

Общее описание цифровых фильтров низких частот приведено в [1], а пример их применения для задач определения видимого блеска звезд приведен в [2]. В обоих случаях значения элементов матрицы размытия считаются фиксированными для всех обрабатываемых изображений (кадров). В работе [3] разработан метод СКДО, использующий матрицу размытия для повышения эффективности накопления энергии небесных объектов, а также для уменьшения количества ложных накоплений. При этом формула для амплитуды ik -го пикселя суперкадра $A_{\Sigma ik}$, с учетом матрицы размытия, имеет вид:

$$A_{\Sigma ik} = \sum_{t=t_1}^{t_1+N_{\text{ПЗ}}-1} \sum_{e=0}^1 \sum_{g=0}^1 \sum_{j_p=0}^{2n} \sum_{i_p=-n}^n \gamma_{egt} \cdot M_{pj_p(i_p+n)} \cdot A_{(i+i_p+\Delta N_{xt}+e \cdot j_{xt}), (k-j_p+1+\Delta N_{yt}+g \cdot j_{yt})t}, \quad (1)$$

где $A_{(i+i_p+\Delta N_{xt}+e \cdot j_{xt}), (k-j_p+1+\Delta N_{yt}+g \cdot j_{yt})t}$ – амплитуда смещаемого пикселя текущего (t -го) кадра;

$\Delta N_{xt} = E(\Delta x_t), \Delta N_{yt} = E(\Delta y_t)$ – приращения номеров пикселей итогового кадра относительно текущего кадра по соответствующим координатам;

t_1 – первый кадр подсерии, для которой проводится СКДО;

$N_{\text{ПЗ}}$ – количество кадров подсерии, участвующих в СКДО;

$E(\cdot)$ – операция выделения целой части;

γ_{egt} – весовой коэффициент, зависящий от значений и направления сдвигов текущего кадра относительно базового по каждой координате;

$M_{pj_p(i_p+n)}$ – элемент матрицы размытия.

Матрица размытия M_p в [3] представляет собой квадратную матрицу размера $(2n+1) \times (2n+1)$, где n – размер области пикселей, соседних с конкретным (основным) пикселем текущего кадра, амплитуда которых будет принимать участие в процессе размытия. В элементы M_p записываются выбранные веса таким образом, что вес центрального элемента, соответствующего размываемому пикселю, всегда равен 1, а веса остальных меньше единицы. Например, для $n=1$:

$$M_p = \begin{pmatrix} M_{p00} & M_{p01} & M_{p02} \\ M_{p10} & M_{p11} & M_{p12} \\ M_{p20} & M_{p21} & M_{p22} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Рекомендаций по выбору конкретных значений элементов матрицы размытия, кроме центрального, в работе представлено не было.

3. Цель статьи

Необходимо разработать метод определения оптимальных значений элементов матрицы размытия, которые обеспечивают наилучшую условную вероятность правильного обнаружения (УВПО) астероида. При этом значение условной вероятности ложного обнаружения (УВЛО) астероида F^* не должно превышать требуемое $F_{треб}^*$, оценка координат местоположения астероида должна соответствовать критерию максимального правдоподобия, а среднее СКО $\sigma_{\alpha,\delta}$ указанной оценки не должно превышать значения СКО оценки координата, полученной без использования матрицы размытия ($n=0$) σ_0 более чем на заранее заданную величину.

4. Постановка задачи

Матрица размытия M_p определена ранее. В элементы матрицы размытия M_p записываются выбранные веса таким образом, что значение центрального элемента, соответствующего размываемому пикселю, всегда равно 1, а значения остальных – не превышает единицы. Величина погрешностей, для компенсации которых применяются матрица размытия, не превышают размера одного пикселя. Это делает обоснованным использование при проведении СКДО матриц размытия ограниченного размера 3×3 элемента ($n=1$). Нет оснований считать матрицу размытия несимметричной относительно центрального элемента, поэтому ее элементы, кроме центрального, могут принимать только два значения (λ, β):

$$M_p = \begin{pmatrix} \lambda & \beta & \lambda \\ \beta & 1 & \beta \\ \lambda & \beta & \lambda \end{pmatrix}.$$

При этом $\lambda \leq \beta$, $\lambda < 1$, $\beta \leq 1$.

Необходимо найти такие значения λ, β , при которых оценка УВПО астероида $\hat{D}_0$ на серии суперкадров будет наибольшей:

$$\hat{D}_0(\beta, \lambda, \theta_j, m_{jA}) \xrightarrow{\beta, \lambda} \max, \quad (3)$$

$$\text{при } \sigma_{\alpha,\delta}(\beta, \lambda, m_{jA}) \leq k_0 \sigma_0(m_{jA}) \text{ для } j = 1, \dots, Q; \quad (4)$$

$$\hat{F}^* \leq F_{треб}^*, \quad (5)$$

$$\text{где } \sigma_{\alpha,\delta}(\beta, \lambda, m_{jA}) = \frac{\sum_{t=1}^{N_c} \sigma_{\alpha,\delta(t)}}{N_c} \quad - \text{ среднее СКО оценки экваториальных}$$

координат астероидов на серии суперкадров;

$$\sigma_{\alpha, \delta(t)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{36t}} (\epsilon_{it} - \alpha_{k(it)})^2 + \sum_{i=1}^{N_{36t}} (\delta_{it} - \delta_{k(it)})^2}{N_{36t} - 1}} \quad - \text{среднее СКО оценки}$$

экуаториальных координат астероида на t -м суперкадре;

m_{jA} – видимый блеск j -го астероида;

θ_j – параметры траектории j -го астероида;

N_c – количество суперкадров в серии;

k_0 – коэффициент пропорциональности, в данной работе принятый равным 1,2;

$$\hat{D}_\theta(\theta_j, m_{jA}) = \frac{N_A}{N_{AMPC}}; \quad (6)$$

– оценка УВПО отметок от астероида на серии суперкадров;

$$\epsilon^* = \frac{N_{\text{лотм}}}{N_{\text{cmp}}}; \quad (7)$$

– оценка УВЛО астероида при обнаружении отметок от астероида на серии суперкадров;

$\hat{\alpha}_{it}, \hat{\delta}_{it}$ – оценки экуаториальных координат i -й отметки, отождествленной с k -й каталожной звездой на t -м суперкадре;

$\alpha_{k(it)}, \delta_{k(it)}$ – каталожные значения экуаториальных координат k -й каталожной звезды, отождествленной с i -й отметкой на t -м суперкадре;

N_{36t} – количество используемых опорных звезд на t -м суперкадре;

N_A – количество отметок от астероидов, сформированных на серии кадров;

N_{AMPC} – количество астероидов, находящихся на серии кадров по данным МРС, видимый блеск которых превышает заданную величину;

$N_{\text{лотм}}$ – количество ложных отметок, сформированных на серии кадров;

$N_{\text{cmp}} = N_c \cdot \frac{N_{\text{ПЗС}}}{N_{\text{СВКОс}}}$ – количество возможных стробов внутрикадровой

обработки, в которых предполагается наличие сигнала.

Предполагается, что условия наблюдения и используемая аппаратура позволяют обеспечить необходимую точность оценки экуаториальных координат. Методы получения максимально правдоподобных оценок экуаториальных координат описаны в работах [4, 5].

5. Влияние элементов матрицы размытия на качество обнаружения астероидов

Обнаружение астероидов осуществляется на серии кадров. Отдельные этапы обнаружения и их взаимосвязь представлены на Рис 1. Каждый кадр представляет собой совокупность потенциалов, зарегистрированных на выходе $N_{\text{ПЗС}}$ пикселей ПЗС-матрицы в момент времени t , соответствующий формированию кадра $U_{\text{ucx}} = (v_{11t}, \dots, v_{ikt}, \dots, v_{N_{\text{ПЗС}}t})$. Кроме того, в качестве исходных данных используется опорный звездный каталог Y_{cat} , который можно представить как

совокупность параметров входящих в него звезд (количество которых составляет N_{36}): $Y_{cat} = (Y_{1cat}, \dots, Y_{icat}, \dots, Y_{N_{36}cat})$.

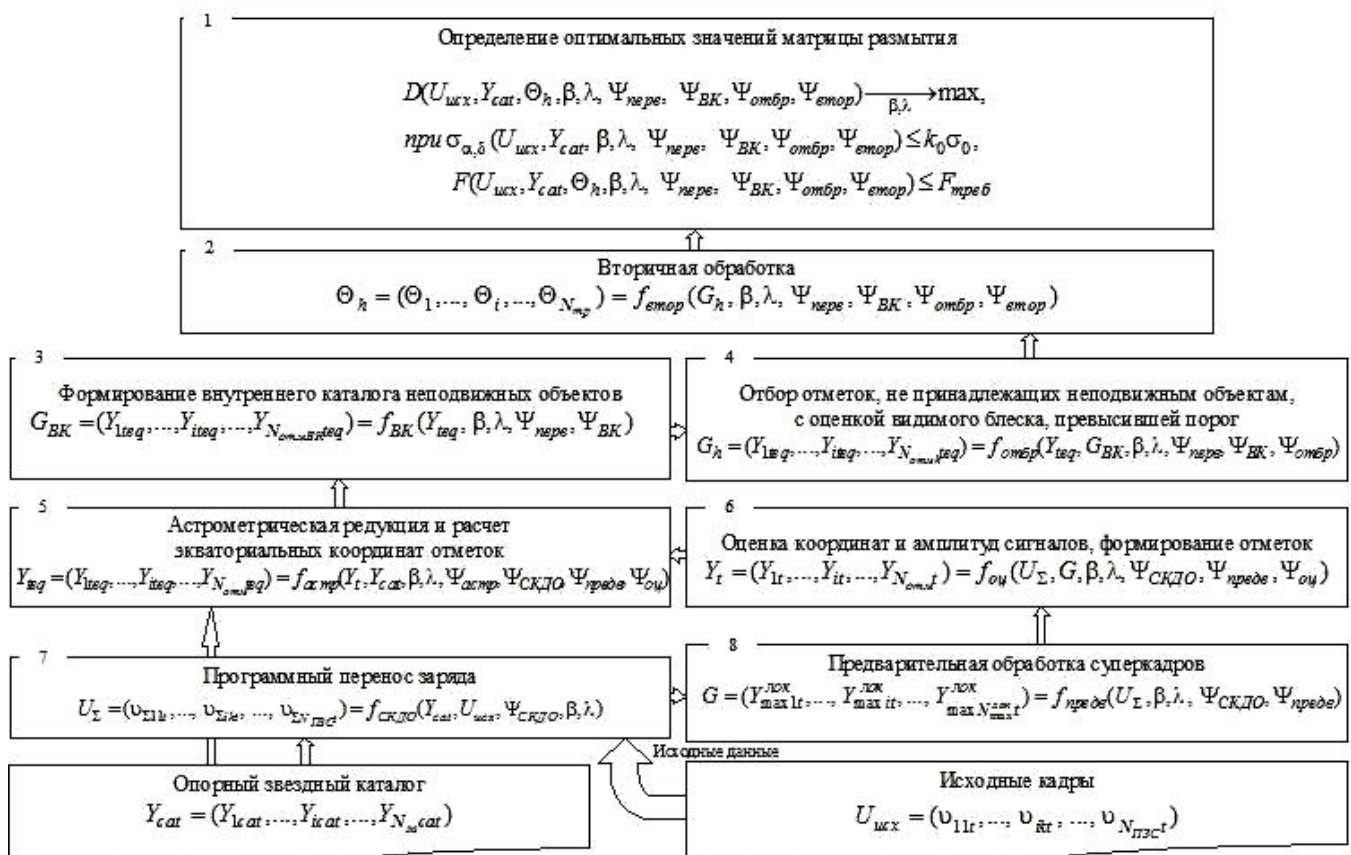


Рис.1 Определение оптимальных значений матрицы размытия

На основе этих исходных данных формируются суперкадры методом сложения кадров с накоплением сигнала от движущегося объекта (СКДО) [3], одной из составляющих которого является применение матрицы размытия. Суперкадры представляют собой также совокупность потенциалов $N_{ПЗС}$ пикселей $U_\Sigma = (u_{\Sigma 1t}, \dots, u_{\Sigma it}, \dots, u_{\Sigma N_{ПЗС}t})$. В отличие от исходных кадров, значения данных потенциалов зависят от значений исходных потенциалов пикселей, от параметров программного переноса заряда $\Psi_{СКДО}$ (параметры взаимного смещения кадров внутри подсерии, значения минимальной и максимальной скорости, шаг по скорости и так далее), а также от величины значений искомых элементов λ, β , то есть: $U_\Sigma = f_{СКДО}(Y_{cat}, U_{ucx}, \Psi_{СКДО}, \beta, \lambda)$.

Полученные суперкадры переходят на стадию предварительной отбраковки, в ходе которой формируется совокупность $N_{\max}^{лок}$ прошедших отбраковку локальных максимумов изображения $G = (Y_{\max 1t}^{лок}, \dots, Y_{\max it}^{лок}, \dots, Y_{\max N_{\max t}}^{лок})$. Данная совокупность зависит как от параметров проведения ППЗ так и от параметров предварительной отбраковки $\Psi_{предв}$ (значение коэффициента отбраковки, пороговое значение различия медианного и среднего значений): $G = f_{предв}(U_\Sigma, \beta, \lambda, \Psi_{СКДО}, \Psi_{предв})$. Затем для каждой совокупности локальных максимумов проводится оценка координат и амплитуду сигналов, методом,

изложенному в [4], которая также имеет свои параметры Ψ_{oc} (размер строба внутрикадровой обработки, размер строба внутрикадровой обработки, в котором предполагается наличие сигнала, максимально возможное количество итераций и так далее). Соответственно, на выходе для каждого суперкадра формируется совокупность N_{omm} отметок $Y_t = (Y_{1t}, \dots, Y_{it}, \dots, Y_{N_{omm}t}) = f_{oc}(U_\Sigma, G, \beta, \lambda, \Psi_{CKDO}, \Psi_{предв}, \Psi_{oc})$.

Для отметок, сформированных на каждом суперкадре, проводится их отождествление с опорным звездным каталогом и расчет экваториальных координат отметок, согласно методу, рассмотренному в [5], в результате которых формируется совокупность оценок экваториальных координат, соответствующая сформированным отметкам

$$Y_{teq} = (Y_{1teq}, \dots, Y_{iteq}, \dots, Y_{N_{omm}teq}) = f_{асгр}(Y_t, Y_{cat}, \beta, \lambda, \Psi_{асгр}, \Psi_{CKDO}, \Psi_{предв}, \Psi_{oc}),$$

где $\Psi_{асгр}$ – параметры астрометрической редукции (вид модели коэффициентов постоянных пластинки, параметры формирования матрицы весов обобщенного МНК, коэффициент отбрасывания многопроходowego МНК и так далее).

На основании полученных оценок экваториальных координат отметок и данных из опорного звездного каталога производится формирование внутреннего каталога неподвижных объектов с последующим проведением фотометрического пересчета для оценки видимого блеска объектов по методу, изложенному в [6]. На выходе формируется совокупность N_{ommBK} отметок внутреннего каталога $G_{BK} = (Y_{1teq}, \dots, Y_{iteq}, \dots, Y_{N_{omm}BKteq})$, принадлежащих неподвижным объектам и не участвующих в дальнейшей обработке. Формирование данной совокупности отметок зависит от совокупности параметров первичной (внутрикадровой) обработки $\Psi_{перв} = (\Psi_{CKDO}, \Psi_{предв}, \Psi_{oc}, \Psi_{асгр})$ и от параметров формирования внутреннего каталога и оценки видимого блеска отметок Ψ_{BK} (радиус поиска неподвижных объектов, количество кадров, необходимое для принятия решения о неподвижности объекта и так далее): $G_{BK} = f_{BK}(Y_{teq}, \beta, \lambda, \Psi_{перв}, \Psi_{BK})$.

Отметки, не вошедшие во внутренний каталог неподвижных объектов, проходят отбраковку по уровню оценки видимого блеска с параметрами $\Psi_{отбр}$, после которой формируется совокупность N_{ommh} отметок, поступающих на вторичную (межкадровую) обработку:

$$G_h = (Y_{1teq}, \dots, Y_{iteq}, \dots, Y_{N_{omm}hteq}) = f_{отбр}(Y_{teq}, G_{BK}, \beta, \lambda, \Psi_{перв}, \Psi_{BK}, \Psi_{отбр}).$$

В ходе вторичной (межкадровой) обработки, которая производится согласно вычислительных методов, изложенных в [7] с параметрами $\Psi_{втор}$ принимается решение о наличии на данной серии кадров N_{mp} траекторий, часть из которых является траекториями астероидов, а часть является ложными траекториями:

$$\Theta_h = (\Theta_1, \dots, \Theta_i, \dots, \Theta_{N_{mp}}) = f_{втор}(G_h, \beta, \lambda, \Psi_{перв}, \Psi_{BK}, \Psi_{отбр}, \Psi_{втор}).$$

Исходя из вышесказанного, целевую функцию (3), можно представить как функцию от ряда параметров, включая элементы матрицы размытия:

$$D(U_{исх}, Y_{cat}, \Theta_h, \beta, \lambda, \Psi_{перв}, \Psi_{БК}, \Psi_{отбр}, \Psi_{втор}) \xrightarrow{\beta, \lambda} \max \quad (8)$$

при $\sigma_{\alpha, \delta}(U_{исх}, Y_{cat}, \beta, \lambda, \Psi_{перв}, \Psi_{БК}, \Psi_{отбр}, \Psi_{втор}) \leq k_0 \sigma_0$

$$F(U_{исх}, Y_{cat}, \Theta_h, \beta, \lambda, \Psi_{перв}, \Psi_{БК}, \Psi_{отбр}, \Psi_{втор}) \leq F_{треб}. \quad (9)$$

Таким образом, элементы матрицы размытия оказывают влияние практически на все этапы обнаружения астероидов, поэтому определение их оптимальных значений является важной и сложной задачей.

6. Поиск оптимальных значений элементов матрицы размытия

Поставленную оптимизационную задачу невозможно решить аналитически. Причинами этого являются сложность целевой функции и ограничений, трудность вывода аналитических выражений для зависимости введенных выше функций (целевой и ограничений) от искомых параметров. Задача решается методом имитационного моделирования на экспериментальных данных.

В качестве экспериментальных данных используется набор тестовых серий ПЗС-кадров, соответствующих различным режимам наблюдения или различным наблюдательным средствам. Для каждой серии известно (по данным МРС и результатам ручной обработки серий) количество астероидов, находящихся на исследуемом участке неба и оценка местоположения изображений оптических сигналов от них на ПЗС-кадрах серии.

Имитационное моделирование проводится следующим образом. Для каждой тестовой серии ПЗС-кадров проводится перебор значений λ, β . Для каждого сочетания значений λ, β проводятся все этапы обработки, после чего рассчитывается значение целевой функции по формуле (8) при ограничениях (9). В качестве оптимальных принимаются значения, соответствующие наибольшему значению целевой функции.

Оптимальные значения λ, β зависят от характеристик аппаратуры, условий и режимов наблюдения, поэтому данную оптимизационную задачу следует решать независимо для каждого оптического средства.

7. Результаты эксперимента

Определение оптимальных значений элементов матрицы размытия проводилось при помощи автоматизированной системы обнаружения астероидов CoLiТес, в разработке которой принимали участие авторы. Экспериментальные исследования проводились в Андрушевской астрономической обсерватории на телескопе Zeiss-600 с диаметром зеркала 60 см., оснащенном ПЗС-камерой FLI PL09000 (размер кадра при съемке с одинарным бинированием 1528x1528 пикселей, использовалась экспозиция 30 с.) и в российской дистанционно управляемой обсерватории ISON-NM, расположенная в штате Нью-Мексико (США) на астрографе Astroworks Centurion-18 с диаметром зеркала 45 см., оснащенном ПЗС-камерой FLI ML09000-65 (размер кадра при съемке без бинирования 3056x3056 пикселей, использовалась экспозиция 240 с.).

В таблицах 1, 2 приведены значения показателей качества обнаружения и оценки местоположения астероида для Андрушевской астрономической

обсерватории (таблица 1) и для обсерватории ISON-NM (таблица 2) для типичных сочетаний значений элементов матрицы размытия.

Таблица 1. Значения показателей качества обнаружения и оценки местоположения астероида для Андрушевской астрономической обсерватории

№соч.	Сочетание β/λ	$\sigma_{\alpha,\delta}$, уг. с	$\mathcal{B}_\theta$	$\mathcal{K}^*$, 1×10^{-5}
1	0/0	0,668	0,3	0,75
2	0,25/0,062	0,780	0,95	0,75
3	0,25/0,25	0,721	0,83	1,1
4	0,5/0,25	0,748	0,87	0,75
5	0,5/0,5	0,746	0,79	0,75
6	0,71/0,5	0,760	0,80	0,75
7	1/1	0,801	0,88	3,0

Таблица 2. Значения показателей качества обнаружения и оценки местоположения астероида для обсерватории ISON-NM

№ Соч.	Сочетание β/λ	$\sigma_{\alpha,\delta}$, уг. с	$\mathcal{B}_\theta$	$\mathcal{K}^*$, 1×10^{-5}
1	0/0	0,849	0,3	0,7
2	0,25/0,062	0,913	0,85	2,96
3	0,25/0,25	0,903	0,88	0,8
4	0,5/0,25	0,882	0,97	1,08
5	0,5/0,5	0,889	0,85	1,32
6	0,71/0,5	0,862	0,88	0,8
7	1/1	0,917	0,93	2,96

Из таблиц 1 и 2 следует, что экстремально низкое (кроме точности) показатели качества обнаружения демонстрируют сочетания № 1 и № 7 для обеих обсерваторий, которые соответствуют отсутствию матрицы размытия. В остальных случаях показатели качества обнаружения достаточно близки.

Для обсерватории ISON-NM следует выделить сочетание № 4, которое обеспечивает наилучшую условную вероятность правильного обнаружения астероида при приемлемой точности оценки местоположения астероида и сравнительно небольшом уровне условной вероятности ложного обнаружения астероида. Для Андрушевской астрономической обсерватории в качестве наилучших можно предложить использовать сочетание № 2 или № 4.

Сочетания 2, 4 и 6 представляют собой варианты пространственного гауссовского фильтра низких частот для различных значений СКО. Передаточная функция подобного фильтра имеет вид [8]:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (15)$$

где x, y – координаты рассматриваемого пикселя относительно центрального пикселя;

σ – СКО передаточной характеристики.

Выводы

В статье разработан метод определения оптимальных значений матрицы размытия по критерию максимума условной вероятности правильного обнаружения астероидов при ограничениях на значения условной вероятности ложного обнаружения и возможного увеличения СКО оценки экваториальных координат астероида. Оптимальные значения элементов матрицы размытия определяются методом имитационного моделирования на экспериментальных данных отдельно для каждого телескопа.

Экспериментально проиллюстрировано, что применение матрицы размытия значительно повышает показатели качества обнаружения при приемлемом снижении точности оценки местоположения сигнала от астероида. Наилучшие значения элементов матрицы размытия соответствуют значениям элементов гауссовских фильтров низких частот с различными значениями СКО и зависят от аппаратуры, условий и режимов наблюдения. Выигрыш в условной вероятности правильного обнаружения астероида при применении матрицы размытия с оптимальными значениями элементов может достигать 14 % – 20 % при практически неизменном значении УВЛО астероида и приемлемом проигрыше в СКО оценки экваториальных координат астероидов.

В дальнейшем предполагается разработка метода автоматического определения оптимальных значений элементов матрицы размытия.

Список литературы: 1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений/ Пер. с англ. - М: Техносфера, 2005.-1072с. 2. *Mighell K.J.* Algorithms for CCD Stellar Photometry. *Astronomical Data Analysis Software and Systems VIII ASP Conference Series*, ed. D. V. Mehringer, R. L. Plante. and D. A. Roberts, Vol 172, p 317 – 328, 1999. 3. Саваневич В. Е., Кожухов А. М., Брюховецкий А. Б., Власенко В. П. Метод сложения ПЗС-кадров с накоплением сигнала от астероида со слабым блеском и ненулевым видимым движением на серии ПЗС-кадров // Системи озброєння та військова техніка. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 3(23). – С. 154 – 159. 4. Саваневич В. Е., Брюховецкий А. Б., Кожухов А. М., Диков Е. Н. Оценка координат астероида на дискретном изображении // Радиотехника: Всеукр. міжвед. науч.-техн. зб. 2010. Вип. 162. – С. 78 – 86. 5. Саваневич В. Е., Брюховецкий А. Б., Кожухов А. М., Диков Е. Н. Оценка экваториальных координат астероида по оценкам его координат на ПЗС-кадре // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 6(87). – С. 172 – 179. 6. Саваневич В. Е., Кожухов А. М., Брюховецкий А. Б., Власенко В. П. Оценка блеска астероида по амплитуде его сигнала на ПЗС-кадре // Системи управління навігації та зв'язку : Зб. наук. пр. – Київ: ЦНДІ НІУ, 2010. – Вип. 3(15). – С. 46 – 50. 7. Саваневич В. Е., Кожухов А. М., Брюховецкий А. Б., Диков Е. Н. Метод обнаружения астероидов, основанный на накоплении сигналов вдоль траекторий с неизвестными параметрами // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Харків: ХУПС, 2011. – Вип. 2(92). – С. 137 – 144. 8. *Shapiro, L. G. & Stockman, G. C.* "Computer Vision", P. 137, 150. Prentence Hall, 2001.

Поступила в редколлегию 29.08.2001

УДК 629.423.31:621.316.92

О.О.КАРЗОВА, ст.викл., Дніпропетровський національний
університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ

ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ СИЛОВИХ КІЛ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ НА НОВІЙ ЕЛЕМЕНТНІЙ БАЗІ

В статье представлен стенд для исследования работоспособности защитного устройства на новой элементной базе для цепей тяговых двигателей электроподвижного состава постоянного тока.

Ключевые слова: стенд, перегрузка, надежность, быстроедействие, защитное устройство.

В статті представлений стенд для дослідження працездатності захисного пристрою на новій елементній базі для кіл тягових двигунів електрорухомого складу постійного струму.

Ключові слова: стенд, перевантаження, надійність, швидкодія, захисний пристрій.

In article the presented stand for research working capacity of the accident protection device on new element base for circuits of traction engines electrorolling stock of a direct current.

Keywords: the stand, an overload, reliability, speed, the accident protection device.

Вступ

Режим перевантаження на електрорухомому складі (ЕРС) є одним з небезпечних аварійних режимів. При цьому режимі струм у колі тягових електродвигунів (ТЕД) зростає у декілька разів більше номінального значення, що в багатьох випадках приводить до пошкодження або виходу з ладу електрообладнання.

Захист від перевантажень на електровозах постійного струму виконується за допомогою максимального струмового захисту, що виконаний на основі електромагнітних реле перевантаження. Кінцевим результатом захисту від цього аварійного режиму є спрацьовування швидкодіючого вимикача. Струм, при якому спрацьовують електромагнітні реле, називають струмом уставки і вибирають його величину у відповідності зі струмом, що заданий для даного захищаємого електродвигуна за умовами комутації.

Захисні реле перевантаження вмикають у кожен паралельну гілку ТЕД з тим, щоб при виході з ладу будь-якого електродвигуна була можливість вимкнути не все коло, а окрему пошкоджену гілку.

Цей захист виконує свої функції, але час його спрацьовування відносно великий, а надійність відносно низька.

У теперішній час є об'єктивна можливість зменшити час спрацьовування та підвищити надійність захисних пристроїв шляхом використання сучасних мікроконтролерів.

Мета роботи

Стендові дослідження працездатності розробленого на базі сучасних мікроконтролерів захисного пристрою для кіл тягових двигунів ЕРС постійного струму.

Матеріал і результати дослідження

Схема стенду для випробування розробленого захисного пристрою наведена на рис. 1.

В якості двигуна постійного струму використано електричний двигун типу П42 [1].

Схема на рис.1 містить:

М – двигун постійного струму послідовного збудження;

G – генератор постійного струму незалежного збудження;

ОЗ1, ОЗ2 – обмотки збудження двигуна та генератора відповідно;

R_{Π} – пусковой реостат;

 R_{H1}, R_{H2} – навантажувальні реостати;

S — ключ;

ПЗ – пристрій захисту від перевантаження.

Пристрій захисту містить: ДС – датчик струму; MCU – мікроконтролер; $R1-R2$ – подільник напруги; VD – світлодіод; БЖ – блок живлення; РО – осцилограф.

Необхідність забезпечення високої надійності та швидкодії захисного пристрою обумовили використання відповідної елементної бази.

Датчик ДС на схемі використовується в якості елемента зчитування поточної інформації. Для цього обираємо ДС на ефекті Хола типу LA 100-Р. Такий вибір пояснюється перевагами останнього: відмінною точністю спрацьовування з похибкою не більше $\pm 0,7 \%$; лінійністю характеристик; оптимальним часом затримки на спрацьовування не більше 1 мкс і т. ін. [2].

Основним елементом обробки поточної інформації, що надходить з датчика струму, виступає мікроконтролер типу PIC12F675, що реагує не тільки на величину аварійного струму, а й на швидкість його зростання. Мікроконтролер в своєму складі має аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) для перетворення аналогової інформації в цифровий код [3]. Функції мікроконтролера полягають в отриманні даних з датчика струму та їх обробки без додаткового виведення на елементи індикації (рідкокристалічний дисплей тощо). Саме тому вибір зупинено на мікроконтролері фірми Microchip, що містить необхідний для забезпечення роботи всієї системи набір логічних елементів.

Подільник напруги $R1-R2$ дозволяє знижувати напругу на вході каналу АЦП мікроконтролера до допустимого рівня – 5 В [3].

Для зменшення часу на обробку інформації до мікроконтролера передбачається підключення зовнішнього генератора тактових імпульсів (на схемі генератор не вказано).

Стенд дає можливість отримати залежності струму перевантаження від часу при різних рівнях навантаження електродвигуна.

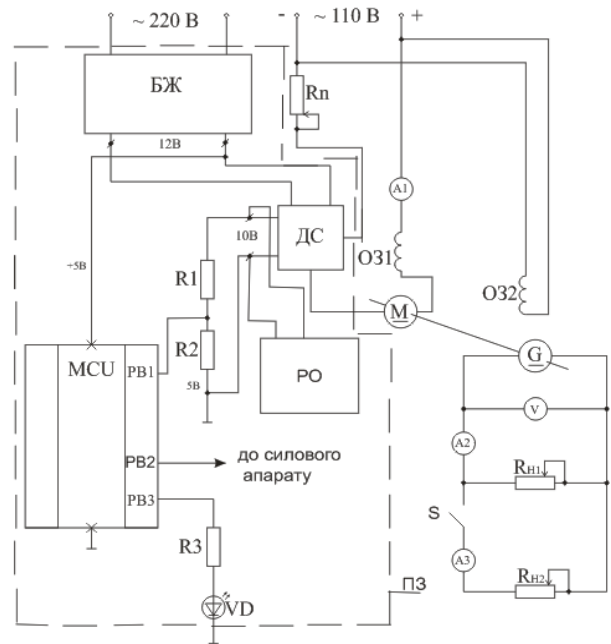


Рис.1. Схема для випробування захисного пристрою

За ГОСТ 183-10 найважчим варіантом при перевантаженні електричних двигунів є зростання їх струму на 50% більше номінального. При цьому двигуни можуть працювати не більше однієї хвилини [4]. Це використано при імітації режиму перевантаження на стенді.

Початкові умови.

Номінальна кутова швидкість обертання вала двигуна $\omega = 167,5 \text{ c}^{-1}$; напруга живлення двигуна $U = \text{const} = 110 \text{ В}$; початковий струм навантаження $I_n = 6 \text{ А}$, враховуючи особливість роботи двигуна послідовного збудження. Приймаємо, що аварійний режим виник тоді, коли машина працювала при номінальних умовах роботи, вказаних вище.

Перед пуском двигуна робочий струм 6 А виставляємо реостатом $R_{н1}$. Зміну інтенсивності перехідного процесу при різних струмах навантаження проводимо шляхом зміни опору другого навантажувального реостату $R_{н2}$, підключеного паралельно до першого через ключ S . Реакція ПЗ на відповідне значення швидкості зростання струму і буде перевіркою виконання пристроєм заданих функцій.

Залежність струму в колі якоря двигуна від часу при перевантаженні отримується за допомогою електронного осцилографа та виводиться на екран ПЕОМ (на схемі не показано).

Струм, який проходить по шині фіксується у вигляді відповідної електрорушійної сили Хола (аналоговий сигнал) за допомогою датчика ДС.

Мікроконтроллер, що під'єднаний до вихідних клем датчика струму за допомогою АЦП, перетворює отриманий аналоговий сигнал електрорушійної у двійковий код – це перша точка відліку. Після обробки першої інформації операція повторюється. При цьому з допомогою мікроконтролера порівнюються швидкості зростання струму на проміжках заданого часу між сусідніми точками знімання інформації. Отримане значення різниці порівнюється з так званим еталонним значенням, що встановлено раніше. У разі перевищення отриманого значення різниці $\frac{di}{dt}$ над еталонним значенням $\frac{di}{dt}$ пристрій захисту подає сигнал на спрацьовування силового апарату, з допомогою якого силове коло розмикається. Одночасно вмикається світлодіод VD, який сигналізує про спрацьовування пристрою захисту.

В результаті проведеного дослідження отримані криві з різною швидкістю зміни струму перевантаження, відповідно при різних значеннях опору другого навантажувального реостату $R_{н2}$ (рис. 2 та 3).

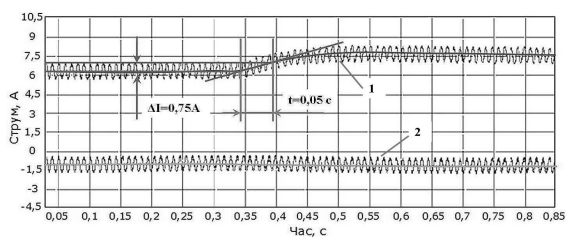


Рис. 2. Залежність струму перевантаження від часу без спрацьовування пристрою захисту

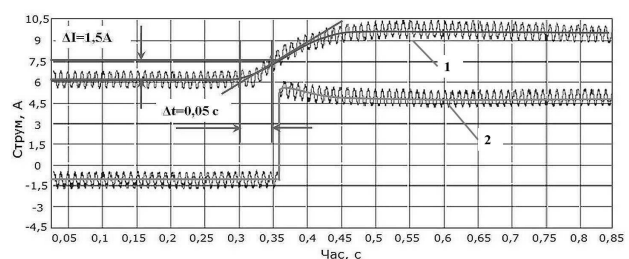


Рис. 3. Залежність струму перевантаження від часу зі спрацьовуванням пристрою захисту

На рис. 2:

крива 1 – залежність струму перевантаження від часу при перевантаженні за струмом 1,5 А;

крива 2 – відсутність реакції захисту на струм перевантаження.

На рис. 3:

крива 1 – залежність струму перевантаження від часу при перевантаженні за струмом 4 А;

крива 2 – спрацювання захисту.

З осцилограм кривих видно, що ПЗ чітко реагує на величину швидкості зміни струму більшої інтенсивності (рис. 2) та не проявляє реакцію на величину меншої інтенсивності (рис. 3). При цьому, завдяки відповідному програмному налаштуванню мікроконтролера, виключається можливість хибного спрацювання ПЗ при спадаючому характері зміни струму навантаження.

Загальні висновки

Стендові випробування запропонованого захисного пристрою на базі мікроконтролера дозволили провести експериментальні дослідження, які підтвердили його працездатність при захисті електричної схеми від перевантажень, підвищену швидкодію в порівнянні з традиційними захисними пристроями та відсутність хибного спрацювання.

Це вказує на доцільність використання таких захисних пристроїв на ЕРС, з метою збільшення їх швидкодії та підвищення надійності.

Список літератури: 1. *Иванов-Смоленский А. В.* Электрические машины [Текст]: учебн. для вузов. / А. В. Иванов-Смоленский. – М.: Энергия, 1980. – 928 с. 2. Техническая документация на датчики тока и напряжения LEM [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://www.lem.com/docs/products/la%20100-p%20e.pdf>. 3. PIC12F6XX: 8-выводные высокопроизводительные FLASH-микроконтроллеры. Техническая документация [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://www.microchip.ru/cdrom/ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41190c.pdf>. 4. ГОСТ 183-10 Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия – М., 2010. – 38 с.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

УДК 621.65

Е.В. КОЛІСНІЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., СумДУ, Суми

М.В. НАЙДА, асп., СумДУ, Суми

С.О. ХОВАНСЬКИЙ, канд. техн. наук, ст. викл., СумДУ, Суми

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ НАСОСА З ВІДЦЕНТРОВО-ВИХРОВОЮ СТУПЕННЮ

Надані результати дослідження роботи насоса з високонапірною відцентрово-вихровою ступенню. Представлено основні переваги та недоліки вказаного насоса. Зроблені висновки стосовно областей його застосування.

Ключові слова: насос, відцентрово-вихрова ступень, режим роботи насоса.

Приведены результаты исследования насоса с высоконапорной центробежно-вихровой ступенью. Представлены основные преимущества и недостатки указанного насоса. Сделаны выводы относительно областей его применения.

Ключевые слова; насос, центробежно-вихревая ступень, режим работы насоса.

The results of studies of pumps with high-pressure centrifugal-vortex stage are given. The basic advantages and disadvantages of this pump are considered. The conclusions about the spheres of its use are drawn.

Key words: pump, centrifugal-vortex stage, the mode of the pump.

1. Вступ

На сьогоднішній день достатньо гострою є проблема створення ефективного насосного обладнання для складних умов його експлуатації на різних середовищах. За останні роки у сфері насособудування активно впроваджуються новітні технології, направлені на вирішення проблем, що виникають в цій галузі.

В даний час актуальною є задача створення насосного обладнання, здатного максимально ефективно працювати в широких діапазонах подач, напорів, з урахуванням особливостей середовища, що перекачується. Під ефективною роботою розуміється здатність насоса забезпечити максимально можливий рівень ККД, високу надійність роботи та можливість стійко працювати як на однорідних високов'язких рідинах, так і на гідросумішах.

2. Аналіз попередніх досліджень

Для транспортування рідини в системах водопостачання, у харчовій промисловості та нафтовій промисловості широке застосування отримали відцентрово-вихрові насоси, конструктивною особливістю яких є наявність двох ступеней: відцентрової і вихрової [1]. Відцентрово-вихрові насоси відрізняються високими експлуатаційними показниками, в яких вдало використані переваги відцентрових і вихрових, але водночас вони мають і ряд недоліків (незадовільна експлуатаційна надійність, підвищена питома металоємність насоса, значні осьові сили).

Проведений аналіз показав, що вказаних недоліків дозволить усунути використання насоса з відцентрово-вихровою ступенню (див. рис. 1) [2].

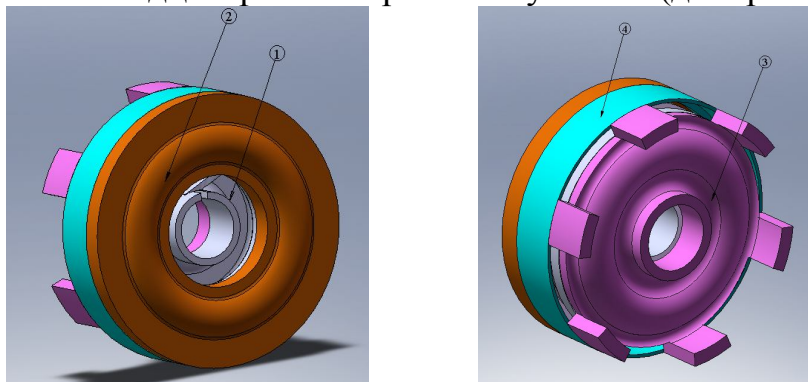


Рис. 1. Загальний вид ступені: 1 – РК; 2 - передня вихрова ступень; 3 - задня вихрова ступень; 4 – корпус РК.

Відмінною рисою даної ступені є те, що робоче колесо забезпечене додатковими вихровими каналами, розташованими з протилежного боку основних каналів. Кожен вихровий канал є вибіркою з увігнутим дном, виконаною по дузі. Дуга далі переходить на стороні, що взаємодіє з потоком, в

прямолінійну площину. Робоче колесо однолопатеве, виконане з поєднанням кільцевих та радіальних каналів.

3. Аналіз результатів дослідження

Випробування проводилися на експериментальному стенді по дослідженню роботи малогабаритних динамічних насосів на частотах обертання 1000...3000 об/хв. (з інтервалом 1000 об/хв.) [3, 4].

Під час дослідження були побудовані робочі характеристики насоса при частоті обертання $n = 3000$ об/хв. (див. рис. 2).

Першочерговий аналіз отриманих результатів, представлених в графічному виді залежностями

$H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$, показав наявність круто падаючого характеру напірної кривої та споживаної потужності.

З рис. 2 видно, що насос з відцентрово-вихровою ступінню має достатньо високий напір при невеликих значеннях витрати рідини, але при цьому він має низький ККД.

Причиною низького значення ККД цього насосу є наступне:

- вплив об'ємних втрат ступені через торцеві зазори в порівнянні з самою витратою насоса;
- вплив гідравлічних втрат, які виникають у вихрових каналах передньої та задньої вихрових ступеней.

За результатами проведених досліджень були отримані безрозмірні коефіцієнти напору (ψ_0), подачі (ϕ_0), потужності (μ_0) та ККД (η_0) в оптимальній точці (табл. 1) та зроблений порівняльний аналіз робочих характеристик досліджуваного насоса в точці максимального ККД в залежності від частоти обертання (див. рис. 3, а-г).

Таблиця 1. Основні характеристики насоса з відцентрово-вихровою ступінню в точці максимального ККД.

n , об/хв	ψ_0	ϕ_0	μ_0	η_0
1000	1,95	0,0075	0,00012	0,12
2000	3,1	0,0081	0,00048	0,14
3000	5,86	0,0086	0,00119	0,16

На рис. 3 спостерігається зростання параметрів досліджуваного насоса зі зростанням частоти обертання. Це пояснюється тим, що зі збільшенням частоти обертання покращується процес обтікання проточної частини насоса, зменшуються гідравлічні втрати, що і призводить до підвищення його енергетичних параметрів.

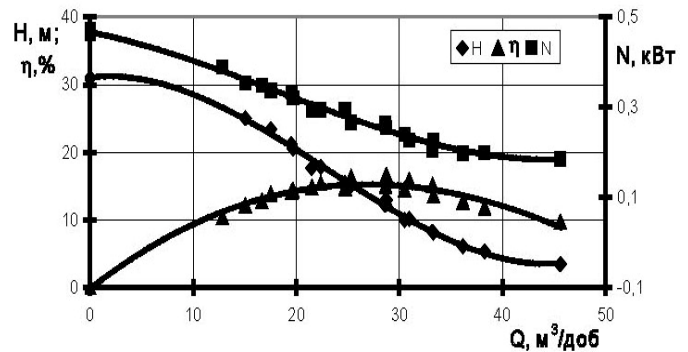


Рис. 2. Робочі характеристики насоса з відцентрово-вихровою ступінню при $n=3000$ об/хв

В таблиці 2 в порівнянні з параметрами, отриманими при частоті обертання $n = 3000$ об/хв представлена частка цих параметрів, отриманих на менших частотах в точці максимального ККД.

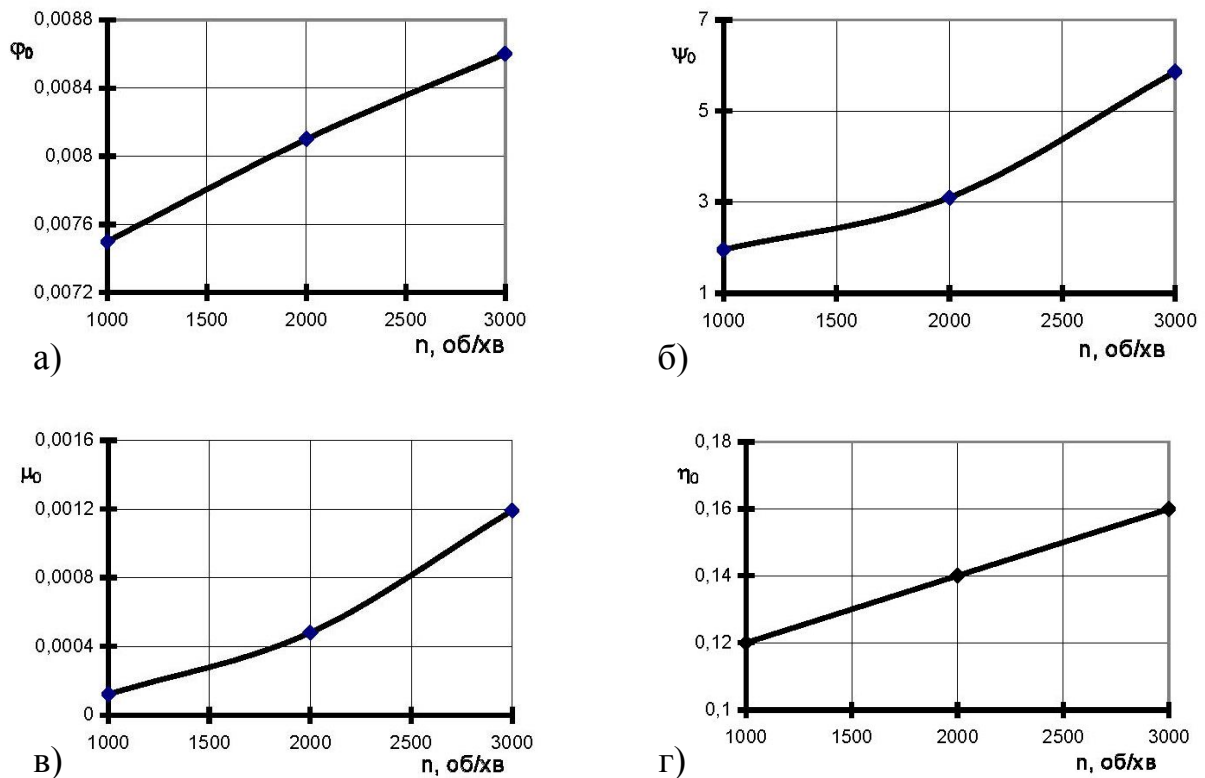


Рис. 3. Залежність основних параметрів досліджуваного насоса від частоти обертання: а) подачі; б) напору; в) потужності; г) ККД.

Таблиця 2. Частка основних параметрів досліджуваного насоса, отриманих на частотах $n = 1000$ та $n = 2000$ об/хв в залежності від частоти $n = 3000$ об/хв.

n , об/хв	3000	2000	1000
ΔQ , %	0	94	87
ΔH , %	0	53	32
ΔN , %	0	40	10
$\Delta \eta$, %	0	87,5	75

4. Висновок

1. Встановлено, що насос з відцентрово-вихровою ступінню має високий напір при невеликих значеннях витрати рідини, але при цьому ККД у нього достатньо низький.

2. Причиною низького значення ККД цього насосу є наступне:

- значний вплив об'ємних втрат ступені через торцеві зазори в порівнянні з самою витратою насоса;
- вплив гідравлічних втрат, які виникають у вихрових каналах передньої та задньої вихрових ступеней;
- робота відцентрового робочого колеса в режимі недогрузки.

3. Зі збільшенням частоти обертання параметри насоса з відцентрово-вихровою ступінню підвищуються, що пояснюється тим, що зі збільшенням частоти обертання покращується обтікання проточної частини.

4. Областями застосування відцентрово-вихрових ступеней можуть бути: установки побутового водопостачання і підвищення тиску, системи пожежогасіння, мийні і зрошувальні установки, системи подачі мастила в двигунах внутрішнього згорання, у якості передвключеної ступені відцентрових насосів, що працюють в умовах підвищеної кавітації.

Список літератури: 1. *Спасский К.Н.* Новые насосы для малых подач и высоких напоров/ К. Спасский, В.Шаумян. М., «Машиностроение», 1972, 160с. 2. *Антоненко, С. С.* Можливість використання відцентрово-вихрових ступеней для перекачування високов'язких рідин та багатофазних сумішей [Текст] / С.С. Антоненко, Е.В. Колісніченко, М.В. Найда // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. - 2010. - № 3, Т. 1. - С. 62-68. 3. Насосы динамические, методы испытаний. ГОСТ 6134-87. - Введ.01.01.89. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 29 с. 4. *Антоненко, С.С.* Методика проведення експериментальних досліджень роботи відцентрово-вихрових ступеней на високов'язких рідинах [Текст] / С.С. Антоненко, Е.В. Колісніченко, М.В. Найда // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. - 2010. - №2. - С. 7-13.

Поступила в редколлегию 30.08.2011

УДК 629.7.036.001

Б.Ш. МАМЕДОВ, канд. техн. наук, доц., ЗНТУ, Запорожье

**ГЛАВА 4. ОСНОВЫ ЕДИНОЙ ТЕОРИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА
НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОКАХ. РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ
АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С ПОВЫШЕНИЕМ
ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ВОЗДУШНО-
РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВЗЛЕТЕ, ПОЛЕТЕ И ПОСАДКЕ**

Розглядається новий напрямок технічного прогресу у галузі авіадвигунобудівництва, пов'язаного з підвищенням газодинамічної стійкості роботи повітря-реактивних двигунів при зльоті, польоті, посадці

Ключові слова: кінематичний аналіз, зона загальмованого потоку, кінематична зона жорсткого (пружного) удару, кути атаки

Рассматривается новое направление технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанное с повышением газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете, посадке.

Ключевые слова: кинематический анализ, зона заторможенного потока, кинематическая зона жесткого (упругого) удара, угол атаки

Is looked through the new direction of technical progress in aviaenginebuilding branch connected with an increasing of gasodynamic work rigidity of air-jet engines while takeoff, cruise, takedown

Keywords: kinematical analyse, zone of braken flow, kinematical zone of rigid (spring) stroke, attack angles

1. Введение. Критика основного направления технического прогресса в области авиадвигателестроения, выдвинутого современной теорией воздушно-реактивных двигателей. постановка проблемы

Любое направление технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанное, например, с применением новых прогрессивных материалов, с повышением температуры газов перед турбиной, с регулировкой степени повышения давления, с применением новых эффективных схем двигателей, [1], с.10, всегда направлены на увеличение тяговой мощности двигателя путем увеличения π_k^* компрессоров за счет повышения $C_a(U)$, где C_a – осевая скорость газового потока на входе в лопатки первого рабочего колеса компрессора, сечение B , U – окружная скорость первого рабочего колеса компрессора. Это связано с тем, что осевая скорость газового потока на выходе из компрессора, C_k , не может превышать 100-110 м/с из условия обеспечения процесса горения топлива в камере сгорания. Поэтому, чем больше разность между C_a и C_k , тем больше π_k^* , [2], с.11.

В настоящее время известны ВРД, при проектировании которых конструктора пошли по пути увеличения $C_a(U)$ до 240-250 м/с, что на 20-30 м/с превышает общепринятую 180-220 м/с.

Увеличение $C_a(U)$ является абсолютно правильным направлением технической мысли конструкторов, которые проектируют авиадвигатели, но на современном этапе развития теории ВРД, в которой полностью отсутствует кинематический анализ, конструктора находятся в полном непонимании того, что в сечении В, [2], с.22, фиг.1в, имеет место кинематическая зона жесткого (упругого) удара, которая генерирует во всех направлениях мощные ударные волны в колебательном режиме, что перепрыгнуть через эту зону, увеличив $C_a(U)$ до 240-250 м/с невозможно. Неизвестным также для авиаспециалистов является последовательность процесса заглохания авиадвигателей на первых секундах взлета.

Таким образом, любое увеличение C_a выше 220 м/с, при наличии кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В, мгновенно приводит к увеличению силы и мощности ударных волн, генерируемых в сечении В, что при наличии дроссельной (тормозящей) зоны заторможенного потока Н-f и следующей за ней зоны ускоренного потока f-В, глава 3, рисунок 1б, [2], с.22, фиг.1, с одновременным увеличением C_a выше расчетного значения при взлете, приводит к резкому ухудшению газодинамической устойчивости работы ВРД в полете за счет увеличения углов атаки выше 5-7°, что приводит к генерированию развитого срыва потока на лопатках первого рабочего колеса компрессора, к заглоханию двигателя, к снижению безопасности полетов. Поэтому вначале необходимо в теорию ВРД ввести кинематический анализ, зафиксировать кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В, конструктивно устранить эту зону удара, и только потом увеличивать C_a .

Поэтому увеличение C_a до 240-250 м/с \в известных двигателях, без устранения кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В, является необоснованным. Все авиационные катастрофы с такими двигателями потенциально заложены в увеличенной C_a , [2], с.12.

Поэтому основное направление технического прогресса в области авиадвигателестроения, выдвигаемое современной теорией воздушно-реактивных двигателей, связанное с увеличением $C_a(U)$, p_k^* без путей устранения кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В, тоже является необоснованным.

Кинематический анализ показывает, что в современных ВРД из всех форм движения частиц газового потока в зоне Н-В присутствует наихудшая – движение частиц газового потока с нарастающим ускорением, которое генерирует кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В, поскольку $\tan \alpha$ в этом сечении мгновенно меняет свое значение. Наличие кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В существенно снижает газодинамическую устойчивость современного ВРД на любых режимах работы. Поэтому перед всеми авиаспециалистами в настоящее время стоит проблема повышения газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете, посадке при одновременном повышении безопасности полетов.

2. Анализ конструктивных ошибок современных воздушно-реактивных двигателей, приводящих к заглоханию при взлете, полете, посадке.

постановка цели

Развитие экономических отношений между государствами предъявляет на современном этапе очень жесткие требования к авиационным двигателям, прежде всего, повышения безопасности полетов, экологического характера – снижение децибельной характеристики и расхода топлива, технического характера – повышение КПД, Π_k^* , $P_{н\text{ср}}^* = P_r^*$, тяги двигателя, высоты полета, снижение расхода топлива.

Современная теория воздушно-реактивных двигателей, ее теоретическая часть, основанная на ошибочных формулах тяги, полетного (тягового) КПД, теореме о подъемной силе продуваемого профиля, разработала методику проектировании авиадвигателей для C_a 180-220 м/с, что регламентирует максимальное P_k^* ВРД не более 22-28 кг/см² (трехвальная схема ВРД), при этом любые попытки увеличения C_a до 240-250 м/с приводили к созданию авиадвигателей с очень низкой газодинамической устойчивостью работы при взлете, полете, посадке, особенно в условиях низких температур и повышенной влажности газового потока, входящего в двигатель. Полное отсутствие кинематического анализа в современной теории ВРД не позволило авиаспециалистам понять процесс генерирования зоны заторможенного потока перед двигателем, дросселирующей основной поток, не позволило понять причины заглохания ВРД при взлете, особенно на первых секундах, полете и посадке. Созданная современной теорией воздушно-реактивных двигателей методика проектирования ВРД в обязательном порядке регламентирует в зоне Н-В наличие наихудшей формы движения частиц газового потока – движение с нарастающим ускорением газового потока, что, в свою очередь, генерирует кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В, генерирующей мощные ударные волны в колебательном режиме, распространяющиеся одинаково по всем направлениям. Наличие ударной зоны в сечении В регламентируется, таким образом, соответствующей кинематикой потока в зоне Н-В, т.е. движением частиц газового потока с нарастающим ускорением, что является грубейшей конструктивной ошибкой всех, без исключения, современных ВРД.

Эта конструктивная ошибка обеспечивается:

1. Наличием первого рабочего колеса по ходу потока, которое сжимает газовый поток (воздух).

2. Наличием характеристики изменения осевых скоростей газового потока в зоне Н-В, которая генерирует наихудшую форму движения частиц газового потока – движение с нарастающим ускорением.

3. Наличие короткой зоны Н-В, которая регламентирует крутизну характеристики изменения осевых скоростей газового потока в этой зоне, особенно при минусовых температурах и высокой плотности газового потока, входящего в двигатель, что генерирует при $V_n > 0$ дроссельную зону заторможенного потока Н-f и зону ускоренного потока f-В, в которой в сечении В имеет место существенное увеличение C_a выше расчетного значения при

одновременном увеличении положительного и отрицательного $\text{tg}\alpha$ – ускорения удара, силы и мощности ударных волн, особенно на первых секундах взлета.

4. Наличие кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В, в которой величина ускорения удара регламентируется не только наклоном характеристики изменения осевых скоростей газового потока в зоне Н-В, но и наклоном характеристики изменения осевых скоростей газового потока в зоне В-К, [2], с.22, фиг.1, глава 3, рисунок 1б, в.

Созданная единая теория двигателей на непрерывных потоках ставит своей целью разработать основное направление технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанное с увеличением $C_a(U)$, Π_k^* при полном устранении кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В путем замены характера движения частиц газового потока в зоне Н-В с нарастающим ускорением, что имеет место в современных ВРД, на синусоидальный характер движения частиц газового потока в зоне Н-В, что позволит увеличить газодинамическую устойчивость работы ВРД на любых режимах, включая взлет, полет, посадку, безопасность полетов, увеличить C_a до 260-300 м/с, существенно снизить децибельную характеристику двигателя, увеличить расход газового потока через двигатель, КПД, Π_k^* , $P_{н\text{ср}}^* = P_r^*$, тягу двигателя, высоту полета, снизить расход топлива.

3. Способ повышения газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при $V_n \geq 0$

Физической основой разработанного способа повышения газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей является получение в зоне Н-В₂, рисунок 1б, рисунок 3, синусоидальной характеристики движения частиц газового потока, обеспечивающей полное устранение кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В₂.

Данный способ по патенту Украины №46407, "Спосіб підвищення газодинамічної стійкості роботи повітря-реактивних двигунів", [2], основывается на патенте Российской Федерации за №2027902, "Способ создания тяги" [3], в котором три рабочих колеса вращаются в одном направлении с нарастанием оборотов каждого рабочего колеса по ходу газового потока, при этом производительность каждого последующего рабочего колеса выше производительности предыдущего рабочего колеса, что обеспечивает инжектирование газового потока через каждое предыдущее рабочее колесо, закрутку газового потока в зоне Н-В₁ с одновременным увеличением осевой скорости газового потока до максимального значения в сечении В₁, после которого создается зона заторможенного потока В₁-В₃, в которой осевая скорость газового потока плавно уменьшается при одновременном повышении статического давления в зоне В₁-В₃, но меньше P_n , что обеспечивает плавное (безударное) вхождение газового потока во входные кромки лопаток третьего рабочего колеса, входные которое сжимает поток выше P_n и создает тягу.

Основным недостатком патента №2027902, "Способ создания тяги", является отсутствие в описании процесса генерирования в зоне Н-В₃ синусоидальной характеристики движения частиц газового потока, обеспечивающей полное устранение кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В₃.

Известно, что все современные ВРД при $v_n > 0$ формируют зону Н-В, [2], с.22, фиг.1, глава 3, рисунок 1б, с характером движения частиц газового потока с нарастающим ускорением под действием основного градиента движущих сил от изменения статического давления, направленного за потоком, формируют кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В, которая генерирует мощные ударные волны в колебательном режиме с высокой децибельной характеристикой, формируют дроссельную зону заторможенного потока Н- f , статическое давление в которой превышает расчетное значение для взлетного режима, зону ускоренного потока f -В, статическое давление в которой существенно ниже расчетного для взлетного режима, особенно в сечении В, что генерирует увеличение абсолютной осевой скорости газового потока C_a в сечении В выше расчетного значения для взлетного режима, что изменяет углы атаки ниже $5-7^\circ$ и генерирует развитый срыв по корытцам лопаток первого рабочего колеса ротора осевого компрессора низкого давления, что приводит к заглоханию двигателя при взлете, полете, посадке, к снижению безопасности полетов.

Разработанный способ повышения газодинамической устойчивости работы ВРД по патенту Украины №46407, [2], отличается от существующего тем, что после зоны ускоренного газового потока Н-В₁ дополнительно генерируют зону заторможенного потока В₁-В₂, рисунок 1, рисунок 3, статическое давление в которой повышается (но меньше P_n) по ходу газового потока.

На рисунке 1 показано: а – часть контрольного контура Н-К_i, где: 1 – зона заторможенного газового потока; 2 – наружная поверхность зоны заторможенного потока со статическим давлением P_n^* , заканчивается на входном диаметре воздухозаборника; 3 – условная поверхность со статическим давлением P_n , заканчивается на внутренней поверхности воздухозаборника в сечении В₂; 4 – условная поверхность со статическим давлением ниже P_n , совпадает с сечением f , заканчивается на внутренней поверхности воздухозаборника в сечении В₂; 5 – зона ускоренного потока f -В₁; 6 – зона заторможенного потока В₁-В₂; 7 – характер изменения закрутки газового потока в зоне Н-В₂; 8 – первое рабочее колесо – вращающийся направляющий аппарат; 9 – второе по ходу потока –

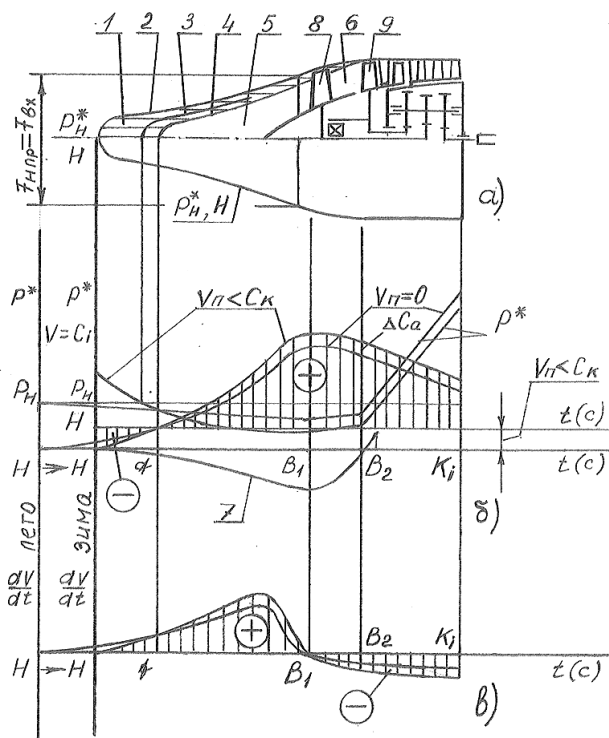


Рис.1. Кинематическая схема входного устройства для реализации способа повышения газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете, посадке согласно патентов № 46407, [2], №2027902, [3]

рабочее колесо ротора осевого компрессора низкого давления; б характер изменения осевых скоростей, статических давлений, закрутки газового потока в пределах контрольного контура Н-К₁ при $v_n \geq 0$; в – характер изменения осевых ускорений (динамических – инерционных сил) в пределах контрольного контура Н-К₁ при $v_n \geq 0$.

Дополнительную зону заторможенного потока В₁-В₂ генерируют благодаря тому, что в воздухозаборнике перед ротором осевого компрессора низкого давления 9 располагают первое рабочее колесо 8 по ходу потока, рисунок 1, поз.8, которое не сжимает газовый поток, а служит только вращающимся направляющим аппаратом с заданным законом вращения, а газовый поток инжектируют через него благодаря тому, что второе по ходу потока рабочее колесо 9 ротора осевого компрессора низкого давления имеет большую производительность и обороты при одновременном увеличении на вращающемся направляющем аппарате относительной скорости газового потока на выходе W₂ и на входе W₁, рисунок 2, что при постоянной окружной скорости U вращающегося направляющего аппарата ведет до постепенного нарастающего закручивания газового потока в зоне Н-В₁, рисунок 1б, поз.7, ускоренного потока против согласованного вращения вращающегося направляющего аппарата 8 и рабочего колеса 9 ротора осевого компрессора низкого давления, генерируя при этом центробежные силы, которые максимальны в сечении В₁, и дополнительный градиент статических давлений в зоне Н-В₂, направленный к центру сечения В₁, который стягивает газовый поток в жгут до и после этого сечения, одновременно тормозя газовый поток с повышением его статического давления, но меньше P_н, в зоне В₁-В₂ заторможенного потока, в которой постепенно раскручивают газовый поток до осевого направления, изменяя при этом характер движения частиц газового потока с нарастающим ускорением, что имеет место в современных ВРД, на характер движения частиц газового потока в зоне Н-В₂, рисунок 1в, с уменьшающимся ускорением, обеспечивая безударное вхождение газового потока в зону сжатия после сечения В₂.

На рисунке 2 приводится план скоростей на лопатках первого рабочего колеса 8 – вращающегося направляющего аппарата и второго рабочего колеса 9 ротора осевого компрессора низкого давления, C_{1U} – максимальная закрутка газового потока в сечении В₁.

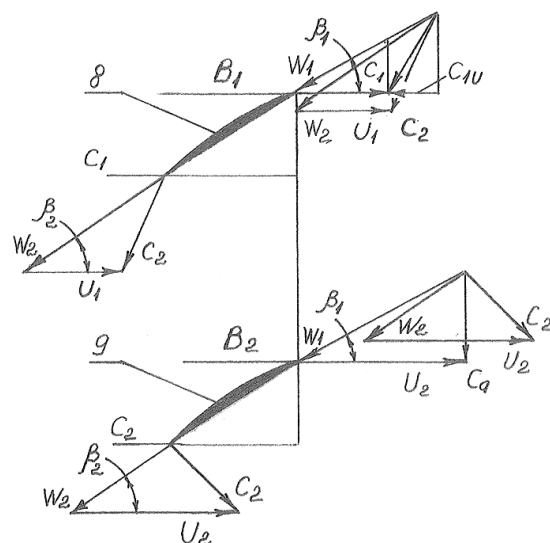


Рис.2. План скоростей по периферии лопаток первого рабочего колеса – вращающегося аппарата и второго рабочего колеса ротора осевого компрессора низкого давления для реализации способа повышения газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете, посадке согласно патентов № 46407,[2], №2027902,[3]

Закрутка потока в зоне Н-В₂ способствует увеличению длины этой зоны по сравнению с зоной Н-В современных воздушно-реактивных двигателей, характеристика изменений осевых скоростей потока становится более плавной, что генерирует существенно меньшие ускорения частиц газового потока, поэтому уменьшение зоны Н-В₂ зимой, рисунок 1б, в, абсолютно не влияет на газодинамическую устойчивость работы осевого компрессора низкого давления при $V_{II} \geq 0$.

Таким образом, за счет постепенно нарастающей закрутки газового потока в зоне Н-В₁, рисунок 1б, поз.7, в сечении В₁ с максимальной закруткой потока C_{1U} , рисунок 2, генерируются максимальные центробежные силы, которые, в свою очередь, генерируют максимальный градиент статических давлений $\Delta P_{V_{max}}$, который стягивает поток к центру сечения В₁, рисунок 3. На рисунке 3 показана динамика процесса изменения характера движения частиц газового потока на синусоидальный в зоне Н-В₂, где: 1 – характер изменения основного градиента статического давления газового потока в зоне Н-В₂ при условии отсутствия закрутки потока; 2 – характер изменения дополнительного градиента статического давления газового потока в зоне Н-В₂ при наличии закрутки потока в зоне Н-В₁ и его раскрутки в зоне В₁-С₂; 3 – основной градиент статического давления газового потока в сечении В₁; 4 – дополнительный градиент статического давления газового потока в сечении В₁; 5 – характер изменения осевых скоростей газового потока при условии отсутствия закрутки потока; 6 – характер изменения осевых скоростей газового потока при наличии закрутки потока в зоне Н-В₁ и его раскрутки в зоне В₁-С₂; 7 – характер распределения и генерирования дополнительного градиента статического давления ($\text{grad } P_{V_{max}} = \Delta P_{V_{max}}$ по оси ординат) от максимальной закрутки C_{1U} газового потока в сечении В₁.

$\Delta P_{V_{max}}$ равняется сумме основного, поз.3, и дополнительного градиента статического давления, поз.4. Отклонение $\Delta P_{V_{max}}$ от плоскости сечения В₁ на угол γ , рисунок 3, способствует плавному изменению осевых скоростей газового потока до и после сечения В₁. Наклон характеристики изменения осевых

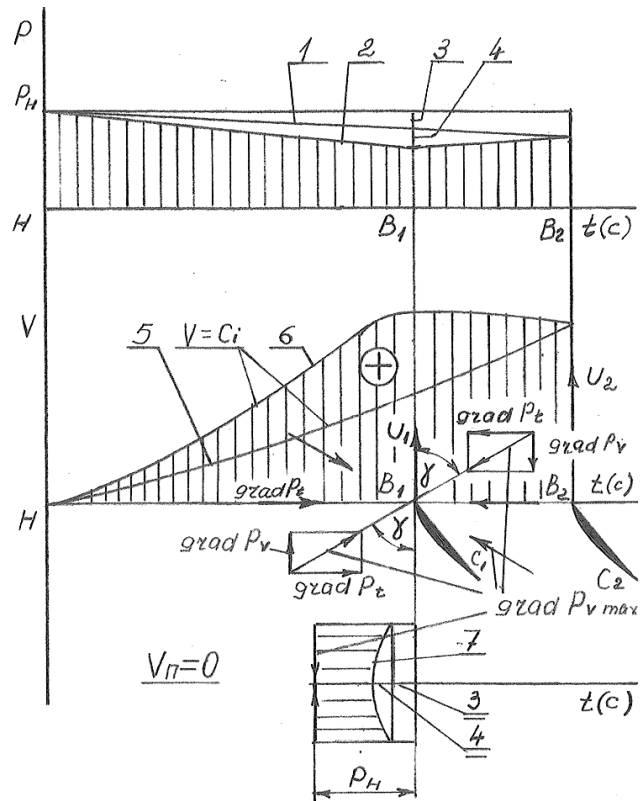


Рис.3. Динамика процесса генерирования синусоидального характера движения частиц газового потока в зоне Н-В₂ для реализации способа повышения газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете, посадке согласно патентов № 46407,[2], №2027902,[3]

скоростей газового потока в зоне B_1-B_2 полностью зависит от максимальной закрутки потока в сечении B_1 , которая регулируется оборотами и гидравлическими углами β_1 и β_2 лопаток рабочего колеса 8 – вращающегося направляющего аппарата, β_1 – это угол между W_1 и U_1 , β_2 – это угол между W_2 и U_1 , рисунок 2.

Отклонение $\Delta P_{V_{\max}}$ от плоскости сечения B_1 на угол γ способствует его разложению на два градиента: осевой $\text{grad } P_t$ и радиальный $\text{grad } P_v$. В зоне $H-B_1$ осевой $\text{grad } P_t$, направленный за потоком, способствует плавному ускорению и увеличению осевой скорости газового потока или, иными словами, дополнительная кинетическая энергия между кривыми 5 и 6, рисунок 3, сообщается потоку первым рабочим колесом – вращающимся направляющим аппаратом. В зоне B_1-B_2 $\text{grad } P_t$, направленный против потока, тормозит последний, рисунок 3. Радиальный $\text{grad } P_v$, стягивает поток в жгут до и после сечения B_1 , что обеспечивает синусоидальный характер изменения осевых скоростей газового потока в зоне $H-B_2$, полностью устраняя при этом кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В современных ВРД, глава 3, рисунок 1в.

Устранение кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении B_2 позволяет 1,2-1,5 раза увеличить C_a в сечении B_2 . Увеличение C_a в сечении B_2 до 260-300 м/с автоматически приводит к появлению сверхзвуковых скоростей газового потока по W_1 и W_2 первого рабочего колеса – вращающегося направляющего аппарата в межлопаточных диффузорных каналах, которые считаем за сопла Лавалья.

Известно, что при продувке сопла Лавалья газовым потоком, статическое давление которого уменьшается по ходу потока, невозможно получить осевую скорость газового потока больше скорости звука, что объясняется генерированием отрывных зон и отрывных течений и на их основе генерирование стоячих ударных волн, которые запирают сопла Лавалья.

В нашем случае сопла Лавалья, межлопаточные диффузорные каналы вращающегося направляющего аппарата 8, продуваются газовым потоком, статическое давление которого повышается по ходу потока, поскольку в зоне B_1-B_2 поток тормозится $-\text{grad } P_t$, что обеспечивает полное отсутствие отрывных зон и отрывных течений при любых дозвуковых и сверхзвуковых скоростях продуваемого газового потока. Поэтому увеличение C_a в сечении B_2 до 260-300 м/с полностью обосновано.

Согласно распределению статических давлений в сечении B_1 , рисунок 3, поз.7, осевая скорость газового потока по оси будет большею по сравнению с аналогичной по периферии потока, однако в зоне заторможенного потока B_1-B_2 тормозящая поток сила, $-\text{grad } P_t$, которая зависит от угла γ , увеличивается в направлении от периферии к оси, поэтому газовый поток достигает сечения B_2 со 100%-й стабилизацией осевых скоростей газового потока от комля к периферии лопаток второго рабочего колеса 9, сжимающего поток, выполняя при этом в зоне B_1-B_2 основную функцию современных воздухозаборников, из чего можно сделать вывод о том, что первое рабочее колесо – вращающийся направляющий аппарат 8 можно располагать как можно ближе ко входному сечению

воздухозаборника, поскольку принудительная стабилизация осевых скоростей осуществляется в зоне B_1-B_2 .

Рассмотрим работу способа повышения газодинамической устойчивости воздушно-реактивных двигателей на взлетном режиме, рисунок 1, зимой при $V_n < C_k$, первые секунды взлета.

В полете при работе на взлетном режиме перед двигателем генерируется дроссельная зона заторможенного потока $H-f$, рисунок 1, поз.1, зона ускоренного потока $f-B_1$, поз.5, и зона заторможенного потока B_1-B_2 , поз.6.

Плотность газового потока (воздуха) зимой увеличивается по сравнению с летом, поэтому центробежные силы в сечении B_1 увеличиваются, увеличивается также дополнительный градиент статических давлений, который стягивает поток в жгут до и после сечения B_1 , увеличивается сила торможения газового потока в зоне B_1-B_2 .

Зона заторможенного потока $H-f$, как в современных ВРД, является динамическим дросселем, после которой идет зона ускоренного потока $f-B_1$ и дополнительная зона заторможенного потока B_1-B_2 , рисунок 1, рисунок 3. В зоне ускоренного потока $f-B_1$, в сечении B_1 , в полете на взлетном режиме статическое давление достигает своего минимального значения за счет наличия максимальных центробежных сил в этом сечении, осевая скорость газового потока в сечении B_1 при этом плавно достигает своего максимального значения. В зоне заторможенного потока B_1-B_2 под действием $-\text{grad } P_t$, направленного против потока, статическое давление газового потока начинает повышаться, осевая скорость газового потока при этом уменьшается. Статическое давление газового потока в сечении B_2 достигает своего максимального значения, которое существенно превышает аналогичное в современных ВРД. Поэтому падение статического давления в сечении B_2 существенно меньше аналогичного в современных ВРД, что регламентирует и меньшее приращение ΔC_a в сечении B_2 , рисунок 1, глава 3, рисунок 1, что является основой повышения газодинамической устойчивости работы ВРД при взлете, полете, посадке при условии применения патентов №46407 UA, [2], №2027902 РФ, [3].

4. Общие выводы. перспективы дальнейших разработок

Таким образом, применение неизвестного в современной теории воздушно-реактивных двигателей метода кинематического анализа характера изменения осевых скоростей, ускорений газового потока позволяет выявить основной конструктивный недостаток современных ВРД, который является основой заглохания двигателей на первых секундах взлета. Этот основной конструктивный недостаток всех современных ВРД основывается на существовании при взлете в зоне $H-B$ двух зон: дроссельной зоны заторможенного потока $H-f$ и зоны ускоренного потока $f-B$. Поскольку зона заторможенного потока $H-f$ является динамическим дросселем, то увеличение расхода газового потока через двигатель осуществляется только за счет снижения статического давления в сечении B современных ВРД ниже расчетного значения, что приводит мгновенно к увеличению C_a выше расчетного значения, что, в свою очередь, приводит к снижению углов атаки ниже расчетного значения $5-7^\circ$, к

генерированию развитого срыва потока по корытцам лопаток первого рабочего колеса компрессора, заглоханию двигателя, снижению безопасности полетов.

Одновременно кинематический анализ позволяет выявить второй конструктивный недостаток современных ВРД, связанный с наличием кинематической зоны жесткого (упругого) удара в сечении В, глава 3, рисунок 1в. Оба главных конструктивных недостатка связаны между собой таким образом, что увеличение C_a до $(C_a + \Delta C_a)$ автоматически приводит к увеличению силы и мощности ударных волн, генерируемых в кинематической зоне жесткого (упругого) удара в сечении В, что приводит к колебательному процессу смены углов атаки на входных кромках лопаток первого рабочего колеса, которое сжимает газовый поток, выше $5-7^\circ$. Оба главных конструктивных недостатка в современных ВРД существуют благодаря наличию в зоне Н-В наихудшего характера движения частиц газового потока – движение с нарастающим ускорением.

Поэтому основной целью разработанного направления технического прогресса в области авиадвигателестроения является замена характера движения частиц газового потока с нарастающим ускорением на характер движения частиц газового потока с уменьшающимся ускорением в зоне Н-В₂, что обеспечивается закруткой потока в зоне Н-В₁, раскруткой потока в зоне В₁-В₂, генерированием дополнительного градиента статических давлений $\text{grad } P_t$, который в зоне Н-В₁ ускоряет поток, а в зоне В₁-В₂, рисунок 3, тормозит тот же самый газовый поток, получая на всех режимах, включая взлет, несущественное повышение C_a с одновременным повышением в зоне В₁-В₂ статического давления (но меньше P_n) и стягиванием потока в жгут до и после сечения В₁.

Таким образом, разработанное единой теорией движителей на непрерывных потоках принципиально новое направление технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанное с изменением конструкции входного устройства ВРД, позволяющего организовать синусоидальный характер изменения осевых скоростей газового потока в зоне Н-В₂, полностью обосновано и дает следующий теоретический и технический результат:

1. Кинематический анализ характера изменения осевых скоростей, ускорений, статического давления, первичных движущих сил от изменения статического давления газового потока является обязательным для введения в теорию воздушно-реактивных двигателей. Современная теория ВРД должна быть полностью доработана согласно уже разработанной единой теории движителей на непрерывных потоках, основанной на кинематическом анализе и принципиально новых формулах тяги, полетного (тягового) КПД, теореме о подъемной силе продуваемого профиля.

2. Введение дополнительного первого по ходу газового потока рабочего колеса, которое не сжимает газовый поток, а служит только вращающимся направляющим аппаратом с заданным законом вращения, позволяет, за счет введения дополнительной зоны заторможенного потока В₁-В₂, за счет закрутки потока в зоне Н-В₁, раскрутки потока в зоне В₁-В₂, заменить в зоне Н-В₂ характер движения частиц газового потока с нарастающим ускорением, что имеет место в современных ВРД, на синусоидальный характер движения частиц газового

потока с уменьшающимся ускорением, что полностью устраняет кинематическую зону жесткого (упругого) удара по входным кромкам лопаток второго по ходу потока рабочего колеса 9 ротора осевого компрессора низкого давления и на этой основе существенно повысить безопасность полетов за счет повышения газодинамической устойчивости работы ВРД, повышения C_a до 260-300 м/с, что, в свою очередь, увеличивает расход газового потока через двигатель, повышает КПД, P_k^* , $P_{н\text{ср}}^* = P_r^*$, тягу ВРД, высоту полета при одновременном снижении децибельной характеристики и расхода топлива.

3. Путем введения нарастания оборотов второго по ходу потока рабочего колеса 9 существенно повышается газодинамическая устойчивость его работы, поскольку при одновременном снижении или увеличении осевой скорости C_a угол атаки изменяется на существенно меньшее значение не тех лопатках рабочего колеса, где окружная скорость вращения будет большей.

"Способ повышения газодинамической устойчивости работы ВРД" по патенту Украины №46407, [2], и "Способ создания тяги" по патенту Российской Федерации №2027902, [3], позволили разработать принципиально новое направление технического прогресса для любого типа движителя на непрерывных потоках, поэтому следующая тематика будет касаться повышения экологических и технико-экономических показателей воздушных винтов.

Список литературы: 1. Шляхтенко С.М. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей / С.М. Шляхтенко, М.: Машиностроение, 1987, –568с. 2. Патент 46407, Украина, МПК F04D 27/00, F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Спосіб підвищення газодинамічної стійкості роботи повітря-реактивних двигунів. Б.Ш.Мамедов, –№U200905152, заявл. 25.05.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл.№24, –26с.3. Патент 2027902, Российская Федерация, МПК F03H 5/00, F04D 19/00. Способ создания тяги Б.Ш.Мамедов (Украина), №4652005/23, заявл. 24.12.1988, опубл. 27.01.95, Бюл.№3, –4с.

Поступила в редколлегию 12.07.2011

УДК 530.18 (УДК 530.10(075.4))

С.Н. ЯЛОВЕНКО, с.н.с. ХНУРЭ, Харьков

ЧЕРНЫЙ ПРЕДЕЛ. Часть 8. СВЕТ

Вводится новое ограничение – ни одно тело нельзя разогнать до массы больше чем масса чёрной дыры, в дополнение по ограничению скоростью света. На базе этого ограничения получаются новые формулы и расширение классических уравнений для массы, длины, времени. Показывается относительность заряда

Ключевые слова: теория относительности, водоворот, крептон, свет

Entered new limitation – not a single body can not be dispersed to mass more than mass of black hole, in addition on limiting to velocity of light. On the base of this limitation new formulas and expansion of classic equalizations turn out for mass of, dliny, time. Relativity of charge is shown

Keywords: theory of relativity, whirlpool krepton, light

Вводится нове обмеження – жодне тіло не можна розганяти до маси більш ніж маса чорної діри, на додаток по обмеженню швидкістю світла. На базі цього обмеження виходять нові

формули і розширення класичних рівнянь для маси, ділини, часу. Показується відносність заряду

Ключові слова: теорія відносності, вир, крептон, світло

Часть 8. СВЕТ

Согласно водоворотной крептоновой теории пространство, вакуум, пустота - это океан, заполненный сверхтекучей субстанцией (эфиром, жидкостью и т.д.) состоящей из крептона (крептон - крепкая волна) - рис. 1.

Схема распространения света происходит, как показано на рис. 2 и рис. 3, от крептона к крептону и определяет скорость распространения света.

В физике хорошо проработаны разделы:

1) Центральное и абсолютно упругое столкновение шаров с одинаковой массой. При столкновении налетающий шар останавливается и передаёт свою энергию (скорость) следующему шару.

2) Передача импульса вдоль цепочки абсолютно упругих шаров с одинаковой массой.

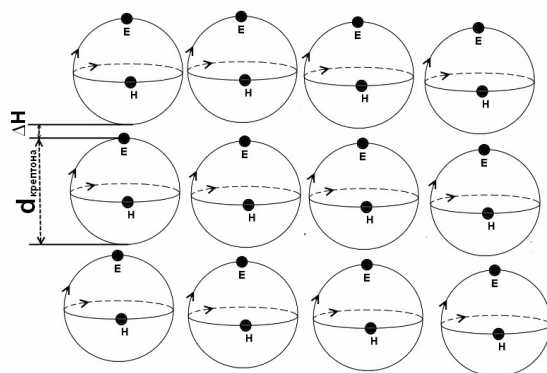


Рис. 1. Крептон - крепкая волна

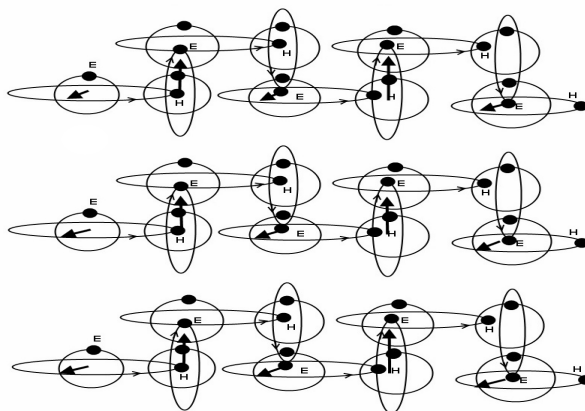


Рис. 2. Схема распространения света

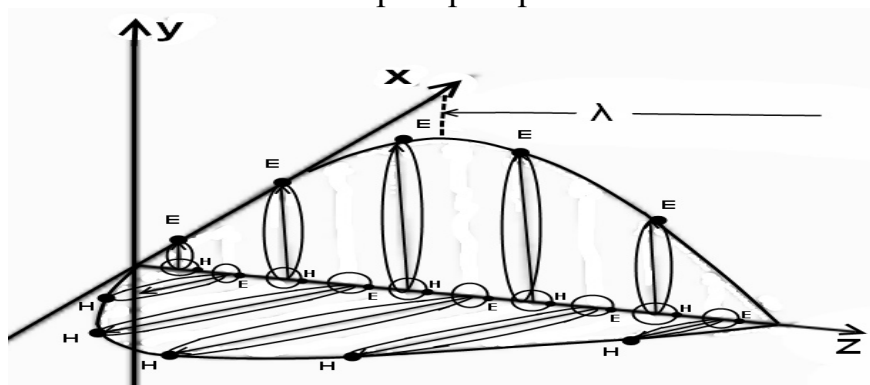


Рис. 3. Схема распространения света

При рассмотрении движения света будет использована аналогия с этими разделами, так как свет рассматривается как передача абсолютно упругого **поступательно-вращательного** движения. Для лучшего представления можно держать образ отскокивания брошенного прямолинейно камня от вращающегося колеса - рис. 4, или передача вращения диполей - рис. 5 и 6.

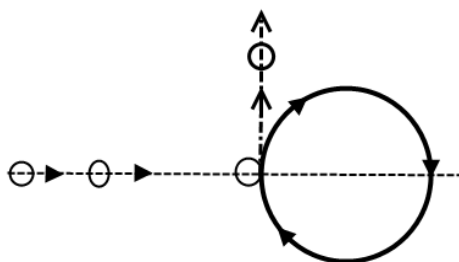


Рис .4. Отскакивание брошенного прямолинейно камня от вращающегося колеса

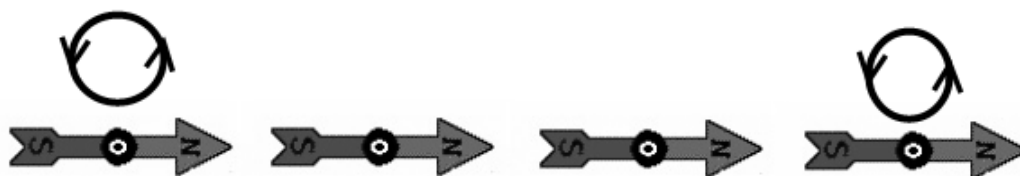


Рис. 5. Передача вращения диполей

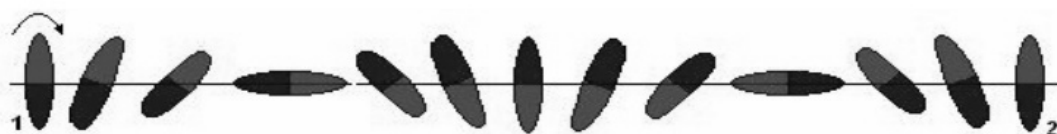


Рис. 6. Передача вращения диполей

В данном случае возникает абсолютно упругое столкновение с изменением направления движения (рис. 4). Направление движения меняется на перпендикулярное (или на 90°) с сохранением импульса движения, по аналогии с изменением траектории объекта, пролетающего возле массивного тела.

Передача абсолютно упругого поступательно-вращательного движения от крептона к крептону (рис. 2) создаёт изменение орбит крептона Е и Н, что создает напряжённость электрических и магнитных полей, а также изменяет расстояние между крептонами, создавая изменение плотности, что приводит к созданию гравитации (гравитация – это изменяющаяся плотность крептона). Таким образом, вместе с поступательно-вращательным движением передается поступательно перемещающаяся плотность – гравитация света. Так как крептониты Е и Н перпендикулярны и равны, (в общем случае) то гравитация света – это равнонаправленный перпендикулярно движению перемещающийся круг (плоскость).

Природа гравитационных волн и света разная, хотя и осуществляется на одном и том же носителе – крептоне. В случае со светом идет передача поступательно вращательного движения от крептонита Е к крептониту Н с созданием напряженностей электромагнитных полей и изменением плотности крептона – гравитации. Гравитационная волна по своей природе ближе к

звуковой волне, где распространение происходит за счёт изменения и передачи плотности в среде (рис. 7).

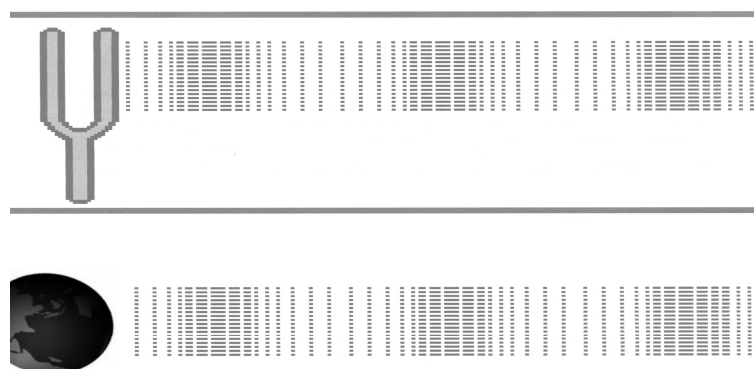


Рис. 7. Распространение волны

Из-за разной природы распространения света и гравитационной волны в крептоновой среде, скорости их распространения будут не равны

$$C_{\text{света}} \neq V_{\text{гравитации}}.$$

Скорость гравитации стоит на более высокой иерархической ступени и в первом приближении в 10^{16} раз больше скорости света.

Коэффициент преломления

Коэффициент преломления света определяют как отношение скорости электромагнитной волны в вакууме к скорости электромагнитной волны в среде и записывают как:

$$n_1 = \frac{C}{V_1} \quad n_2 = \frac{C}{V_2} \quad (1)$$

По аналогии введём коэффициент для среды крептона, эфира, вакуума и т.д.

В водоворотной крептоновой теории определяется, что скорость света зависит от плотности вакуума, эфира, крептона, гравитации - всё это одно и то же, так как среда - вакуум представлена как океан, заполненный сверхтекучей материей – крептоном (крептон - элемент эфира, среды, вакуума) - рис. 8.

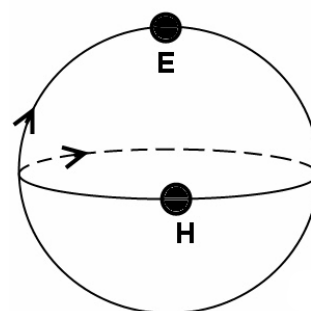


Рис.8. Среда - вакуум

По аналогии с водным океаном, заполненным водой H_2O , крептон - аналог молекулы воды, одно из свойств которого сверхтекучесть. С изменением плотности крептона ρ , изменяется скорость света - $C_{\text{света}}(\rho)$ (скорость света – функция относительно плотности крептона) из-за того, что изменяется время взаимодействия между крептонитами ΔT . Скорость света – это передача взаимодействия от одного крептона к другому.

По аналогии с воздухом, крептон - аналог молекул, составляющих воздух. При увеличении разреженности воздуха (увеличение расстояния между молекулами), время передачи взаимодействия от одной молекулы к другой

увеличивается, и скорость распространения звука $C_{\text{звука}}$ падает. И, так изменение плотности среды ρ влияет на скорость распространения в этой среде ($C_{\text{среды}}$), то, как следствие, увеличивается расстояние между элементами среды ΔL и временем их взаимодействия ΔT

$$\frac{\Delta L}{\Delta T} = C_{\text{среды}} = C_{\text{света}} \quad (2)$$

и определяется скорость распространения в среде. В нашем случае - скорость света.

С увеличением расстояния ΔL между элементами среды, изменяется количество элементов N в объеме ΔV - в нашем случае количество крптона (рис. 1).

$$\frac{N}{\Delta V} = \rho_{\text{среды}}, \quad (3)$$

что определяет плотность среды и образует зависимость между плотностью среды $\rho_{\text{среды}}$ и скоростью распространения взаимодействия в ней.

$$C_{\text{среды}}(\rho) = C(\Delta T) = C(\Delta L) \quad (4)$$

То есть $C_{\text{среды}}$ -зависит от функции ΔT , ΔL , ρ .

Из-за сложностей измерения ΔT , ΔL и простоты измерения плотности ρ , будем рассматривать зависимость $C_{\text{света}}$ от плотности среды – вакуума – крптона – эфира – всё это означает одно и тоже.

Изменение плотности создаёт гравитацию $E_{\text{гравитации}}$. По аналогии с ветром – в одном месте плотность воздуха изменили и возникла сила E напряжённости. А вот изменение плотности среды – вакуума – эфира – крптона – гравитации – в водоворотной крптоновой теории создают водовороты, которыми являются все элементарные частицы – электрон, протон, нейтрино и т. д. (более 1000). Хотя основными являются электрон и протон, потому что только их частоты кратно вписываются в квадратурный водоворот.

Так как гравитация есть изменяющаяся плотность среды – крптона – эфира – и так далее, то существует прямая зависимость

$$C_{\text{среды}}(\rho) = C(E_{\text{гравитации}}) \quad (5)$$

Теперь, перейдя от плотности среды к гравитации, которую мы можем хорошо измерять, введём коэффициент преломления среды, связав его с напряжённостью гравитационной силы $E_{\text{гравитации}}$.

Коэффициент преломления n_1 отталкивается от стандарта $C_{\text{света}}$, с которым сравниваются другие скорости $C_{\text{среды}} \cdot (V_1)$.

Выберем и мы стандарт силы $E_{\text{гравитации}}$, с которой будем сравнивать другие силы $E_{\text{среды}}$. Для этого используем аналогию – аналогию вычисления первой космической скорости (рис. 9).

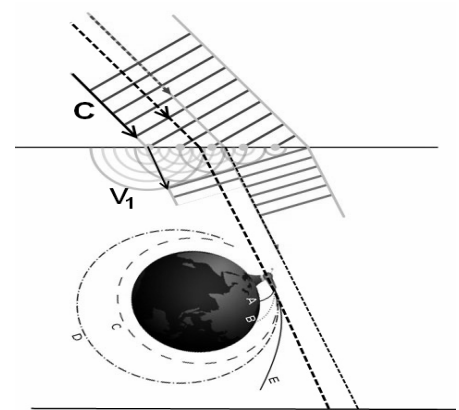


Рис. 9. Аналогия вычисления первой космической скорости

Из рисунка видно, что чем меньше скорость среды V_1 , тем больше коэффициент преломления $n_1 = \frac{C}{V_1}$; или переписав как $n_1' = \frac{V_1}{C}$ - обратный коэффициент преломления. Чем меньше скорость среды V_1 , тем меньше обратный коэффициент преломления и в пределе, когда $V_1=0$ и $n_1'=0$. То есть, упав на такую поверхность под любым углом, свет из неё не выйдет, а также выпущенный в неё под любым углом тоже не выйдет. То есть найдем напряжённость гравитационного поля $E_{\text{гравитации}}$, при котором свет будет захватываться на круговую орбиту тела. Получим:

$$\frac{mC^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \quad (6)$$

$$R_{\text{преломления}} = \frac{GM}{C^2} \quad (7)$$

$R_{\text{преломления}}$ - нулевой радиус преломления среды, при котором свет будет захвачен на круговую орбиту (радиус чёрной дыры Шварцшильда $r_s = \frac{2GM}{C^2}$ в два раза больше). Отсюда подставим $R_{\text{преломления}}$ в формулу для напряжённости гравитационного поля $E = G \frac{M}{R^2}$. Получим:

$$E_{\text{ПРЕЛОМЛЕНИЯ}} = \frac{C^4}{GM} \quad (8)$$

$E_{\text{ПРЕЛОМЛЕНИЯ}}$ - напряжённость гравитационного поля, при котором свет захватывается на круговую орбиту, и при котором скорость света как бы равна нулю по аналогии с $n_1' = \frac{V_1}{C}$ - обратным коэффициентом преломления. Но данный коэффициент не удобен - лучше сравнивать отношение отклонения от стандарта $E_{\text{ПРЕЛОМЛЕНИЯ}}$. То есть:

$$n_{\text{звёздный}}(E_{\text{среды}}) = n_{\text{звёздный}}(R) = \frac{E_{\text{ПРЕЛОМЛЕНИЯ}} - E_{\text{среды}}}{E_{\text{ПРЕЛОМЛЕНИЯ}}} = 1 - \frac{E_{\text{среды}}}{E_{\text{ПРЕЛОМЛЕНИЯ}}} \quad (9)$$

$$n_{\text{звёздный}}(R) = 1 - \frac{\frac{GM}{R^2}}{\frac{C^4}{GM}} = 1 - \left(\frac{GM}{C^2 R} \right)^2 \quad (10)$$

В этом случае скорость света среды можно записать как

$$\begin{aligned} C_{\text{среды}}(E_{\text{среды}}) &= C_{\text{среды}}(R) = C_{\text{света}} \times n_{\text{звёздный}}(E_{\text{среды}}) = \\ &= C_{\text{света}} \left[1 - \left(\frac{GM}{C^2 R} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (11)$$

где $E_{\text{среды}}(R) = G \frac{M}{R^2}$ - напряжённость гравитационного поля в точке R от центра масс. В обобщённом виде формулу (11) можно переписать как:

$$C_{\text{среды}}(R) = C_{\text{света}} \left[1 - \left(\frac{GM}{C^2 R} \right)^2 \right] = C_{\text{света}} \left[1 - \left(\frac{R_{\text{преломления}}}{R} \right)^2 \right] \text{ при } (R_{\text{преломления}}, \infty) \quad (12)$$

$n_{\text{звёздный}}(E_{\text{среды}})$ - звёздный коэффициент преломления света.

Отсюда следует, что ни одно тело нельзя сжать больше чем $R_{\text{преломления}}$. То есть, $R_{\text{преломления}}$ - предельная величина и зависит только от массы тела M и показывает, на какую глубину можно раскрутить водоворот; а так же показывает количество плоскостей от условного дна. Отсюда можно вычислить радиус крптона (или ширину плоскости минимального водоворота):

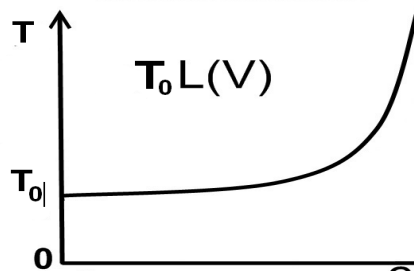
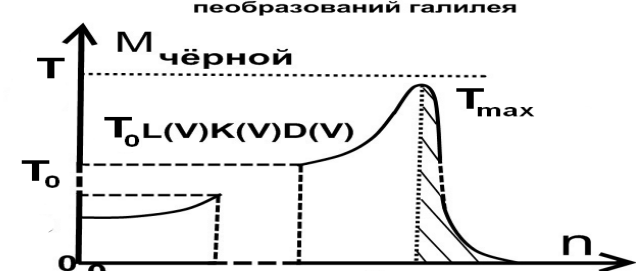
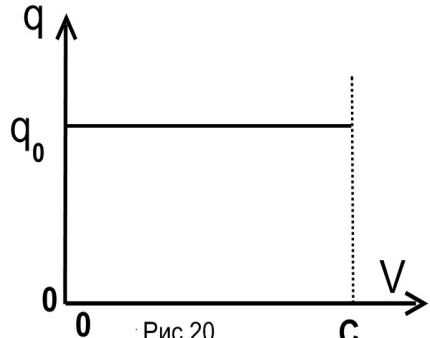
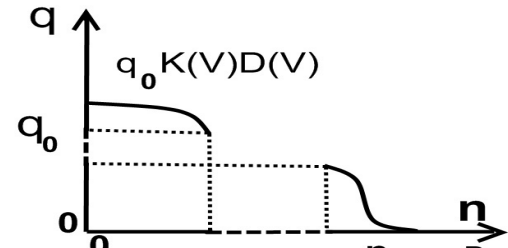
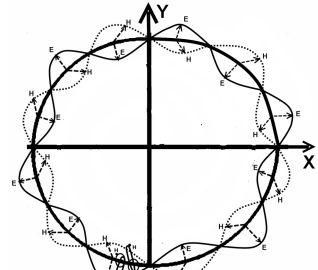
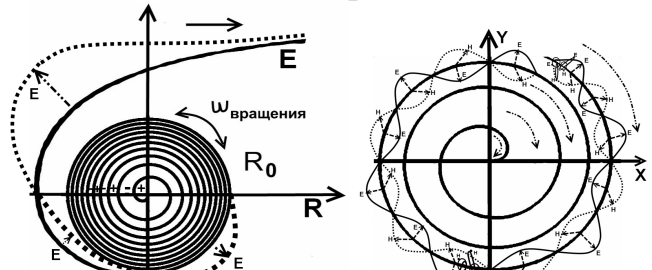
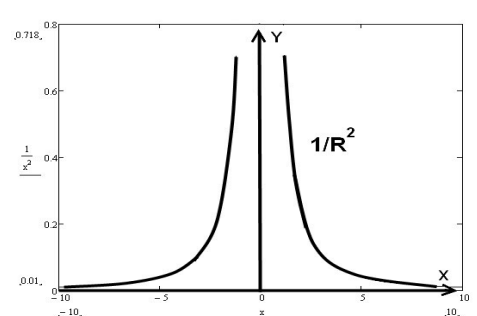
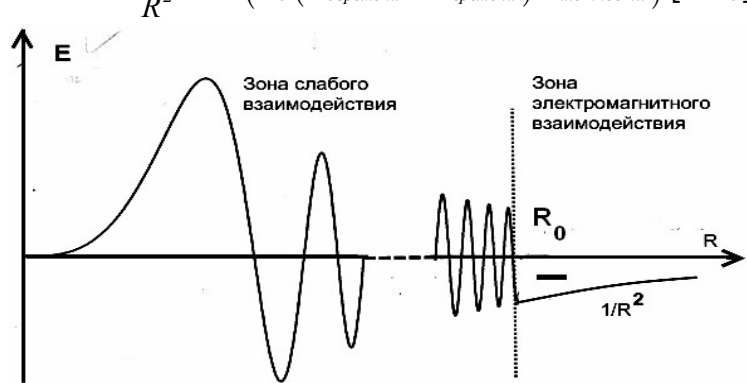
$$R_{\text{крптона}} = \frac{R_{\text{преломления}}}{2N} = \frac{\frac{GM}{C^2}}{2M} = \frac{GM}{2M C^2} = \frac{G}{2C^2} (m_{\text{протона}} + m_{\text{электрона}}) = \text{CONSTANTA} \quad (13)$$

Преломление (рефракция) – это изменение направления распространения волн электромагнитного излучения, возникающее на границе раздела двух прозрачных для этих волн сред или в толще среды с непрерывно изменяющимися свойствами. В нашем случае $n_{\text{звёздный}}(R)$ - звёздный коэффициент преломления света, отражающий **непрерывно изменяющиеся свойства среды** – пространства от центра масс на расстоянии R в интервале от $[R_{\text{преломления}}, \infty]$.

Сведём все выше полученные формулы в одну сравнительную сводную таблицу

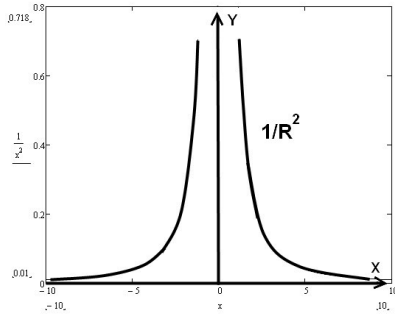
Таблица. Сравнительная сводная таблица

Формулы и графики классической физики	Формулы и графики водоворотной крптоновой теории
$M(V) = M_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$ Первое расширение преобразований галилея Рис. 14	$M(V) = M_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} \left[1 - \left(\frac{GM_0}{c^2 R_0} \right) \frac{1}{1 - v^2 / c^2} \right] \frac{1}{\left(1 - \frac{l(V)}{l_{\max}} \right)}$ Третье расширение преобразований галилея Рис. 16
$l(V) = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}$ Рис. 17	$l(V) = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{GM_0}{c^2 R_0} \right) \frac{1}{1 - v^2 / c^2}} \right] \left(1 - \frac{l(V)}{l_{\max}} \right)$ Рис. 19

$T(V) = T_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$ Первое расширение преобразований галилея  Рис.14	$T(V) = T_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} \left[1 - \left(\frac{GM_0}{c^2 R_0} \right) \frac{1}{1 - v^2 / c^2} \right] \frac{1}{\left(1 - \frac{l(V)}{l_{\max}} \right)}$ Третье расширение преобразований галилея  Рис.16
$q(V) = q_0 = \text{const} \tan ta$  Рис.20	$q(V) = q_0 \left[1 - \left(\frac{GM_0}{c^2 R_0} \right) \frac{1}{1 - v^2 / c^2} \right] \frac{1}{\left(1 - \frac{l(V)}{l_{\max}} \right)}$  Рис.22
$E = m_0 c^2$ Свет, пущенный по кругу 	$E = I_{\text{водоворота}} \times \omega_{\text{водоворота}}^2$ Свет пущенный по спирали 
$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{r^2}$ $q = \text{const} \tan ta$ 	$E = \frac{q}{(R_0 + r)^2} \sin \left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r} \right) \cdot [R_0, \infty]$ $E(R) = \frac{E_0(R)}{R^2} \sin \left(\omega_0 \left(R_{\text{времени}} + R_{\text{плотности}}^2 \right) \right) [0, R_0]$ 

$$F = \frac{qq}{r^2}$$

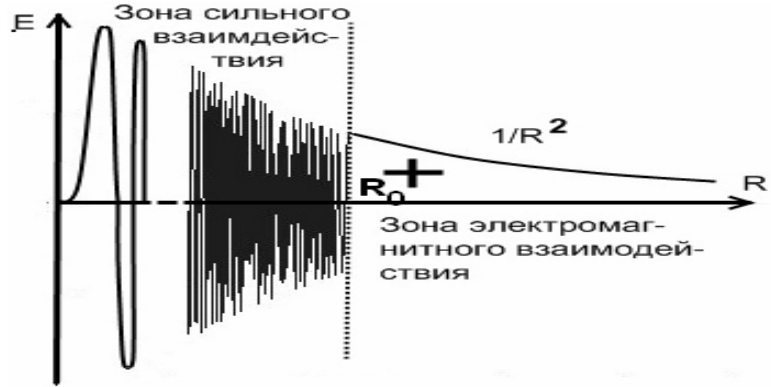
$$q = \text{CONSTANT}$$



$$F = \frac{qq}{(R_0 + r)^2} \text{SIN} \left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r} \right) \cdot [R_0, \infty]$$

$$q(r) = q \times \text{SIN} \left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r} \right) [R_0, \infty]$$

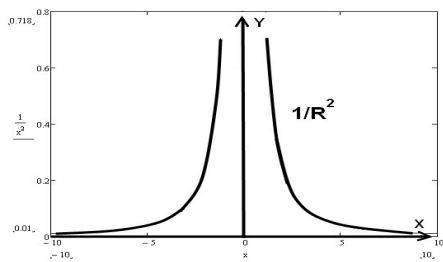
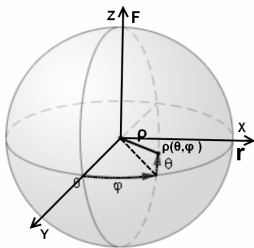
$$E(R) = \frac{E_0(R)}{R^2} \sin \left(\omega_0 (R_{\text{времени}} + R_{\text{времени}}^2) R_{\text{плотности}}^2 \right) [0, R_0]$$



$$E(r) = G \frac{M}{r^2}$$

$$E(r) = G \frac{M}{r^2} \rho(\theta, \phi)$$

$$E(r) = G \frac{M}{r^2}$$



$$E(r) = G \frac{M}{r^2} \rho(\theta, \phi)$$

$$E_x(r) = G \frac{M}{r^2} \rho_x(\theta, \phi)$$

$$E_y(r) = G \frac{M}{r^2} \rho_y(\theta, \phi)$$

$$E_z(r) = G \frac{M}{r^2} \rho_z(\theta, \phi)$$

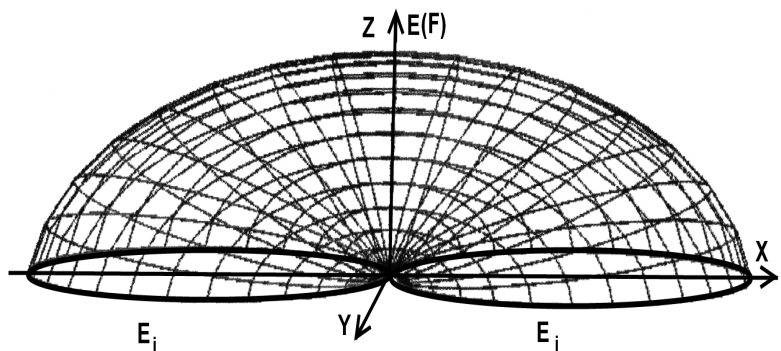
$$E_z = G \frac{M}{r^2} b \sin \theta \quad 2c = R_i \cap R_j = R_{\text{пересечения}} \neq 0$$

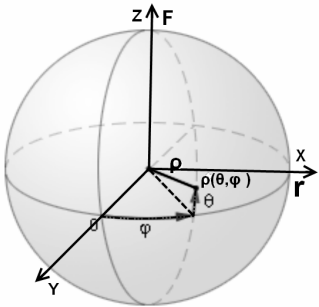
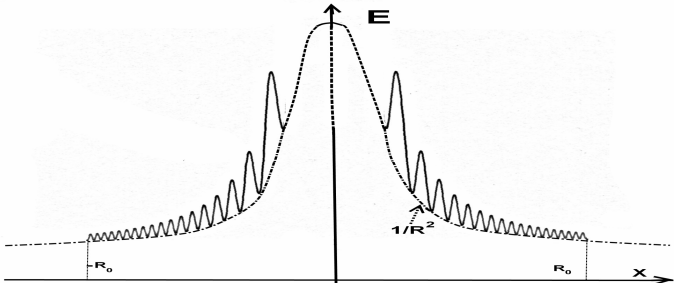
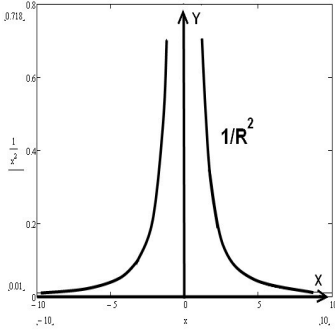
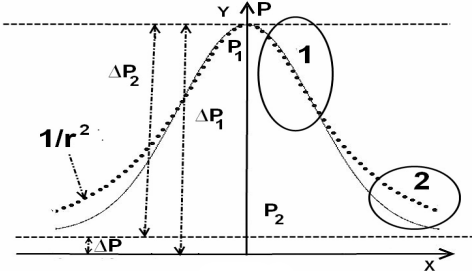
$$E_x = G \frac{M}{r^2} ((a \cos \theta) + a) \times \cos \phi$$

$$2c = R_i \cap R_j = R_{\text{пересечения}} \neq 0$$

$$E_y = G \frac{M}{r^2} ((a \cos \theta) + a) \times \cos \phi$$

$$2c = R_i \cap R_j = R_{\text{пересечения}} \neq 0$$



Гравитация внутри ядра $E(r) = G \frac{M}{r^2}$ 	Гравитация внутри ядра $E(R) = G \frac{M}{R^2} + \Phi(\rho) \left(\frac{E_0(R)}{f(R)} \right) \left[1 + \sin(\omega_0 f(R) t(R)) \right]$ $[0, R_0]$  РИС.15
Формула гравитации $E(r) = G \frac{M}{r^2} = (GM) \left(\frac{1}{r^2} \right)$ 	Формула гравитации $E(r) = G \frac{M}{(\Delta r)^2 + r^2}$ $E(r) = GM \frac{1}{(\Delta r)^2} e^{-r^2} \rho(\theta, \phi)$ 
$C_{\text{света}} = \text{CONSTANT}$	$C_{\text{среды}}(R) = C_{\text{света}} \left[1 - \left(\frac{GM}{C^2 R} \right)^2 \right] \text{ при } (R_{\text{преломления}} \rightarrow \infty)$ где $R_{\text{преломления}} = \frac{GM}{C^2} = \Delta r$
$C_{\text{света}} = V_{\text{гравитации}}$	$C_{\text{света}} \neq V_{\text{гравитации}}$ $V_{\text{гравитации}} \approx 10^{16} \times C_{\text{света}}$
Отсутствует	$R_{\text{крептона}} = \frac{G}{2C^2} (m_{\text{протона}} + m_{\text{электрона}}) = \text{CONSTANT}$ $R_{\text{крептона}} = 0.62 \times 10^{-54} \text{ метра}$

На рис. 10 и 11 показано расслоение классических формул на три зоны, где в средней зоне происходит совпадение с классическими формулами. Формулы приведены для напряженности заряда и гравитации. Где заряд рассматривается как растягивания водоворотом конца синусоиды электромагнитной волны не свернутой водоворотом. Гравитация рассматривается как изменение плотности среды вызванная водоворотом.

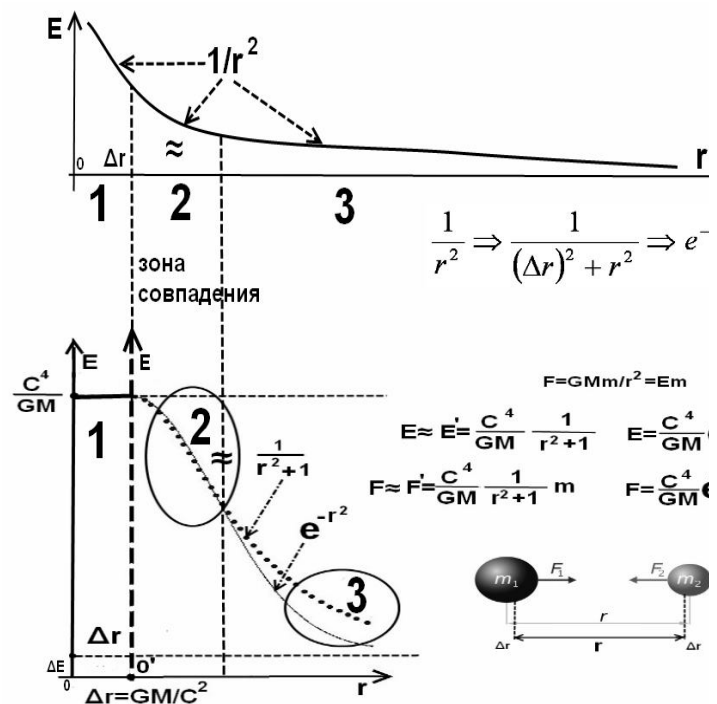


Рис.10. Расслоение классических формул на три зоны

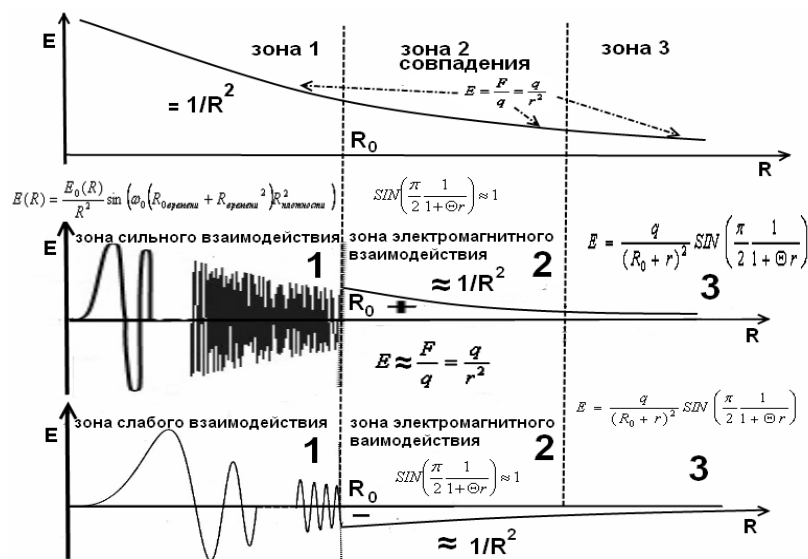


Рис.11. Расслоение классических формул на три зоны

Для теории относительности формулы разбиваются тоже на три зоны в зоне под номером 1 графики совпадают с классическими формулами в зоне 2 и 3 отличаются рис.12. На рис.13 показан график изменения скорости света

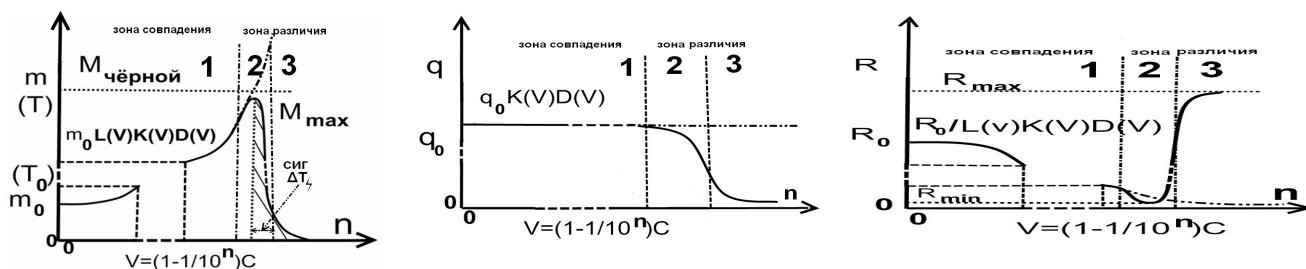


Рис.12. Сопоставление графиков

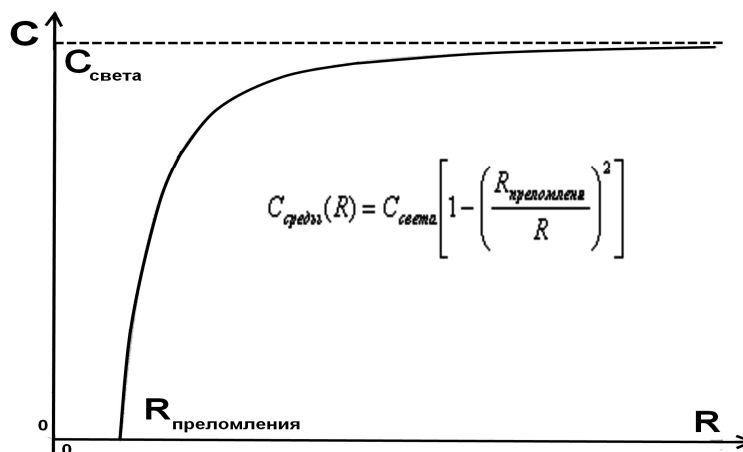


Рис.13. График изменения скорости света

Все формулы водоворотной теории при определенных условиях переходят в классические и являются их расширениями.

Список литературы: 1. А. Эйнштейн. А. Теория относительности. 2000 Научно-издательский центр. Регулярная и хаотическая динамика. 2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. - Фейнмановские лекции по физике. 3. «Актуальные проблемы современных наук-2009» №.21 Материалы Международной научно-практической конференции. Издат. «Nauka I studia;2009». ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд., Яловенко С.Н., стр. 85. 4. Яловенко С.Н. Теория относительности .Новый взгляд. Яловенко С.Н Уральский научный вестник. Научно-теоретический и практический журнал. №5(20) 2009. ЖШС «Уралнаучкнига» 2009. ISSN 1561-6908, Теория относительности .Новый взгляд. стр. 33. 5. Яловенко С.Н. Чёрный предел. Яловенко С.Н Вестник национального технического университета "ХПИ" №8 2009г Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях»; Чёрный предел. Харьков., 2009 г. стр.81. 6. Яловенко С.Н. Чёрный предел часть 1. Яловенко С.Н Вестник национального технического университета "ХПИ" №43 2008г Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях»; Чёрный предел часть 1 Харьков., 2008 г. стр.144. 7. Яловенко С.Н. «Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд» Яловенко С.Н. ТОВ издательство «Форт» 2009г. ISBN 978-966-8599-51-4. 8. «Наука и инновации - 2010» №.13., Материалы 6 Международной научно-практической конференции.. Techniczne nauki Fizyka .издает. «Nauka I studia;2010». Яловенко С.Н ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд. Часть 5. Мировоззрение, стр. 105. 9. «Наука: Теория и практика - 2010» №.7. Материалы 6 Международной научно-практической конференции. издает. «Nauka I studia;2010». Яловенко С.Н., ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд, стр. 78. 10. Yalovenko S.N. Black limit. Theory of relativity. New view., Yalovenko S.N. Научно-теоретический и практический журнал. «Современный научный вестник №21 (77) 2009» ISSN 1561-6886 ФИЗИКА. Стр.67. 11. «Наука: Теория и практика» №.6., Материалы 6 Международной научно-практической конференции. издает. «Nauka I studia;2009». ISBN 978-966-8736-05-6. Yalovenko S.N раздел. Fizyka. Teoretyczna fizyka. Black limit. Theory of relativity. New view. Стр.17. 12. «Научный прогресс на рубеже тысячелетий - 2010», Материалы 6 Международной научно-практической конференции. от 27.05.2010 – 05.06.2010г. издает. Прага«Education and Science». ISBN 978-966-8736-05-6. Yalovenko S.N Continuation of the theory of a relativity. стр. 10.

Поступила в редколлегию 01.09.2011

УДК 665.3

И. Н. ДЕМИДОВ, докт. техн. наук, проф., УкрНИИМЖ НААН, Харьков
Л. Н. КУЗНЕЦОВА, м. н. с., УкрНИИМЖ НААН, Харьков

ЖИРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ФРИТЮРА, ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

Проведен анализ исследований по использованию фритюрных жиров для процесса жарки. А также их физико-химических показателей для подтверждения гарантии качества. Дана оценка нормативной базы Украины, по которой контролируют качество используемого жира для фритюра в процессе жарки. Выявлена проблема отсутствия современного документа для контроля качества фритюрного жира. Сформулированы основные требования по показателям качества к жирам, используемым в качестве фритюра.

Проведено аналіз досліджень по використанню фритюрних жирів для процесу жаріння. А також їх фізико-хімічних показників для підтвердження гарантії якості. Дана оцінка нормативної бази України, згідно якої контролюють якість жиру для фритюра під час жаріння. Виявлена проблема відсутності сучасного документа для контролю якості фритюрного жиру. Сформульовані основні вимоги до показників якості жирів, які використовують в якості фритюру.

It was carried out the analyze researches of using the deep fats for frying. And also it was analyzed their physical and chemical values for assurance the acknowledgement of quality. It was given the assessment standard base of Ukraine, which used for control the quality of deep fat. It was formulated the basic requirements for the quality values fats, which used of deep fats.

Для нормального функционирования организм человека должен получать пищевые вещества и энергию в количествах, адекватных своим затратам. В последние годы во всем мире пристальное внимание ученых и практиков привлекает проблема жира в питании.

Большое влияние на пищевые свойства жиров и масел оказывают продукты различных химических превращений их компонентов. Эти продукты образуются в жирах при некоторых неблагоприятных режимах их получения, хранения и особенно тепловой кулинарной обработки.

Среди способов тепловой кулинарной обработки, которой подвергаются жиры в процессе приготовления пищи, наиболее жесткое воздействие на них оказывает жарка продуктов во фритюре (жарка в большом количестве жира). Этот способ широко распространен в производстве продуктов общественного питания и в пищевой промышленности. Количество используемых при жарке жиров измеряется в мировом масштабе миллионами тонн в год, так как фритюрная продукция пользуется большой популярностью. Так картофель-фри – можно сказать визитка любого заведения фаст-фуда.

При продолжительной жарке продуктов во фритюре качество фритюрных жиров изменяется: жиры темнеют, приобретают резкий неприятный запах,

горький привкус. В жире накапливаются вторичные термостабильные продукты окисления и сополимеризации, количество которых не должно превышать 1.0 %. Жир с массовой долей продуктов окисления более 1 % считается непригодным для пищевых целей [1,2,3].

Во время жарки образуются первичные и вторичные продукты окисления. К первичным относятся пероксиды, гидроксиды. Они раздражают стенки пищеварительного тракта и печени, приводят к воспалению этих органов в тяжелых формах. К вторичным продуктам окисления жиров относятся альдегиды, кетоны, эпоксиды, полимерные соединения [3]. Наиболее токсичное действие имеет многократно использованный фритюрный жир. В нем могут накапливаться канцерогенные вещества, в частности, 3,4-бензапирен [4]. Поэтому качество фритюрных жиров является важнейшим показателем, определяющим уровень потенциальной безопасности этих жиров для здоровья человека.

Вкус, цвет и состав жира или масла определяют качество полученного обжаренного продукта. В результате жарки в масле происходят как физические, так и химические изменения. Это не только частичное окисление, но и взаимодействие масла, воды и пищевых компонентов. Продукты в процессе обжарки впитывают вкус, запах и аромат используемого фритюрного жира, изменяют окраску под его воздействием, поэтому качество готового продукта напрямую связано с качеством используемого фритюрного жира [3].

При выборе жира для обжаривания, в прочем так же, как и при всех других кулинарных обработках, нужно принимать во внимание вкусовое соответствие продукта и жира, на котором его будут обжаривать.

Преимущества в выборе в качестве фритюра у таких жиров следующие:

- жир не должен разбрызгиваться, не пениться, не дымиться при температуре 160-190 °С;
- жир не должен оставлять неприятного послевкусия в готовом изделии;
- жир не должен после жарки кристаллизоваться на поверхности изделия;
- жир не должен передавать запах предыдущего продукта на следующий во время жарки.

В последнее время растительные масла все более вытесняют из производства кулинарные жиры на основе саломаса, которые содержат значительную долю трансизомеров жирных кислот, способствующие повышению риска развития атеросклероза и сопутствующих заболеваний сердца и сосудов, это – снижение чувствительности клеток поджелудочной железы к инсулину, развитие хронических воспалительных процессов и ожирение.

Огромный объем среди используемых растительных масел сегодня стало занимать пальмовое масло, благодаря своей термической устойчивости и отсутствия трансизомеров жирных кислот. [4] Наибольшее значение в ускорении окисления имеет степень ненасыщенности жира.

Так пальмовое масло, содержащее около 11 % полиненасыщенных жирных кислот, имеет достаточно высокую устойчивость к окислению. Если принять скорость окисления насыщенной стеариновой кислоты C18:0 за 1, то скорость окисления мононенасыщенной олеиновой кислоты C18:1 будет 11, а

полиненасыщенных кислот: линолевой C18:2 - 114 и линоленовой C18:3 – 170 [5]. Поэтому жидкие растительные масла (подсолнечное, соевое, кукурузное и их смеси) в наибольшей степени подвергаются окислительной порче при жарке и последующем хранении пищевых продуктов, т.к. содержат значительное количество полиненасыщенных жирных кислот (до 70%). Линолевая и линоленовая кислоты активно участвуют в реакциях изомеризации, циклизации и полимеризации. Линолевая кислота при изомеризации дает всегда 2 геометрических изомера (цис-транс и транс-цис). В процессе прогревания их концентрация растет и образуется транс-транс изомер [1].

Линолевая кислота и более высоко ненасыщенные кислоты начинают окисляться еще при низких температурах, ниже 60 °С, а окисление олеиновой кислоты практически начинается при температуре выше 100 °С. Поэтому особенно олеиновая фракция пальмового масла получила широкое распространение как высокорентабельное масло для обжарки. Оно более экономично в использовании, т.к. обладает высокой стойкостью к окислению по сравнению с другими видами растительных масел. Также при обжарке не придает салистого привкуса изделию.

Допустимо повторное использование очищенного жира при изготовлении фритюрной продукции, зачастую смешивают использованный жир с новым [6,7].

Стабильность других фритюрных жиров при жарке обусловлена в основном применением полидиметилсилоксана (Е900) — активного пеногасителя. Так внесение этой пищевой добавки во фритюрный жир в количестве 0,5 — 2,0 мг/кг значительно замедляет процессы окисления и полимеризации, ускоряющие пенообразование при жарке. Использование данной добавки позволило предприятиям с низким показателем замены значительно усовершенствовать процесс жарки. Но применение полидиметилсилоксана нежелательно, поскольку он отрицательно влияет на некоторые пищевые продукты, а именно не происходит требуемое аэрирование, в результате чего объем готовой продукции недостаточен, происходит деформирование готовых изделий, впитыванию избыточного количества жира, ослаблению адгезий сахарной пудры и глазури на изделия; картофельные чипсы обжаренные во фритюрном жире с полидиметилсилоксаном, получаются недостаточно хрустящие.

При добавлении антиоксидантов (наиболее используемые – бутилоксианизол (БОА) и пропилгаллат (ПГ)) в жир для фритюра темп накопления продуктов окисления снижается. Торможение окислительных процессов жиров антиоксидантами препятствует увеличению токсичности процесса жарки в жире и сохранению пищевой и биологической ценности приготавливаемых продуктов и используемого жира. В растительных жирах содержится значительное количество природного антиоксиданта – витамина Е [8,9].

Контроль качества фритюрного жира – это важнейший элемент снижения факторов риска для здоровья потребителей данной продукции. Исследования жира для фритюра необходимы для подтверждения гарантии качества. Они могут быть организованы как производителем, так и потребителем. Лабораторный контроль качества фритюра должен осуществляться по органолептическим и физико-химическим показателям.

Но при обзоре нормативной базы на Украине, по которой контролируют качество используемого жира для фритюра и процесса жарки выявлено, что последний нормативный документ был разработан в 1995 г - это разработка Глуховского Национального Педагогического Университете имени О.Довженко - «Інструкція по смаженню виробів у фритюрі в підприємствах харчування та контролю якості фритюрних жирів», утвержденная Министерством внешнеэкономических связей и торговли Украины. Изначально ими же была разработана и «Инструкция по жарке изделий во фритюре в предприятиях общественного питания и контроля качества фритюрных жиров», которая была утверждена Министерством торговли СССР еще в 1991 г. Согласно действующему и внесенным изменениям на настоящий момент СанПин 42-123-5777-91 «Санитарные правила для предприятий общественного питания, включая кондитерские цехи и предприятия, вырабатывающие мягкое мороженое» при жарке изделий во фритюре необходимо соблюдать требования "Инструкции по жарке изделий во фритюре на предприятиях общественного питания и контролю за качеством фритюрных жиров", ссылка на какую именно инструкцию отсутствует, ни на номер, ни на год утверждения. Так один из крупных украинских производителей жиров на своем сайте представляет жир «Фритюрный», который цитируем «соответствует «Временной технологической инструкции по жарению изделий во фритюре в предприятиях общественного питания и контролю за качеством фритюрных жиров», утвержденной Министерством торговли СССР 7 декабря 1976 г». Большинство Санпединстанций также ссылаются на контроль жира используемого для жарки по этой инструкции 1976 г утверждения, которой уже почти 35 лет, за это время изменился состав и природа используемых жиров для жарки, усовершенствовалась база оснащения лабораторий и методы исследования, введены новые показатели качества, проведено ряд научных исследований, о чем свидетельствуют статьи в научно-технических сборниках, внедрены патенты на способы стабилизации жиров против термической порчи и на реорганизацию использованных жиров, изучено влияние добавления различных антиоксидантов, тормозящих окисление и т.д. В настоящее время существует необходимость разработки нового нормативного документа для обеспечения контроля качества в рамках безопасности сырья и готовой продукции.

В настоящее время для определения концентрации свободных жирных кислот (СЖК) широко распространено применение - Тест-индикатора 3М LRSM (производства 3M FranceBddelOise – 95006 CergyPontotiseCedex) [5]. Тест-индикатор представляет собой узкую пластину (0,8 x 9,5 см), на одном конце которой имеются четыре поперечных синих полоски. Индикатор погружается в горячий жир. Подсчитывается количество полосок, сменивших цвет с синего на желтый, и таким образом косвенно определяется степень пригодности фритюра. При разложении жира, используемого в качестве фритюра, концентрация свободных жирных кислот повышается, соответственно большее число полосок индикатора изменяет цвет. Синяя полоска полностью становится желтой при определенной концентрации СЖК.

По разработанному сотрудниками [Харьковского государственного университета питания и торговли](#) (ХГУПТ) спектрометрическому методу контролю качества жиров по величине удельного поглощения можно контролировать рост накопления оксиполимеров, тем самым оценивая степень термоокисления жира, используемого для жарки [8].

Проведены и другие работы по изучению процессов жарки:

- В ходе ряда испытаний определен коэффициент корреляции между содержанием свободных жирных кислот и степенью окисления, свидетельствующей о сильно выраженной взаимной связи между этими показателями. Предложены сроки использования обжарочных жиров, как для овощных полуфабрикатов так и мясных полуфабрикатов с учетом роста содержания свободных жирных кислот, пероксидного числа, бензидинового числа [10].

- В качестве индекса, характеризующего устойчивость к окислению жиров для фритюра, предложено определять содержание H_2 и O_2 в летучей части образца жира методом ГЖХ [11].

- Подтверждено, что термическое разложение природного антиоксиданта - токоферолов ускоряется в маслах, содержащих большие количества олеиновой кислоты [12].

Внедрено ряд патентов:

Сотрудники Московского института народного хозяйства предложен способ стабилизации жиров для фритюра против термической порчи с использованием различных антиоксидантов. Жир с добавкой антиоксиданта нагревали до температуры 170 °С в течении 45 часов контроль при этом проводили по КЧ (результат 2,443 мг КОН), количеству полярных веществ (17,35 %), цветности (1), общем содержании продуктов окисления (менее 1%). В другом патенте предложен способ контроля качества жира для фритюра, установлении концентрации полярных соединений в пробе, сравнение установленного значения концентрации полярных соединений с максимально допустим значением этого показателя (25 %). Метод ускорен тем, что осуществляют эмульгирование пробы жира для фритюра в дистиллированной воде, устанавливая значение степени устойчивости жировой эмульсии по соотношению объемов эмульгированной части пробы к первоначальному объему пробы жира для фритюра в смеси с дистиллированной водой, а установление концентрации полярных соединений осуществляют по значению степени устойчивости жировой эмульсии [12].

Имеются патенты на новую форму введения антиоксидантов в жиры для жарки в зависимости от жирнокислотного состава и условий обжаривания [13].

После изучения ряда научных исследований сформулированы следующие требования по показателям качества к жирам, используемых в качестве фритюра:

- пероксидное число – не более 0,3-0,4 мэкв.активного кислорода /кг,
- анизидиновое число – не более 3 условных единиц;
- содержание жирных кислот – 0, 6 мг КОН;
- содержание железа не более 0,15 мг/кг;
- содержание фосфолипидов 0,1-0,18 % в пересчёте на стеароолеолецитин

[1].

Кроме того, в процессе выбора подходящего жира следует рассматривать три основных фактора:

- характеристика готовой продукции;
- стабильность жира при жарке;
- срок годности продукции.

Общественное питание играет значительную и все возрастающую роль в жизни современного общества и к числу приоритетных направлений современной науки о питании относятся совершенствование системы контроля качества и безопасности продуктов питания.

Таким образом, с учетом важности анализируемых вопросов необходимо повысить ответственность региональных органов Госсанэпиднадзора за качество используемого жира для фритюра, но для этого нужен новый нормативный документ, в котором бы отразились такие основные положения:

- требование к используемому жиру для фритюра, входной контроль;
- требование к оборудованию для жарки;
- необходимость ведения журнала контроля качества жиров для фритюра;
- режимы жарки;
- периодичность контроля органами госконтроля;
- ежедневный контроль качества жира для фритюра, оперативный производственный контроль качеств жира для фритюра;
- лабораторный контроль качества жиров, методы определения качества фритюрных жиров и пределы пригодности их для дальнейшего использования - реорганизации жира;
- оценочная бальная шкала качества кулинарных жиров, используемых в качестве фритюра
- процедура повторного использования жиров после жарки,
- требования к жиру, повторно используемого для фритюра.

Список литературы: 1. Журавлева Л.Н. «Изучение окисления растительных масел при высокотемпературном нагреве во фритюре и разработка способов повышения их стабильности», автореферат, Санкт-Петербург, 2009г. 2. Методические рекомендации по контролю за качеством фритюрных жиров, используемых пищевой промышленностью, утвержд. Министерством здравоохранения УССР, Киев, 1976.3. Иванов А.А., Раева Н.Р. «Фритюрный жир, или перевод с французского, журнал «Регион Надзор» №5, май 2008. 4. Консалтинговое агентство Market Advice, Обзор рынка снежков, "Пищевая промышленность" №5, 2002 г. 5. Новое поколение фритюрных жиров, «Кондитерское и хлебопекарное производство» №4 2009 г. 6. Симакова И.В. «Исследование пальмового масла в технологии производства фритюрной продукции», автореферат, Санкт-Петербург, 2004 г.7. Шильман Л.З., Перцевой Ф.В., Федак Н.В., Гарнцарек Б.Ч. Способ регенерации отработанного фритюрного масла. Патент РФ № 4478 от 13.02.97 г.8. Максимец В.П., Бац А.А. «Оценка степени термоокисления масла, используемого для жарки продуктов», Тез.докл. Всес.научн.конференции, Харьков, 1990г. 9. Смагин А.М., Логинова Н.В. «Влияние антиоксидантов на изменение качества жиров при термической обработке», Тез.докл. Всес.научн.конференции, Харьков, 1990г.10. Терзиева В. Изследоване качеството на мазнината при пържоке на зеленчукови и месни полуфабрикати (Изследование качество жира при обжаривании овощных и мясных полуфабрикатов), Научн.тр./Висш.инст.хранит и вкус.пром., Пловдив.-1990-37, № 3, Болг.11. Yoon Suk Hoo, A new index of oxidative stability of cooking oils (Новый индекс устойчивости к окислению жиров для обжаривания), Int.Conf.Fats, Auckland, 12-17 Feb., 1989- Анг.12 Баранов В.С, Жуковская Л.П., Усакова М.Б Способ контроля качества

фритюрного масла, А.с. 1672354 СССР, МКИ5 G 01N 33/02, Моск.ин-т нар.хоз-ва, № 4712625/13. Заявл.29.06.89; Оpubл.23.08.91, Бюл. №3.13 Nager Benjamin J., Improved delivery system and method for reducing oxigatios and rancidity of edible cooking oils and / or fats (Новая форма введения антиоксидантов в пищевой масла и жиры), Gaylord Chemical Co. - № US88/02179, Заявл.1.07.88, Оpubл.11.01.9014. СанПин 42-123-5777-91 Санитарные правила для предприятий общественного питания, включая кондитерские цехи и предприятия, вырабатывающие мягкое мороженое15. Обрайен Р.Д. «Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение», Санкт-Петербург, 752стр, 2007 г.16. Беляев М.И., Федоров И.Н., Шильман Л.З. Устройство для жарения пищевых изделий. А.с. № 402358 от 23.07.73 Оpubл.19.10.73. Бюлл.№ 42.17. Беляев М.И., Положенцев Г.Н., Черкашин Н.Г., Шильман Л.З. Вакуумная жарочная машина непрерывного действия. А.с. № 430273 от 19.04.74. Оpubл. 15.08.74. Бюлл. № 30. 18. Шильман Л.З. Способ прогнозирования фритюрной стойкости жиров. Патент РФ № 2140630 от 27.07.99 г.19. Шильман Л.З, Маркин В.Ф., Симакова И.В., Петунов В.Н. Устройство для очистки фритюра. Патент РФ № 34531 от 10.07.03 г.20. Treatment of cooking oils and fats (Способы регенерации используемых обжарочных масел и жиров). Mulfur W. Joseph, Munson James R. Reagent Chemical and Research Co. Пат. 4681768, США. Заявл. 14.0885, №765456, опубл.21.07.87. МКИ А 32 D5/02, НКИ 426/41721. Способ очистки фритюрного жира, патент РФ № 34531 от 10.12.2003 г. 22. Установка для очистки фритюрного жира, патент РФ на изобретение № 2218386 от 10.12.2003 г 23. Kajimoto G., Kanomi Y., Yoshida H., Shibahara A., Влияние жирнокислотного состава состава масел на термическое разложение токоферолов, Oil Chem. Soc. – 1991, № 3.

Поступила в редколлегию 29.08.2011

СОДЕРЖАНИЕ

Н. В. Внукова Вплив природно-кліматичних умов на екобезпеку транспортного комплексу	3
Ю.М.Юсібова, Е.В.Рубан, В.І.Швець, Є.В.Попов Дослідження впливу колоїдно-хімічних особливостей неіоногенних поверхнево-активних речовин в технології випускних форм органічних пігментів	7
В.М.Атаманюк, М.І.Мосюк, Ю.Й.Ятчишин Ефективність використання фільтраційного сушіння подрібненої “енергетичної” верби	11
Л. Ф.Черногор, О.С. Рашкевич Автоматизований лазерний комплекс оперативного контролю концентрації забруднюючих речовин на рівні джерела викидів в атмосферу	21
П.И. Глушко, А.Ю. Журавлёв, В.Л. Капустин, Н.А. Семёнов, Н.А. Хованский, Б.М. Широков, А.В. Шиян Изучение процессов кристаллизации карбида кремния путём совместного разложения тетрахлорида кремния и толуола в присутствии водорода	26
В.В. Штамбург, Б.В. Успенский, В.Г. Штамбург, А.А. Анищенко, А.В. Мазепа Синтез 1,8-бис(нафталимидокси)-3,6-диоксаоктана	29
Ф.Ф.Гладкий, С.В.Волошенко Можливість проведення реакції гідратації фосфоліпідів олій з використанням ферментного препарату фосфоліпази С	32
В.Ф.Райко, М.А.Цейтлин, В.А.Панасенко Теплопередача при газожидкостном взаимодействии на контактных элементах с конусными телами	37
В.В.Березуцкий, Радван Арафа Биссиуни Применение метода временного смещения событий при анализе профессиональных заболеваний	44
Б. А. Трошенькин, Н. Н. Зипунников, В. Б. Трошенькин Исследование процесса автономного производства водорода из воды с использованием сплавов на основе магния и алюминия	49

С.І.Якушко Технологічні особливості гранулювання органічної суспензії у киплячому шарі	52
Л.А. Журавлева, В.В. Яковенко, С.Е. Дзей Регулирование угловой скорости электропривода вибростанка	60
Е.Д.Тартаковський, Д.О.Аулін, Д.С.Андросов Визначення ефективності хімотологічних заходів підвищення ефективності тепловозів в експлуатації	67
О.Є.Скворчевський Аналітичний огляд сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів	71
А.С. Еременко Исследование производительности потоковой передачи данных посредством протокола TCP	80
П.А.Тесленко Введение в эволюционное управление проектами	87
В.М. Мельник, О.Я. Ковалець Похибки виведення балістичних ракет	91
Т.Ф. Федорова Побудова моделі функціонування логістичного ланцюга з доставки швидкопсувних вантажів	95
В.Х. Заврічко, В.В. Котов Удосконалення процесу обліку та нормування витрат енергії при експлуатації локомотивів	103
В.Е. Саваневич, А. М. Кожухов, А. Б. Брюховецкий, В. П. Власенко, В.Н. Ткачѳ Определение оптимальных значений элементов матрицы размытия для метода сложения ПЗС-кадров с накоплением сигнала от движущегося объекта	107
О.О. Карзова Пристрій захисту силових кіл електрорухомого складу на новій елементній базі	116

Е.В. Колісніченко, М.В. Найда, С.О. Хованський Експериментальне дослідження роботи насоса з відцентрово-вихровою ступенню	119
Б.Ш. Мамедов Глава 4. основы единой теории движителей на непрерывных потоках. разработка направления технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанного с повышением газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете и посадке	124
С.Н. Яловенко Черный предел. Часть 8. Свет	134
И. Н.Демидов, Л.Н.Кузнецова Жиры, используемые для фритюра, проблемы качества и безопасности	146

Наукове видання

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

Збірник наукових праць

Тематичний випуск

"Нові рішення в сучасних технологіях"

Випуск № 34

Науковий редактор докт. техн. наук, проф. Є. І. Сокол

Технічний редактор Т.Л. Коворотний

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова

Обл.-вид. № 134-11

Підписано до друку 30.09.2011. Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі

Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.

Наклад 300 прим. 1-й завод 1-100. Зам. №34. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ»

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК33657 від 24.12.2009р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Типографія "Технологічний центр"

вул. Новгородська, 3а, м. Харків, 61145