

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

ISSN 2079-5459

Сборник научных трудов

54'2011

**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. - №54. - 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 №11 від 25.11.2011

Національний технічний університет „ХПІ" 2011

УДК 631.316.022

В. В. ПАДАЛКА, канд.техн.наук, доц., ПГАА, Полтава
С.В. ЛЯШЕНКО, асп., ПГАА, Полтава

ТЕХНОЛОГІЯ ГЛИБОКОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИСАДИБНИХ ДІЛЯНОК

Відомі наукові дослідження підтвердили необхідність руйнування підорного ущільненого шару ґрунту. Існуючі агротехнічні технології обробітку ґрунту неприйнятні для умов присадибних ділянок. Запропоновано технічне вирішення проблеми із застосуванням малолітражних енергетичних засобів. Наведено рекомендовану схему для виконання технологічного процесу глибокого обробітку ґрунту та присадибних ділянок.

Ключеві слова: присадибна ділянка, підорний шар, ґрунт, мотоблок, ґрунтообробна машина.

Известные научные исследования подтвердили необходимость разрушения подплужного слоя почвы. Существующие агротехнические технологии обработки почвы неприменимы для условий подсобных участков. Предложено техническое решение проблемы с помощью использования малолитражных энергетических машин. Приведена рекомендованная схема для выполнения технологического процесса глубокого рыхления почвы на подсобных участках.

Ключевые слова: подсобный участок, подплужный слой, почва, мотоблок, почвообрабатывающая машина.

The known scientific researches confirmed the necessity of destruction close-settled soils. Existent agrotechnical technologies of treatment soil are inapplicable for the terms of subsidiary areas. Technical solution problems is offered by the use fuel-efficient power machines. The recommended chart is resulted for implementation of technological process of the deep loosening of soil on subsidiary areas.

Keywords: subsidiary area, close-settled layer, soil, motoblock, treatment of soil.

1. Введення

Присадибні ділянки забезпечують переважну частину міських мешканців продуктами харчування. Маючи невеликі ділянки орного ґрунту, на яких неспроможна працювати сучасна сільськогосподарська техніка внаслідок своїх габаритів, дачники зустрічаються із проблемою переущільнення підорного його шару. Відбувається процес розпилення верхнього та ущільнення нижнього родючого прошарку ґрунту в зв'язку із його багаторічним однотипним поверхневим обробітком. Така проблема приводить до поступового зменшення врожайності сільськогосподарських культур та зменшує її родючість.

2. Постановка проблеми

Глибокий обробіток ґрунту для сільськогосподарських угідь проблема не нова. Існує ряд технологій та сільськогосподарських машин які дозволяють періодично проводити рихлення підорного шару. Такі операції дозволяють зменшувати щільність родючого шару ґрунту та його засоленість внаслідок кращого проникнення вологи в осінньо-зимовий період та підчас зрошування, збільшують його газопроникність, покращують агрофізичні властивості.

Переважна більшість присадибних ділянок обробляється примітивними сільськогосподарськими знаряддями. Внаслідок своєї енергоємності та незначної глибини обробітку (до 15см) в поєднанні з постійним повторенням способів обробітку, утворюється ущільнення на глибині від 15см (твердість підорного шару досягає 1,8 МПа і більше). З розповсюдженням та широким застосуванням мобільних малогабаритних енергетичних засобів (мотоблоки, мотокультиватори) з'явилася можливість впровадження на їх основі ґрунтообробних знаряддя, що для виконання глибокого обробітку ґрунту потребує розробки конструкції та відповідної технології.

3. Аналіз основних досліджень та публікацій по даній проблемі

У виробничих умовах сільськогосподарських підприємств широко використовуються глибокорозпушувачі, чизельні плуги, культиватори-розрихлювачі та інші. Продуктивність таких машин досягає декількох гектарів на годину, ширина обробітку ґрунту та розміри агрегату для умов присадибних ділянок є неприйнятні.

Конструкції більшості виробничих сільськогосподарських агрегатів науково обґрунтовані. Питання, що до виконання ґрунтообробними робочими органами глибокого розпушування для різних типів ґрунту, розглянуто в наукових дослідженнях відомих учених: академіків Артоболевського І.І. [1], Желіговського В.О. [2], Василенка П.М. [3], докторів технічних наук Верняєва О.В., Бабицького Л.Ф. [4], Панова І.М. [5], Карпуші П.П. та Рябцева Г.О., Краснощоківа М.В. та інших.

В основі конструкції робочого органу для безвідвального обробітку ґрунту є клин. Особливість взаємодії клина з ґрунтовим середовищем полягає в тому, що під час роботи клин роз'єднує ґрунт на окремі елементи, які під дією напружень стиску ущільнюються, тобто їх щільність стає більшою ніж до обробітку. Проте за рахунок повітряних прошарків, що утворилися між частинками ґрунту, які в процесі обробітку ґрунту збільшуються, середня щільність ґрунтового середовища зменшується до оптимальних значень і нижче. За В.П. Горячкіним руйнування скиби ґрунту поділяють на дві стадії:

1) поступове зминання ґрунту клином, яке розвивається з наростаючим зусиллям, при цьому зростає ущільнення та кількість ущільнених частинок;

2) зсув по площині, відрив після досягнення максимуму напружень.

Смужне розпушування являє собою чергування розпушених та нерозпушених смуг, вирішує питання руйнування ущільненої «підшви», сприяє проникненню вологи та коріння рослин у нижні ґрунтові горизонти. Цей спосіб обробітку виконують знаряддями чизельного типу (ПЧ-2,5, ЩРП-3-70, КШП-5,6 та ін.) на глибину до 40 см.

Науково-виробничі компанії розробили широкий спектр ґрунтообробних робочих органів та сільськогосподарських агрегатів для мотоблоків та мотокультиваторів. Питанням використання такої техніки для глибокого розпушування ґрунту присадибних ділянок на сьогоднішній день є актуальним.

В своїй науковій роботі О.А.Овчаренко [6] запропонував рівняння для визначення тягового опору глибокорозпушувача для об'ємного смугового обробітку ґрунту:

$$P = \frac{42,42 \cdot t^{1,01} \cdot h^{0,8} \cdot V^{0,2} \cdot L^{0,19} \cdot C^{0,9} \cdot \rho^{0,1}}{(\beta + 1)^{0,21}}, \quad (1)$$

де: t - товщина стійки розрихлювача, м

h - глибина обробітку, м;

V - швидкість руху м/с;

L - відстань між розпушувачами, м;

C -коефіцієнт зчеплення оброблюваного ґрунту;

α - кут заточки;

γ - кут нахилу робочого органу в повздожній площині;

β - кут нахилу робочого органу в поперечній площині.

Спрощуючи конструкцію розпушувача за умов його вертикального положення до напрямку руху та застосування лише одного робочого органу отримаємо рівняння:

$$P = 42,42 \cdot t^{1,01} \cdot h^{0,8} \cdot V^{0,2} \cdot C^{0,9} \cdot \rho^{0,1}. \quad (2)$$

Для умов ґрунту (чорнозема опідзоленого) та врахувавши конструктивні вимоги до робочого органу визначаємо залежність тягового опору від швидкості та глибини обробітку:

$$P = 40,42 \cdot h^{0,8} \cdot V^{0,2}, \quad (3)$$

де: h - глибина обробітку, м;

V - швидкість руху м/с.

Виходячи з розрахунку, що необхідна глибина обробітку ґрунту – 0,35м та швидкості руху 0,3 м/с отримуємо тягове зусилля на ґрунтообробному робочому органі 2870Н. В перерахунку на потужність – 861Вт. Таким чином, теоретичні розрахунки підтвердили, що робочий орган з товщиною 0.01м здатний нарізати щілини на глибину 0,35м зі швидкістю 0,3м/с.

Конструкцію робочого органу наведено на рис. 1.

Врахувавши зчіпну тягу мотоблоку, для виконання технологічного процесу слід застосовувати потужністю не менше 1 кВт.

4. Результати польових досліджень

За теоретичними розрахунками виготовлено експериментальний робочий орган для розпушування підорного шару (рис.2).

Дослідження проводилися на ділянці 0,05 га. після збирання овочевих культур. При вологості ґрунту 18%, твердості ґрунту 1,4 МПа на глибині 0,35м. Щілювання виконувалося з інтервалом 0,8м сітковим методом. Робочий орган агрегувався з мотоблоком ZIRKA IZ 105. З двигуном KM178F

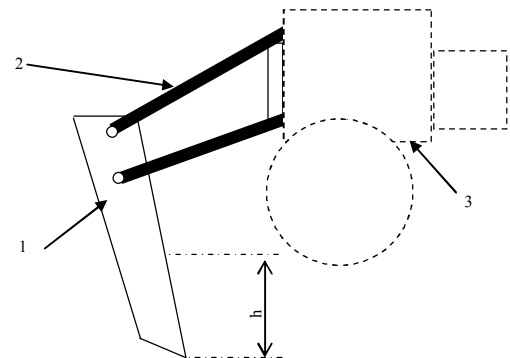


Рис. 1. Конструктивна схема глибокорозпушувача ґрунту для присадибних ділянок: 1- робочий орган; 2- зчіпний механізм; 3- мотоблок; h - глибина обробітку

одноциліндровий, чотирьохтактний дизель з повітряним охолодженням та потужність 4,41 кВт.

Розроблений агрегат для глибокого рихлення дозволив провести руйнування підорного шару на глибину 0,35м.

Глибоке щільювання проведено під деяким кутом до характерного напрямку постійного поверхневого обробітку. Вибір напрямку обробітку зумовлений необхідністю рівномірного руйнування підорного шару по площині ділянки (рис.3).



Рис.2. Ґрунтообробний агрегат в складі запропонованого робочого органу та мотоблоку ZIRKA IZ 105

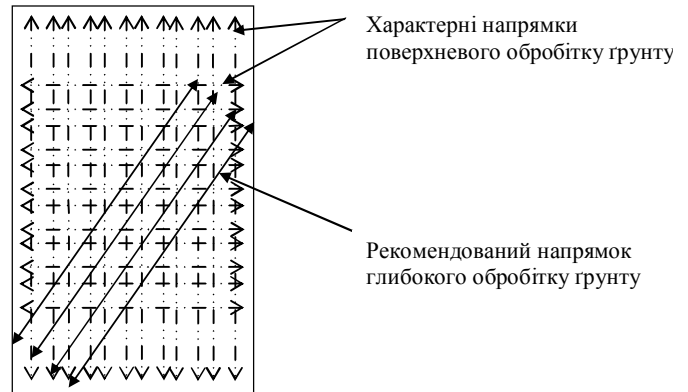


Рис.3. Схема виконання глибокого обробітку ділянки ґрунту

Така схема руху ґрунтообробного агрегату зменшила вплив нерівномірності фізико-механічних властивостей поверхневого шару по площі ділянки на стабільність руху, рівномірність глибини обробітку.

5. Висновок

Запропоновано технічне рішення у вигляді ножа глибокорозпушувача для зменшення впливу підорного шару ґрунту, що утворюється на присадибних ділянках внаслідок постійного повторення способів його обробітку, на фізико-механічні властивості ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур. Проведений підбір та розрахунок потужності енергетичного засобу, який можливо застосувати в умовах поля з незначною площею. Запропоновано і обґрунтовано схему обробітку, яка рекомендована для присадибних ділянок.

Список літератури: 1. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин. / И.И. Артоболевский / – М.: Наука, 1988. – 639 с. 2. *Желиговский В.А.* Элементы теории сельскохозяйственных машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. /В.А. Желиговский / Тбилиси: СХИ, 1960. 3. *Василенко П.М.* Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. / П.М. Василенко / – К.: УАСХН, 1960. – 284 с. 4. *Бабицький Л.Ф.* Деформація ґрунту залежно від форми робочого органу / Л.Ф Бабицький / Вісн. с.-г. науки. – 1978. - № 6. – С. 84 – 87. 5. *Панов И.М.* Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы // тракторы и сельхозмашины. – 1987. - №8. – с. 27-30. 6. Обґрунтування параметрів робочого органу глибокорозпушувача для об'ємного смугового обробітку ґрунту: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 [Електронний ресурс] / О.А. Овчаренко; Луган. нац. аграр. ун-т. — Луганськ, 2005. — 17 с. — укр.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

А. І. БОНДАРЕНКО, канд.техн.наук, доц., НТУ «ХПІ», Харків

АНАЛІЗ РЕЛЕЙНИХ СПОСОБІВ МОДУЛЯЦІЇ ТИСКУ В АНТИБЛОКУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

У роботі приведений аналіз релейних способів модуляції тиску в антиблокувальних системах: описано суть способу, характер зміни приводного тиску при релейному способі, обґрунтована теоретична можливість застосування для пневматичного гальмівного приводу, сформульовано рекомендації стосовно підвищення адаптивних властивостей релейних антиблокувальних систем.

Ключові слова: релейний спосіб модуляції тиску, антиблокувальна система, пневматичний гальмівний привід.

В работе приведен анализ релейных способов модуляции давления в антиблокировочных системах: описана суть способа, характер изменения приводного давления при релейном способе, обоснована теоретическая возможность применения для пневматического тормозного привода, сформулированы рекомендации относительно повышения адаптивных свойств релейных антиблокировочных систем.

Ключевые слова: релейный способ модуляции давления, антиблокировочная система, пневматический тормозной привод.

The analysis of relay methods of modulation pressure is resulted in the ABS: essence of method, character of change of drive pressure, is described at a relay method, theoretical possibility of application is grounded for a pneumatic brake drive, formulated recommendation in relation to the increase of adaptive properties of relay ABS.

Keywords: relay method of modulation of pressure, ABS, pneumatic brake drive.

Вступ

Найбільш істотно впливає на якість регулювання процесу гальмування спосіб модуляції тиску в антиблокувальних системах (АБС). На даний момент такі всесвітньо відомі виробники АБС, як Knorr Bremse, Wabco, Bendix Commercial Vehicle Sys, AlliedSignal, Bosch використовують різні способи модуляції тиску: релейний, з керованою пульсацією, лінійний безперервний та ін. Це перш за все пов'язано з тим, що кожен зі способів має свої переваги та недоліки.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

З урахуванням тенденцій розвитку та обсягу застосування в роботі [1] виділено чотири групи способів модуляції: релейний, з керованою пульсацією, лінійний безперервний та нерелейний.

Лінійна безперервна модуляція тиску являється найбільш перспективною в зв'язку з високою адаптивною властивістю, зменшеною витратою робочого тіла, в той же час найменш поширеною по причині відсутності працездатної виконавчої частини АБС – модулятора тиску (МТ) [2].

Оптимальною з точки зору якості регулювання та адаптивних властивостей є дуальні адаптивні АБС з шіроотно-імпульсною модуляцією, єдиним недоліком

якої є підвищені витрати запасів стислого повітря на модуляцію тиску у виконавчих апаратах [1].

Нерелейний спосіб модуляції має досить суттєвий недолік: недостатню якість регулювання, що доведено в роботах [3, 4].

У роботах [1 – 4] відмічено, що зі всіх можливих способів модуляції тиску найбільш поширеними є релейний спосіб модуляції та багатофазний нерелейний (не зважаючи на його недоліки).

Мета та постановка задачі

Метою даної роботи є визначення доцільності застосування релейного способу в сучасних АБС для автомобілів з пневматичним гальмівним приводом. Для цього необхідно розкрити суть способу, характер зміни приводного тиску при релейному способі, можливі витрати стислого повітря на модуляцію тиску, а також вплив на якість регулювання.

Аналіз релейних способів модуляції тиску в антиблокувальних системах

Релейні способи можна розділити на дві великі групи: релейні циклічні та багатофазові нециклічні.

Релейний циклічний спосіб має на увазі циклічну зміну фаз підвищення, зниження при можливості фіксації тиску на певному рівні [2, 4, 5, 6, 7]. Перемикання фаз стараються організувати так, щоб фазова крива охоплювала крапку максимуму залежності $\varphi_x = f(S)$ [2 – 5, 7].

Низька перешкодостійкість алгоритмів, що використовують циклічний спосіб модуляції, зумовила пошуки інших, більш перешкодостійких груп алгоритмів. До таких алгоритмів належить група, що реалізує багатофазовий нециклічний спосіб модуляції [4, 5, 7].

При багатофазовій нециклічній модуляції основна частина часу гальмування відбувається при повільному підвищенні та зниженні тиску при заздалегідь не передбаченій і не обумовленій алгоритмом черговості змін фаз і кількості крапок перемикання між двома найближчими.

Релейні алгоритми відрізняються один від одного вибором моментів подачі сигналів на розгальмування, гальмування, фіксацію, коригування темпу зміни тиску. Все це відображається на характері зміни тиску у виконавчій частині гальмівного приводу та, як наслідок, на динамічному стані загальмовуваного колеса.

Всі релейні способи модуляції, що використовуються в пневматичному гальмівному приводі, можна розділити на три основні групи [2, 4, 5, 7]:

1) двофазна модуляція, що полягає в періодичному підвищенні та пониженні тиску в приводі шляхом поперемикального підключення гальмівної камери (ГК) до джерела тиску та атмосфери;

2) трифазна модуляція, що відрізняється від двофазової наявністю фази фіксації тиску (або фази із зменшеним темпом зміни тиску) між фазами зниження і підвищення або між фазами підвищення і зниження тиску;

3) багатофазна модуляція, при якій здійснюється ступінчасте підвищення та зниження тиску з коректуванням або без коректування темпу зміни тиску у фазах його зниження і підвищення.

Графічні залежності, що наведені на рис. 1, 2 відображують зміну тиску P в часі t . При цьому загальний вигляд цих графіків притаманний як релейному циклічному способу зміни тиску, так і, в окремому випадку (рис. 2), багатofазовому нециклічному. Характерними крапками на графіку (рис. 1) є точки зміни фаз: a – початок фази зниження тиску; b – початок фази підвищення тиску (прийняті на рис. 1 позначення точок зміни фаз застосовуються і для аналізу подальших способів). На рис. 1 і подальших T – час одного циклу спрацьовування АБС.

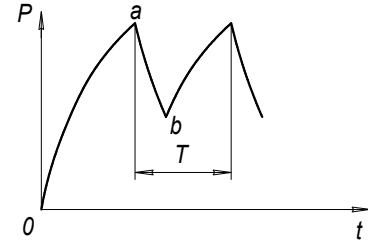


Рис. 1. Характер зміни тиску в гальмівному приводі при двофазній модуляції

При релейному способі модуляції тиску двофазна модуляція в сучасних АБС практично не застосовується в зв'язку з підвищеною витратою робочого тіла (надто велика амплітуда пульсацій), та низькою адаптивною здатністю.

Прагнення до усунення недоліків АБС з двофазною модуляцією тиску визначив створення АБС з трифазною модуляцією (рис. 2) [2, 4, 5].

Трифазна модуляція (рис. 2) відзначається циклічним чергуванням стрімкого зниження, підвищення тиску та відсічення, причому фаза відсічення (рис. 2, а, б), повільного зниження (рис. 2, в, г) або повільного підвищення тиску (рис. 2, д, е) може слідувати як за фазою швидкого зниження (рис. 2, а, в, д), так і за фазою швидкого підвищення (рис. 2, б, г, е). Наявність третьої фази знижує амплітуду пульсацій тиску і збільшує тривалість циклу T [2, 4]. Характерними точками третьої фази є: c – початок фази фіксації тиску після фази зниження; d – початок фази фіксації тиску після фази підвищення; e – точка переходу від швидкого до повільного підвищення тиску; f – точка переходу від швидкого до повільного зниження тиску; g – точка переходу від повільного зниження тиску до швидкого; h – точка переходу від повільного підвищення тиску до швидкого.

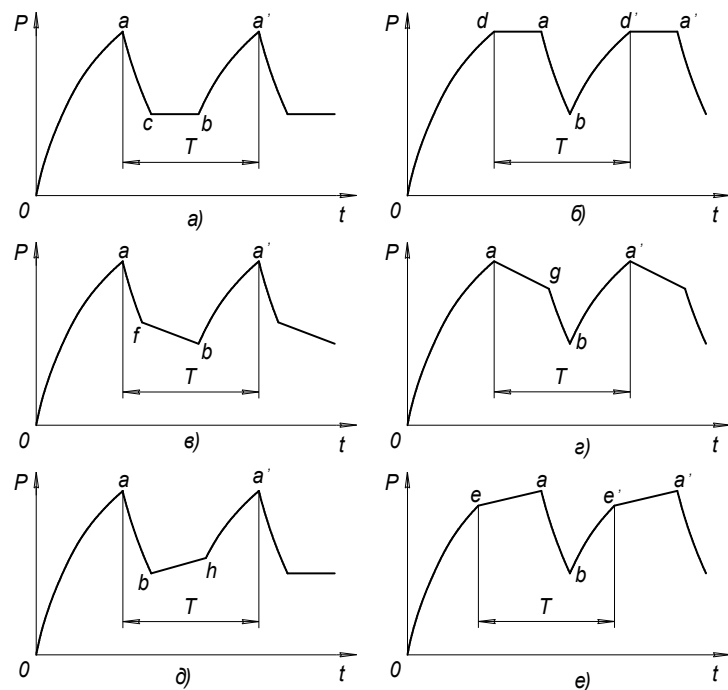


Рис. 2. Характер зміни тиску в гальмівному приводі при трифазній модуляції [4]

Для реалізації комбінації фаз зміни тиску: стрімке підвищення, стрімке пониження та фіксація тиску (рис. 2 а) достатньо двох двопозиційних електропневматичних клапанів (рис. 3) [4]: нормально відкритого впускного K_1 і

нормально закритого випускного K_2 . При відсутності напруги, що керує, на котушках клапанів реалізується фаза швидкого підвищення тиску, при наявності напруги на електромагнітному клапані K_2 – фаза відсічення, при наявності напруги на обох клапанах – фаза швидкого зниження тиску.

Прагнення до зниження часу спрацювання гальмівної системи зумовило розробку релейних модуляторів на базі клапана прискореної дії (КПД). Схема МТ, що здійснює чергування фаз: швидке підвищення, швидке зниження, повільне зниження тиску (рис. 2, в) показана на рис. 4 [8].

Відмінність модулятора на базі КПД від розглянутих вище модуляторів прямої дії полягає в наявності підсилювача по витраті. Це дозволяє зменшити витрату повітря через клапани 1 і 2, що управляють, (рис. 4) і, як наслідок, зменшити прохідні перетини цих клапанів, маси їх рухомих елементів та потужність електромагнітів. Клапани 1 і 2 в такому модуляторі регулюють тиск в порожнині 5 КПД, коректуючи тиск в ГК [8].

На рис. 5 – 6 [6] наведено схеми МТ на базі КПД різних виробників, що реалізують зміну фаз: швидке підвищення, швидке зниження, фіксація тиску, але в різних послідовностях. На рис. 6 стрілками вказано напрямки руху стислого повітря.

Конструктивні схеми МТ, що наведені на рис. 5 – 6 принципово не відрізняються одна від одної. Такі МТ знайшли застосування на причепах та напівпричепах іноземного

виробництва, де стандартна гальмівна система причепа часто містить релейні клапани, які можуть бути замінені релейними клапанами АБС. Аналіз релейних способів, а також

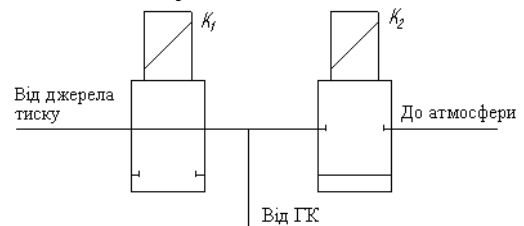


Рис. 3. Принципова схема релейного трифазного МТ [7]

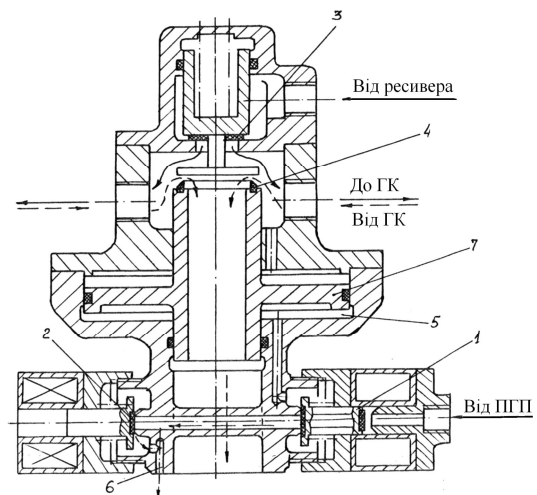


Рис. 4. Трифазний релейний МТ на базі КПД [8]: 1, 2 – клапани, що управляють; 3, 4 – клапани КПД; 5 – порожнина, що управляє; 6 – отвір, що дроселює; 7 – поршень.

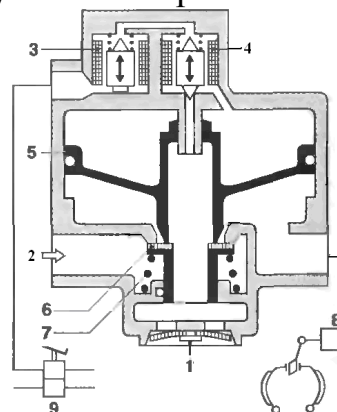


Рис. 5. Трифазний релейний МТ на базі КПД фірми Bosch [6]: 1 – випуск в атмосферу; 2 – подача повітря; 3 – клапан підтримки тиску; 4 – клапан зменшення тиску; 5 – поршень, що управляє; 6 – клапан; 7 – пружина; 8 – ГК; 9 – пневматичний гальмівний кран.

конструкцій МТ, що реалізують їх, свідчить про те, що доцільніше використовувати в АБС з релейним способом модуляції тиску клапани прямої дії, єдиний недолік яких полягає в порівняно великих витратах електроенергії на керування.

Результати випробувань підтвердили, що АБС з трифазною модуляцією в значній мірі властиві недоліки двохфазової АБС. Введення третьої фази не може внести помітного поліпшення в роботу релейної АБС навіть на автомобілях з добрими характеристиками гальмівної системи, хоча деякий прогрес спостерігається в економії робочого тіла і в підвищенні якості регулювання. Проте, такі АБС не в змозі забезпечити прийнятної якості регулювання [2, 4 – 6].

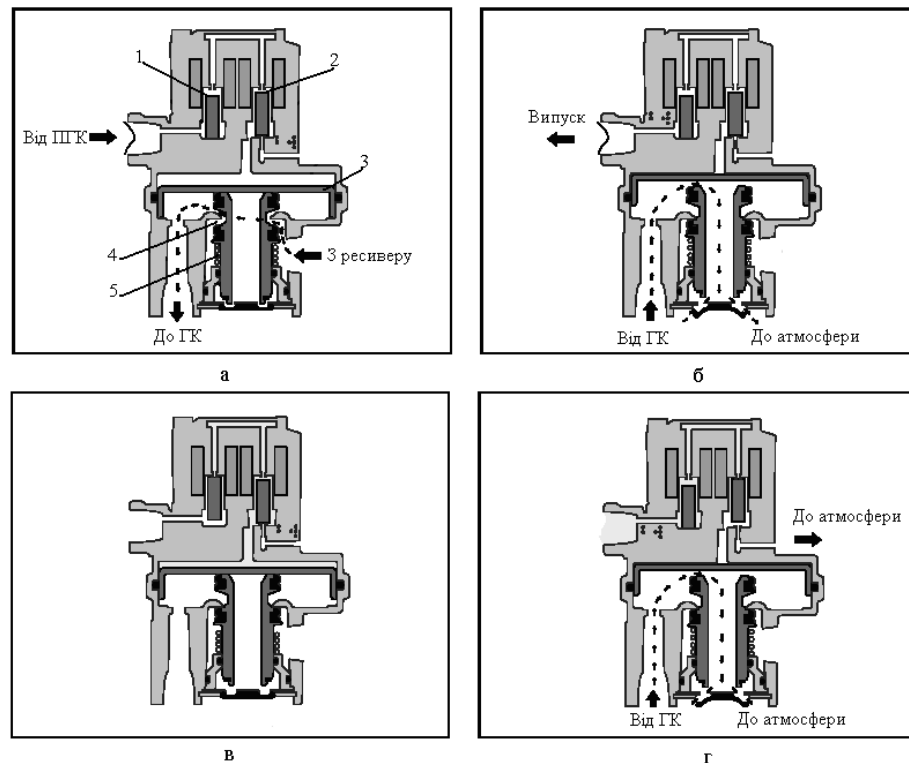


Рис. 6. Трифазний релейний МТ на базі КПД фірми Bendix [9]: а – підвищення тиску в ГК (службове гальмування, АБС відключено); б – зниження тиску (АБС відключено); в – фіксація тиску (АБС включено); г – зниження тиску (АБС включено; 1 – клапан підтримки тиску; 2 – клапан зменшення тиску; 3 – поршень, що управляє; 4 – клапан; 5 – пружина.

Наступним кроком на шляху вдосконалення АБС стала розробка систем з багатофазною модуляцією тиску [2, 4].

Для чотирьохфазної модуляції (рис. 7) характерне розділення фаз швидкого підвищення і зниження тиску фазами повільної зміни тиску або відсічення. Введення четвертої фази ще більш знижує амплітуду пульсацій тиску і збільшує тривалість циклу. Збільшенням числа характерних ділянок зміни тиску в приводі з двох до чотирьох можна зменшити зайве підвищення і подальше зниження тиску. Завдяки цьому зменшується амплітуда пульсації тиску, витрата робочого тіла, підвищується плавність ходу автотранспортних засобів при екстреному гальмуванні [4].

Подальше збільшення кількості фаз (рис. 8) дозволяє оптимізувати процес гальмування з АБС [4, 5, 7].

Тривалість фази зниження тиску у більшості АБС при гальмуванні підтримують автоматично в залежності від умов навантаження та зчеплення. У ряді АБС передбачають зниження тиску на певну наперед задану величину ΔP_1 (рис. 8), яка в процесі гальмування, може бути як постійною, так і змінною, залежно від характеру протікання процесу регулювання [4, 5, 7].

Час витримки тиску в приводі на певному рівні в більшості випадків заздалегідь не відомий, він визначається умовами процесу гальмування. Іноді його задають постійним з метою обмеження максимальної тривалості [4,5,7].

У більшості АБС тривалість підвищення тиску підтримують автоматично до досягнення контрольованим параметром порогової величини. У ряді систем при повторних загальмовуваннях тиск підвищують спочатку на певну величину ΔP_2 (рис. 8), після виконується послідовність фаз, відповідна алгоритму [4].

Прохідні перетини каналів в МТ найчастіше виконують постійними і рідше передбачають ступінчасте або плавне їх регулювання, залежно від дорожніх умов і ходу підвіски під дією статичного навантаження, початкового тиску робочого циклу, швидкості обертання колеса і т.п. У разі регульованих перетинів меншу інтенсивність розгальмовування забезпечують на сухих дорогах і вищу – на слизьких. Швидкість наростання тиску вищу встановлюють для повністю навантаженого автомобіля і меншу – для порожнього. Передбачають також плавне збільшення інтенсивності зниження тиску в приводі зі зменшенням швидкості автомобіля в процесі гальмування. Іноді інтенсивності наростання та зниження тиску роблять залежними одну від одної [3, 7].

Висновки

Релейні АБС для автомобілів з пневматичним гальмівним приводом не в змозі забезпечити прийнятну якість регулювання із-за низьких адаптивних властивостей та недосконалості їх виконавчої частини.

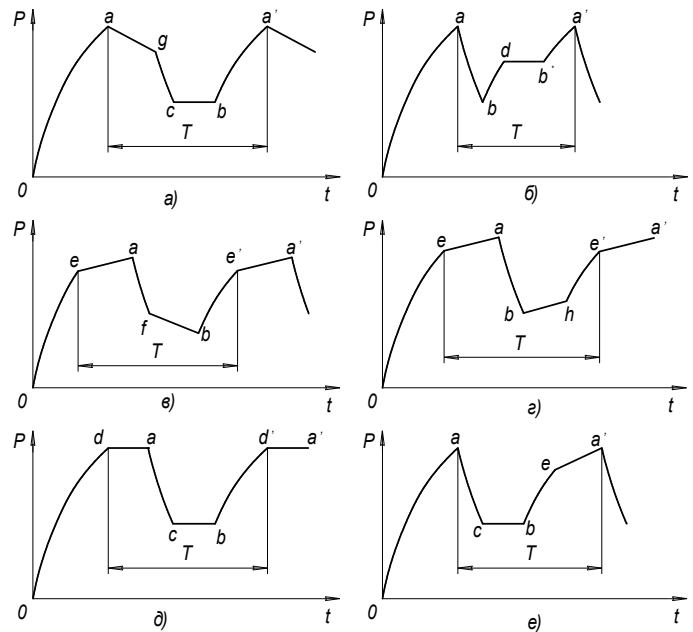


Рис. 7. Характер зміни тиску в гальмівному при воді причотирьохфазній модуляції

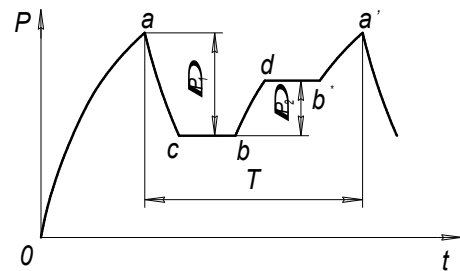


Рис. 8. Характер зміни тиску в гальмівному приводі при п'ятифазній модуляції

Основним шляхом підвищення адаптивних властивостей релейних АБС є зменшення тривалості фаз регулювання або збільшення їх числа. Саме з цим пов'язане застосування багатofазних АБС, що дозволяють істотно наблизити величину гальмівного моменту, що підводиться до колеса, до моменту по зчепленню і тим самим поліпшити якість регулювання. Проте, при цьому виконавча частина АБС суттєво ускладнюється.

Список літератури: 1. *Бондаренко А.І.* Удосконалення процесів модуляції тиску в пневматичному гальмівному приводі автомобілів: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 “Автомобілі та трактори” / Бондаренко Анатолій Ігорович. – Харьков, 2010. – 203с. 2. *Северин А.А.* Совершенствование исполнительной части антиблокировочной системы автомобилей с пневматическим тормозным приводом: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Северин Александр Александрович. – Харьков, 1985. – 217с. 3. *Ахметшин А.М.* Адаптивная антиблокировочная тормозная система колесных машин: дис. на соискание уч. степени доктора техн. наук: спец. 05.05.03 “Колесные и гусеничные машины” / Ахметшин Альберт Махмутович. – М, 2003. – 255 с. 4. *Ломака С.И.* Автоматизация процесса торможения автомобиля: учебн. пособ. [для студентов специальности “Автомобили и автомобильное хозяйство”] / Ломака С.И., Алекса Н.Н., Гецович Е.М. – Киев УМК ВО, 1988. – 88 с. 5. *Бондаренко А.І.* Вибір способу модуляції тиску в пневматичному гальмівному приводі / А.І. Бондаренко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – 2008. – Т. 1, № 75. – С. 360 –365. 6. *Bosch.* Автомобильный справочник / [пер. с английского Г.С. Дугин, Е.И. Комаров, Ю.В. Онуфрийчук – 2-е изд.]. – М.: ЗАО “КЖИ “За рулем”, 2004. – 992 с. 7. *Гецович Е.М.* Классификация алгоритмов функционирования АБС/ Е.М. Гецович // Автомобильная промышленность. – 1987. – № 11. – 4 с. 8. А.с. 1094777 СССР, МКИ В 60 Т 8/06. Модулятор давления в пневматическом тормозном приводе / Н.Н. Алекса, Е.М. Гецович (СССР). – №3555467/27-11; заявл. 21.02.83; опубл. 30.05.84, Бюл. № 20. 9. *Bendix A-18 trailer ABS (Gen 4 and Gen 5 ABS).* – Elyria: Bendix Commercial Vehicle Systems, 2004. – 40 с.

Поступила в редколлегию 12.11.2011

УДК 621.9 – 621.98

И.А. ДУДНИКОВ, канд.техн.наук, доц., ПГАА,. Полтава

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИЗНАШИВАНИЯ

Изложены причины износа поверхностей деталей машин и приводится классификация процессов изнашивания.

Ключевые слова: классификация изнашивания, макрогеометрия поверхностей, интенсивность изнашивания, вибрационное деформирование.

Викладені причини зносу поверхонь деталей машин і приводиться класифікація процесів зношування.

Ключові слова: класифікація зношування, макрогеометрія поверхонь, інтенсивність зношування, вібраційне деформування.

Set out the reasons for wearing surfaces of machine parts and a classification of the wear.

Keywords: classification wear macrogeometry surface, the wear, vibration, warping.

Введение

В процессе эксплуатации машин на ее сборочные единицы и детали действуют различные факторы, которые приводят к ухудшению функциональных

свойств, изменяя при этом их техническое состояние. Действующие на детали разрушающие процессы изменяют их размеры, форму, физико-механические свойства, т.е. приводят к изнашиванию их поверхностей.

Износ, возникающий в результате трения сопрягаемых поверхностей, является наиболее характерным видом повреждения большинства машин и их механизмов.

Постановка проблемы

Для выбора технологического процесса восстановления и упрочнения поверхностей деталей, получивших в процессе эксплуатации износ, необходимо знать не только численные значения износов, но и их природу и классификацию процессов изнашивания.

Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

Изнашивание – это процесс постепенного изменения размеров тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и его остаточной деформации. Изнашивание может сопровождаться различными процессами, вызывающими изменение физико-химического состояния материала поверхностей трения.

Еще в 20-х годах и даже современной технической литературе изнашивание представляли как сочетание двух одновременно протекающих процессов истирание и смятие неровностей поверхностей. Мерой истирания является потеря массы изнашиваемого объекта (детали), а под смятием понимают изменение линейных размеров детали, происходящее без потери ее массы, за счет расплющивания.

Механическая теория изнашивания не дает полного представления о природе изнашивания, поскольку в ряде случаев наблюдается повышение интенсивности изнашивания при снижении шероховатости поверхности трения.

М. Финком экспериментально было установлена повышенная окисляемость поверхностей металлов при трении [1].

Широко известны работы ученых И.В. Крагельского [2], К.Т. Ramesha [3], В.А. Белого [4], Г. Фляйшера [5], М.М. Хрущова [6] и др.

Исследования процесса трения, привлечение современных методов физического эксперимента к опытному изучению процесса, физико-химическое исследование природы поверхностных слоев и накопленный большой экспериментальный материал позволяет глубже познать механизм изнашивания.

Результаты исследований

Исследования рабочих поверхностей деталей машин в парах трения и опытных образцов после изнашивания показывают, что материал в условиях трения в пределах активного слоя подвергается пластическому деформированию.

Активным принято считать слой, который примыкает к контактирующей поверхности элемента пары трения и в котором могут происходить всякого рода физико-химические изменения, связанные с процессом трения.

Внешнее трение соприкасающихся поверхностей представляет сопротивление относительному перемещению, возникающему между ними в зонах контакта.

Основными факторами, влияющими на трение и износ, являются:

- материалы трущихся деталей и их микроструктура;
- волнистость и шероховатость поверхностей;
- твердость, упругость, теплопроводность фрикционной пары;
- виды смазки и методы смазывания;
- окружающая среда;
- кинематика и динамические условия перемещения деталей.

Указанные факторы вызывают изменения на поверхностях трения, заключающиеся в следующем.

1. Упругие деформации, вызванные несовершенством структуры материала, в определенных условиях вызывают усталостное выкрашивание соприкасающихся поверхностей и разрыхление структуры.

2. Пластическое деформирование изменяет структуру материала поверхностного слоя и может способствовать ее разрушению. Разрушение структуры – это заключительный этап пластической деформации по мере увеличения силового воздействия. Смещение кристаллических зерен сопровождается частичным нарушением сцепления, которое в результате возрастания напряжения или многократном их повторении приводит к разрыву структуры.

3. Пластическая деформация при температуре ниже температуры рекристаллизации приводит к наклепу поверхностного слоя, т.е. к его упрочнению.

Детали после сборки сопрягаются по выступам неровностей поверхностей, и площадь их фактического контакта в начальный период трения мала. Поэтому при нагружении пары трения действуют большие давления, что вызывает значительную пластическую деформацию. Неровности поверхности частично сминаются и частично разрушаются. Срабатывание и сглаживание микронеровностей поверхностей сопровождается увеличением несущей поверхности, интенсивность изнашивания снижается. Продукты износа в направлении относительной скорости поверхностей создают новые неровности, ориентированные вдоль направления движения. По истечении определенного времени при неизменных условиях работы создается стабильная шероховатость поверхностей трения. К концу приработки сопрягаемые поверхности приобретают определенную шероховатость в данных условиях трения, а их микротвердость стабилизируется. Происходит переформирование поверхности и изменение ее физико-механических свойств.

Износ деталей может существенно изменять свойства сопряжения. Увеличение зазоров ухудшает условия жидкостной смазки и может повысить фактор динамичности, способствующий большему истиранию цементированного или закаленного слоя.

Изменения в макрогеометрии поверхностей также являются причинами ухудшения условий трения. Эти и подобные им факторы могут вызвать при дальнейшей работе сопряжения увеличение интенсивности изнашивания.

подавляющее большинство пар трения работают с перерывами вследствие остановки машины. Скорости изнашивания в периоды остановки и запуска выше,

чем при установившемся режиме. В ряде случаев износ за один пуск машины может оказаться равнозначным износу за несколько часов ее работы на установившемся режиме (рис. 1).

Ступенчатая ломаная может быть заменена прямой. Однако ее угловой коэффициент, равный средней скорости за определенное время работы сопряжения, будет выше скорости

изнашивания при непрерывном установившемся режиме. Рассматривая механизм изнашивания нельзя не сказать про особенность распределения износа между поверхностями пары трения. При одинаковых материалах и прочих равных условиях их износ будет одинаковым, а при разных материалах деталей износ по геометрии и массе будет различным. Интенсивность изнашивания каждой детали определяется его видом. Исследования показали, что при одинаковых материалах деталей их износы по массе различны: большая поверхность теряет больше массы. Соотношение линейных износов зависит от соотношения поверхностей трения.

На рис. 2 приведены диаграммы износов образцов, вырезанных из поршневых пальцев и бронзовых втулок двигателей, испытанных на машине трения МИ по схеме «ролик-колодочка» после обычной и вибрационной раздачи. По средней величине потери массы ролика и колодочки делалась оценка интенсивности износа.

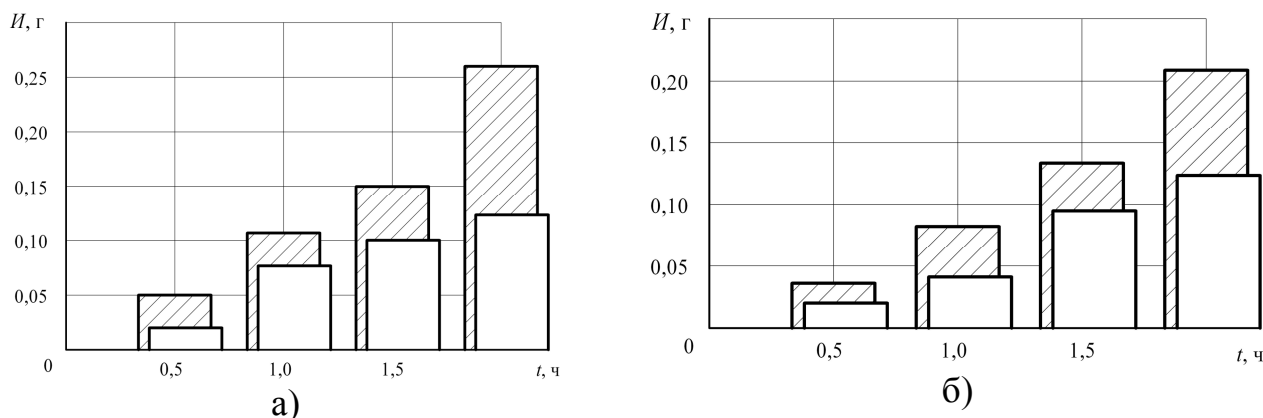


Рис. 2. Диаграммы износа колодочки —и ролика— при:
а) обычном и б – вибрационном деформировании

При вибрационном деформировании износ ролика в 1,15, а колодочки в 1,21 раза меньше, чем при обычном. Меньшая величина износа при вибрационной обработке свидетельствует о более высокой износостойкости деталей, восстановленных методом вибрационного деформирования.

Формирование изнашиваемой поверхности происходит в результате суммирования различных по интенсивности и видам элементарных актов разрушения и изменений механических и физико-химических свойств материала

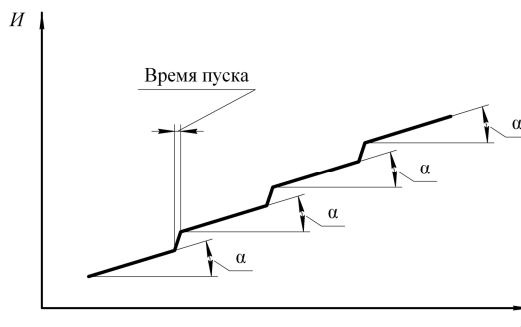


Рис. 1. Кривая изнашивания в период нормальной эксплуатации машины с перерывами в работе

под воздействием таких факторов, как среда, температура, давление, вид трения, скорость относительного перемещения поверхностей и др. Совокупность явлений в процессе трения определяет вид изнашивания и его интенсивность. Вследствие разнообразия исходных материалов деталей пар трения и условий их работы виды изнашивания чрезвычайно разнообразны (рис. 3).



Рис. 3. Классификация процессов изнашивания

Исследование процессов изнашивания показывает, что интенсивность их протекания зависит от скорости процесса разрушения поверхностных микрообъемов материала при каждом элементарном акте взаимодействия пятен контакта.

По скорости процессов разрушения фрикционных связей виды изнашивания можно разделить на три группы: быстро протекающие, средней скорости и медленные процессы (табл.).

Быстро протекающие процессы характеризуются тем, что уже при первых взаимодействиях происходит отделение частиц изнашивания. Эти явления приводят к большому изнашиванию, которое, как правило, относится к недопустимым видам повреждения.

Процессы средней скорости отделения элементарных микрообъемов материалов характерны при циклических видах разрушения, интенсивность которых может изменяться в достаточно широких пределах.

Медленные процессы разрушения микрообъемов происходят, когда для отделения частиц износа требуется большое число циклов (усталостное и окислительное изнашивания) или при стабилизации процесса взаимодействия.

Таблица. Классификация процессов изнашивания

Скорость элементарных процессов разрушения	Вид изнашивания		Вид повреждения
	механические	коррозионно-механическое	
Быстро протекающие	Абразивное изнашивание	Фреттинг-коррозия	Недопустимый
Средней скорости	Усталостное малоцикловое изнашивание (при хрупком разрушении)	Окислительное изнашивание (3-я форма)	Недопустимый
Медленные процессы	Усталостное изнашивание	Окислительное изнашивание (1-я и 2-я форма)	Допустимый

Выводы

Для управления процессом изнашивания и оценки степени износа сопряжений необходимо знать закономерности его протекания для допустимых

видов и условия, приводящие к возникновению нежелательных видов повреждения.

Список литературы: 1. *Fink*. Wear Oxidation a New Component of Wear, «Technik» 2, Heft 4, 1947. S. 171 – 176. 2. *Крагельский И.В.* Трение, изнашивание и смазка / Крагельский И.В., Алисин В.В. – М.: Машиностроение, 1978. – 400 с. 3. *Ramech K.T.* Nanomaterials Mechanics and Mechanisms. – 2008. – 300 p. 4. *Белый В.В.* Трибология в СССР и США. Исследования и приложения. – М.: машиностроение, 1991. – 225 с. 5. *Фляйшер Г.* К вопросу о количественном определении трения износа. – М.: Наука, 1982. – 296 с. 6. *Хрущов М.М.* Абразивное изнашивание / Хрущов М.М., Бабичев М.А., – М.: Наука, 1986. – 252 с.

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК 621.43.052

Р. МААМРИ, докторант, Университет Квебека в Труа-Ривьер, Канада

Ф.И. АБРАМЧУК, докт. техн. наук, доц., зав.каф., ХНАДУ, Харьков

А.Н. КАБАНОВ, канд.техн.наук, доц., ХНАДУ, Харьков

М.С. ЛИПИНСКИЙ, асп., ХНАДУ, Харьков

И. ДУБЕ, Ph. D., проф., Университет Квебека в Труа-Ривьер, Канада

Л. ТЮБАЛЬ, Ph. D., проф., Университет Квебека в Труа-Ривьер, Канада

А. КОДЖО Ph. D., проф., Университет Квебека в Труа-Ривьер, Канада

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С НАДДУВОМ, КОНВЕРТИРОВАННОГО ИЗ ДИЗЕЛЯ

Приведены результаты исследования газового двигателя с наддувом, конвертированного из дизеля. Для данного типа двигателей уточнена математическая модель процесса сгорания с переменным показателем сгорания Вибе.

Ключевые слова: токсичность, наддув, газовый двигатель.

Наведені результати дослідження газового двигуна з наддувом, конвертованого з дизеля. Для даного типу двигунів уточнена математична модель процесу згоряння зі змінним показником згоряння Вібе.

Ключові слова: токсичність, наддув, газовий двигун.

Results of investigation of gas engine with supercharging converted from diesel have been given. For this type of engines math model of combustion process with variable Viebe combustion factor has been specified.

Key words: toxicity, supercharging, gas engine.

1. Введение

Конвертирование дизелей грузовых автомобилей в газовые двигатели с искровым зажиганием в настоящее время является актуальной задачей [1]. Однако решение этой задачи связано с рядом трудностей. Так, в дизеле детали камеры сгорания не рассчитаны на тепловую нагрузку, создаваемую в камере сгорания аналогичного газового двигателя с искровым зажиганием. Это, а также постоянное ужесточение экологических требований к автомобильным ДВС

заставляет использовать в газовых двигателях, конвертированных из дизелей, концепцию «бедного горения» [1].

Применение этой концепции вызывает снижение мощности двигателя, что особенно заметно на режимах максимальной нагрузки. Для компенсации потерь мощности, возникающих при конвертировании дизельного двигателя в газовый, целесообразно использовать наддув.

2. Анализ публикаций по теме исследования

В настоящее время во всём мире идут активные работы по конвертированию дизелей в газовые двигатели с использованием концепции «бедного горения» и применением наддува. В России выполняются работы по конвертированию дизеля КамАЗ-740 в двигатель с искровым зажиганием [2]. В США разработкой подобных научных программ занимаются компании John Deere, Cummins, Detroit Diesel, Caterpillar и др. [3]. В Европе газовое топливо активно внедряется на общественном транспорте. Примером могут служить автобусы Iveco CityClass [4]. В Украине подобные работы выполняются в ЛНТУ [5], ХНАДУ [1] и других научных центрах.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что в подавляющем большинстве исследований на газовых двигателях, конвертированных из дизелей, либо используется наддув, либо планируется его использовать в перспективе.

3. Цель исследования

Исходя из вышесказанного, целью данного исследования стал выбор и обоснование регулировочных параметров газового двигателя с наддувом, конвертированного из дизеля, на примере двигателя 6ГЧН13/14.

4. Экспериментальный стенд

Для проведения экспериментальных исследований, а также для экспериментальной проверки расчётных моделей в газовой лаборатории кафедры ДВС ХНАДУ создан экспериментальный стенд, общий вид которого приведен на рис. 1. Стенд создан на базе газового двигателя с искровым зажиганием и наддувом 6ГЧН13/14, конвертированного из дизеля ЯМЗ-236.

Стенд оборудован всеми приборами, необходимыми для определения как эффективных, так и индикаторных показателей мощности, экономичности и токсичности.



Рис. 1. Экспериментальный стенд

5. Математическая модель

Для сокращения количества экспериментов применялось расчётно-экспериментальное исследование. Для реализации такого подхода эксперимент заменяется математическим моделированием. Математическая модель проверяется и уточняется при помощи серии экспериментов, затем с использованием уточнённой модели проводится расчётное исследование.

В качестве математической модели была выбрана модель Вибе с уточнённым расчётом показателя сгорания m , предложенным А.Н. Кабановым [6].

Как показали предварительные исследования, давление наддува оказывает влияние на форму характеристики тепловыделения. Поэтому зависимость для показателя сгорания Вибе m , приведенная в [6], для расчёта характеристики тепловыделения не может быть использована в первоначальном виде, и должна быть уточнена с учётом влияния давления наддува. Кроме того, использование наддува также оказывает влияние на продолжительность сгорания.

Поэтому на основании предварительных экспериментальных исследований были предложены зависимости для переменного показателя сгорания Вибе m_{var} и продолжительности сгорания φ_z

$$m_{vari} = 10.639 \cdot \bar{\varphi}_i \cdot A \cdot B \cdot C \cdot E \cdot F + J, \quad (1)$$

где

$$A = \frac{\theta + 18}{40}, \quad (2)$$

$$B = \alpha + 0,00025, \quad (3)$$

$$C = \frac{0,005 \cdot \eta_v + 0,005}{0,01}, \quad (4)$$

$$E = \frac{n + 1100}{3000}, \quad (5)$$

$$F = \frac{\pi_k + 0,001}{0,95}, \quad (6)$$

$$J = -28,025 \bar{\varphi}_i^2 + 98,045 \bar{\varphi}_i^3 - 156,86 \bar{\varphi}_i^4 + 86,88 \bar{\varphi}_i^5, \quad (7)$$

где $\bar{\varphi}_i$ – относительный угол сгорания, $\bar{\varphi}_i = 0 \dots 1$; n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ; α – коэффициент избытка воздуха; η_v – коэффициент наполнения; θ – угол опережения зажигания, град. пкв до ВМТ; π_k – степень повышения давления при наддуве.

$$\varphi_z = 28,25(0,812 \cdot \alpha - 0,045 \cdot \theta + 13,223 \cdot 10^{-4} \cdot n - 0,1258 \cdot \eta_v - 0,576 \cdot (\pi_k - 1) + 0,512) \quad (8)$$

Так как модель Вибе не позволяет выполнить расчёт содержания токсичных компонентов в продуктах сгорания с достаточной точностью из-за невозможности определения распределения температур по цилиндру, она была дополнена двухзонной моделью, описанной в [7].

Достоинством двухзонной модели является то, что она позволяет не только с достаточной точностью рассчитать содержание оксидов азота NO_x в отработавших газах, но и получить данные, необходимые для расчёта возможности появления детонации и её количественной оценки.

6. Выбор степени сжатия и максимального давления наддува

Выбор степени сжатия определяется двумя факторами: механической прочностью деталей двигателя и вероятностью появления детонации при максимальных нагрузках.

Так как детали газового двигателя, конвертированного из дизеля, имеют большой запас прочности (степень сжатия при конвертировании снижается на

несколько единиц), в данном случае на выбор степени сжатия влияет только второй фактор.

Количественная оценка детонации в двигателе выполнялась расчётным путём при помощи методики, описанной в [8]. В основе данной методики лежит расчёт критерия детонации в процессе сгорания

$$K_d = \frac{(h_{c'} - h)}{H_u} \cdot (1 - x) \cdot (\varepsilon - 1), \quad (9)$$

где $h_{c'}$ – удельная энтальпия несгоревшей смеси в момент начала сгорания, кДж/кг; h – удельная энтальпия несгоревшей смеси в любой момент времени, кДж/кг; H_u – низшая теплота сгорания, кДж/кг, x – доля выгоревшего топлива; ε – степень сжатия.

Пограничная детонация присутствует на режиме в том случае, если максимальное значение критерия детонации в процессе сгорания составляет $K_{dmax} = 1,5$. Превышение этого значения означает наличие детонации на режиме, причём её интенсивность прямо пропорциональна значению K_{dmax} .

В данном случае на возникновение детонации влияют два основных фактора: степень сжатия ε и степень повышения давления при наддуве π_k . Причём исследования [3] показывают, что можно получить лучшие показатели мощности, если снижать степень сжатия, при этом увеличивая давление наддува до максимума, который позволяет конструкция турбокомпрессора и механическая прочность деталей камеры сгорания.

Расчёты с использованием критерия K_d показали, что при максимальной степени повышения давления при наддуве, обеспечиваемой турбокомпрессором ТКР-9-12-07 на режимах максимальной нагрузки ($\pi_{k_max} = 1,45$), степень сжатия $\varepsilon = 11,8$ позволяет работать без детонации.

7. Многокритериальная оптимизация регулировочных параметров

Для решения задачи оптимизации регулировочных параметров двигателя 6ГЧН13/14 использовался метод исследования пространства параметров с использованием сеток Соболя, описанный в [9].

Решение этой задачи предполагает поиск компромисса между мощностью, экономичностью и токсичностью двигателя. Поэтому в качестве критериев качества рабочего процесса использовались следующие величины: удельный эффективный расход топлива g_e , г/(кВт·ч); эффективная мощность N_e , кВт; удельные выбросы оксидов азота g_{NOx} , г/(кВт·ч).

Концепция двигателя предполагает реализацию возможностей природного газа по верхнему пределу обеднения смеси, что позволяет частично осуществить качественное регулирование смеси. То есть, регулирование двигателя предполагается осуществлять не только за счёт открытия дроссельной заслонки, но и за счёт α и давления наддува.

Поэтому в качестве варьируемых параметров предлагается использовать следующие величины: коэффициент избытка воздуха α , угол опережения зажигания θ , град. пкв до ВМТ, частота вращения коленчатого вала n , мин⁻¹, угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$, %, степень повышения давления наддува π_k .

Диапазоны изменения варьируемых параметров для решения задачи оптимизации регулировочных параметров приведены в таблице.

Таблица. Диапазон варьирования параметров двигателя при решении задачи оптимизации регулировочных параметров

α	$\square$	n	π_k	$\Phi_{др}$
—	град. пкв до ВМТ	хв^{-1}	—	%
1	5	800	1	0
1,5	40	2100	1,45	100

Диапазоны изменения варьируемых параметров для решения задачи оптимизации регулировочных параметров двигателя (табл. 1), выбирались исходя из следующих соображений.

При $\alpha < 1$ топливо сгорает не полностью и, как следствие, сильно увеличиваются выбросы CO и CH. При $\alpha > 1,5$ существенным образом уменьшается содержание NO_x в отработанных газах, однако из-за резкого увеличения цикловой нестабильности рабочего процесса и увеличения частоты пропусков вспышек существенным образом снижаются показатели мощности и экономичности газового ДВС, а также резко увеличиваются выбросы CH.

Пределы изменения угла опережения зажигания θ , град. п.к.в. до ВМТ, выбирались на основании экспериментальных данных, полученных в результате предварительных испытаний газового двигателя 6ГЧН13/14.

Диапазон изменения частоты вращения коленчатого вала n , мин^{-1} , выбирался исходя из соображений обеспечения стабильной работы двигателя при любой комбинации других факторов.

Угол открытия дроссельной заслонки изменялся от полного закрытия ($\Phi_{др} = 0$ %) до полного открытия ($\Phi_{др} = 100$ %).

Степень повышения давления при наддуве π_k изменялась при помощи перепуска топливо-воздушной смеси в обход турбокомпрессора. Соответственно, π_k изменялось от полного отсутствия наддува ($\pi_k = 1$) до максимальной степени наддува ($\pi_k = 1,45$).

8. Результаты исследования и построение характеристических карт

Проведенное расчётно-экспериментальное исследование показало, что работа газового двигателя без наддува позволяет достичь на номинальном режиме мощности базового дизеля $N_e = 130$ кВт только при $\alpha \approx 1$.

Запас прочности двигателя позволяет увеличивать степень повышения давления наддува на номинальном режиме до $\pi_k = 1,45$, теоретически позволяя достичь мощности 180 кВт при $\alpha = 1$. Однако это приводит к тепловому перенапряжению деталей двигателя и возникновению детонации.

Чтобы снизить влияние последних факторов, смесь обедняется. Исследование показало, что для бездетонационной работы двигателя на номинальном режиме смесь необходимо обеднять до $\alpha \approx 1,3$. Это – предел бездетонационной работы двигателя при $\pi_k = 1,45$, при этом обеспечивается мощность $N_e = 130$ кВт при $n = 2100 \text{ мин}^{-1}$ и крутящий момент $M_e = 670 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$.

Выбросы NO_x на режимах максимальной нагрузки при $\pi_k = 1,45$ и $\alpha \approx 1,3$ снижаются на 35...45 % по сравнению с работой при $\pi_k = 1,45$ и $\alpha \approx 1$.

Таким образом, снижение частоты вращения при максимальном значении относительной нагрузки ($P_e = 100\%$) целесообразно выполнять за счёт увеличения коэффициента избытка воздуха до $\alpha \approx 1,5$. Надёжность воспламенения при высоких значениях α обеспечивается повышенной концентрацией топлива в районе свечи зажигания, обеспечиваемой наддувом.

Снижение нагрузки до $\bar{P}_e \approx 0,6$, таким образом, целесообразно осуществлять увеличением α . При $\pi_k = 1,45$ α можно увеличивать до $\alpha \approx 1,4...1,6$, так как при дальнейшем увеличении α появляются пропуски вспышек.

Дальнейшее снижение нагрузки уже требует снижения π_k . Это требует небольшого увеличения α пропорционально снижению π_k . Кроме того, увеличение α в этих условиях требуется вследствие ухудшения условий воспламенения и сгорания при низком значении $\bar{P}_e$.

Таким образом, на минимальных оборотах холостого хода $n = 800 \text{ мин}^{-1}$ значение α составляет $\alpha = 1,05$.

Такой подход позволяет снизить выбросы NO_x на средних режимах на 60...70 % по сравнению с безнаддувным вариантом, работающим при малых значениях α .

Таким образом, на двигателе 6ГЧН13/14 предлагается к использованию смешанное регулирование мощности: при помощи изменения степени открытия дроссельной заслонки и изменением α . Кроме того, появляется третий управляющий фактор – степень повышения давления при наддуве π_k .

На рис. 2...5 приведены характеристические карты для микропроцессорной системы управления двигателем, которые получены в результате решения задачи оптимизации регулировочных параметров.

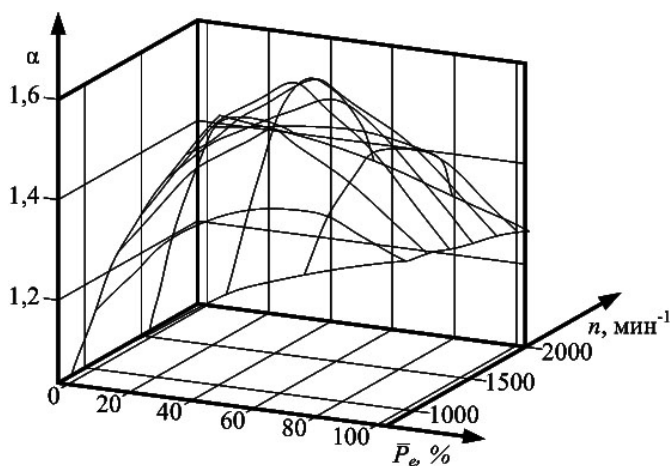


Рис. 2. Характеристическая карта управления α

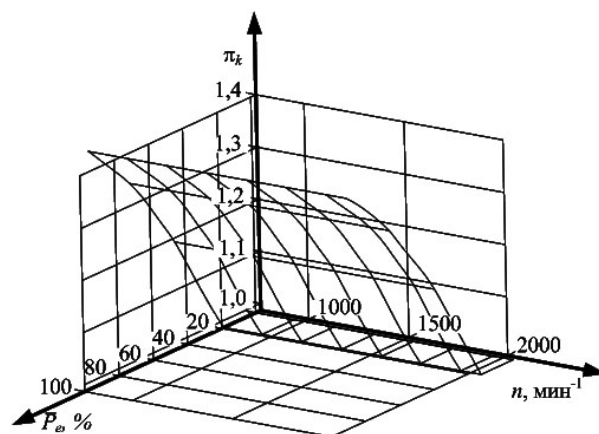


Рис. 3. Характеристическая карта управления степенью повышения давления при наддуве

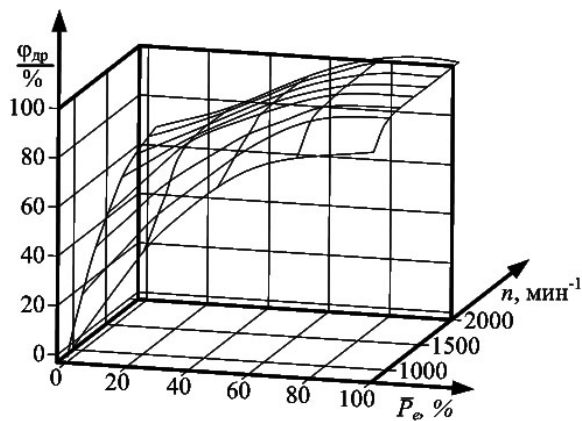


Рис. 4. Характеристическая карта управления углом открытия дроссельной заслонки

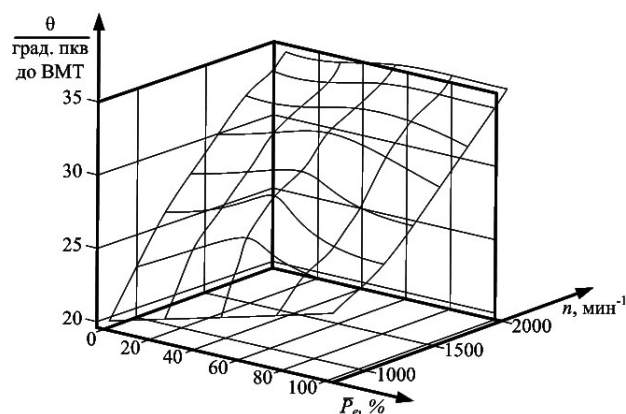


Рис. 5. Характеристическая карта управления углом опережения зажигания

9. Результаты испытаний двигателя 6ГЧН13/14

Результаты испытаний двигателя 6ГЧН13/14 получены при использовании микропроцессорной системы управления двигателем с характеристическими картами, приведенными на рис. 2...5. В качестве примера на рис. 6 приведена внешняя скоростная характеристика (ВСХД) газовых двигателей 6ГЧ13/14 (без наддува) и 6ГЧН13/14 (с наддувом). Использование наддува позволило двигателю 6ГЧН13/14 достичь мощностных характеристик базового дизеля без наддува. Так, на номинальном режиме эффективная мощность N_e увеличивается на 26 % (со 100 кВт до 135 кВт). Обороты, соответствующие максимуму M_e , изменились с $n_{M_{e\max}} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ до $n_{M_{e\max}} = 1400 \text{ мин}^{-1}$. Максимальный эффективный крутящий момент, соответствующий этим оборотам, увеличился на 36 % (с 480 Н·м до 750 Н·м). Из рис. 6. видно, что при использовании наддува N_e на режимах ВСХД увеличивается на 26...31 %, M_e – на 35...41 %, хотя удельный эффективный расход топлива g_e при этом увеличивается на 7...9 %. Несмотря на прирос мощности, α немного увеличивается (на 3...4 %).

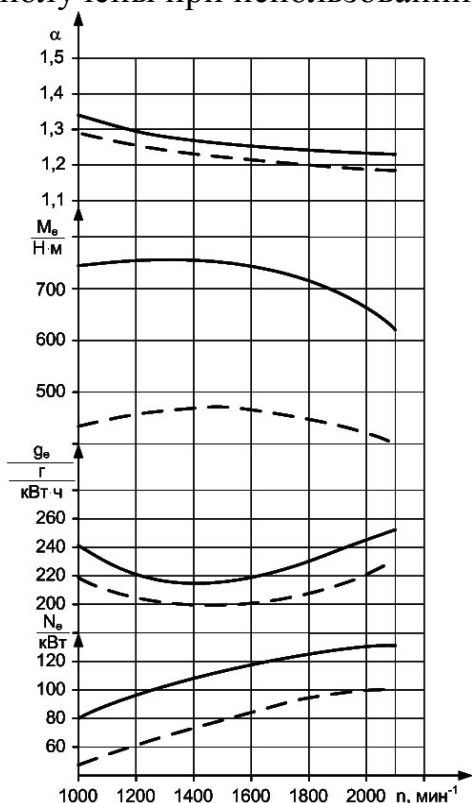


Рис. 6. Внешняя скоростная характеристика двигателя 6ГЧН13/14:

————— — с наддувом; - - - - -
— — без наддува.

Увеличение α способствует снижению температур в цилиндре двигателя на 5...10 % на всех режимах ВСХД. Это позволяет снизить выбросы оксидов азота NO_x на режимах ВСХД на 8...15 %. Выбросы CO и CH в обоих двигателях находятся практически на одинаковом уровне.

На частичных режимах давление наддува снижается, параллельно увеличивается α . Кроме того, осуществляется смешанное регулирование смеси на

частичных режимах. Благодаря этому на частичных режимах выбросы NO_x снижаются на 19...36 %. На режимах холостого хода разница в выбросах NO_x практически отсутствует.

Результаты испытаний газового двигателя 6ГЧН13/14 с использованием 13-режимного цикла ESC показали следующие средние эксплуатационные выбросы нормируемых токсичных компонентов, г/(кВт·ч): $\bar{g}_{\text{NO}_x} = 2,36$; $\bar{g}_{\text{CO}} = 1,03$; $\bar{g}_{\text{CH}} = 1,07$. При этом средние эксплуатационные выбросы нормируемых токсичных компонентов безнаддувного газового двигателя 6ГЧ13/14 составили, г/(кВт·ч) [6]: $\bar{g}_{\text{NO}_x} = 3,28$; $\bar{g}_{\text{CO}} = 1,15$; $\bar{g}_{\text{CH}} = 1,31$

Снижение средних эксплуатационных выбросов при установке регулируемого наддува на газовый двигатель 6ГЧ13/14 по сравнению с безнаддувным вариантом составило: по NO_x – 28 %, по CO – 10 %, по CH – 18 %.

Выводы

1. Анализ литературных источников показал, что использование регулируемого наддува на газовом двигателе позволяет устранить недостатки концепции «бедного горения», сохранив её достоинства.

2. На основании результатов предварительных испытаний предложены уравнения для переменного показателя сгорания Вибе m и продолжительности сгорания φ_z , учитывающие изменение давления наддува.

3. На основании выполненного расчётно-экспериментального исследования разработаны характеристические карты для микропроцессорной системы управления газовым двигателем с искровым зажиганием 6ГЧН13/14.

4. Испытания газового двигателя 6ГЧН13/14 с использованием разработанных характеристических карт показали улучшение мощностных показателей двигателя 6ГЧН13/14 в сравнении с безнаддувным вариантом: по N_e – 26...31 %, по M_e – 35...41 %. Удельный эффективный расход топлива g_e при этом увеличивается на 7...9 %.

5. Испытания газового двигателя 6ГЧН13/14 по 13-режимному циклу ESC показали, что снижение средних эксплуатационных выбросов при установке регулируемого наддува на газовый двигатель 6ГЧ13/14 по сравнению с безнаддувным вариантом составило: по NO_x – 28 %, по CO – 10 %, по CH – 18 %.

Список литературы: 1. Богомолов В.А. Перспективы применения природного газа в качестве топлива для автомобильных дизелей [Текст] / В.А. Богомолов, Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, С.В. Салдаев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2005. – № 16. – С. 247-249. 2. Луканин В.Н. Предварительные результаты разработки газового двигателя с наддувом мощностью 200 кВт [Текст] / В.Н. Луканин, А.С. Хачиян, В.Е. Кузнецов, И.Г. Шишлов, Р.Х. Хамидуллин // Двигатели внутр. сгорания: пробл., перспективы развития: сб. науч. тр. – М.: МАДИ (ТУ). – 2000. – С. 68-79. 3. Cox G.B. Development of a Direct-Injected Natural Gas Engine System for Heavy-Duty Vehicles: Final Report [Текст] / G.B. Cox, K.A. DelVecchio, W.J. Hays – Caterpillar Inc. – 2002. – 67 p. 4., Nylund N-O. Pathways For Natural Gas Into Advanced Vehicles [Текст] / N-O Nylund, J. Laurikko, M. Ikonen. – Brussel: IANGV. – 2002. – 105 p. 5. Захарчук В.І. Розрахунково-експериментальні дослідження газового двигуна, переобладнаного з дизеля [Текст] / В.І. Захарчук, О.П. Сітовський, І.С. Козачук // Автомобільний транспорт. – 2005. – №16. – С. 276 – 278. 6. Кабанов А.Н. Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами транспортных дизелей путём конвертирования их в газовые двигатели [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / Кабанов Александр Николаевич. –

Х., 2007. – 206 с. 7. Абрамчук Ф.И. Методика расчёта процесса сгорания газового двигателя с высокоэнергетической системой зажигания [Текст] / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, В.Н. Муратов, А.П. Кузьменко, Г.В. Майстренко // Межвузовский сборник “Наукові нотатки”. – Луцк: Луцкий Национальный технический университет. – 2010. – № 28. – С. 4-8. 8. Attar A.A. Optimization and Knock Modelling of a Gas Fueled Spark Ignition Engine [Текст]: PhD thesis: Mechanical Engineering / A.A. Attar. Calgary, Canada, 1997. – 248 p. 9. Соболев И.М. Выбор оптимальных критериев в задачах со многими параметрами [Текст] / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М.: Наука, 2005. – 110 с.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 629.463.65:629.4.01

О.В. ФОМІН, канд. техн. наук, ДонІЗТ, Донецьк

В.В. ФОМІН, інж., ПРАТ «ДМЗ», Донецьк

К.О. РЯБКО, ст. викл., ДонІЗТ, Донецьк

ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СУЧАСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПІВВАГОНІВ

В статті представлено особливості та результати реалізації нових технічних рішень при створенні сучасної конструкції універсальних напіввагонів.

Ключові слова: проектування напіввагонів, нові технічні рішення, розрахунки на міцність.

В статье представлены особенности и результаты реализации новых технических решений при создании современной конструкции универсальных полувагонов.

Ключевые слова: проектирование полувагонов, новые технические решения, расчеты на прочность.

In the article features and results of realization new technical decisions are presented at creation of modern construction of universal railways freight gondolas.

Key words: gondola design, new technical solutions, calculations of strength.

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень.

Пріоритетними напрямками діяльності залізничного транспорту України є збереження та нарощування його потенціалу, зміцнення позицій на вітчизняному та закордонному ринках транспортних послуг, впровадження нових технологій і забезпечення конкурентоспроможності. При цьому одним з основних параметрів який безпосередньо впливає на реалізацію зазначених показників є технічний рівень рухомого складу.

На сьогоднішній день переважна частка рухомого складу припадає на вантажний парк вагонів, який в свою чергу майже на 60% складається з універсальних напіввагонів. Поряд із зазначеним на нинішній день близько 80% вітчизняного парку напіввагонів експлуатується на грані призначеного терміну служби. Необхідні обсяги поповнення залізничних універсальних напіввагонів, у відповідності до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, яку затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року №1259, представлено на рис.1.

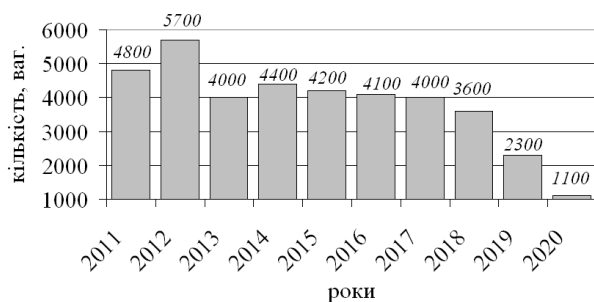


Рис.1 Необхідні обсяги поповнення парку універсальних напіввагонів

зниженню собівартості виготовлення та експлуатаційних витрат напіввагонів при забезпеченні належного рівня надійності. Важливим напрямком вирішення зазначеного актуального науково-технічного завдання є розробка та впровадження технічних рішень з удосконалення конструкції модулів кузова та рами [1...3] вітчизняних напіввагонів.

Мета статті та викладення основного матеріалу. В статті представлені особливості та результати реалізації нових технічних рішень з удосконалення конструкції сучасних універсальних напіввагонів.

Аналіз конструктивних особливостей модулів кузова та рами універсальних напіввагонів [1, 4] та проробка можливих напрямків їх модернізації дозволили визначити вузли, за рахунок удосконалення яких доцільно знижувати собівартість виготовлення та експлуатаційні витрати напіввагонів. До таких вузлів віднесено: стіни бокову та торцеву, балку верхню, балки шворневу та проміжну, кришку люка.

В якості технічних рішень з поліпшення стін бокових та торцевих запропоновано виконання обв'язування верхнього з труби прямокутного перерізу, для чого доцільно використовувати гнутий профіль прямокутного перерізу розміром $140 \times 110 \times 7$ мм, звареного по перерізу у коробку (рис.2).

Окрім зазначеного рішення, було встановлено можливість виготовлення стіни торцевої без обв'язування нижнього.

Для модернізації балки верхньої запропоновано та запатентовано ряд технічних рішень. В конструкції, що проектується впроваджено використання литих державок кришок люка поз.1 (рис.3), які поєднані з двотавром №19 поз.2 за допомогою зварювального з'єднання, замість класичного

Підсумовуючи вищезазначене можна зробити висновок, що на сьогодні існує необхідність у будівництві вітчизняних напіввагонів з конкурентоспроможним рівнем техніко-економічних та експлуатаційних показників. Зазначене можливо досягнути лише за умови впровадження нових технічних рішень, які сприятимуть

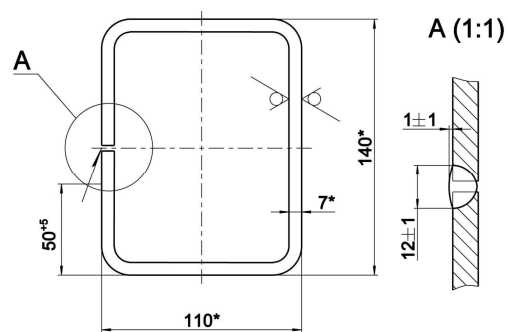


Рис.2. Переріз запропонованої конструкції обв'язування верхнього

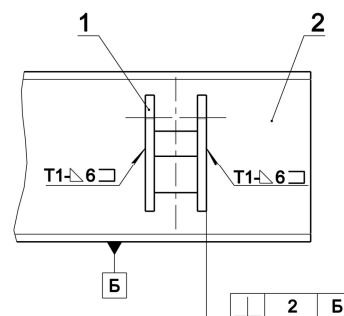


Рис.3. Фрагмент балки верхньої

заклепкового. Таке рішення дозволяє значно знизити витрати на виробництво балки верхньої.

В якості модернізації балок шворневої (рис. 4а) та проміжної (рис. 4б) запропоновано виконувати їх верхні листи (поз. 1 та 2) з двоскатного листа, що суттєво збільшує їх міцність та технологічність виготовлення.

До того ж вертикальний лист поз.3 проміжної балки виконано суцільним, з зігноподібним відгином у нижній частині, замість приварювання полоси у тавровий переріз. Таке рішення дозволяє зменшити трудомісткість виготовлення проміжних балок, у зв'язку з відсутністю майже 30 метрів таврового зварювального з'єднання.

У вузлі кришки люка запропоновано зварювальне (рис.5б) кріплення петель замість класично заклепкового а, що дозволяє знизити собівартість виготовлення цього вузла.

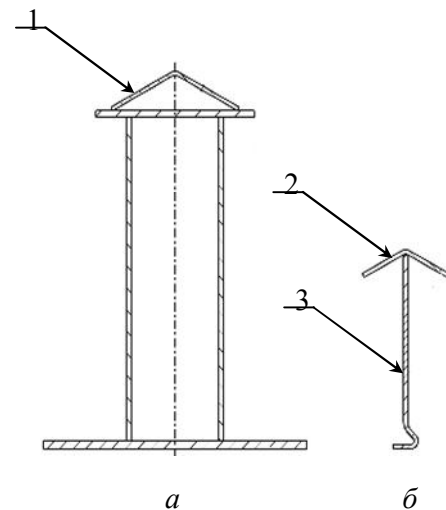


Рис.4 Перерізи балки шворневої (а) та балки проміжної (б)

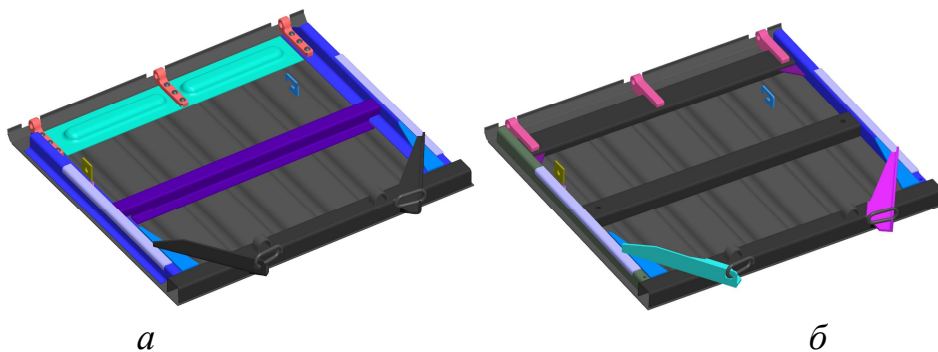


Рис.5 Варіанти виконання кришки люка напіввагонів
а заклепкове кріплення петель, б зварювальне кріплення петель

Вищезазначені рішення були реалізовані при проектуванні нової конструкції напіввагону. Для створення геометричної просторової моделі якого було використано програмне забезпечення *Pro/Engineer*. При цьому в якості базового матеріалу виготовлення відповідальних вузлів було використано сталь марки 09Г2 345-го класу міцності.

Для перевірки на міцність [5] створеної моделі було використано програмний комплекс *Pro/MECHANICA* який у розрахунках реалізує сучасний метод скінчених елементів. В якості розрахункових випадків було змодельоване дію відповідних до 1-го та 3-го розрахункових режимів зусиль (розглянуто випадки розтягу та зтиску). Для прикладу на рис. 6 показано скінчено-елементну модель та картини напружено-деформованого стану, які було отриману у результаті моделювання розтягуючих зусиль, які відповідають 1-му розрахунковому режиму.

Таблиця 1. Напруження по I режиму

Найменування	Напруження, МПа	
	Отримані	Допускаємі
Балка хребтова	255	310,5
Обв'язування нижне стіни бокової	93	327,8
Балка лобова	174	327,8
Балка шворнева	152	310,5
Стійка стіни бокової	94	327,8
Пояс стіни торцевої	40	327,8

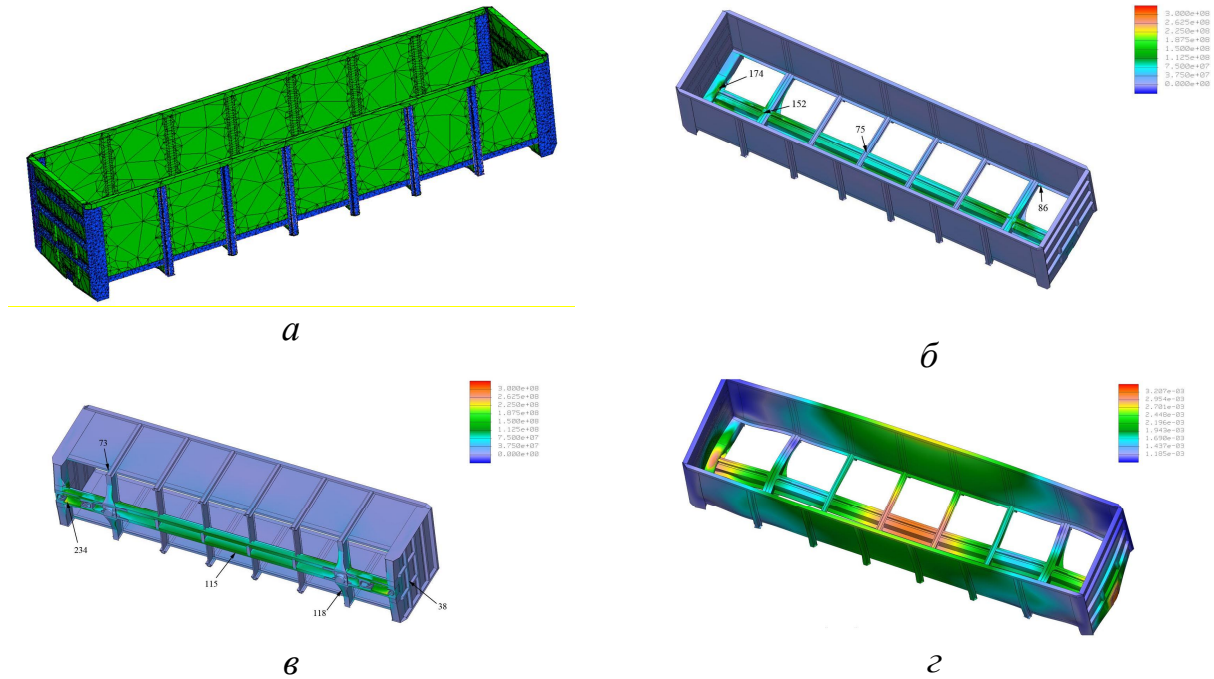


Рис.6 Розрахункова модель напіввагону

а) скінчено-елементна модель, б) верхня проекція напруженого стану, в) нижня проекція напруженого стану, г) деформований стан.

Максимальні значення напружень, які було виявлено в результаті розрахунків напіввагону у всіх вищезазначених випадках представлено у таблиці 1 та таблиці 2.

Таблиця 2. Напруження по III режиму

Найменування	Напруження, МПа	
	Отримані	Допускаємі
Балка хребтова	159	210
Балка лобова	103	220
Балка шворнева	116	210
Балка проміжна	141	220
Обв'язування верхне бокової стіни	59	220
Обв'язування нижне бокової стіни	112	220
Стійка бокової стіни	86	220
Обв'язування углове	61	220
Пояс стіни торцевої	58	220

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок про достатню міцність запропонованої конструкції.

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання.

Результати проведеної дослідно-конструкторської роботи вказали на можливість виготовлення дослідних зразків напіввагонів для проведення циклу експлуатаційних випробувань.

Отримані результати розрахунків на міцність можуть бути використані при проведенні подальших науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з модернізації залізничних універсальних напіввагонів.

Список літератури: 1.Мороз, В.І., Формалізоване описання конструкції залізничних вантажних вагонів [Текст]/ В.І. Мороз, О.В. Фомін, // Зб.наук.праць 107. - Харків: УкрДАЗТ, 2009. - Вип. –С 173-179. 2. Фомін, О.В. Сучасні підходи та методи використання конструкційних резервів зниження матеріалоемності кузовів вантажних вагонів [Текст]/ О.В. Фомін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» – Харків. – 25'2011 С.49-54 3.Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебник для вузов ж.-д. трансп./ В.В.Лукин, Л.А.Шадур, В.Н.Котуранов, А.А.Хохлов, П.С.Анисимов.; под общ. ред. В.В.Лукина. - М.: УМК МПС России, 2000. 731с.4.Мороз, В.І. Удосконалення конструкції вітчизняних напіввагонів на основі використання сучасних підходів до їх проектування [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Фомін, В.В. Фомін, К.В. Сидоренко, В.П. Білаш / Зб. наук. праць «Рейковий рухомий склад». - Кременчук: ДП«УкрНДІВ», 2010.- Вип.2. – С. 64-68 5..Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354с.

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК 62 – 233.27

О.В.ЧЕРНИШЕНКО, ст.викл., УПА, Харків

Т.Б. КРАСНОКУТСКАЯ, ст.викл., УПА, Харків

Г.І.ФЕСЕНКО, асис, УПА, Харків

УДАРНЫЕ НАГРУЗКИ ПРИ ДВИЖЕНИИ МОСТОВОГО КРАНА ПО РЕЛЬСОВОМУ ПУТИ

Дана методика определения ударных нагрузок в металлоконструкции крана и буксах крановых колес. Описано построение уравнения колебаний многомассовой системы крана и определения коэффициента динамичности в буксах и металлоконструкции крана.

Ключевые слова: стык рельсов, ходовые колеса, ударные нагрузки.

Дана методика визначення ударних навантажень у металоконострукції крана та буксах кранових коліс. Описана побудова рівняння коливань багато масової системи крана й визначення коефіцієнта динамічності в буксах і металоконострукції крана.

Ключові слова: стик рейок, ходові колеса, ударні навантаження.

Dana method of determining the shock of steel crane and crane Login Forgot wheels. Described the construction of the wave equation system multimass tap coefficient determination and dynamism in Login Forgot and metal faucet.

Key words: rail joints, road wheels, shock loads.

Введение

Ударные нагрузки, возникающие в металлоконструкции кранов при прохождении местных неровностей рельсового пути (стыков, выбоин, наплавов от сварных швов и др.), имеют существенное значение для кранов, которые

перемещаются со значительной скоростью. Особо они влияют на мостовые краны, которые имеют жесткую безрессорную ходовую часть. Учет истинных значений ударных нагрузок при проектировании и эксплуатации металлоконструкций и механизмов кранов, а так же подкрановых путей может существенно увеличить сроки безаварийной и безотказной эксплуатации кранов.

Анализ исследований

По данным ВНИИПТМАШа [1], наибольшие повреждения ходовой части и приведенных в рукиях мостовых кранов характерно для концевых балок, и особенно в местах крепления ходовых колес. Одной из причин появления усталостных трещин в указанных местах является высокий уровень ударных динамических нагрузок, которые действуют на крановые колеса, а через них на концевые балки при прохождении краном неровностей рельсового пути. Вследствие этого так же наблюдается выкрашивание металла на дорожках качения ходовых колес, преждевременный выход из строя подшипников и поломка выходных валов механизмов передвижения кранов.

По правилам Госпромнадзора при эксплуатации мостовых кранов взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов по высоте не должно превышать 3 мм, зазоры в стыках рельсов не должны превышать 4 мм. Многочисленные обследования рельсовых подкрановых путей на различных промышленных предприятиях различными авторами показывают, что часто стыки рельс находятся в неудовлетворительном состоянии, зазоры достигают 20-30 мм., а перепад по высоте бывает равным 5-10 мм., иногда наблюдаются выбоины глубиной 10-12 мм. На длине 30-40 мм..

Прохождение ходовыми колесами рельсовых стыков сопровождается жестким ударом. При соприкосновении колеса со встречным уступом вертикальная составляющая его скорости за тысячные доли секунды резко изменяется от нулевых значений до максимальных значений, которое нельзя определить исходя только из кинематики движения жесткой системы. Если же колесо наезжает на попутный уступ, То сначала вертикальная составляющая изменяется от нуля до некоторого конечного значения (падение колеса крана) а затем практически мгновенно уменьшается до нуля. В обоих случаях удар, который получает колесо, распространяется в виде волны упругой деформации по всей металлоконструкции крана, вызывая в ней упругие колебания. Ударный импульс, полученный рельсом, распространяется на подкрановые балки и железобетонные конструкции здания, в которых установлен кран [2].

Приступая к построению динамической модели движения крана через стыки рельсового пути, необходимо провести оценку проведенных ранее экспериментов. Первые предварительные эксперименты по определению силы удара колеса о рельс, а точнее, некоторых физических величин, характеризующих эту силу, были проведены на мостовом магнитном кране грузоподъемностью 15 т. С пролетом 28 м. и скоростью передвижения 2.06 м/с.[2]. С целью имитации рельсового стыка на головку рельса, находящейся над подкрановой балкой, была приварена полоса из закаленной стали толщиной 4.4 мм. При экспериментальном изучении записывались осциллограммы вертикальных ускорений j_1 ходового

колеса, проходящего через уступ и ускорение j_2 передней по ходу движения крана главной балки на расстоянии четверти пролета от концевой балки, а так же ускорение j_3 в середине пролета главной балки. Также вертикальные перемещения y_1 главной балки в середине пролета и вертикальное перемещение y_2 в середине пролета концевой балки [2]. Данные эксперимента приведены на рисунке 1.

Экспериментально определив ускорение элементов крана, нельзя найти силу удара, так как неизвестны формы динамической деформации металлоконструкций крана при ударе. С низкой степенью точности автор оценивает лишь некоторые диапазоны, в котором находятся эти силы. По данным эксперимента Лобов делает выводы о том, что диапазон коэффициента динамичности на концевой балке изменяется от минимального 1.44 до максимального 3.19. По мнению Лобова более точные значения без сложного динамического расчета определить не возможно.

Основные цели.

Построить динамическую модель крана, в которой можно было бы рассмотреть колебания всех основных составляющих металлоконструкции и других масс и жесткостей, по которым распространяется волна упругих деформаций.

Основные материалы исследования

Ударные загрузки, которые испытывает мостовой кран при прохождении стыков рельсового пути, можно описать при помощи наезда колеса крана на уступ (рис 2). При этом колесо совершает вертикальные перемещения. Зная скорость крана V_{kr} , высоту уступа h а радиус колеса R мы можем найти вертикальное перемещение колеса в зависимости от времени [2].

$$Y_k = R \cos(\alpha - \omega t) - R \cos \alpha. \quad (1)$$

где $\alpha = \arccos \frac{R-h}{R}$, $\omega = \frac{V_{kr}}{R}$ - угловая скорость колеса.

Соответственно, вертикальная составляющая скорости колеса при наезде крана на стык рельса будет выглядеть следующим образом

$$\frac{dY_k}{dt} = R\omega \sin(\alpha - \omega t) = V_{kr} \sin(\alpha - \omega t). \quad (2)$$

Из (2) определяем начальную скорость удара при столкновении колеса со стыком рельса при $t = 0$

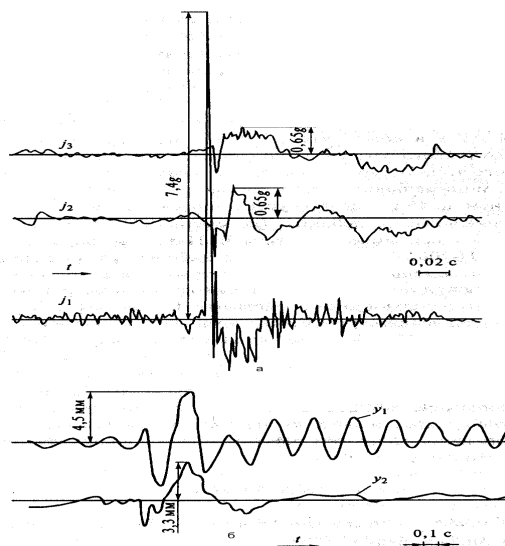


Рис 1. Осциллограммы, полученные при наезде колеса на уступ рельса [1]: а – ускорение элементов крана при расположении тележки без груза в крайнем положении вблизи рельса с уступом; б – перемещение главной и концевой балок при расположении тележки без груза в середине пролета.

$$Yk(0) = R\omega \sin \alpha \quad (3)$$

Вертикальное ускорение, то есть интенсивность снижения начальной скорости находим как дифференциал скорости по времени

$$Yk'' = -R\omega^2 \cos(\alpha - \omega t) \quad (4)$$

Для решения данной задачи необходимо составить многомассовую динамическую модель крана, которая представлена на рис 2. В этой модели учитываются не только жесткость канатов и металлоконструкции моста крана, но и жесткость наиболее податливых элементов механизма передвижения крана, таких как подшипники букс крановых колес.

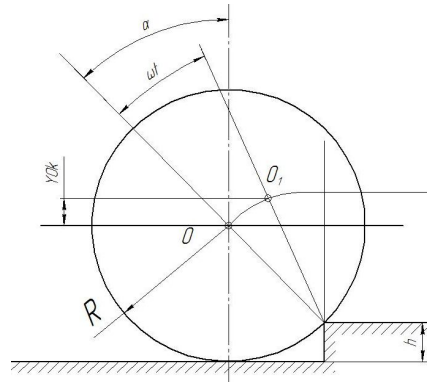


Рис. 2. Схема движения колеса при наезде крана на уступ.

В данной модели есть возможность рассматривать различные варианты сочетания удара от стыков и неровностей рельсового пути с учетом их геометрических параметров. Также можно учесть преднапряженное состояние металлоконструкции мостового крана от поднимаемого груза и собственного веса.

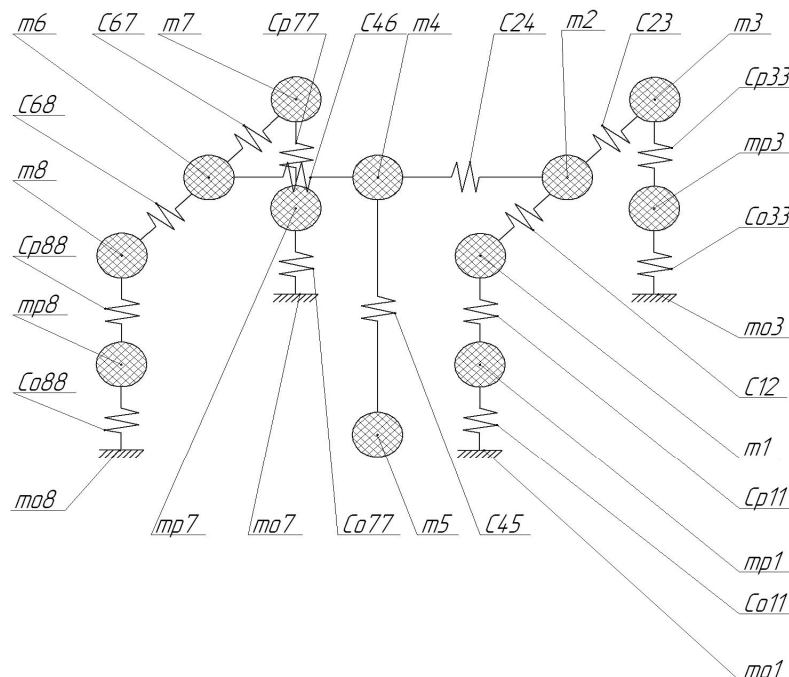


Рис. 3. Многомассовая динамическая модель мостового крана

Для решения многомассовой модели мостового крана, представленной на рис. 3, введем следующие допущения:

- массу главных балок моста крана приведем к краям этих балок (m_2 и m_6),
- массу концевых балок распределим на массы m_1 , m_3 и m_7, m_8 соответственно,
- жесткость главных балок будем рассматривать как жесткость одной приведенной балки,

- массы $mp1$, $mp3$, $mp7$ и $mp8$ рассматриваются как массы брукс крана с учетом масс подшипников валов и крановых колес
- так как подкрановые пути мостовых кранов опираются на колоны зданий, которые в свою очередь опираются на фундамент зданий, массы которых намного больше массы крана и поднимаемых им грузов в нашей модели массы подкрановых путей $mo1$, $mo3$, $mo7$ и $mo8$ будем считать равными бесконечности.

При решении поставленной задачи воспользуемся уравнением Лагранжа второго рода.

Для составления системы дифференциальных уравнений необходимо записать функцию кинетической, потенциальной энергии и функции рассеивания.

Кинетическую энергию запишем в следующем виде:

$$T = \frac{1}{2} \left[mo1 \cdot zol'^2 + mp1 \cdot zp1'^2 + m1 \cdot z1'^2 + m2 \cdot z2'^2 + m3 \cdot z3'^2 + \right. \\ \left. mo3 \cdot zo3'^2 + mp3 \cdot zp3'^2 + m4 \cdot z4'^2 + m5 \cdot z5'^2 + m6 \cdot z6'^2 + m7 \cdot z7'^2 + \right. \\ \left. mp7 \cdot zp7'^2 + mo7 \cdot zo7'^2 + m8 \cdot z8'^2 + mp8 \cdot zp8'^2 + mo8 \cdot zo8'^2 \right] \quad (3)$$

Потенциальная энергия:

$$\Pi = \frac{1}{2} \left[col1(zol - zp1)^2 + cp12(zp1 - z1)^2 + c12(z1 - z2)^2 + c23(z2 - z3)^2 + \right. \\ \left. + cp33(z3 - zp3)^2 + co33(zo3 - zp3)^2 + c24(z2 - z4)^2 + c45(z4 - z5)^2 + \right. \\ \left. + c46(z4 - z6)^2 + c67(z6 - z7)^2 + cp77(z7 - zp7)^2 + co77(zo7 - zp7)^2 + \right. \\ \left. + c68(z6 - z8) + cp88(z8 - zp8)^2 + co88(zo8 - zp8)^2 \right] \quad (4)$$

Функция рассеивания:

$$\Phi = \frac{1}{2} \left[rol1(zol' - zp1')^2 + rp11(zp1' - z1')^2 + r12(z1' - z2')^2 + r23(z2' - z3')^2 + \right. \\ \left. + rp33(z3' - zp3')^2 + ro33(zo3' - zp3')^2 + r24(z2' - z4')^2 + r45(z4' - z5')^2 + \right. \\ \left. + r46(z4' - z6')^2 + r67(z6' - z7')^2 + rp77(z7' - zp7')^2 + ro77(zo7' - zp7')^2 + \right. \\ \left. + r68(z6' - z8')^2 + rp88(z8' - zp8')^2 + ro88(zo8' - zp8')^2 \right] \quad (5)$$

Для поиска уравнения движения всех масс запишем уравнение Лагранжа от каждой из обобщенных координат (рис 3). При этом вводим допущение, что все точки перемешаются в вертикальной плоскости и взаимосвязаны линейными жесткостями.

$$\left\{ \begin{aligned}
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{o1'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{o1}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{o1}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{o1'}} = 0 \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{p1'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{p1}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{p1}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{p1'}} = -F_{\text{букс}} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{1'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_1} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_1} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{1'}} = -F_{kb} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{2'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_2} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_2} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{2'}} = -F_{gb} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{3'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_3} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_3} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{3'}} = -F_{kb} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{p3'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{p3}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{p3}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{p3'}} = -F_{\text{букс}} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{o3'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{o3}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{o3}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{o3'}} = 0 \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{4'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{p4}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{p4}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{4'}} = -F_{gt} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{5'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_5} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_5} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{5'}} = -F_{gr} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{6'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_6} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{p6}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{6'}} = -F_{gb} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{7'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_7} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_7} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{7'}} = -F_{kb} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{p7'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{p7}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{p7}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{p7'}} = -F_{\text{букс}} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{o7'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{o7}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{o7}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{o7'}} = 0 \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{8'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_8} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_8} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{8'}} = -F_{kb} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{p8'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{p8}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{p8}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{p8'}} = -F_{\text{букс}} \\
& \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z_{o8'}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z_{o8}} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_{o8}} + \frac{\partial \Phi}{\partial z_{o8'}} = 0
\end{aligned} \right. \quad (6)$$

где F_{kb} - сила тяжести от приведенной массы концевой балки,

F_{gb} - сила тяжести от приведенной массы главной балки,

F_{gt} - сила тяжести от массы грузовой тележки

F_{gr} - сила тяжести от массы груза.

$F_{\text{букс}}$ - сила □риведен от массы буксы колеса

После проведения дифференцирования по каждой из обобщенных координат получаем следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases}
m_{01} \cdot z_{01}'' + c_{011}(z_{01} - z_{p1}) + r_{011}(z_{01}' - z_{p1}') = 0 \\
m_{03} \cdot z_{03}'' + c_{033}(z_{03} - z_{p3}) + r_{033}(z_{03}' - z_{p3}') = 0 \\
m_{07} \cdot z_{07}'' + c_{077}(z_{07} - z_{p7}) + r_{077}(z_{07}' - z_{p7}') = 0 \\
m_{08} \cdot z_{08}'' + c_{088}(z_{08} - z_{p8}) + r_{088}(z_{08}' - z_{p8}') = 0 \\
m_{p1} \cdot z_{p1}'' + c_{p11}(z_{p1} - z_1) - c_{011}(z_{01} - z_{p1}) + r_{p11}(z_{p1}' - z_1') - r_{011}(z_{01}' - z_{p1}') = F_{\text{букс}} \\
m_{p3} \cdot z_{p3}'' + c_{p33}(z_{p3} - z_3) - c_{033}(z_{03} - z_{p3}) + r_{p33}(z_{p3}' - z_3') - r_{033}(z_{03}' - z_{p3}') = F_{\text{букс}} \\
m_{p7} \cdot z_{p7}'' + c_{p77}(z_{p7} - z_7) - c_{077}(z_{07} - z_{p7}) + r_{p77}(z_{p7}' - z_7') - r_{077}(z_{07}' - z_{p7}') = F_{\text{букс}} \\
m_{p8} \cdot z_{p8}'' + c_{p88}(z_{p8} - z_8) - c_{088}(z_{08} - z_{p8}) + r_{p88}(z_{p8}' - z_8') - r_{088}(z_{08}' - z_{p8}') = F_{\text{букс}} \\
m_1 \cdot z_1'' + c_{12}(z_1 - z_2) - c_{p11}(z_{p1} - z_1) + r_{12}(z_1' - z_2') - r_{p11}(z_{p1}' - z_1') = -F_{kb} \\
m_3 \cdot z_3'' + c_{23}(z_3 - z_2) - c_{p33}(z_{p3} - z_3) + r_{23}(z_3' - z_2') - r_{p33}(z_{p3}' - z_3') = -F_{kb} \\
m_7 \cdot z_7'' + c_{67}(z_7 - z_6) - c_{p77}(z_{p7} - z_7) + r_{67}(z_7' - z_6') - r_{p77}(z_{p7}' - z_7') = -F_{kb} \\
m_8 \cdot z_8'' + c_{68}(z_8 - z_6) - c_{p88}(z_{p8} - z_8) + r_{68}(z_8' - z_6') - r_{p88}(z_{p8}' - z_8') = -F_{kb} \\
m_2 \cdot z_2'' + c_{24}(z_2 - z_4) - c_{12}(z_1 - z_2) - c_{23}(z_3 - z_2) + r_{24}(z_2' - z_4') - \\
-r_{12}(z_1' - z_2') - r_{23}(z_3' - z_2') = -F_{gb} \\
m_6 \cdot z_6'' + c_{46}(z_6 - z_4) - c_{67}(z_7 - z_6) - c_{68}(z_8 - z_6) + r_{46}(z_6' - z_4') - \\
-r_{67}(z_7' - z_6') - r_{68}(z_8' - z_6') = -F_{gb} \\
m_4 \cdot z_4'' + c_{45}(z_4 - z_5) - c_{24}(z_2 - z_4) - c_{46}(z_6 - z_4) + r_{45}(z_4' - z_5') - \\
-r_{24}(z_2' - z_4') - r_{46}(z_6' - z_4') = -F_{gt} \\
m_5 \cdot z_5'' - c_{45}(z_4 - z_5) - r_{45}(z_4' - z_5') = -F_{gr}
\end{cases} \quad (7)$$

Для успешного решения этой системы уравнений, прежде всего, необходимо определить все жесткости и коэффициенты затухания металлоконструкций крана с учетом схемы, которая приведена на рис. 3. Жесткость главных и концевых балок моста можно определить, исходя из знания основных размеров сечения главных и концевых балок, а также положения тележки на мосту крана. В общем случае, исходя из расчетной схемы, все жесткости можно рассчитать как жесткости концевых балок с соответствующей длиной. Согласно [3] жесткость концевой балки определяется по формуле

$$c = \frac{3EJ_y}{l^3}, \quad (8)$$

где E - модуль Юнга первого рода, J_y - момент инерции сечения главных и концевых балок относительно вертикальной оси, l - длины этих же балок. Учитывая, что в расчетной схеме две главные балки заменены одной общей балкой их жесткости необходимо сложить. Жесткость канатов определяется по уже известной формуле

$$c_{45} = \frac{EA}{l}, \quad (9)$$

где A - площадь сечения всех проволок в канате с учетом кратности полиспаста, l - длина грузоподъемного полиспаста.

Жесткости подшипников в буксах механизма передвижения $cp11$, $cp33$, $cp77$ и $cp88$ можно определить как геометрическая жесткость всех тел $\square$ привед в подшипнике, которые деформируются при нагружении всего подшипника. Более подробно о расчете жесткости подшипников в статье [5].

Жесткости подкрановых путей и колес подшипников учитываются в $\square$ приведенных жесткостях $co11$, $co33$, $co77$ и $co88$

Коэффициент затухания металлоконструкции находим по формуле предложенной в [6]

$$r_{\Gamma} = 2m_M \cdot \omega_M \cdot D^*, \quad (10)$$

где m_M - приведенная масса металлоконструкции, $D^*=0,01$ – постоянная демпфирования [7], ω_M - частота колебаний металлоконструкции, которую находим по формуле

$$\omega_M = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_M}{m_M}}, \quad (11)$$

где c_M - жесткость металлоконструкции.

Так же необходимо привести массы металлоконструкций крана согласно динамической модели мостового крана приведенной на рис. 3. Так как все составные части металлоконструкции крана в данной модели рассматриваются как консольные балки, то согласно [6] их приведенную массу находим из следующего выражения

$$m_M = \frac{104m}{405}, \quad (12)$$

Где m - масса приводимой консольной балки.

Коэффициенты затухания колебаний груза, подвешенного на канате, находим по формуле

$$r_K = m_{\Gamma} \cdot \omega_{\Gamma} \cdot D_K \quad (13)$$

где m_{Γ} - масса груза, который висит на канате, $D_K=0,14$ – постоянная демпфирования каната [7], ω_{Γ} - частота колебаний груза, висящего на канате, которую находим по формуле

$$\omega_{\Gamma} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_K}{m_{\Gamma}}} \quad (14)$$

где c_K - жесткость канатов, на которых висит груз.

В расчетной схеме необходимо учесть, что под нагрузкой металлоконструкция крана получила начальные перемещения как от веса поднимаемого груза, так и под действием собственного веса. Для определения первоначального перемещения в расчетной схеме необходимо задаться базовой вертикальной координатой, относительно которой и будут определены первоначальные перемещения всех масс в металлоконструкции крана. За ноль по вертикальной оси относительно плоскости установки крана принимаем уровень подкрановых рельс. Тогда, при движении крана по рельсовому подкрановому пути, координаты $zo1$, $zo3$, $zo7$ и $zo8$ будут равны 0.

Координаты $zp1$, $zp3$, $zp7$ и $zp8$ с учетом всего веса крана и поднимаемого им груза а так же жесткостей $co11$, $co33$, $co77$ и $co88$ определяются по формуле

$$zp11 = zp33 = zp77 = zp88 = -\frac{P_{кр} + P_{zp}}{4 \cdot co11}. \quad (15)$$

где $P_{кр}$ - сила веса крана, P_{zp} - сила веса груза, $P_{букс}$ - сила веса буксы ходового колеса крана.

Координаты концов концевых балок $z1$, $z3$, $z7$ и $z8$ изменяют свое нулевое значение в отрицательную сторону, так как жесткости подшипников в ступицах крановых колес воспринимают всю нагрузку от крана. Следовательно, координаты $z1$, $z3$, $z7$ и $z8$ можно рассчитать по формуле

$$z1 = z3 = z7 = z8 = -\frac{P_{кр} + P_{zp} - 4P_{букс}}{4cp11} + zp11, \quad (16)$$

В соответствии с расчетной схемы и принятым допущениям координаты концов главных балок $z2$ и $z6$ определяем по следующей формуле

$$z2 = z6 = -\frac{P_{кр} + P_{zp} - P_{кб}}{4c12} + z1, \quad (17)$$

где $c12$ - жесткость консоли концевой балки, $P_{кб}$ - сила веса концевых балок вместе со ступицами и механизмами перемещения

$$z4 = -\frac{P_{zp} + P_{тел}}{2c24} + z2 \quad (18)$$

где $C24$ - жесткость консоли главных балок, $P_{тел}$ - сила веса грузовой тележки крана.

Координату груза $z5$ определяется с учетом координаты $z4$ и величины растяжения канатов, на которых висит груз. Эту координату можно определить по формуле

$$z5 = -\frac{P_{zp}}{c45} + z4 \quad (19)$$

В результате нами получена расчетная схема для построения динамической модели работы крана в напряженном состоянии с учетом внешних сил, действующих на кран.

Решение системы уравнений, описывающих процесс передвижения сосредоточенных масс в модели мостового крана при наезде колеса на уступ рельса, можем получить картину динамических сил, которые возникают в металлоконструкциях мостового крана при передвижении его по рельсовому пути через стык рельсов. Для этого необходимо получить функции изменения динамических сил, которые мы получаем исходя из перемещения масс в модели. Функции динамических сил запишем в следующем виде

$$\begin{aligned}
F_{p11}(t) &= c_{p11}(z_{p1}(t) - z_1(t)) \\
F_{12}(t) &= c_{12}(z_1(t) - z_2(t)) \\
F_{23}(t) &= c_{23}(z_2(t) - z_3(t)) \\
F_{p23}(t) &= c_{p23}(z_3(t) - z_{p2}(t)) \\
F_{24}(t) &= c_{24}(z_2(t) - z_4(t)) \\
F_{45}(t) &= c_{45}(z_4(t) - z_5(t)) \\
F_{46}(t) &= c_{46}(z_4(t) - z_6(t)) \\
F_{67}(t) &= c_{67}(z_6(t) - z_7(t)) \\
F_{68}(t) &= c_{68}(z_6(t) - z_8(t)) \\
F_{p48}(t) &= c_{p48}(z_8(t) - z_{p4}(t)) \\
F_{p37}(t) &= c_{p37}(z_7(t) - z_{p3}(t))
\end{aligned} \tag{20}$$

Функции изменения сил записаны в виде графика (рис 4)

Где F_{p11} – функция силы от времени в буксе подшипника, F_{12} – функция силы от времени в консоли концевой балки, F_{24} – функция силы от времени в консоли главной балки.

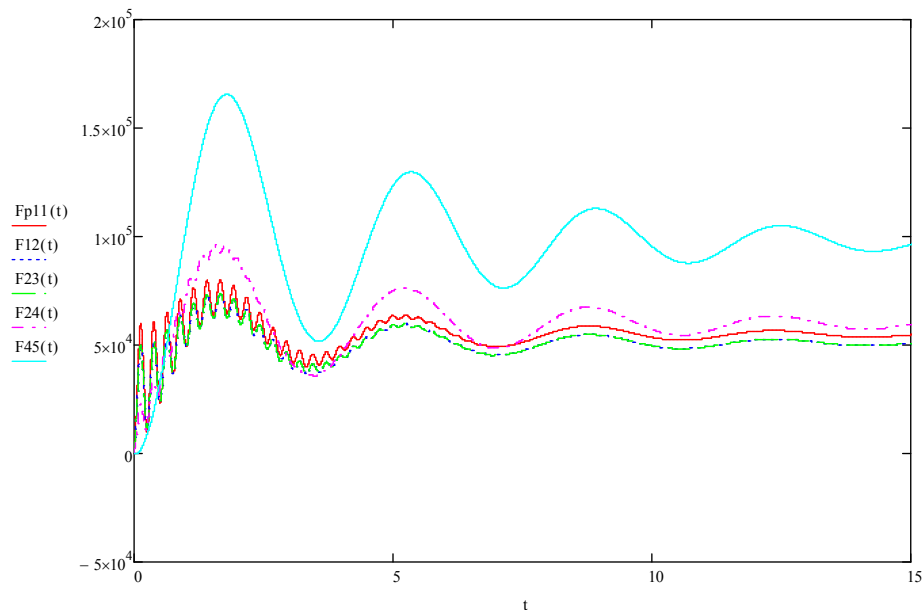


Рис. 4. Результаты решения системы дифференциальных уравнений.

Выводы и перспективы исследования

Предложенная модель мостового крана позволяет рассматривать так же совместное действие различных внешних сил и перемещений.

Требуется уточнить влияние жесткости подкранового пути на силу удара при прохождении краном рельсового стыка. При приближенном анализе результатов вычислений (рис. 4) видно, что коэффициент динамичности, при прохождении краном рельсового стыка, не превышает 3. На самом деле при исследовании состояния и конструкции кранового пути данный коэффициент может отклоняться как в большую так и в меньшую сторону. Следовательно, требуется

разработать более точную модель перемещения крана через стык рельсового пути, с учетом жесткости рельса и условий удара кранового колеса о рельс.

Список литературы: 1.Бидерман В.Л. Теория механических колебаний, М., Высшая школа, 1980, 408с. 2.Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. М., Машиностроение, 1987, 160с.3.Казак С. А. Динамика мостовых кранов., изд-во «Машиностроение» 1968, 332с.4.Шевченко В.Д., Пискунов В.Г Будівельна механіка металевих конструкцій дорожно-будівельних, підйомних і транспортних машин: Підручник – К.: Вища школа., 2004. - 438с.5..Чернищенко А.В. Павлова А.А. К вопросу определения жесткости подшипников качения в буксах крановых колес. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 1/5(37) 2009г.6..Бутиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа, Монография. - Луганск: изд-во СЛУ им. В.Даля, изд 2-е, 2003. 210 с.7..Dresing H. Massenkrafte in Kranen beim Anheben der Last// Hebezeuge und Fordermittel. – 1976. - №8. – S.234-245

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК.621.833

А.И.ПАВЛОВ, докт.техн.наук, доц., ХНАДУ, Харьков

С.В.АНДРИЕНКО, инж., ХНАДУ, Харьков

О ПРИВЕДЕННОМ РАДИУСЕ КРИВИЗНЫ В ЗУБЧАТОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ

У статті розглянуто питання про обчислення наведеного радіуса кривини в зубчастому зацепленні незалежно від виду контакту і самого зацеплення. Встановлено універсальна форма запису формули для обчислення наведеного радіуса кривини. Отримано ще одне підтвердження доцільності застосування еволютного зацеплення.

Ключові слова: радіус кривини в точці контакту, зведений радіус кривини, еволютне зацеплення.

В статье рассмотрен вопрос о вычислении приведенного радиуса кривизны в зубчатом зацеплении независимо от вида контакта и самого зацепления. Установлена универсальная форма записи формулы для вычисления приведенного радиуса кривизны. Получено еще одно подтверждение целесообразности применения эволютного зацепления.

Ключевые слова: радиус кривизны в точке контакта, приведенный радиус кривизны, эволютное зацепление.

The universal form of record of formula is set for a calculation the brought radius over of curvature. Another confirmation of expediency of application of the evolute gearing is got

Key words: radius of curvature at the contact point, the reduced radius of curvature, evolute hatseplenie.

В теории зубчатых зацеплений [1, 2] приведенный радиус кривизны эвольвентного зацепления с внешним контактированием определяется по формуле

$$\rho_{np} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}, \quad (1)$$

а для внутреннего контактирования

$$\rho_{np} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 - \rho_1}, \quad (2)$$

Здесь ρ_1, ρ_2 – радиусы кривизны контактирующих поверхностей, причем $\rho_1 < \rho_2$.

Для эволютного зацепления [3], ранее в теории зацеплений не рассматриваемого, с контактированием выпуклой и вогнутой поверхностей напрашивается применение формулы (2), что и требуется доказать.

Цель работы – получить универсальную формулу для вычисления приведенного радиуса кривизны в любом зацеплении независимо от вида контакта.

Рассмотрим вначале эвольвентное зацепление. Радиусы кривизны рабочих поверхностей в полюсе передачи вычисляются по формулам:

$$\rho_1 = r \sin \alpha, \quad \rho_2 = ur \sin \alpha,$$

где u – передаточное число,

r – радиус делительной окружности шестерни,

α – угол зацепления эвольвентной передачи.

Тогда приведенный радиус кривизны для внутреннего зацепления можно определить по формуле (2), а для внешнего зацепления будет получена из формулы (2), если учесть, что радиус делительной окружности зубчатого колеса $R = ur$ имеет отрицательное значение, т.е. $ur < 0$, так как центр вращения O_2 расположен по другую сторону от центра вращения относительно начала системы координат, принимаемого в полюсе передачи (рис.1).

Приведенный радиус кривизны в произвольной точке на линии зацепления, отстоящей от полюса передачи на полюсном расстоянии l определяется по формулам:

для внутреннего зацепления

$$\rho_{np} = \frac{(\rho_1 + l)(\rho_2 + l)}{\rho_2 - \rho_1}, \quad (3)$$

а для внешнего зацепления

$$\rho_{np} = \frac{(\rho_1 + l)(\rho_2 - l)}{\rho_2 + \rho_1}, \quad (4)$$

где следует подставлять абсолютные значения радиусов кривизны ρ_i .

Для эволютного зацепления [3, 4] радиусы кривизны в полюсе передачи определяем через коэффициент разновидности k (рис.1), при этом принимаем, что $\rho_1 > \rho_2$ и $k \leq r \sin \alpha \cos \alpha$.

Тогда

$$\rho_1 = \frac{rk \sin \alpha}{r \sin \alpha \cos \alpha + k} \quad (5)$$

и

$$\rho_2 = \frac{urk \sin \alpha}{ur \sin \alpha \cos \alpha + k} \quad (6)$$

В формулах (5) и (6) уже учтено отрицательное направление радиуса $R = ur$. Тогда, применяя формулу (2), получим значение приведенного радиуса кривизны в полюсе передачи с эвольвентным зацеплением, которому присущ выпукло-вогнутый контакт

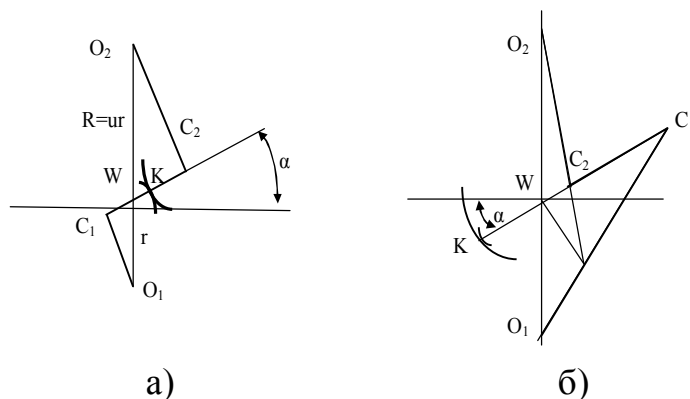


Рис.1. Построение Бобилье для зацеплений

$$\rho_{np} = \frac{ur \sin \alpha}{u - 1}. \quad (7)$$

Если для эвольвентного зацепления радиус кривизны в полюсе передачи вычисляется по формуле

$$\rho_{np} = \frac{ur \sin \alpha}{u + 1}, \quad (8)$$

то формула (7) показывает, что значение ρ_{np} для эвольвентного зацепления в $u + 1/u - 1$ раз больше, а это позволяет значительно снизить контактные напряжения в полюсе передачи [5]. Степень снижения напряжений зависит от передаточного числа u .

Приведенный радиус кривизны в эвольвентном зацеплении (с выпукло-вогнутым контактом рабочих поверхностей) определится по формуле (3), которая будет иметь вид

$$\rho_{np} = \frac{(\rho_1 + l)(\rho_2 + l)}{\rho_2 - \rho_1}. \quad (9)$$

На основании проведенных исследований построим график (рис.2) зависимости приведенного радиуса кривизны от вида контактирования.

В исследованиях [6] в эвольвентном зацеплении в районе полюса передачи обнаружена зона ДВК (двояковыпуклый контакт), что теоретически невозможно. Если считать, что математической ошибки быть не может, то такое явление можно объяснить двумя вариантами.

В первом варианте в зоне контакта встречаются две вогнутые поверхности, которые в контакт вступить не могут. Но это вполне допустимо, потому что в реальной передаче это приведет к быстрой приработке. В другом случае, если

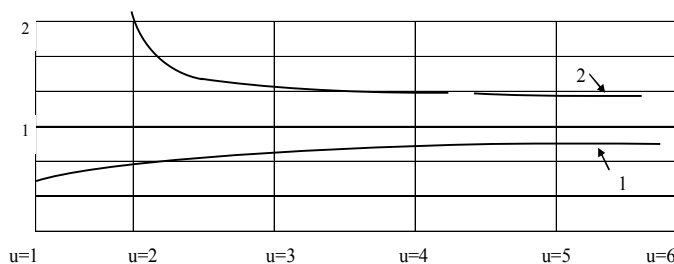


Рис.2. Изменение приведенного радиуса кривизны для разных передаточных чисел в зависимости от вида контактирования (1- двояковыпуклый контакт; 2- выпукло-вогнутый контакт)

радиус кривизны вогнутой поверхности меньше радиуса кривизны выпуклой поверхности. И этот вариант приведет также к приработке в реальной передаче, а также к самоисключению зоны полюса передачи, что необходимо учитывать на стадии проектирования.

Выводы

1.Получена универсальная формула для приведенного радиуса кривизны независимо от вида контакта и линии зацепления.

2.Сделано объяснение, почему для выпукло-вогнутого контакта следует применять формулу (3).

3.Показана эффективность применения эволютного зацепления с точки зрения снижения контактных напряжений.

4.Дано объяснение ДВК в зоне полюса эволютной передачи.

Список литературы: 1.*Литвин Ф.Л.* Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука.-1968.-584с.2.*Litvin F.I.* Theory of Gearing. Nasa Reference Publication 212, AVSCOM Technical Report 88.-C-035.- Washington, D.C.-1989.- 620p. 3.*Павлов А.И.* Современная теория зубчатых зацеплений. Харьков: ХНАДУ, 2005.-100с.4. *Кириченко А.Ф., Павлов А.И.* Некоторые аспекты проектирования и исследования зубчатых зацеплений. // Вісник Східноукраїнського університету ім. В.Даля.-№12(70).-Луганск.-2003.-С.10-14. 5. *Vereš, M, Bošanský, M., Gaduš, J.:* Theory of Convex-concave and plane cylindrical gearing, Slovak university of technology in Bratislava, 180 pp, ISBN 80-227-2451-3. 6.*Протасов Р.В., Устиненко А.В.,Сериков В.И.* Исследование коэффициента перекрытия эволютных передач. // Вісник НТУ «ХПІ» –Вип. 29. – Харьков. – 2011. – С. 154-164.

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК 534.29:66.084

Л.І. ШЕВЧУК, канд.техн.наук, доц., НУ «Львівська політехніка»,
Інститут хімії та хімічної технології, Львів
І.С. АФТАНАЗІВ, докт. техн. наук, проф., НУ «Львівська політехніка»,
Інститут математики і фундаментальних наук, Львів
О.І. СТРОГАН, інж. I кат., НУ «Львівська політехніка»,
Інститут математики і фундаментальних наук, Львів

ВІБРОКАВІТАТОР ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА АЕРАЦІЇ ВОДИ ВІДКРИТИХ ВОДОЙМ

Приведено опис конструкції нового вібраційного кавітатора для знезараження патогенної флори води із одночасною її аерацією. Віброкавітатор розташовують на плавучій платформі, відтранспортовують на забруднені ділянки відкритих водойм, де здійснюють інактивацію шкідливих бактерій, в тому числі і провокуючих літні замори риби цитобактерій. Пристрій високопродуктивний, маневренний, не залежний від стаціонарних джерел живлення.

Ключові слова: кавітація, вода, водойма, бактерії, знезараження, аерація

Приведено описание констукции нового вибратионного кавитатора для обеззараживания патогенной флоры воды с одновременной ее аэрацией. Виброкавитатор располагают на плавучей платформе, оттранспортировывают на загрязненные участки открытых водоемов, где осуществляют инактивацию вредных бактерий, в том числе и провоцирующих летние заморы рыбы цитобактерий. Оборудование высокопроизводительно, маневренно, не зависит от стационарных иточников питания.

Ключевые слова: кавитация, вода, водоем, бактерии, обеззараживание, аэрация.

Description of a new vibratory cavitator construction for pathogenic flora disinfection of the water with its simultaneous aeration has been described. Vibrocavitator are placed on a floating platform and sent on contaminated areas of the reservoir where the inactivation of harmful bacteria is carried out including causing summer destruction of fish citobacteria. The device is a high productivity, maneuvers and is not dependent on the stationary source of power.

Key words: cavitation, water, reservoir, bacteria, disinfection, aeration.

1. Вступ

У середині минулого ХХ століття в Швейцарії, якій завжди бала притаманна висока культура сільського господарства, в тому числі і тваринництва, сталася дивна і доволі прикра пригода. У спекотний літній день двоє пастухів пригнали до невеликого озерця до водопою стадо корів. Корови, хоч і із невеликою охотою, та через нестерпну спеку все ж попили води, один із пастухів скупався у водоймі і стадо погнали до корівника. Лихо сталося пізніше. Ввечері загинула, із невідомих на той час причин, добра половина стада, а що найприкріше, на наступний день в муках помер і пастух, що купався у озерці. Зрозуміло, що цей прикий випадок не міг залишитись без належної уваги, було проведено ґрунтовні аналізи води водойми, які засвідчили наявність в ній високої концентрації цитобактерій, провокуючих, за народним висловом, «цвітіння» води. Подальші дослідження засвідчили, що продуктами життєдіяльності

цитобактерій є сильнодіючі токсини ціаніди, які миттєво у великих концентраціях та дозах викликають цероз печінки. Очевидно, купаючись пастух теж ковтнув цієї смертоносної води.

Було виявлено, що основними чинниками, які спонукають «цвітіння» води, тобто активне розмноження цитобактерій, є три властиві переважно спекотному засушливому літу, складові: «стояча», тобто за відсутності течії та видозміни, вода, її висока, понад 20⁰С, температура, а головне – наявність у воді розчинених фосфатів, які є основним продуктом життєдіяльності цитобактерій. Прикро, та їм властива дуже висока швидкість розмноження за сприятливих умов. Так, встановлено, що із 1 грама фосфатів, як на поживному середовищі, за доволі короткий проміжок часу розмножується до 1кг смертоносних цитобактерій. Переважно фосфати потрапляють у відкриті водойми із стічними та ґрунтовими водами як відходи фосфатовмістимих миючих засобів та рідин для промивання стічних і каналізаційних систем. Щорічно цих засобів продукують та застосовують мільйони тон і до відкритих водойм їх потрапляння у великих кількостях неминуче. Можливо саме тому із цього часу в Швейцарії, а за нею і в Німеччині на урядовому рівні проводиться активна робота щодо обмеження використання фосфатів для миючих засобів, а у Німеччині з початку нашого століття їх застосування взагалі заборонено!

2.Постановка проблеми.

Згубною є наявність цитобактерій у воді відкритих водойм і для риборозплідних господарств. Адже їх активна життєдіяльність, як і для переважної більшості бактерій, нерозривно пов'язана із поглинанням з води кисню, що приводить до стрімкого зменшення у воді розчиненого повітря і, як наслідок, до хвороби, а подекуди і заморів риби. Своєю чергою, розкладання замореної риби супроводжуються активацією розмноження цілої низки інших шкідливих бактерій та мікроорганізмів, які знову ж таки переважно поглинають із води кисень, провокуючи тим самим наростаючу інтенсивність літніх заморів риби. Цілком не виключено і те, що перебування навіть здорової риби у зараженій цитобактеріями воді може супроводжуватись і насиченням ціанідами її жаберних кришок, нутрошів та м'яса. На щастя, може через незначну концентрацію ціанідів у м'ясі риби, випадків захворювання людей через вживання виловленої із «зацвілої» води риби не виявлено, та теоретично припустити небезпеку споживання такої риби для здоров'я людей цілком реально.

Запобігати активному «цвітінню» води, тобто розмноженню в ній цитобактерій, можна виключно її швидкою водозаміною, та не завжди водогосподарства мають таку можливість просто через обмежені водні ресурси в спекотне засушливе літо. Адже хімічні методи знешкодження цитобактерій у риборозплідних господарствах не придатні через можливе затруєння риби, а аерація, тобто насичення води повітрям, тільки сприятиме ще швидшому розмноженню цитобактерій. Втішним тут є лише той факт, що для наших кліматичних умов збіг трьох вище відзначених чинників активного «цвітіння» води не є тривалим у часі і доволі розповсюдженим явищем, та все ж запобігати йому необхідно.

Тому доречними та актуальними видаються дослідження, спрямовані на розробку методів знезараження вод відкритих водойм, придатних для широкого виробничого застосування.

3. Формулювання мети та постановка задач дослідження

Метою даного дослідження є створення нового методу знезараження та аерації води, придатного для ефективної боротьби із заморами риби у відкритих біологічно забруднених, в тому числі і цитобактеріями, водоймах, розробка конструктивних та технологічних схем високопродуктивного обладнання для його реалізації.

Об'єктом дослідження були технологічні операції водопідготовки та водоочищення, вивчення кінематики впливу параметрів кавітаційних полів на мікроорганізми у водних субстанція, їх життєдіяльність та репродуктивну здатність.

Предметом дослідження – промислове устаткування та дослідне обладнання для біологічного знезараження води, пристрої для збурення кавітації в рідинах, гідродинаміка та енергетичні впливи параметрів кавітаційних полів на мікроорганізми.

Методики дослідження – мікробіологічні методи визначення концентрації мікроорганізмів у водних розчинах, рН-метрія для визначення рН води та водних розчинів, швидкісна відеозйомка для дослідження динаміки резонансної пружної підвіски, елементів приводу та збурювачів кавітації вібраційного кавітатора.

4. Аналіз досліджень та публікацій

Необхідно відзначити, що спроби застосування енергії кавітаційного поля для біологічного знезараження води здійснювались доволі значною групою дослідників і раніше. Найбільш ґрунтовно цю проблему досліджено проф. Вітенько Т.М., котра на прикладі гідродинамічної кавітації теоретично та експериментально переконливо підтвердила можливість та ефективність кавітаційної інактивації патогенної флори води. Так в роботі [1] приведено результати її досліджень впливів гідродинамічної кавітації на біологічне забруднення природної води Тернопільського міського озера. Встановлено, що 30-ти хвилинна кавітаційна обробка на 78% знижує у пробах води вміст лактозопозитивних кишкових паличок, на 90% вміст кишкової палички *E.coli* та на 25% вміст ентерококів. Однак, автор визнає, що «... 100%-вої дезінфекції води із поверхневих водойм не досягнуто, тому альтернативою залишається комбінований спосіб обробки з хімічними окисниками».

Здійснювались і спроби застосування для біологічного знезараження великих обсягів води і значно потужнішої ультразвукової кавітації. Авторами роботи [3] для цього запропонований так званий комплексний метод знезараження, який поєднує використання ультразвукової чи гідродинамічної кавітації у поєднанні із озонуванням. Їх експериментальні дані засвідчили, що таке поєднання дозволяє «... інактивувати широкий діапазон мікроорганізмів ...», не тільки суттєво знижуючи загальне мікробне число, а і зменшуючи чисельність шкідливих *Escherichia coli* та *Str. Faecalis*. При цьому, що вагомо для промислового застосування даних дослідження, було виявлено, що при «... комбінації ультразвукового кавітаційного різка й озону або гідродинамічної

кавітації й озону, концентрація озону, необхідного для знезараження, була зменшена до половини або однієї третьої, залежно від типу мікроорганізмів» [2].

Відзначені методи кавітаційного знезараження прогресивні та ефективні для водопідготовки та водоочищення значних обсягів води, наприклад басейнів, аквапарків, технічних водойм тощо, та малопридатні для риборозплідних відкритих водойм, озер та ставків. Адже гідродинамічні пристрої маломаневренні і переважно стаціонарні, що виключає можливість оперативної обробки тільки ділянок водойм із забрудненою цитобактеріями водою, переробка ж всієї води водойми довготривала в часі, а головне, -- економічно затратна. Ультразвукові пристрої в сукупності із генеруючою ультразвукові коливання апаратурою, та ще і за використання недешевого озону, дуже вартісні, енергозатратні та ще і малопродуктивні. Тому зрозуміло, що для ефективної боротьби із «цвітінням» води для риборозплідних господарств необхідні кардинально нові пристрої знезаражувальної дії, спроможні поєднати в собі високу ефективність інактивації шкідливої мікрофлори кавітаційним полем, незначну собівартість водоочищення, простоту, а головне, безпеку в експлуатації для мешканців водойм та обслуговуючого персоналу, високу маневреність і незалежність від стаціонарних джерел живлення.

5. Виклад основного матеріалу дослідження.

Певною мірою цим вимогам відповідає розроблений в університеті «Львівська політехніка» віброкавітарор для знезараження та аерації води відкритих водойм. Принципова схема віброкавітатора для знезараження та аерації води відкритих водойм зображена на рис. До його складу входять розміщена на встановленому на водоймі на торовому пневмобалоні 1 платформа 2 із центральним отвором для розташування віброприводу 3. Вібропривід складається із корпусу 4 з розміщеним всередині набраним із листового заліза статором 5, на осердя 6 якого жорстко закріплено котушку обмотки 7 приводу. Статор 5 із котушкою обмотки 7 формують електромагніт. До корпусу 4 на пружних елементах 8 із можливістю здійснення прямолінійних коливних рухів вздовж перпендикулярної рівню оброблюваної води осі прикріплено якір 9 віброприводу. До якоря 9 вздовж його вертикальної осі жорстко прикріплено пустотілу циліндричну трубу 10, яка одним кінцем вільно пронизує осердя статора 5 і центрується в корпусі 4 віброприводу на підшипниках ковзання 11. Інший кінець труби 10 занурено у оброблювану воду. На зануреному у воду кінці пустотілої труби 10 закріплено виготовлені у формі конічної поверхні збурювачі кавітації 12 із отворами 13 для перетікання оброблюваної води, діаметр яких рівний амплітуді коливань якоря 9 віброприводу. Верхній кінець труби 10 жорстко з'єднано із пружною мембраною 14, яку герметично защемлено між корпусом 4 віброприводу та корпусом 15 повітрязбірника. Замкнутий корпус 15 повітрязбірника з одного боку обмежено пружною мембраною 14, а з іншого в ньому розміщено кульковий впускний клапан 16 із з'єднанням з атмосферою конічним отвором 17, підпружиненою пружиною 18 розміщеною в конічному отворі кулькою 19 та регулювальним гвинтом 20. Аналогічний випускний клапан 21 розміщено всередині корпусу 15 повітрязбірника над мембраною 14 і

з'єднано із трубою 10. Таким чином, система подачі повітря включає встановлений на корпусі 15 повітрязбірника впускний клапан 16, мембрану 14 приводу коливних рухів, випускний клапан 21 та занурену в оброблювану воду пустотілу трубу 10. Її впускний клапан 16 з'єднано із атмосферою, випускний 21 -- із трубою 10 і через її внутрішній отвір із оброблюваною водою. Електроживлення на обмотку котушки 7 подається від встановленого на платформі 2 акумулятора 22 із тиристорною схемою керування частотою живлення електромагніту (АБ) та перетворювачем постійного струму на змінний (Пр), підзарядку якого періодично здійснюють або від стаціонарного зарядного пристрою, або від сонячної батареї (на рис.1 не відображені). Для розміщення платформи 2 в належному для обробки води місці водойми служить кріпильний якір 24, який утримується за дно водойми, а в разі потреби за допомогою кріпильної линви 25, намотаної на бобіну 23, піднімається на платформу 2. Від потрапляння сторонніх предметів, намулу та бруду нижній кінець опущеної у воду труби 10 із конічними збурювачами кавітації 12 захищено захисною сіткою 26.

Робота вібраційного кавітатора для знезараження та аерації води відкритих водойм здійснюється наступним чином. Наповнюють повітрям пневмобалон 1 до набуття платформою 2 плавучості і за допомогою плавального засобу відтранспортовують її до потрібної ділянки водойми із біологічно забрудненою чи збідненою на розчинений кисень водою. За допомогою опущеного на дно водойми кріпильного якоря 24 встановлюють платформу 2 в необхідному місці водойми і подають змінну напругу на обмотки котушки 7 віброприводу кавітатора. При подачі напруги на обмотку котушки 7 намагнічується листове залізо статора 5 і електромагніт, долаючи опір пружних елементів 8, притягує до статора 5 якір електромагніта 9. Разом із якорем 9 в напрямних підшипника ковзання 11 переміщаються вгору жорстко з'єднані з якорем труба 10, конічні збурювачі кавітації 12, мембрана 14 та впускний клапан 21.

При від'ємному значенні синусоїди перемінної напруги живлення обмотки котушки 7 під дією сил пружності пружних елементів 8 якір 9 відштовхується від статора 5 і переміщається у крайнє нижнє положення.

Як і при русі вгору, разом із якорем 9 переміщаються жорстко з'єднані з ним труба 10, конічні збурювачі кавітації 12, мембрана 14 та впускний клапан 21. При наступному циклі змінної напруги вказаний цикл зворотно-поступальних переміщень якоря 9 повторюється знову, утворюючи таким чином двомасну коливну систему або, так званий, вібропривід. Меншою за обсягом першою коливною робочою масою тут постають якір 9, труба 10, конічні збурювачі кавітації 12 та впускний клапан 21, другою масивною реактивною масою – платформа 2 із розміщеними на ній бобіною 23, акумулятором 22, корпусами віброприводу 4 та повітрязбірника 15, статором 5 із котушкою обмотки 7. Пружною системою, що з'єднує ці дві коливні маси, є пружні елементи 8, жорсткість яких для мінімальних енерговтрат розраховано на резонансний режим роботи. Частота коливань коливних мас віброприводу співпадає із частотою змінної напруги живлення, а амплітуда коливань обумовлена співвідношенням коливних мас, зазором між якорем 9 та статором 5

віброприводу та жорсткістю пружної системи 8. Амплітуду коливань робочої маси, куди входять і конічні збудовачі кавітації 12, призначають із діапазону 2—2,5 мм. При цьому, при русі якоря 9 і з'єднаної з ним труби 10 вниз, разом з ними в крайнє нижнє положення переміщається і прикріплена до труби 10 середня частина мембрани 14 повітрозабірника 15. Всередині корпусу повітрозабірника 15 утворюється розрідження, під дією якого через впускний кульковий клапан 16 в повітрозабірник 15 із атмосфери всмоктується певна порція повітря. При русі якоря 9, труби 10 і мембрани 14 вверх підпружинена пружиною 18 кулька 19 впускного клапана 16 перекриває впускний отвір 17. Всередині корпусу повітрозабірника 15 утворюється

надлишковий тиск, під дією якого повітря, долаючи опір клапанної пружини 18 впускного клапана 21, переміщає кульку 19, відкриваючи тим самим впускний отвір клапана. Певна порція повітря проникає всередину впускного клапана 21, а з нього у внутрішню порожнину труби 10. Оскільки рекомендована частота коливань якоря 9 віброприводу знаходиться в межах 50 – 100 Гц, із такою ж частотою в трубу 10 з атмосфери напompовується повітря, трансформуючись у направлений повітряний струмінь, який через трубу 10 заpомповується в оброблювану воду в робочу зону, де розміщені конічні збудовачі кавітації 12.

Конічні збудовачі кавітації 12 жорстко з'єднані із трубою 10 і її вертикальні коливання передаються їм. Гострі кромки отворів 13 в конічній поверхні збудовачів кавітації 12 із швидкістю $V=2 A f = (2 \div 5) \text{ м/с}$, де $A=2 \div 2,5 \text{ мм}$ – амплітуда, $f=50 - 100 \text{ Гц}$ – частота їх коливань, перетинають потік оброблюваної води, збудовуючи в ній кавітацію, яка супроводжується інтенсивним зародженням та подальшим схлопуванням у воді великої кількості кавітаційних мікробульбашок. Схлопування мікробульбашок супроводжується інтенсивним формуванням сферичних імпульсних ударних мікрохвиль, утворенням хімічно активних радикалів гідроксилу $\text{OH}^\cdot$ та пероксиду водню, взаємодія яких із наявними у воді шкідливими мікроорганізмами приводить до втрати клітинами репродуктивної здатності, до їх руйнування. Під дією інтенсивного кавітаційного поля відбувається значне руйнування оболонки клітини, яка стає рихлою, втрачає чіткість контурів, між собою клітини немов би склеюються. При цьому проходить зміна цитоплазми клітини, внаслідок чого відбувається її дегенерація, яка супроводжується перетворенням осібних клітин у безформні скупчення. «Це може бути викликано прискоренням транспортування реагентів у клітину, окисненням білків цитоплазми речовинами, що утворюються в кавітаційному

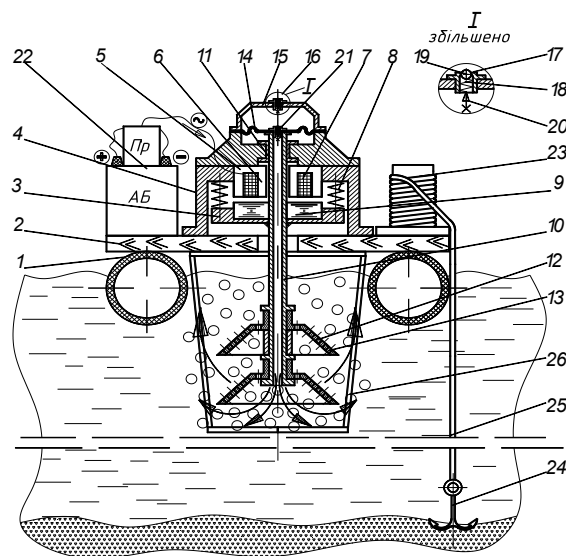


Рис. Принципова схема вібраційного кавітатора для знезараження та аерації води

полі, механічним руйнуванням оболонки клітини внаслідок підвищення чутливості озвучених організмів» [1].

Як наслідок, відбувається знезараження води, її освітлення, а завдяки супроводжувачому кавітаційну обробку насиченню води киснем, і покращення її споживчих властивостей.

Як і в результаті інтенсивного впливу на воду магнітного поля, вплив на неї кавітаційного поля супроводжується змінами в електронній структурі молекул води завдяки збільшенню рухливості молекул води, а отже, і послабленню енергії водневих зв'язків між ними. В усіх цих випадках, завдяки потужному енергетичному впливу на воду формується нова її структура, в якій міститься переважна більшість молекул у вільному (незв'язаному) стані. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність, яка і є показником її засвоюваності живими організмами. Саме цим пояснюється відчутне покращення якості та споживчих властивостей обробленої кавітаційним полем води.

Однак, на відміну впливу магнітному, кавітаційному полю притаманна активна знезаражувальна дія внаслідок впливу на шкідливі мікроорганізми імпульсних ударних мікрохвиль, що супроводжують сплескування кавітаційних мікробульбашок. Адже кавітаційний процес в рідинах супроводжується одночасним потрійним впливом на оброблюване середовище, а саме механічним, який проявляється імпульсними ударними хвилями, фізичним, якому притаманне миттєве формування у мікроскопічних об'ємах рідини потужних іскрових мікророзрядів та супроводжуваних їх магнітних полів, та хімічним, якому властиве, із поміж цілого ряду інших проявів, утворення у водному середовищі хімічно активних радикалів $\text{OH}^\cdot$. Всі три прояви впливів, що супроводжують кавітацію, на воду не є уособленими, а органічно поєднані між собою, що в кінцевому і забезпечує синергетичний ефект впливу кавітаційного поля на оброблюване середовище. Так, що інтенсивніша сформована кавітаційним полем ударна мікрохвиля, тим вищий ступінь електризації середовища, який проявляється у вищому рівні мікронапруг іскрових мікророзрядів, що вища напруженість електричного поля, то інтенсивніше утворення радикалів $\text{OH}^\cdot$, а отже і вища хімічна активність середовища. Своєю чергою, чим вища хімічна активність середовища, тим активніше вода набуває властивостей апротонного розчинника, які проявляються у подрібненні кластерних згруповань молекул води до стану мономолекул, у середовищі яких, завдяки послабленню сил міжмолекулярної взаємодії, розповсюдження ударних мікрохвиль відбувається значно інтенсивніше. Саме тому кавітаційним явищам властивий лавиноподібний прояв розповсюдження та розширення меж кавітаційного поля, який однак, по мірі віддалення від джерела збурення кавітації, нівелюється силами міжмолекулярних зв'язків рідини, силами її поверхневого натягу.

Тому, очевидно, і прояв кавітаційного впливу на воду багатогранний і не зрівняний із жодним з інших відомих фізичних чи хімічних впливів, і поряд із знезаражувальною дією проявляється у переструктуризації її молекулярного стану від неупорядкованого кластерного до мономолекулярного, наближаючи її

до структури славнозвісної «живої» води. Адже відомо, що саме у мономолекулярному стані вода найкраще засвоюється живими організмами.

Після завершення знезараження та аерації води на даній ділянці водойми вібропривід знеструмлюють, піднімають з дна водойми фіксуючий платформу 2 кріпильний якір 24 і відтранспортовують її до іншої ділянки водойми із забрудненою стоячою водою, де цикл знезараження води повторюють в описаній вище послідовності.

Продуктивність та якість знезаражувальної обробки води, при цьому, залежать від амплітуди та частоти коливань збурювачів кавітації 12, їх площі, кількості і площі розміщених на них перепускних отворів 13, кількості поданого в зону обробки повітрязбірником 15 повітря, потужності електромагніту приводу та часу обробки. Зміною цих параметрів і регулюють кількісні та якісні показники обробки води, тобто ступені її знезараження та аерації. Так при амплітуді $A = 2$ мм, частоті $f = 50$ Гц коливань, площі кожного з двох збурювачів кавітації $S_k = 0,05\text{ м}^2$, площі кавітаційних отворів кожного з них $S_0 = 0,01\text{ м}^2$ щохвилини крізь них перепомповується біля 100 літрів води, забезпечуючи при цьому загальну продуктивність знезараження в межах $6\text{ м}^3/\text{год}$. При збільшенні тиристорною схемою керування частоти живлення електромагніту до 100 Гц вона зростає до $8 - 10\text{ м}^3/\text{год}$.

Перевагами даного віброкавітатора для знезараження та аерації води відкритих водойм порівняно із відомими є:

- висока продуктивність, придатність для обробки значних обсягів води, в тому числі і на відкритих водоймах, завдяки наявності великої кількості перепускних кавітаційних отворів на поверхні збурювачів кавітації, перетікання крізь які із високою швидкістю води сприяє формуванню інтенсивного кавітаційного поля;

- незалежна і одночасна із коливаннями конічних збурювачів кавітації високопродуктивна подача повітря в зону обробки забезпечує насичення оброблюваної води розчиненим повітрям та киснем, мікропухирці яких не тільки постають зародками кавітації, а і здійснюють аерацію води;

- завдяки відсутності в запропонованому кавітаторі обертових та перетворюючих механізмів, автономного обладнання для подачі в зону обробки повітря він не тільки надійніший та довговічніший від відомих, а і значно енергоощадніший, а отже, і економічніший.

6. Висновки

Забруднення цитобактеріями відкритих водойм риборозплідних господарств може супроводжуватись не тільки економічними втратами від захворювань та літніх заморів риби, а і таїть небезпеку для здоров'я людей. Враховуючи, що хімічні методи біологічного знезараження води через небезпеку затруєння риби тут малопридатні, крен у пошуку ефективних методів інактивації забрудненої цитобактеріями води доречно здійснити в бік фізичних методів знешкодження патогенної мікрофлори води.

Вібраційний кавітарор для знезараження та аерації води відкритих водойм, завдяки збуренню інтенсивного кавітаційного поля у супроводі активної подачі в зону обробки води повітря, не тільки забезпечує її очищення від шкідливих

мікроорганізмів, а і підвищення якості та споживчих властивостей води, сприяючи тим самим росту риби. Можливості використання кавітарора не обмежуються виключно риборозплідними водоймами, а із не меншою ефективністю можуть бути розповсюдженими для вирощування та відгодовування чутливих до якості води птиці, пушних звірів, молоді тваринництва.

Перспективними видаються і подальші більш ґрунтовні дослідження можливостей застосування віброкавітатора і для водопідготовки переробних сільськогосподарських підприємств, де якість використовуваної води не менш вагомий за якість продуктів чинник і тільки вдале поєднання цих двох складових регламентує, в кінцевому, високі споживчі властивості готового продукту.

Список літератури: 1. *Вітенько Т.М.* Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія / Т.М. Вітенько. – Тернопіль, в-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 224с. 2. *Вітенько Т.М.* Механізм та кінетичні закономірності інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у хіміко-технологічних процесах. Дис. на здоб. наук. ступ. док. техн. наук, -- Львів, 2010. 3. *Jyoti K.K.* Effect of cavitation on chemical disinfection efficiency. / Jyoti K.K., Pandit A.B. // Wat. Res., 38, 2004a, P. 2249—2258

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК [613. 292 : 664.144] : 796.077. 2

Н.В. ПРИТУЛЬСЬКА, докт. техн. наук, проф., зав.каф., Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

Л. І. СЕНОГОНОВА, канд. техн. наук, доц., Луганський національний університет ім. Т. Шевченка, Луганськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЦУКЕРОК ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ

Представлені результати досліджень фізико-хімічних показників якості цукерок для спортсменів «Енергія спорту», «Імпульс» і «Драйв», збагачених біологічно активними речовинами. Встановлено, що за фізико-хімічними показниками вони є цілком безпечними та придатними для споживання спортсменами різних видів спорту.

Ключові слова: цукерки для спортсменів, фізико-хімічні показники якості, безпечність.

Представлены результаты исследований физико-химических показателей качества конфет для спортсменов «Энергия спорта», «Импульс» и «Драйв», обогащенных биологически активными веществами. Установлено, что по физико-химическим показателям они являются полностью безопасными и пригодными для потребления спортсменами разных видов спорта.

Ключевые слова: конфеты для спортсменов, физико-химические показатели качества, безопасность.

The results of researches of physical and chemical indexes of quality of candies are presented for sportsmen «sport Energy», «Impulse» and «Drive», enriched bioactive matters. It is set that on physical and chemical indexes they are fully the safe and suitable for a consumption sportsmen of different types of sport.

Keywords: candies for sportsmen, physical and chemical indexes of quality, safety.

1. Вступ

Головним завданням вітчизняної харчової індустрії є швидке насичення товарного ринку країни новими, високоякісними і безпечними функціональними

продуктами, здатними збалансувати і упорядкувати структуру харчування, а також забезпечити проведення низки цілеспрямованих заходів щодо широкомасштабної профілактики здоров'я населення країни.

При підвищених фізичних навантаженнях спортсменів захисні системи їх організму не завжди можуть адекватно відповідати на стрес, в результаті різко підвищується ризик розвитку порушень в роботі систем і органів.

Постановка проблеми

Вирішити проблему відносного харчового дефіциту в умовах напружених тренувальних та змагальних навантажень можна за рахунок організації особливого режиму харчування і використання продуктів підвищеної біологічної цінності та функціональних продуктів для спортсменів збагачених необхідними для організму спортсменів нутрієнтами, як правило, із сировини природного походження, які дозволять підтримувати або швидко відновлювати функціональний стан спортсмена та забезпечувати організм необхідними нутрієнтами.

У зв'язку з цим, актуальними стають дослідження нових спеціальних продуктів для спортсменів.

У той же час технологія застосування функціональних інгредієнтів, що входять до складу спеціальних продуктів, повинна забезпечувати безпечність і споживні властивості готової продукції.

Аналіз останніх досліджень

Дослідження в сфері створення нових і удосконалення сучасних технологій виробництва харчових функціональних продуктів в спортивній практиці широко відображені в наукових працях багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених як Яковлев М.М., Покровський О.О., Рогозкін В.О., Пшендін А.І., Полієвський С.А., Рогов І.О., Смоляр В.І., Португалов С.Н., Кулінінков О.С., Волков М.І., Смульський В.М., Олейник В.І., Суздальський Р.С., Тутельян В.О., Coleman E., Lemon P., Wilmore J., Williams M. і ін.

Широким визначенням користується теорія збалансованого харчування здорової людини та її корекція стосовно спортсменів, розроблена О.О. Покровським. Вона є відправним пунктом для дослідників, які є відправним пунктом для спортсменів, які працюють у цій галузі та вносять свої корективи з урахуванням конкретних обсягів, характеру та інтенсивності фізичних і нервово-емоційних навантажень спортсменів так, щоб добовим енерговитратам відповідало адекватне відшкодування енергії з їжею.

Дослідники в галузі спортивного харчування Н.І. Волков і В.І. Олейніков виділяють п'ять основних принципів базового харчування спортсменів – адекватність, повноцінність, збалансованість, насиченість, індивідуалізація у споживанні харчових продуктів.

Формулювання цілей статті

Вирішення проблеми раціонального застосування сучасних високоефективних ергогенних засобів і методів, які не заборонені у практиці підготовки спортсменів високого рівня, неможливе без проведення наукових досліджень. Вони мають бути спрямовані на розробку та апробацію цих засобів для спортсменів високої кваліфікації з урахуванням індивідуальних особливостей

організму, специфіки виду спорту та періоду підготовки. Популярність і доступність цукристих кондитерських виробів серед споживачів зумовило обрати їх об'єктом збагачення й дослідження.

Таким чином, слід підкреслити, що проблема створення харчових функціональних продуктів в спортивній практиці залишається актуальною, своєчасною та перспективною і передбачає подальші дослідження в даному науковому напрямку.

Основний матеріал

Враховуючи велику актуальність та практичну значимість натуральних продуктів з високим ерогенним ефектом, особливо у спорті вищих досягнень, за допомогою математичного моделювання, з урахуванням вимог спортивної нутриціології, використовуючи результати дегустаційної оцінки готових виробів науковцями Київського національного торговельно-економічного університету, сумісно з науковцями Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, виробничого підприємства ТОВ «Сергієс», (м. Луганськ) і лабораторії ерогенних чинників у спорті Державного науково -

дослідного інституту фізичної культури і спорту розроблений і затверджений в установленому порядку комплекс технічної документації, який включає технічні умови «Цукерки для спортсменів» і технічні інструкції на виробництво розроблених продуктів, виготовлено дослідні та виробничі партії нових видів цукерок для спортсменів [1-6].

Цукерки із функціональною композицією «Імпульс», до складу якої включені порошок кореня левзеї сафлоровидної, L-Карнітину, чорний харчовий альбумін, комплекс вітамінів, рекомендовано використовувати в спортивній практиці для спортсменів з переважним проявом витривалості.

Цукерки «Енергія спорту» розраховані для спортсменів швидко - силових видів спорту, їх рецептура включає родзинки, курагу, горіхи, фруктозу, чорний харчовий альбумін, бурштинову кислоту, екстракт гуарани, моногідрат креатину, вітаміни А і Е.

Цукерки із функціональною композицією «Драйв», до складу якої включені сухий екстракт гінкго дволопатевого, таурину, сухий екстракт плодів глоду, сухий екстракт кропиви собачої розраховані для спортсменів швидко - силових видів спорту. Доцільно визначити їхню безпечність, що і є метою цієї роботи.

Одним з існуючих чинників конкурентоспроможності кондитерських виробів є термін їх придатності, який у свою чергу залежить від якості використовуваної сировини, технологічного устаткування, санітарного стану виробництва, умов зберігання і упаковки.

Для забезпечення безпечності цукерок необхідне підтвердження їх відповідності вимогам нормативної документації за фізико-хімічними показниками впродовж всього терміну придатності.

З метою визначення гарантованого терміну зберігання нових цукерок для спортсменів експериментальні дослідження проводилися свіжо виготовлених виробів потім на 30, 60, 90, 120, 180 та 240 добу зберігання з використанням

стандартизованих методик та загально прийнятих методів математико-статистичної обробки результатів.

Зразки зберігали при температурі від 15 до 21° С та відносній вологості повітря 75 %. з постійним контролем в продовж експерименту. Відбирання проб для випробувань здійснювали за ДСТУ 4619 [7]. Дослідження проводили у 5-ти кратній повторюваності.

У таблиці 1 наведено результати фізико-хімічних показників якості цукерок для спортсменів, на відповідність вимогам ТУ У 15.8-07725131-004:2009 «Продукти для спеціального дієтичного споживання. Цукерки для спортсменів».

Аналізуючи результати досліджень фізико-хімічних показників якості цукерок для спортсменів, наведених у таблиці 1, слід відмітити, що масова частка жиру цукерок «Енергія спорту» становить $15,9 \pm 0,08$ %, яке знаходиться в інтервалі $15,27 \pm 3,0$ встановленому нормативною документацією.

Масова частка жиру цукерок «Імпульс» становить $15,3 \pm 0,01$ %, що відповідає вимогам $15,29 \pm 3,0\%$, встановленим нормативною документацією. Вміст жиру у цукерках «Драйв» становить 16,5%, що знаходиться в межах інтервалу $16,21 \pm 3,0\%$, відповідно до вимог нормативної документації.

Таблиця. Фізико-хімічні показники якості контрольних та дослідних зразків цукерок (за ТУ- ми)

Показник	Контроль (фактично)	Цукерки для спортсменів					
		«Енергія спорту»		«Імпульс»		«Драйв»	
		Вимоги за НД	Фактич но	Вимог и за НД	Фактич но	Вимоги за НД	Фактич но
Масова частка жиру, %	$15,07 \pm 3,03$	$15,27 \pm 3,0$	$15,9 \pm 0,08$	$15,29 \pm 3,0$	$15,3 \pm 0,01$	$16,21 \pm 3,0$	$16,5 \pm 0,02$
Масова частка вологи (корпус), %	$12,05 \pm 0,02$	не більше 11,9	$11,83 \pm 0,04$	не більше 12,6	$12,4 \pm 0,01$	не більше 14,9	$14,8 \pm 0,03$
Масова частка глазури, %, %	$20,5 \pm 0,08$	$20,0 \pm 2$	$21,8 \pm 0,004$	$20,0 \pm 2$	$21,6 \pm 0,004$	$20,0 \pm 2$	$22,0 \pm 0,004$
Масова частка золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %	$0,08 \pm 0,03$	не більше 0,1	$0,085 \pm 0,03$	не більше 0,1	$0,081 \pm 0,036$	не більше 0,1	$0,088 \pm 0,034$

Масова частка вологи цукерок «Енергія спорту» становить $11,83 \pm 0,04$ %, відхилення у порівнянні з верхньою межею (11,9%) складає мінус 0,07%, тобто не перевищує вимоги ТУ.

Вміст води у цукерках «Імпульс» дорівнює $12,4 \pm 0,01\%$, відхилення від гранично допустимого вмісту складає мінус $0,2\%$, що відповідає вимогам ТУ.

Вміст води у цукерках «Драйв» становить $14,8 \pm 0,03\%$, відхилення мінус $0,1\%$, що також відповідає вимогам ТУ.

Масова частка глазури цукерок «Енергія спорту» становить $21,8 \pm 0,004\%$, «Імпульс» - $21,6 \pm 0,004\%$, «Драйв» - $22,0 \pm 0,004\%$, тобто лежить у нормативному інтервалі – від 18 до 22%.

Масова частка золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10%, цукерок «Енергія спорту» становить $0,085 \pm 0,03\%$, «Імпульс» - $0,081 \pm 0,036\%$, «Драйв» - $0,088 \pm 0,034\%$, що не перевищує обмеження нормативної документації.

Висновки

Таким чином, за результатами досліджень, можна зробити висновок, що за фізико-хімічними показниками нові цукерки для спортсменів є цілком безпечними та придатними для споживання протягом 4-х місяців гарантованого терміну зберігання.

Отримані результати досліджень свідчать, що рівень безпечності досліджуваних зразків є досить високим, що підтверджує доцільність їх виробництва з метою насичення ринку України біологічно цінними харчовими продуктами для спортсменів.

Нові продукти спеціального дієтичного споживання, а саме, цукерки, збагачені функціональними композиціями, рекомендовано використовувати в практиці спорту для додаткового харчування спортсменів в період важких фізичних та розумових навантажень, особливо при нераціональному (незбалансованому) харчуванні та при несприятливих кліматичних умовах (високогір'я, нестачі кисню, зміни часових поясів, екологічному забрудненні навколишнього середовища тощо) для підвищення працездатності і витривалості конгресу [8].

Список літератури: 1. Пат. 37834 Україна, МПК (2006), A23G 3/34. Композиція «Імпульс» для функціональних продуктів спортивного харчування / Притульська Н.В., Коваль І.В., Сєногонова Л.І.; заявники та патентовласники: Притульська Н.В., Коваль І.В., Сєногонова Л.І. – № u200808843; заявл. 04.07.2008; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23. 2. Пат. 37835 Україна, МПК (2006), A23L 1/302. Композиція «Енергія спорту» для функціональних продуктів спортивного харчування / Притульська Н.В., Коваль І.В., Сєногонова Л.І.; заявники та патенто-власники: Притульська Н.В., Коваль І.В., Сєногонова Л.І. – № u200808856; заявл. 07.07.2008; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23. 3. Пат. 39053 Україна, МПК (2009), A23 L 2/00. Композиція «Драйв» для збагачення функціональних продуктів спортивного харчування / Притульська Н.В., Коваль І.В., Сєногонова Л.І., заявники та патентовласники: Притульська Н.В., Коваль І.В., Сєногонова Л.І. – № u200811836; заявл. 06.10.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 23; 4. Пат. 45536 Україна, МПК (2009), A23G 3/00. «Цукерки для спортсменів «Енергія спорту». / Притульська Н.В., Сєногонова Л.І.; заявники та патентовласники: Притульська Н.В., Сєногонова Л.І. – № u200906672; заявл. 25.06.2009; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21. 5. Пат. 46204 Україна, МПК (2009), A23G 3/00. «Цукерки для спортсменів «Імпульс» / Притульська Н.В., Сєногонова Л.І.; заявники та патентовласники: Притульська Н.В., Сєногонова Л.І. – № 200906671; заявл. 25.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. 6. Пат. 46203 України, МПК (2009), A23G 3/00. «Цукерки для спортсменів «Драйв» / Притульська Н.В., Сєногонова Л.І.; заявники та патентовласники: Притульська Н.В., Сєногонова Л.І. – № u200906670; заявл. 25.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. 7. ДСТУ 4619:2006. Вироби кондитерські. Правила приймання, методи відбору та підготовки проб – К.:

Держспоживстандарт України, 2007. – 21 с. **8.** *Сєногонова Л.І., Коваль І.В., Вдовенко Н.В.* Функціональні композиції спеціалізованих продуктів харчування спортсменів // Тези допов. XIV міжнар. наук. конгресу [«Сучасний олімпійський спорт і спорт для всіх»] Київ. 5-8 жовтня 2010. – К.: Нац. ун-т фіз. вихов. і спорту, 2010. – С. 579–580.

Поступила в редколлегию 02.11.2011

УДК 577.4:658.382.3:628.31

Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, док. техн. наук., проф., НТУ «ХПИ», Харьков
В.В. БЕРЕЗУЦКИЙ, док. техн. наук., проф., НТУ «ХПИ», Харьков

ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОР ФРАКЦИОНИРОВАННОГО КОАГУЛИРОВАНИЯ

У статті приводиться короткий аналіз існуючих конструкцій апаратів (електрокоагуляторів) призначених для витягання з водних середовищ різних інгредієнтів і, на підставі цього, запропонований новий тип електрокоагулятора, в якому реалізовані теорія фракціонованої коагуляції і електрохімічного очищення води, які забезпечують ефективне вилучення домішок і зниження енерговитрат.

Ключові слова: Аналіз, апарати, електрокоагулятори, водні середовища, інгредієнти, фракціонована коагуляція, зниження енерговитрат.

В статье приводится краткий анализ существующих конструкций аппаратов (электрокоагуляторов) предназначенных для извлечения из водных сред различных ингредиентов и, на основании этого, предложен новый тип электрокоагулятора, в котором реализованы теория фракционированного коагулирования и электрохимической очистки воды, которые обеспечивают эффективное извлечение примесей и снижение энергозатрат.

Ключевые слова: Анализ, аппараты, электрокоагуляторы, водные среды, ингредиенты, фракционированное коагулирование, снижение энергозатрат.

In the article the short analysis of existent constructions of vehicles (electrocoagulators) is presented intended for extraction from the water environments of different ingredients and, on the basis of it, the new type of electrocoagulator, in which realized theory of fractionating coagulation and electrocleaning waters which provide effektivnoe extraction of admixtures and decline energo expenses is offered.

Keywords: Analysis, vehicles, electrocoagulators, water environments, ingredients, fractionating coagulation, decline energoexpenses.

Известно большое разнообразие электрохимических аппаратов и устройств, для очистки вод от примесей [1-4]. Известные конструкции и способы очистки не могут обеспечить высокоэффективное удаление примесей коллоидной степени дисперсности из воды, которые стабилизированы эмульгаторами. К таким категориям вод можно отнести промышленные эмульсии. Основным недостатком предлагаемых конструкций является то, что очищаемая жидкость подается непосредственно в камеру, где установлены электроды, что вызывает отложение масляной пленки на поверхности электродов, загрязнение электродного блока и ухудшает эффективность очистки. С целью повышения эффективности и снижения степени пассивации электродов электродные блоки конструктивно усложняются, что затрудняет их обслуживание и ремонт. С этой же целью повышения эффективности процесса очистки, исследователи применяют

электродные пластины различной геометрической формы при разном расположении относительно друг друга катодов и анодов и т.п. Все это не решает проблему создания высокоэффективного электрокоагуляционного аппарата. Перспективными являются конструкции электрокоагуляторов с отдельным вводом электролита и очищаемой воды [5,6].

На рисунке представлена схема универсального электрокоагулятора под условным названием «ЭКОС» (общий вид).

Нами был разработан принципиально новый аппарат, в котором получило развитие идея отдельного ввода очищаемой воды и электролита, но на более высоком уровне. Новая конструкция аппарата позволила разработать новый способ (фракционированного коагулирования) и технологию электрохимической очистки.

Электрокоагулятор включает реакторную камеру 4 с поперечными перегородками 5, в которых выполнены потоконаправляющие отверстия 6 (диаметр отверстий зависит от заданной производительности устройства) и пеноотводящим желобом 13; щелевидный канал 3, соединяющий реакторную камеру 4 с отсеком 1, в котором расположены электродные пластины 2.

Под электродными пластинами 2 расположено распределительное устройство 10 ввода воды (электролита), выполненное в виде перфорированных по длине трубок. В реакторной камере расположены пат рубки ввода 7 и вывода очищаемой воды 9, а также патрубки отвода образующегося осадка 15, опорожнения камеры 12 и отсека с электродами 11. Для поддержания постоянного уровня, вода отводится через карман 8. Сдувание пены с поверхности жидкости в аппарате организовывается через трубу 14 с перфорацией по ее боковым поверхностям. Образующиеся электролизные газы удаляются из рабочей зоны с помощью вытяжного устройства 16.

Устройство работает следующим образом. До начала очистки, отсек 1 и реакторная камера 4 заполняются электролитом, после чего к электродам подводится напряжение, а через 5 мин. после подачи напряжения, включают подачу воды на очистку в реакторную камеру 4 через патрубков 7. Жидкость, через патрубков 7 попадает в первый отсек, образованный стенками реакторной камеры 4 и поперечными перегородками 5 (количество перегородок обычно 3 - 4). Из первого отсека очищаемая вода через потоко-направляющие отверстия 6 в перегородке 5 поступает в следующий отсек и так далее. При этом поток очищаемой воды n-1 раз пересекает плоский, вертикально восходящий из

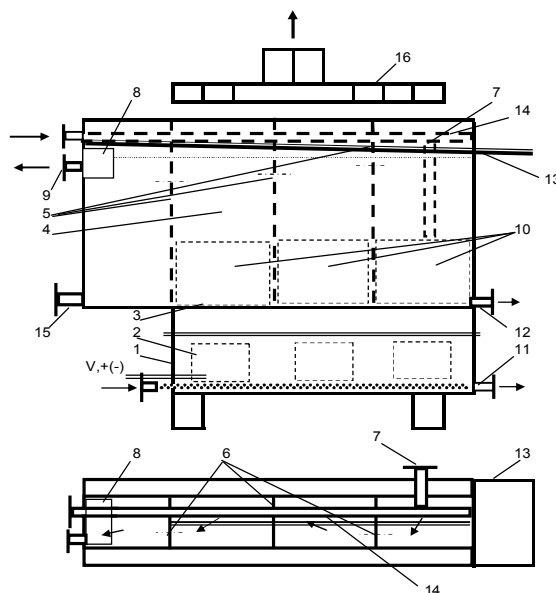


Рис. Электрокоагулятор фракционированного типа

электродного отсека 1 через щелевидный канал 3, поток газовых пузырьков с коагулянтom и электролитом.

Газовые пузырьки с коагулянтom образуются в результате процесса электролиза растворимых металлических электродов 2, количество которых определяется по известному выражению Фарадея [7]. Попадая в реакторную камеру 4, через щелевидный канал 3, частицы электрогенерированного коагулянта (в виде гидроксидов или оксигидратов металла) коагулируют загрязняющую воду дисперсную фазу, при этом образуются агрегаты соединений, которые флотируются пузырьками газа (водорода и кислорода) и потоком электролита вверх в пенный слой на поверхность жидкости, который по мере его накопления отводится из устройства с помощью пеноотводящего желоба 13 и пеносдувной трубки 14. Соединения, выпавшие в осадок, удаляются из аппарата через отводящий патрубок 15, патрубки опорожнения 11 и 12. Очищенная вода удаляется через карман 8 и патрубок 9. Выделившиеся электролизные газы отводятся из рабочей зоны устройства с помощью вытяжного устройства 16. Основным показателем, определяющим эффективность очистки и производительность устройства, является концентрация электрогенерированного коагулянта и время коагуляции. Концентрация электрогенерированного коагулянта зависит от времени электролиза и величины электрического тока (при условии выполнения электродов из однородных металлов). Величина электрического тока, в свою очередь, будет определяться коэффициентом выхода металла с поверхности электродных пластин, который зависит от числа Рейнольдса потока жидкости в межэлектродном пространстве, т.е. от гидродинамических особенностей потока жидкости в межэлектродных пространствах, что определяет скорость отвода продуктов анодного растворения от поверхности электродов. Это определяет необходимость создания наиболее благоприятных условий для эвакуации коагулянта из электродного блока, расположенного в отсеке под реакторной камерой. Увеличение скорости потока электролита между электродами способствует уменьшению концентрационной поляризации и напряжения.

Время от образования электрогенерированного коагулянта до его укрупнения и коагулирования мало по сравнению со временем полной коагуляции частиц загрязнений. Поэтому не целесообразно удалять реакторную камеру на значительное расстояние от электродов. Для увеличения эффективности процесса коагуляции необходимо выполнение условия $C_k = f(C_3)$, где C_k - концентрация электрогенерированного коагулянта в единице объема потока жидкости выходящего из отсека с электродами, кг/м^3 ; C_3 - концентрация загрязнений в единице потока очищаемой воды, кг/м^3 . При решении этой задачи в проточных электрофлотокоагуляторах необходимо варьировать расходом сточной воды, подаваемой на очистку и электролита, поступающего в реакторную камеру из отсека с электродами, или оставляя постоянными расходы изменять концентрацию электрогенерированного коагулянта, вырабатываемого в процессе электролиза в электродном отсеке. Необходимо при этом учитывать, что повышение концентрации коагулянта в потоке связано с увеличением затрат электроэнергии.

Вывод: разработан новый тип электрокоагулятора, в котором реализованы теория фракционированного коагулирования и электрохимической очистки воды, которые обеспечивают эффективное извлечение примесей и снижение энергозатрат.

Список литературы: 1. А.с. № 819064 СССР, МКИ С02F 1/46. Способ очистки сточных вод от масел / Гладкий А.И., Сокол Е.Я., Журков В.С., Сергеев В.Т. (СССР). – № 2556551/29-26; заявл.20.12.77; опубл.07.04.81, Бюл. №13. 2. А.с.№ 703511 СССР, МКИ С02С 5/04; С02С 5/12. Способ очистки сточных вод / Будиловский О.Я., Будрис Р.П., Добровольская П.П., Рыскин Е.Я. (СССР). – № 2567458/23-26; заявл.09.01.78; опубл. 15.12.79, Бюл.№ 46. –2с. 3. А.С.№ 1183457 СССР, МКИ С 02 F1/46. Аппарат для очистки жидкостей /Дмитриев В.Д., Новолавровский М.Б., Суслова И.А., Шапченко С.В. (СССР). – №3664257/23-26; заявл. 22.07.83; опубл. 07.10.85, Бюл.№37.– 2с. 4. А.с. № 1815937 А1 СССР, МКИ С02 F1/463. Устройство для электрохимической очистки сточных вод / Березуцкий В.В., Древалъ А.Н., Есаулов С.М.(СССР). – №4344407/26; заявл. 15.12.87; Т. –2с.5. *Березуцкий В.В.* Аппарат для электрохимической очистки сточных вод Пат. №1691319 Российской федерации. МКИ С02 F 1/463, №4452193/26; заявл. 04.07.88; опубл.15.11.91 Бюл. №42. 6. Апарат електрохімічного очищення стічних вод Патент на корисну модель №17651 / Березуцький В.В., Максименко О.А.; заявл. 07.03.2006 р. Надрук. 16.10.2006. Бюл. № 10.2006. 7. *Березуцький В.В.* Обеспечение безопасности при применении водных технологических эмульсий и растворов на производствах в металлообрабатывающих технологиях / В.В. Березуцкий – Харьков.: Факт, 2009 – 400 с.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 504.06 : 656.13

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

МЕТОДИКА ЕКСЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ ВИДІВ ПАЛИВА

В статті запропоновано методику ексергетичного аналізу технологічних процесів при розподілі енергії всіх видів для різних типів двигунів, яка погоджує технологічну схему процесу перетворення енергії (матеріальні потоки) з потоками енергії (ексергії) всіх форм.

Ключові слова: аналіз, технологічні процеси, паливо, ексергія.

В статье предложено методику эксергетического анализа технологических процессов при распределении энергии всех видов для разных типов двигателей, которая согласовывает технологическую схему процесса преобразования энергии (материальные потоки) с потоками энергии (эксергии) всех форм.

Ключевые слова: анализ, технологические процессы, топливо, эксергия.

In the article the method of exergy analysis of technological processes is offered at distributing of all kinds energy for the different types of engines, which coordinates the flow sheet of process of energy transformation (financial streams) with all forms energy streams (exergy).

Key words: analysis, technological processes, fuel, exergy.

1. Вступ

Органічне паливо, яке використовується в транспортних енергетичних установках являє собою складну хімічну речовину і принциповий підхід до

визначення його хімічної енергії й ексергії міг би бути таким же, якби був відомий його склад і характер зв'язків окремих елементів і груп.

Виділення в потоках енергії працездатної її частини (ексергії) дозволяє більш детально проаналізувати ефективність використання енергії різної якості в досліджуваному процесі, більш точно встановити місця й величини втрат ексергії на різних стадіях перетворення. Це дає можливість визначити крім енергетичного ще й ексергетичний ККД, що більш повно відбиває енергетичну досконалість перетворення енергії палива в механічну роботу.

2. Постановка завдання

Розробка методики ексергетичного аналізу розподілу енергії всіх видів для різних типів двигунів, яка може служити базою для вдосконалення основних вузлів та агрегатів при використанні різних видів палив.

3. Аналіз останніх досліджень

Зазначена проблематика відображена в роботах таких вчених та спеціалістів як: Кавтарадзе Д.М., Каніло П.М., Лаврик А.М., Абрамчук Ф.І., Куценко А.С., Лушпа А.І. та ін.

4. Формування цілей та викладення основного матеріалу

Повний енергобаланс технічної системи складається на підставі її матеріального балансу, даних хімічного аналізу, показань контрольно-вимірювальних приладів і спеціально організованих вимірів. Ступінь деталізації й точність розрахунку окремих його складових визначаються цілями й завданнями, які повинні бути досягнуті й вирішені з його допомогою. Найбільш складними для розрахунку є способи визначення значень хімічної енергії й ексергії.

Якщо стаття балансу являє собою чисту хімічну сполуку, то ці показники визначаються за значеннями хімічної енергії й ексергії елементів і простих речовин:

$$i_{x_z} = \sum_j m_j i_{x_j}^0 + \Delta H_z^0, \quad (1)$$

$$e_{x_z} = \sum_j m_j e_{x_j}^0 + \Delta G_z^0, \quad (2)$$

де $i_{x_j}^0$ й $e_{x_j}^0$ – відповідно хімічна енергія й ексергія j -го елемента (простої речовини), що входить до складу речовини z ;

m – кількість j -го елемента в молях;

ΔH_z^0 – стандартна теплота утворення, тобто зміна ентальпії при реакції утворення речовини z із простих речовин у стандартному стані;

ΔG_z^0 – стандартна вільна ентальпія (енергія Гіббса) утворення, тобто зміна ізобарного потенціалу при реакції утворення речовини z із простих речовин у стандартному стані.

В органічних видах палива за умов їх комплексного використання (рідких та газоподібних), як правило, неоднорідна структура. Тому згідно з (1), (2) i_z та e_z не можуть бути для них визначені, оскільки невідомі значення стандартної ентальпії й енергії Гіббса їх утворення.

Для розрахунку хімічної енергії палива використовуються такі загальновідомі його характеристики, як вища й нижча теплотворні здатності,

віднесені до горючої маси (Q^p, Q^c, Q^r), а також теплота згоряння ΔH_{cm}^0 . Для палив, які є чистими (однорідними) органічними речовинами, що не містять сірку й галогени, значення теплоти згоряння й вищої теплотворної здатності збігаються зі значенням хімічної енергії, тобто: $Q_o = \Delta H_{cm}^0 = i_x$. Якщо речовина містить у своєму складі елементи S, F, Cl, Br, I, які при згорянні утворюють енергетично знецінені сполуки, то його хімічна енергія буде відрізнятися від теплотворної здатності на величину хімічної енергії продукту згоряння всіх складових.

Для розрахунку хімічної ексергії можна використовувати спрощені засоби, засновані на відношенні ексергії до теплотворної здатності.

Формула для визначення хімічної ексергії рідкого палива, у молекулі якого втримується більше одного атома вуглецю, має вигляд:

$$e_x = 0,975 \cdot Q_o^p, \quad (3)$$

У випадку використання газоподібного палива, у молекулі якого втримується більше одного атома вуглецю, хімічна ексергії може бути знайдена за формулою:

$$e_x = 0,95 \cdot Q_o^p, \quad (4)$$

Зручні, але більш складні розрахункові формули для визначення значень хімічної ексергії технічних палив враховують такі загальновідомі якісні характеристики палив, як його зольність (A^p), вологість (W^p), вміст кисню (O^p) та ін.

Хімічна ексергія палив, що не є чистими сполуками, може бути оцінена на основі їх фізичних характеристик. З використанням цих характеристик, а також кореляційних відносин були оцінені середні молекулярні маси, вміст водню й виведена емпірична формула мазутів, бензинів, дизпалива. Потім розраховувалася хімічна ексергія розглянутого палива як чистої сполуки без урахування енергії Гіббса його утворення, оскільки дані свідчать про те, що для вуглеводнів це мала величина (<2%) відносно інших складових ексергії. Інакше кажучи, вуглеводневі палива можуть без великої помилки розглядатися як фізичні суміші вуглецю й водню.

Тому звичайно спеціальним аналізом визначається приблизно так званий раціональний склад досліджуваного матеріалу, при якому спрощено представляється як суміш складових його сполук. Тоді на основі значень хімічної енергії й ексергії елементів і сполук можна одержати характеристики для будь-якого матеріалу за допомогою формул:

$$i_x = \sum_j \nu_j i_{x_j}^0, \quad (5)$$

$$e_x = \sum_j \nu_j e_{x_j}^0, \quad (6)$$

де ν_j – частка j -го хімічного елемента або сполуки в розглянутому матеріалі.

В літературі наводяться значення хімічної енергії й ексергії 2000 найпоширеніших неорганічних і органічних сполук, які входять до складу різних палив.

Відомо, що ентальпія й ексергія теплового потоку, внесеного в систему або винесеного з неї з речовиною без урахування його кінетичної й потенційної енергії, зв'язані співвідношенням

$$i_q = (i_l - i_0) = [e_q + (s_0 - s_1)T_0] = e_q + b_q, \quad (7)$$

де i_l та i_0 – питома ентальпія речовини у початковому й кінцевому стані, відповідно параметрам навколишнього середовища ($p_0 = 0,101 \text{ МПа}$; $T_0 = 298,15 \text{ К}$);

s_1 та s_0 – питома ентропія речовини відповідно при тих же параметрах;

e_q та b_q – відповідно ексергія й енергія речовини.

Отже, для визначення енергії й ексергії речовини в потоці необхідно мати у своєму розпорядженні значення їх ентальпії й ентропії. Ці дані можуть бути отримані зі спеціальних таблиць і діаграм або обчислені приблизно за формулами, які наведено нижче.

Якщо є довідкові дані про функцію теплоємності розглянутої речовини для відповідного інтервалу температур, а також значення температур і теплот структурних і фазових його змін, ентальпія може бути розрахована за формулою:

$$i_q \approx q = \int_{T_0}^{T_{cm}} c_p^t(T) dT + \Delta H_{cm} + \int_{T_{cm}}^{T_{nl}} c_p^{tt}(T) dT + \Delta H_{nl} + \int_{T_{nl}}^{T_1} c_p^{ttt}(T) dT, \quad (8)$$

де $c_p^t(T)$, $c_p^{tt}(T)$, $c_p^{ttt}(T)$ – функції теплоємності розглянутої речовини для відповідного інтервалу температур;

ΔH_{cm} , ΔH_{nl} – теплота структурного перетворення;

T_{cm} , T_{nl} – відповідно температури структурного перетворення;

q – тепломісткість речовини при розрахунковій температурі.

Зміну ентропії в ізобарному процесі, у якому в загальному випадку можуть відбуватися структурні й фазові змін, при наявності зазначених вище вихідних даних можна знайти, використовуючи вираження:

$$\Delta s = s_1 - s_0 \approx \int_{T_0}^{T_{cm}} \frac{c_p^t}{T} dT + \frac{\Delta H_{cm}}{T_{cm}} + \int_{T_{cm}}^{T_{nl}} \frac{c_p^{tt}(T)}{T} dT + \frac{\Delta H_{nl}}{T_{nl}} + \int_{T_{nl}}^{T_1} \frac{c_p^{ttt}(T)}{T} dT, \quad (9)$$

Якщо для речовини, яка розглядається, відсутні функції теплоємності від температури, можна скористатися значеннями середньої теплоємності для відповідних інтервалів температури. У цьому випадку для підрахунку зміни ентальпії й ентропії речовини можна скористатися наступними рівняннями:

$$i_q = i_l - i_0 \approx q \cdot \bar{c}_p \cdot (T_1 - T_0), \quad (10)$$

та

$$\Delta s = \bar{c}_p \cdot \ln \frac{T_1}{T_0}, \quad (11)$$

де $\bar{c}_p$ – середня теплоємність речовини в шуканих інтервалах температури.

Під ексергією тепла, що утворюється в процесі згоряння палива з температурою T_1 , розуміється максимальна корисна робота, що може бути отримана за умови, що холодним джерелом є навколишнє середовище з температурою T_0 . Як відомо, така робота може бути отримана в оборотному

циклі Карно. При цьому величина ексергії при постійній температурі гарячого джерела дорівнює:

$$e_q = q \left(1 - \frac{T_1}{T_0} \right), \quad (12)$$

а у випадку змінної його температури:

$$e_q = q - T_0 \cdot \int_1^2 \frac{dq}{T} = q - T_0 \Delta s, \quad (13)$$

де Δs – зменшення ентропії гарячого джерела при переході зі стану 1 у стан 2.

З огляду на те, що ексергія не підкоряється закону збереження, при складанні балансу у видаткову частину вводяться величини втрат ексергії, що обумовлені термодинамічною необоротністю процесу. Зазначені втрати визначаються законом Гюї – Стодоли:

$$\delta E = T_0 \cdot \Delta S^*, \quad (14)$$

де δE – втрати ексергії, обумовлені необоротністю процесу;

ΔS^* – сумарне збільшення ентропії системи, включаючи всі речовини, що беруть участь у процесі.

У той же час дослідження процесів перетворення енергії та утворення шкідливих речовин на основі повного енергетичного балансу дозволяє при рішенні великого класу загальноенергетичних завдань, для яких не потрібен детальний аналіз цих втрат, позбутися цієї трудомісткої процедури. Сумарні втрати від необоротності в досліджуваному процесі можуть бути знайдені як різниця потоку ексергії вхідних і вихідних матеріальних та енергетичних потоків.

Повний енергобаланс дає картину розподілу енергії (ексергії) всіх видів для різних типів двигунів, фактичного її використання в цих об'єктах з урахуванням втрат на транспорт енергоресурсів. Така методика тісно погоджує технологічну схему процесу перетворення енергії (матеріальні потоки) з потоками енергії (ексергії) всіх форм, а тому вона може служити базою для вдосконалювання основних вузлів та агрегатів при використанні різних видів палив. Інформація такого роду корисна не тільки фахівцям, що займаються питаннями експлуатації, але й прогнозування потреби у тому чи іншому виді палива та його впливу на навколишнє середовище. Вона може підказати їм нові рішення по компонуванню устаткування, що призводять до зниження втрат енергії на транспорті, сприяти розробці комплексу заходів, що дозволяють підвищити ефективність функціонування систем «автомобіль-дорога-середовище» за рахунок раціонального сполучення транспортних потоків та окремих їх об'єктів – транспортних засобів.

Дослідження повних енергетичних балансів автотранспортних систем мають різні цілі, найважливішими з яких є:

- встановлення ефективності енерговикористання палива існуючою інфраструктурою;
- виявлення місць і причин виникнення невиправданих втрат енергії (ексергії) палива;
- розробка заходів, спрямованих на скорочення втрат і зниження негативного впливу на оточуюче середовище;

- формування науково обґрунтованих норм витрати енергоносіїв на транспортування продукції з урахуванням індексу шкідливих викидів, у тому числі парникових газів;

- дослідження граничних показників по енергоспоживанню й енерговикористанню при застосуванні традиційних технічних засобів та встановлення обмежень на викиди шкідливих речовин.

До числа найважливіших завдань, розв'язуваних на основі вивчення енергобалансу, відноситься встановлення рівня корисного використання енергії палива на транспортному засобі, тобто ККД.

Величини, що входять у повний енергобаланс, дозволяють визначити як енергетичний $\eta_{ен}$, так і ексергетичний $\eta_{екс}$ ККД досліджуваного типу ТЕУ. Принцип їх розрахунку однаковий: потрібно скласти відношення, у чисельник якого підставляється відповідний корисний ефект, а в знаменник – сумарні витрати енергії або ексергії, тобто:

$$\eta_{ен} = \frac{\sum I_{кор}}{\sum I_{випр}}, \quad (15)$$

$$\eta_{екс} = \frac{\sum E_{кор}}{E_{випр}}, \quad (16)$$

При розрахунку енергетичного ККД у загальному випадку не враховується різна якість енергетичних потоків, і, строго кажучи, цей показник придатний для оцінки ступеня досконалості процесів, на здійснення яких витрачається безентропійна енергія.

При цьому в окремих випадках, коли досліджується процес, корисний ефект якого й витрати, пов'язані з його проведенням, виражаються безентропійною енергією, величини енергетичного й ексергетичного ККД можуть збігатися. Якщо ж у процесі використовується енергія різної якості, тоді термодинамічна досконалість характеризується ексергетичним ККД.

5. Висновки

Ексергетичний метод аналізу дозволяє правильно оцінити втрати, які можуть бути знайдені з енергетичного (теплового) балансу. При цьому іноді міняється подання про характер цих втрат і їх вплив на економічність процесів. У той же час метод дозволяє виявити втрати, які не виявляються при аналізі стандартними методами, але досить істотно впливають на термодинамічну ефективність процесу. До таких втрат відносяться: втрати через необоротність хімічних реакцій, зокрема реакцій горіння палива, та втрати при нерівноважному теплообміні в елементах ТЕУ. Втрати ексергії в тому або іншому процесі, які характеризують його необоротність, є незворотними. Втрати ж, викликані поганою експлуатацією устаткування, неякісним його використанням і т. і., за допомогою різних заходів можна звести до мінімуму.

На підставі результатів повного енергетичного балансу здійснюється ранжування втрат енергії з того погляду, які з них є неминучими, які можуть бути знижені за рахунок повернення тепла назад у процес на основі рекуперації (наприклад, турбонаддув у ДВЗ).

До числа найважливіших завдань, які розв'язують на основі вивчення фактичних енергобалансів, відноситься завдання визначення величини

вторинних енергоресурсів (ВЕР) як діючих, так і проєктованих енергетичних установок, які можуть бути включені в майбутньому в схему енергоперетворень. З погляду використання ВЕР бажано знати не тільки їх інтегральну величину за деякий період часу, але й режим надходження від кожного технологічного ланцюга АТС. Аналіз енергетичного балансу, представлений у вигляді потоків енергії й ексергії, дозволяє встановити місце й причини виникнення найбільших втрат енергії всіх видів. Величина ексергії, характеризуючи здатність енергії до здійснення роботи або перетворення її в будь-який інший вид, може служити необхідною й достатньою характеристикою величини теоретично придатних для подальшого використання ресурсів. Так, величина хімічної ексергії у відходах виробництва (відпрацьоване мастило, шини і т. і.) характеризує потенційні можливості використання їх як сировини або напівпродукту для подальшої переробки або в якості горючих вторинних енергоресурсів.

Однак за результатами повного енергетичного балансу може бути визначена лише величина теоретично придатних ВЕР, їх потенціал, що є лише первинною інформацією при дослідженні резервів енергозбереження по цьому напрямку. Подальше завдання - визначити технічно придатні, а потім і економічно доцільні шляхи їх використання.

Список літератури: 1. *Кавтарадзе Д.Н.* Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) [Текст] / Д.Н. Кавтарадзе, Л.Ф. Николаева, Е.Б. Поршнева, Н.Б. Флорова.- М.: ЧеРо, 1999. – 240 с. 2. *Канило П.М.* Энергетические и экологические характеристики ГТД при использовании углеводородных топлив и водорода [Текст] / Канило П.М., Подгорный А.Н., Христич В.А. – К.: Наукова думка, 1987. – 224 с. 3. *Бар Д.У.* Влияние топлив с расширенным фракционным составом на камеры сгорания авиационных газотурбинных двигателей [Текст] / Д.У. Бар // Аэрокосмическая техника. – 1989. – Т.1, № 8. – С. 117-125. 4. *Лушпа А.И.* Основы химической термодинамики и кинетики химических реакций [Текст] / Лушпа А.И. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с. 5. *Куценко А.С.* Математическое моделирование и идентификация рабочих процессов ДВС на альтернативных топливах: дис. доктора техн. наук: 05.14.05 / Куценко Александр Сергеевич. – Харьков, 1996. – 321 с. 6. *Абрамчук Ф.И.* Расчет процесса сгорания газового двигателя с высокоэнергетической системой зажигания / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, С.В. Салдаев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ. – 2006. – Вып. 18. – С. 100-103. 7. *Частухин В.И.* Топливо и теория горения [Текст] / В.И. Частухин, В.В. Частухин. – К.: Вища школа, 1999. – 223 с. 8. *Лаврик А.Н.* Многотопливные двигатели: обзор «Автомобильные двигатели и аппаратура» [Текст] / А.Н. Лаврик, Е.А. Лазарев, А.П. Ставров.-Челябинск: ЧПИ, 1972.-68 с.-(Серия IV).

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 656.027

Т.В. БУТЬКО, докт. техн. наук, проф., зав.каф., УкрДАЗТ, Харків
А.В. ПРОХОРЧЕНКО, канд.техн.наук, ст. викл., УкрДАЗТ, Харків
Л.О. ПАРХОМЕНКО, інж., УкрДАЗТ, Харків
І.В.КОПАНИЦЯ, маг., УкрДАЗТ, Харків

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СИСТЕМИ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ САМООРГАНІЗАЦІЇ

В роботі запропоновано теоретично обґрунтувати підходи щодо формування раціональної топології мережі швидкісних залізничних перевезень, які забезпечать підвищення економічної ефективності перевезення пасажирів швидкісними поїздами. Для рішення поставленої задачі розроблено математичну модель еволюційного розвитку транспортної системи на основі поєднання фізичної гравітаційної моделі для визначення кореспонденцій потоків пасажирів та методу системи мурашиних колоній для пошуку ефективного варіанту розвитку топології мережі.

Ключові слова: швидкісні залізничні перевезення, система мурашиних колоній, гравітаційна модель, топологія мережі

В работе предложено теоретически обосновать подходы к формированию рациональной топологии сети скоростных железнодорожных перевозок, которые обеспечат повышение эффективности перевозки пассажиров скоростными поездами. Для решения поставленной задачи разработана математическая модель эволюционного развития транспортной системы на основе сочетания физической гравитационной модели для определения корреспонденций потоков пассажиров и метода системы муравьиных колоний для поиска эффективного варианта развития топологии сети.

Ключевые слова: скоростные железнодорожные перевозки, система муравьиных колоний, гравитационная модель, топология сети

In this paper we propose a theoretical basis for rational approaches to the formation of the network topology of high-speed rail, which will provide improved high-speed passenger trains. To solve this problem a mathematical model of the evolutionary development of the transport system based on a combination of physical gravity model to determine the correspondence flow of passengers and the method of ant colonies to find effective ways of developing the network topology.

Key words: high-speed rail transport system, method ant colonies, the gravity model, network topology

Вступ і актуальність задачі

Сучасне суспільство характеризується інтенсивними комунікаційними процесами. Забезпечення росту мобільності населення є одним із вирішальних факторів стратегії розвитку економіки країни. На даний час у сфері транспортного обслуговування підвищення швидкості руху на залізничному транспорті є одним із найбільш ефективних напрямків реалізації перевезень з мінімальними витратами, впливом на навколишнє середовище, необхідними комфортом, надійністю та безпекою.

В умовах діючих в Україні проектів впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів потребують теоретичного обґрунтування підходи щодо формування раціональної топології мережі швидкісних залізничних перевезень, які забезпечать підвищення економічної ефективності перевезення пасажирів швидкісними поїздами.

Аналіз останніх наукових і практичних досліджень

Світовий досвід впровадження швидкісного та високошвидкісного руху пасажирських поїздів базується на двох напрямках розвитку, так званих, японському та французькому [1]. В першому варіанті розвиток топології мережі орієнтовано на високий попит, при якому реалізуються перевезення біля 100 000 пасажирів на день завдяки високій щільності населення та концентрації економічної діяльності уздовж залізничних ліній (Японія, Китай, Південна Корея, Тайвань). Другий варіант розвитку ґрунтується на мінімізації вартості, тобто орієнтований на більш низькі капітальні та експлуатаційні витрати (Франція, Німеччина). Останнім часом експерти підтверджують ефективність розвитку залізничних систем швидкісних перевезень в умовах високої щільності населення при забезпеченні мінімальних витрат на реалізацію та експлуатацію.

Теоретичні дослідження задачі моделювання розвитку залізничних систем найчастіше засновані на побудові оптимального плану перевезень при цьому передбачається, що мережа є керованою із центра. Однак дослідження [2] підтверджують, що розвиток транспортної мережі не є процесом централізованого рішення задачі оптимізації перевезень, а є результатом самоорганізації на основі попиту в перевезенні і розвитку вузлів мережі.

Постановка задачі дослідження

Враховуючи вище зазначене в роботі для рішення задачі формалізації процесу розвитку залізничної системи швидкісних залізничних перевезень запропоновано розробити динамічну модель еволюційного розвитку транспортної системи на основі формування фізичної гравітаційної моделі розподілу потоків пасажирів між основними центрами їх зародження-погашення (ареолами мешкання населення).

Вирішення задачі

Розробка моделі передбачає складання топологічної схеми, на якій залізнична мережа представляється у вигляді вузлів – залізничних станцій та дуг – залізничних ліній. Для опису дуг мережі представляється достатнім визначення наступних параметрів: кількість колій, режим функціонування (змішаний рух, переважно пасажирський, відокремлений швидкісний), розміри руху, тип графіку руху поїздів, тип системи інтервального регулювання рухом поїздів. Для характеристики вузлів залізничної мережі необхідно визначити обсяги утворення та поглинання потоків пасажирів у кожному вузлі; для кожного вузла (станції) мережі необхідно встановити існуючу результативну пропускну спроможність залізничного вокзалу.

Пропонований підхід до визначення кореспонденцій між усіма парами вузлів швидкісної залізничної мережі на кожному із етапів її розвитку заснований на гравітаційній моделі [3]. Згідно гравітаційної моделі кореспонденція з вузла i у вузол j залізничної мережі прогнозуються за залежністю

$$H_{ij} = HO_i \frac{HP_j \cdot D_{ij} \cdot K_j}{\sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^n HP_t \cdot D_{it} \cdot K_t}, \quad (1)$$

де H_{ij} – кореспонденція пасажирів з вузла i у вузол j мережі, пасажирів на добу;

HO_i – кількість пасажирів відправлення у вузлі i , пасажирів на добу;

HP_j – кількість пасажирів, що прибувають до вузла j , пасажирів на добу;

D_{ij} – функція потенційної доступності районів тяжіння вузла i до вузла j залізничної мережі. Параметрами гравітаційного поля є тривалість подорожі, обсяги кореспонденцій, інтегровані витрати (капіталовкладення, експлуатаційні витрати та вартість пасажиро-години), вартість впливу на екологію зовнішнього середовища, рівень безпеки.

K_i, K_j – балансувальні коефіцієнти;

Для пошуку раціональної топології мережі швидкісних залізничних перевезень в роботі запропоновано застосувати один із інтелектуальних мультиагентних методів оптимізації на основі системи мурашиних колоній (англ.: Ant Colony System, ACS) [4], які базуються на моделюванні поведінки колонії мурах.

Поставлена задача наглядно інтерпретується в термінах поведінки мурах при функціонуванні системи мурашиних колоній (ACS). Процедура ACS використовує колонію віртуальних мурах, що ведуть себе як кооперативні агенти в математичному просторі, у якому вони можуть шукати та підтверджувати знайдені шляхи (рішення) з метою пошуку єдиної мережі раціональних швидкісних сполучень пасажирських поїздів з визначенням технічних параметрів інфраструктури залізничних ліній та їх відповідність екологічним стандартам Європейського союзу. В основі системи мурашиних колоній лежить принцип функціонування мультиагентної системи, в якій може проявлятися самоорганізаційна та складна поведінка в умовах, коли стратегія поведінки кожного агента досить проста.

Сутність рішення поставленої задачі заснований на комбінаторному переборі варіантів з'єднання вершин мережі дугами з різними параметрами та обліком потенційного зростання потужності кореспонденцій пасажирів між вершинами за умови розвитку мережі в часі. Для виявлення системного ефекту пропонується критерій економічної оцінки розвитку залізничної мережі, який в неявному вигляді можна записати

$$F = \int_0^{t_{жс}} F(S(t), U(t)) dt \Rightarrow \min, \quad (2)$$

де F – критерій якості функціонування системи, грн;

$t_{жс}$ – життєвий цикл системи залізничних швидкісних сполучень, роки;

$S(t)$ – стан системи, грн;

$U(t)$ – вектор управління процесом розвитку залізничної мережі.

В загальному вигляді запропонована процедура моделювання колективного інтелекту на основі системи мурашиних колоній дозволяє з позиції нових можливостей підійти до комплексного вирішення задач розвитку залізничної системи швидкісних перевезень на основі принципів самоорганізації.

Приклад роботи розробленої моделі ACS реалізований в середовищі Scilab [5]. Запропонована процедура системи мурашиних колоній з використанням гравітаційної моделі, дозволила знайти раціональну топологію мережі швидкісних пасажирських поїздів, що наведена на рис.

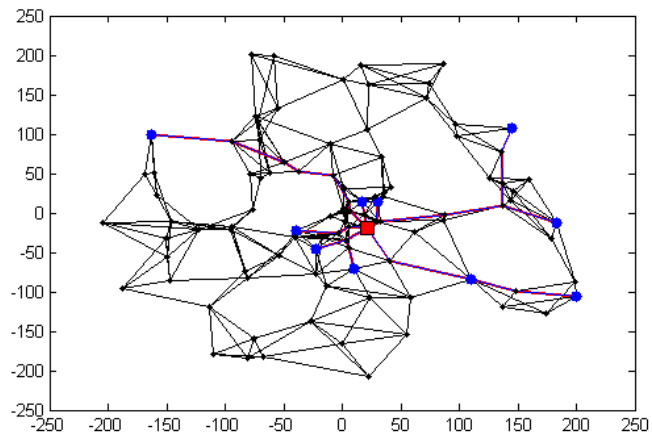


Рис. Граф залізничної мережі та раціональна топологія мережі швидкісних пасажирських поїздів

Висновки

Аналіз результатів моделювання розвитку залізничної системи швидкісних перевезень дозволить дослідити ефективність впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України та визначити режими функціонування залізничних сполучень, розміри руху на кожному із етапів розвитку, тип графіку руху поїздів, технічні параметри інфраструктури та відповідність екологічним стандартам Європейського союзу. Це надасть можливість упорядкувати рішення експлуатаційних задач в межах стратегічного розвитку залізничної мережі, що дозволить підвищити точність та ефективність їх реалізації при здійсненні залізничних пасажирських перевезень.

Список літератури: 1.A Study of the development and issues concerning High Speed Rail (HSR) / Yong Sang LEE // Transport Studies Unit Oxford University Centre for the Environment January, - 2007.- №1020.- 19 p. 2.Taaffe, E.J. Geography of transportation/ Edward J. Taaffe // Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1973, - 226 p.3.Anderson, J.E. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation/ J.E. Anderson // AER, 1979. - 69(1). – P. 106-116 4.Dorigo, M. Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem / M. Dorigo, L.M. Gambardella// IEEE Trans. Evol. Comp, 1997. - № 1. – P. 53-66. 5.Campbell, S. Modeling and Simulation in Scilab/ S. Campbell // Scicos - New York: Springer, 2006.- 313 p.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 656.222.3

Т.В. БУТЬКО, докт. техн. наук, проф., зав.каф. УкрДАЗ, Харків
А.В. ПРОХОРЧЕНКО, канд.техн.наук, ст. викл.,УкрДАЗ, Харків
О.Е. ШАНДЕР, маг, УкрДАЗ, Харків

РОЗРОБКА ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ РОЯ ЧАСТОК

В роботі розглядаються питання щодо практичного використання нового методу в розробці плану формування пасажирських поїздів в дальньому та місцевому сполученнях з урахуванням

пересадок на залізничних вокзалах на основі методу роя часток, перевагою якого є швидкість знаходження рішення для транспортної мережі великої розмірності.

Ключові слова: пасажирські перевезення, моделювання пасажиропотоків, система рою часток, план формування пасажирських поїздів

В работе рассматриваются вопросы практического использования нового метода в разработке плана формирования поездов в дальнем и местном сообщениях с учетом пересадок на железнодорожных вокзалах на основе метода роя частиц, преимуществом которого является скорость нахождения решения для транспортной сети большой размерности.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, моделирование пассажиропотоков, система роя частиц, план формирования поездов

This paper discusses the practical use of a new method to develop a plan of trains in the far field and in the light of transplants at the railway stations on the basis of a swarm of particles, the speed advantage is finding solutions to the transport network of high dimensionality.

Key words: passenger traffic, passenger traffic modeling, system swarm of particles, the plan of trains

1. Вступ і актуальність задачі

В умовах ринкової економіки посилюється конкуренція на ринку пасажирських перевезень [2] і за таких умов потребує вирішення задача щодо нових підходів в розробці плану формування пасажирських поїздів (ПФПП). Як показав аналіз в діючій технології розробки графіка руху пасажирських поїздів майже не враховуються варіанти проїзду пасажирів з пересадкою [3,4]. Ув'язка розкладів прибуття і відправлення поїздів для здійснення пересадки виконується тільки для незначної кількості поїздів. При запізненні пасажирського поїзда інформації у диспетчерського персоналу, що такий поїзд для пасажирів є погодженим, немає, а отже якщо пасажир не заявить про себе провіднику вагона (машиністу) і в свою чергу той поїзному диспетчеру ув'язки часу прибуття та затримки відправлення погодженого поїзда не відбудеться. За таких умов організації перевезень попит на подорож з пересадкою дуже низький і пасажирів надають перевагу проїзду у безпересадочному сполученні. Досвід європейських країн показує, що подорож з пересадкою є однією з найефективнішою і тому постає задача розрахунку ПФПП за допомогою математичних методів для всієї мережі з можливістю впровадження у виробництво, що дозволить раціонально формувати систему організації пасажирських перевезень.

2. Постановка задачі

Для вирішення питання, щодо визначення станцій пересадки пасажиропотоків та категорій пасажирських поїздів для яких слід передбачити в графіку руху ув'язку часу прибуття та відправлення запропоновано використати дослідження в області нових методів оптимізації. Проведенням аналізом було доведено, що попередні дослідження в напрямку вирішення поставленої задачі показали практичну складність рішення для полігону великої розмірності. Дана задача є задачею оптимізації розподілу потоків в багатопродуктових мережах, яка відноситься до NP-складних задач і носить комбінаторний характер.

Метод оптимізації на основі рою часток [6] довів, що даний метод на відмінність від симплекс методу та генетичного алгоритму досягає кращих результатів при рішенні задач великої розмірності за рахунок кращої швидкості

збіжності, якості рішення і стабільності процедури пошуку. При реалізації даного методу використовується парадигма агентно-орієнтованого програмування, що сприяє підвищенню продуктивності обчислень та спрощується програмна реалізація.

3. Вирішення задачі

Для рішення задачі розробки ПФПП для мережі великої розмірності в роботі запропоновано використати розроблену математичну модель [1]. Цільова функція даної моделі, що відбиває загальну вартість перевезень пасажирів з пересадками має вид

$$F_1 = \sum_r \left[\sum_k c_k^{(t_{int}=1)} x_k^r + \sum_j b_j^E x_k^r \right] \rightarrow \min, \quad (1)$$

та обмеженнями

$$\sum_i x_{i,j}^r - \sum_k x_{j,k}^r = \begin{cases} -f_{st}, & \text{якщо } j = s, \\ 0, & \text{якщо } j \neq s, t, \\ f_{st}, & \text{якщо } j = t, \end{cases} \quad (2)$$

$$f_r = \sum_{l=1}^L f_k^{r,l}, \quad (3)$$

$$\sum_r |f_{r,k}| \leq y_k, \quad (4)$$

$$\sum_r x_{rj} \leq P_j, \quad (5)$$

де c_k – вартість перевезення одиниці потоку на k -му призначенні пасажирських поїздів, що курсують на момент розрахунку, t – інтервал стаціонарності в межах планового періоду T ; x_k^r – число пасажирів r -того потоку, що подорожують в поїзді k -ого призначення; b_j^E – вартість пересадки одиниці пасажиропотоку через пересадочний комплекс E_j ; f_{st} – величина інтенсивності пасажиропотоку із джерела E_s ($s = \overline{1, q}$) у стік E_t ($t = \overline{1, q'}$), що відповідає занумерованому r -тому потоку; $f_k^{r,l}$ – доля потоку r , що прямує по дузі k (призначенні) за l -м маршрутом; y_k – число місць в поїздах k -того призначення; $\sum_r x_{rj}$ – величина потоку, що проходить через j -й пересадочний комплекс, $\sum_r x_{rj} = x_j$, пас., за добу; P_j – максимальна пропускна здатність j -го пересадочного комплексу, пас., за добу.

Задано залізничну мережу у вигляді орієнтованого графу G' . Граф складається з 14 вершин та 29 ребер. Всі вершини графу знаходяться на умовному полігоні. Даний фізичний та логічний граф мережі показаний на рис. 1,2, а його вектор позиції частки буде мати вигляд

$$X_t^i = (\underbrace{x_1^{i1}, x_2^{i2}, x_3^{i3}, x_4^{i4}, x_5^{i5}, x_6^{i6}, x_7^{i7}, x_8^{i8}, x_9^{i9}, x_{10}^{i10}, x_{11}^{i11}, x_{12}^{i12}, x_{13}^{i13}, x_{14}^{i14}, x_{15}^{i15}, x_{16}^{i16}, x_{17}^{i17}}_1, \underbrace{x_{18}^{i18}, x_{19}^{i19}, x_{20}^{i20}, x_{21}^{i21}, x_{22}^{i22}, x_{23}^{i23}, x_{24}^{i24}, x_{25}^{i25}, x_{26}^{i26}, x_{27}^{i27}, x_{28}^{i28}}_2, \underbrace{x_{19}^{i29}, x_{20}^{i30}, x_{21}^{i31}, x_{22}^{i32}, x_{23}^{i33}, x_{24}^{i34}, x_{25}^{i35}, x_{26}^{i36}, x_{27}^{i37}, x_{28}^{i38}}_3) \quad (6)$$

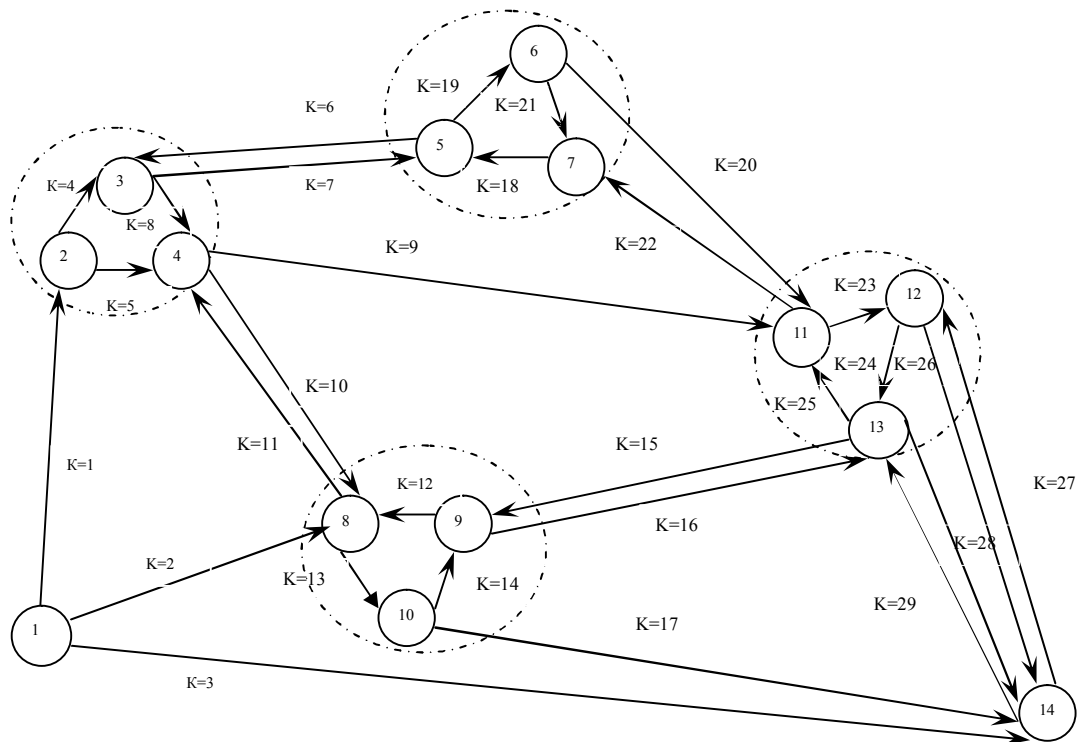


Рис. 1. Фізичний граф мережі G'

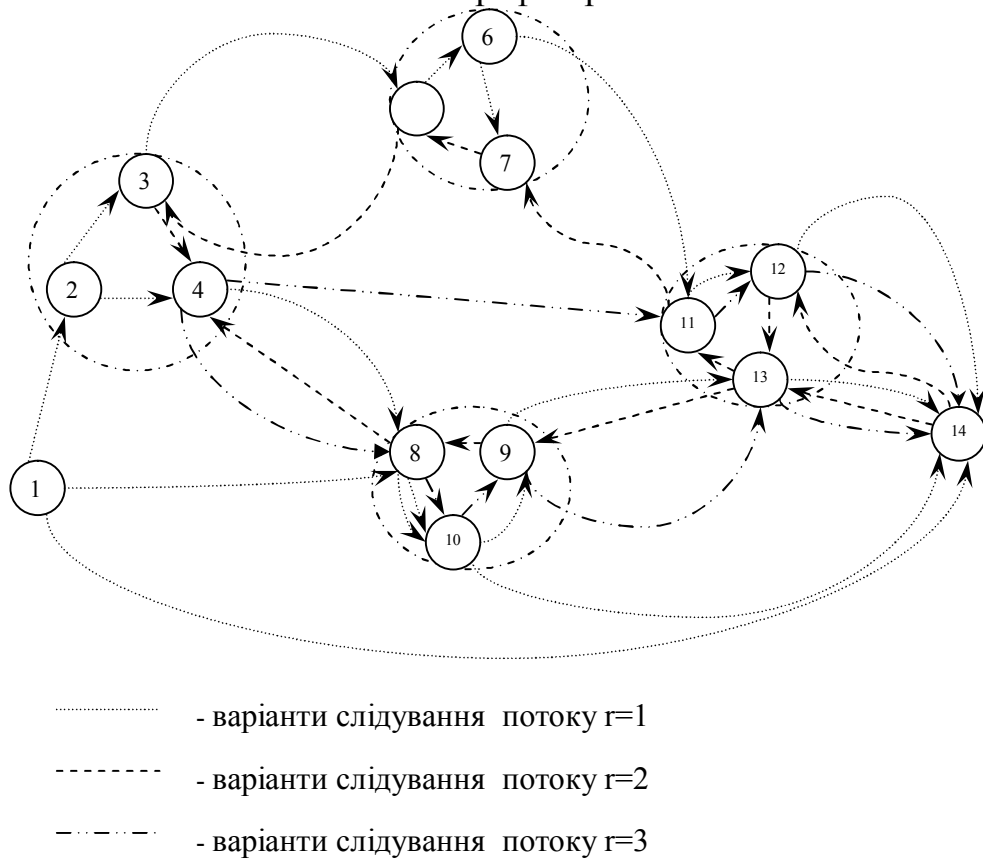


Рис. 2. Логічний граф мережі G'

[illegible]

за рахунок видалення дуг, що не відповідають можливим варіантам слідування r -того потоку пасажирів, то можна визначити верхню межу значень кожної компоненти вектора позиції частки за виразом $b^{\max} = \min(u', y')$, отже $b^{\max} = [\underbrace{45, 90, 45, 20, 25, 20, 40, 90, 60, 70, 60, 20, 20, 0, 30, 30, 70,}_{1} \underbrace{20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20,}_{2} \underbrace{20, 25, 25, 25, 25, 25, 25, 25,}_{3}]$, $0 \leq x_d^{ik} \leq b_j^{\max}$. Вектор позиції

$$X_t^i = \underbrace{(x_1^{i1}, x_2^{i2}, x_3^{i3}, x_4^{i4}, x_5^{i5}, x_6^{i6}, x_7^{i7}, x_8^{i8}, x_9^{i9}, x_{10}^{i10}, x_{11}^{i11}, x_{12}^{i12}, x_{13}^{i13}, x_{14}^{i14}, x_{15}^{i15}, x_{16}^{i16}, x_{17}^{i17})}_{\substack{0 \leq \\ \leq 30-90}} \underbrace{(x_{18}^{i18}, x_{19}^{i19}, x_{20}^{i20}, x_{21}^{i21}, x_{22}^{i22}, x_{23}^{i23}, x_{24}^{i24}, x_{25}^{i25}, x_{26}^{i26}, x_{27}^{i27}, x_{28}^{i28})}_{\substack{0 \leq \\ \leq 20}} \underbrace{(x_{29}^{i29}, x_{30}^{i30}, x_{31}^{i31}, x_{32}^{i32}, x_{33}^{i33}, x_{34}^{i34}, x_{35}^{i35}, x_{36}^{i36}, x_{37}^{i37}, x_{38}^{i38})}_{\substack{0 \leq \\ \leq 20-25}} \quad (7)$$
$$\begin{aligned} g(x) \leq 0 &\Leftrightarrow g(x) + |g(x)| = 0, \\ h_e(x) &= g(x) + |g(x)|, e = \overline{1, B}. \end{aligned} \quad (8)$$

Тоді обмеження (4) можна записати в матричній формі

$$AX_t^i \leq y \text{ або } AX_t^i - y \leq 0,$$

де $g(x) = AX_t^i - y$. Тоді згідно (8) можна записати

$$h_1(x) = AX_t^i - y + |AX_t^i - y| = 0.$$

Обмеження рівності задачі в роботі запропоновано представити у вигляді

$$g(x) = 0 \Leftrightarrow |g(x)| = 0,$$

$$h_e(x) = |g(x)|. \quad (9)$$

Введемо до розгляду матрицю інцидентності орграфа A_{eq} розмірністю $n \times K$ (вершини – дуги) кожний елемент якої $a_{ik} = 1$, якщо із вузла E_i виходить дуга k ; $a_{ik} = -1$, якщо у вузол E_i входить дуга k ; $a_{ik} = 0$ у всіх інших випадках.

Позначимо через $A_{eq}^{(st)}$ матрицю зі строками s та t матриці A_{eq} , а через $A_{eq}^{(-st)}$ матриця з видаленими строками з номерами s і t . Для простоти сприйняття представимо вектор позиції частки у вигляді елементів, що відповідають r -тому потоку пасажирів в кожній дузі k мережі G'

Тоді умову на збереження потоку у вузлах мережі можна записати як

$$g_2(x) = A_{eq}^{(-st)} X_r^i = 0,$$

$$h_2 = |g(x)| = |A_{eq}^{(-st)} X_r^i|.$$

Обмеження рівності на задані величини r -того потоку мають вид

$$g_3(x) = A_{eq}^{(s)} X_r^i = u_r \Leftrightarrow g_3(x) = A_{eq}^{(s)} X_r^i - u_r = 0,$$

тоді згідно (9) можна записати штрафну функцію у вигляді

$$h_3 = |g_3(x)| = |A_{eq}^{(s)} X_r^i - u_r|,$$

Інтереси групи та окремо кожної частки описуються цільовою функцією, що визначає стратегію розподілення пасажиропотоку по призначенням пасажирських поїздів. Для врахування вище наведених обмежень задачі (1-5) варіант розподілу пасажиропотоку по поїздам при рішенні основної задачі може бути оцінений на основі цільової функції безумовної мінімізації

$$f(X_r^i) = \sum \left(AX_r^i \cdot C' \right) + \lambda H \rightarrow \min, \quad (10)$$

де $(\cdot *)$ - оператор по елементного множення векторів стовбців;

C – вектор, що описує вартість проходження потоку пасажирів через кожну дугу мережі, розмірність $(1 \times K)$. По суті відповідно до дуги кожний компонент вектора описує вартість проїзду одиниці пасажиропотоку або вартість пересадки через пересадочний комплекс, грн.;

$C = [10 \ 11 \ 40 \ 3 \ 3 \ 15 \ 15 \ 3 \ 25 \ 15 \ 15 \ 3 \ 3 \ 3 \ 20 \ 20 \ 35 \ 3 \ 3 \ 16 \ 3 \ 16 \ 3 \ 3 \ 3 \ 16 \ 16 \ 16 \ 16]$ розмірність (1×29) ;

C' – транспонована матриця із вектора строки у вектор стовбець;

λ – параметр штрафної функції, $\lambda > 0$;

H – штрафна функція виду $H = \sum(h_1) + \sum(h_2) + \sum(h_3)$,

де $\text{sum}()$ – оператор поелементної суми кожного з векторів (дозволяє привести до одного значення величину штрафу для векторів різної розмірності)

$$h_1 = AX_t^i - y + |AX_t^i - y|,$$

$$h_2 = |Aeq^{(-st)} X_r^i|,$$

$$h_3 = |Aeq^{(st)} X_r^i - u_r|.$$

Результат рішення оптимізаційної задачі розподілу пасажиропотоку по поїздах з урахуванням пересадок для довільного фізичного графу мережі (рис. 1) та логічного графу (рис. 2) наведено на рисунку 3, а вектор позиції частки, що описує оптимальний варіант розподілу буде мати вигляд:

$$X_t^i = [0,53,37,0,0,0,0,53,22,22,31,0,0,0,0,22,17,3,3,13,13,13,7,7,7,13,13,17,8,8,8,8,17,17,8,1],$$

при $f(X_t^i) = 6484 y.o.$

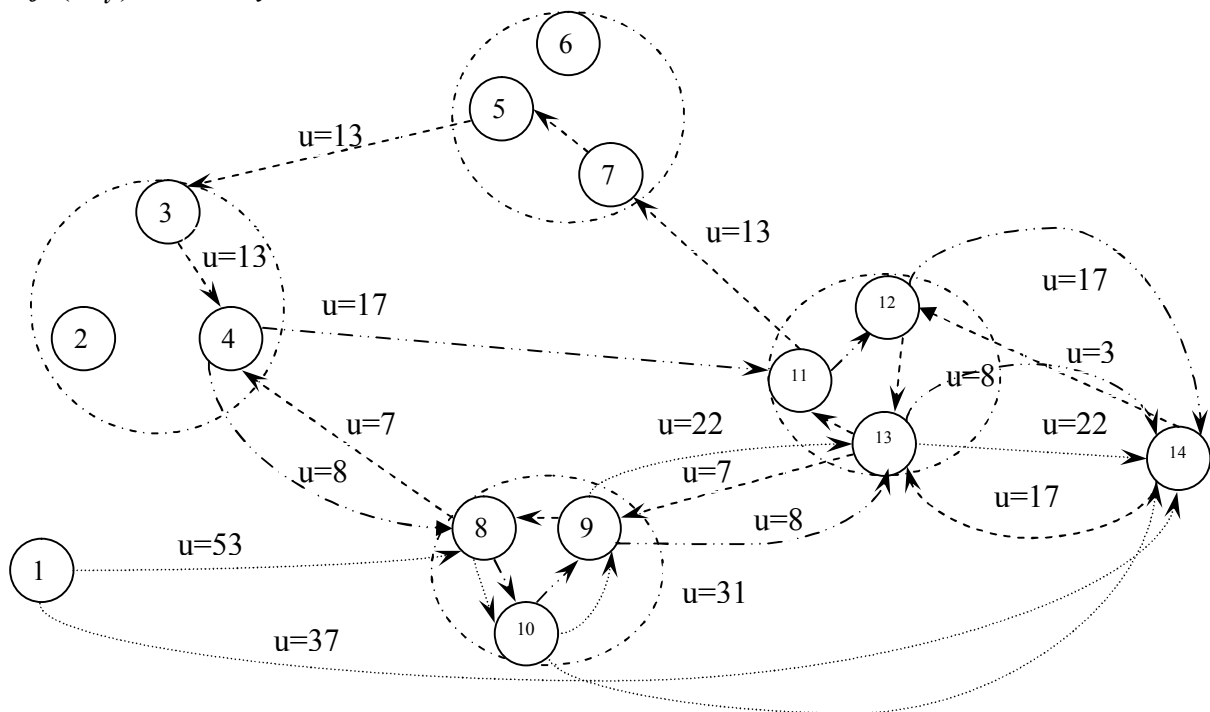


Рис. 3. Логічний граф мережі, що описує оптимальний варіант розподілу пасажиропотоку по поїздах

В межах практичної реалізації в середовищі Matlab було проведено розрахунки щодо моделювання розподілу пасажиропотоку по поїздах. Графік зміни цільової функції при знаходженні рішення задачі зображено на рис. 4. Ілюстрація процесу зміни позицій часток наведена на рис. 5.

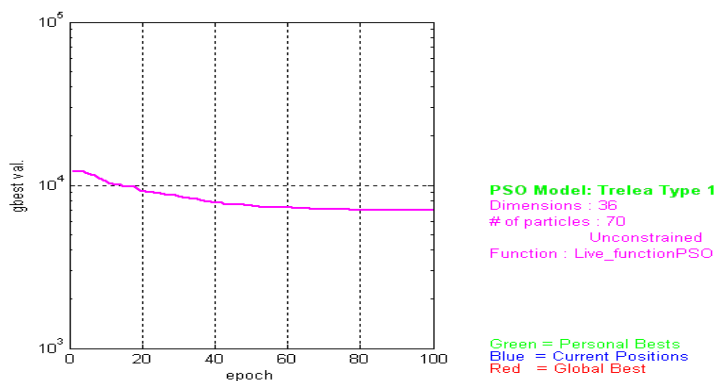


Рис. 4. Графік зміни цільової функції при знаходженні рішення задачі

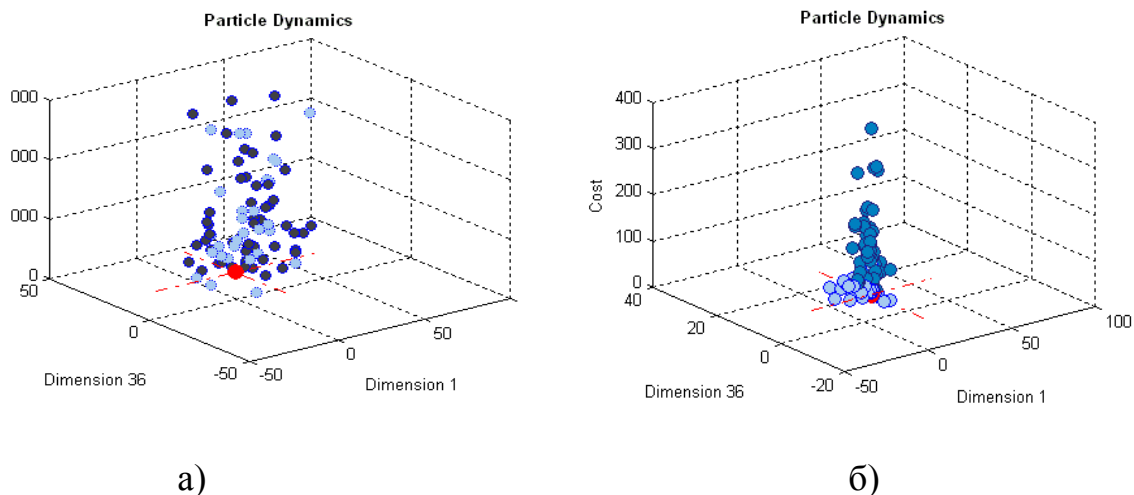


Рис. 5. Позиції часток рою в тривимірному просторі рішень на початку знаходження варіанту розподілу пасажиропотоків після 100 ітерацій роботи PSO системи (а) та на момент знайденого оптимального рішення після 700 ітерацій (б)

4. Висновки

Проведений розрахунковий експеримент на мережі з 14 вершин при рішенні ПФПП з пересадками показав високу швидкість збіжності алгоритму PSO, що підтверджує перспективність та ефективність застосування даного методу у виробництві. За таких умов запропонований підхід щодо здійснення планування перевезень з урахуванням типових варіантів пересадки пасажиропотоків з використанням розрахункової моделі розподілу пасажиропотоків по поїздах на основі системи рою часток дасть змогу гнучко реагувати на умови коливання ринкового середовища і пріоритети споживачів, які постійно змінюються.

Список літератури: 1. *Бутько Т.В.* Моделювання розподілу пасажиропотоків по поїздах на основі колективного інтелекту / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, О.О. Журба // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2010. – N 2/4(44). – С. 44-47. 2. *Чернецкая Н.Б.* Перспективы развития железных дорог Украины при подготовке к Евро – 2012 / Н.Б. Чернецкая, Е.А. Горевая // Вагонный парк. – 2010. – №1 – С. 32–40. 3. *Кочнев Ф.П.* Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте : Учебник для вузв ж.-д. транспорта / Ф.П. Кочнев – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1980. – 496 с. 4. *Пазойский Ю.О.* Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте / Ю.О. Пазойский, Ю. Рябуха, В.Г. Шубко. – М.: Транспорт, 1991. – 240 с. 5. *Ху Т.* - Целочисленное программирование и потоки в сетях /пер. с англ. М. Мир 1974г. 519 с. 6. *T.Krink, J.Vesterstrøm, and J.Riget*, Particle Swarm Optimization with Spatial Particle Extension, To appear in: Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, 2002 (CEC 2002).

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 004.65(075.8)

Е.Е. ПОМОРЦЕВА, канд. техн. наук, доцент, ХГЭУ, Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КУРСОВ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ЗНАНИЙ АБИТУРИЕНТОВ

Розглянуті питання, що пов'язані з низьким рівнем знань з інформаційних технологій у студентів першого курсу. Використання для цих цілей курсів «Університетська освіта» та

«Вирівнюючий курс з інформатики» дозволить вирішити дану проблему протягом першого учебного семестру.

Рассмотрены вопросы, связанные с восполнением пробелов в знаниях по информационным технологиям у студентов первого курса. Использование для этих целей курсов «Университетское образование» и «Выравнивающий курс по информатике» позволит решить данную проблему в течение первого учебного семестра

Clause is devoted to questions connected with education. The students of the first rate have bad knowledge of information technologies. Rates "University education " and " Leveling rate on computer science " decide the given problem during the first educational semester.

В настоящее время обязательной формой аттестации при поступления в вузы для школьников стал единый государственный экзамен. По итогам приема выделилось несколько проблем. Первая – большое число специальностей, на которые абитуриент может подать документы. Многие подают заявления в несколько вузов, но в итоге оказываются не там, где хотели бы учиться, потому что побоялись или поспешили с выбором специальности. За счет не отрегулированной системы зачисления процент «случайных студентов» вырос. Вторая проблема – это общая слабая школьная подготовка абитуриентов. Качество школьных знаний, с которыми абитуриенты приходят в ВУЗ, оставляет желать лучшего. Для того чтобы будущий студент смог успешно осваивать материал новой программы, университет просто вынужден вводить различные выравнивающие курсы.

В мировом сообществе бурно развиваются процессы информатизации и компьютеризации всех сфер деятельности человека. От уровня информационно-технологического развития и его темпов зависит состояние экономики и качество жизни людей. Информатизация образования предусматривает изменение содержания, методов, организационных форм и технологий обучения, оснащение учебных заведений компьютерной техникой, пересмотр учебно-методического обеспечения образовательных программ, повышение квалификации преподавателей, административных и инженерно-технических кадров. Компьютеры, информационные технологии не только пронизывают все технические дисциплины, в том числе и точные науки. Они меняют и сами эти дисциплины, и методику их преподавания.

Необходимым условием формирования информационной культуры студентов, является преемственность содержания школьного и вузовского образования, в частности, информатики. Для поддержания этой преемственности в Харьковском национальном экономическом университете на первом курсе всех специальностей были введены две новые дисциплины – «Университетское образование» и «Выравнивающий курс по информатике». Именно в такой последовательности. Это связано, прежде всего с тем, что в ходе преподавания дисциплины «Университетское образование» студентам должны быть изложены основные правила и способы работы с университетским сайтом дистанционного обучения.

Следует отметить, что каждый лектор размещает на сайте дистанционного обучения все необходимые материалы по своей дисциплине. Что именно

подразумевается под определением «необходимые материалы» решает каждый преподаватель индивидуально. Это зависит как от самой дисциплины, так и от подхода преподавателя. Кто-то размещает только лекционный материал и задания по лабораторным (практическим) работам. Кто-то принципиально не помещает материал лекций, мотивируя тем, что это не стимулирует студента посещать сами лекции. Некоторые преподаватели помещают на Web-страницу своей дисциплины массу вспомогательного материала и специально подготовленный и разработанный материал по самостоятельному освоению некоторых тем курса. В наполнении контента Web-страницы дисциплины нет жестких правил и требований. Возможно, в этом есть свои плюсы, так как преподавание дело творческое и, какие бы то ни было жесткие рамки могут этому только навредить.

Использование студентами материалов в электронном виде по дисциплинам предполагает, во-первых, наличие у студентов компьютера, подсоединенного к Интернету, и во-вторых, знание ими компьютерных технологий обработки и обмена данными. Как правило, эти первоначальные знания студенты получают только при изучении на первом курсе дисциплины «Информатика». Поэтому возникает потребность упреждающего обучения студентов базовым знаниям по информатике, чтобы они с первых дней учебы могли использовать сайт дистанционного обучения университета. Именно в этих целях и была введена дисциплина «Университетское образование». Дисциплина «Университетское образование» позволяет освоить методику поиска информации в сетях Интернет, научиться профессионально работать с электронной почтой, дает общее представление студенту об истории развития сети Интернет, процессе стандартизации в Интернет, а также о возможностях системы дистанционного обучения Moodle, с помощью которой и организован университетский сайт с электронными ресурсами по дисциплинам. Также одна из задач этой дисциплины – провести регистрацию всех студентов первокурсников на сайте дистанционного обучения. В результате регистрации каждый студент получает персональный логин и пароль, который будет действителен на протяжении всего обучения в вузе. Благодаря этому каждый студент имеет доступ к любой дисциплине, размещенной на сайте дистанционного обучения университета.

Кроме того, буквально на первых занятиях этой дисциплины было проведено входное тестирование по школьной информатике студентов первого курса. Результаты показали крайне низкие остаточные знания. Это вело бы, с одной стороны, к невозможности воспользоваться теми материалами, которые выложены на сайте дистанционного обучения университета, а с другой стороны, к большому проценту отсева студентов по результатам первой экзаменационной сессии.

После того как студент прослушал дисциплину «Университетское образование» и прошел тестирование по результатам этого тестирования формируются группы на «Выравнивающий курс по информатике». Результаты обработки тестов, которые проходят все без исключения студенты показывают, что знания по информатике оставляют желать лучшего (рис.1).

Целью курса «Выравнивающий курс по информатике» является ликвидация того пробела в знаниях, который необходим студенту для дальнейшей успешной учебы. Ведь всем понятно, что в настоящее время, особенно учитывая специфику экономического вуза, слабая компьютерная подготовка будет причиной проблем при освоении большинства предметов на старших курсах и специальных дисциплин, при написании курсовых и дипломных работ.



Рис. 1 – Распределение оценок при проведении входного тестирования

Особенностью организации учебного процесса по данному курсу является то, что по нему отсутствуют лекции, а предусмотрены только лабораторные занятия. По большинству предметов после проведения лекции студенту сразу выдается индивидуальное задание на лабораторную работу. Как показывает практика, с таким заданием могут справиться хорошо подготовленные студенты. Те же, у кого средний и низкий уровень подготовки, выбиваются из учебного графика. Это в свою очередь ведет к получению низких итоговых оценок и снижению интереса к учебе.

Наличие лекций в процессе обучения, где начитывается теоретический материал, необходимый для выполнения практических работ и развития компетенции студентов, само по себе является новым для большинства из них, поскольку в школе учебный процесс проходил по другим принципам. Это различие довольно быстро, где-то в течение первого семестра обучения, преодолевается студентами. Но опять же создает дополнительные трудности для студентов плохо подготовленных изначально. Именно то, что по дисциплине «Выравнивающий курс по информатике» предусмотрены только лабораторные работы [1] является одним из достоинств и позволяет в течение одного семестра восполнить пробелы в знаниях. При выполнении лабораторных работ с помощью преподавателя студент может овладеть той информацией, которая необходима для получения умений и навыков использования компьютерных технологий в предметной области будущего специалиста.

Понять, как составить программу данного курса помогают, с одной стороны, тесты, которые прошли студенты, с другой стороны, контрольная работа, которую пишут все студенты группы на самом первом занятии данной дисциплины. При создании программы учитывают как особенности каждой конкретной группы, так и те знания, которые понадобятся студентам при дальнейшем изучении дисциплин компьютерного цикла и специальных дисциплин. Еще один крайне важный момент заключается в том, что необходимо строго придерживаться той программы курса, которая была разработана с учетом особенностей каждой конкретной студенческой группы и не превращать данный курс в дополнение к дисциплине «Информатика» для наверстывания отставаний

в процессе ее изучения. Вероятность такого подхода существует, так как в основном эти две дисциплины читает в группе один и тот же преподаватель.

Для того чтобы убедиться в пользе проведения курса «Выравнивающий курс по информатике», в конце семестра было проведено тестирование студентов с использованием тех же тестов, что и в самом начале семестра. Результаты второго тестирования приведены на рис. 2.



Рис. 2 – Распределение оценок после предложенной формы организации занятий

Таким образом, необходимо чтобы «Выравнивающий курс по информатике» оставался полноценной отдельной дисциплиной со своими целями и задачами. Только тогда этот курс пойдет на пользу, как студенту, так и вузу в целом. Доля студентов, отчисленных по неуспеваемости после первой сессии значительно снизится и студент, имевший по тем или иным причинам пробелы в знаниях, не только восполнит их, но и будет чувствовать себя наравне со всеми остальными студентами. То есть проблем, связанных с приобретением компетенции, как по дисциплинам компьютерного цикла, так и по специальным дисциплинам у него не будет.

Список литературы: 1. *Выготский Л.С.* Собр. Соч.: в 6 т. Т. 3. М.: Педагогика, 1983. – 674 с.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 005; 007

О.О. АНДРЕЙЧИКОВ, асп., ХНУРЕ, Харків

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ ЯК СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ОРГАНІЗАЦІЇ

В статті пропонуються розроблена математична модель інтелектуального капіталу як система інформаційних зв'язків організації, що уявляє собою запит надсистеми до системи. Крім того, стаття містить приклад, що демонструє такий зв'язок.

В статье рассматривается разработанная математическая модель интеллектуального капитала как система информационных связей организации, которая представляет собой запрос надсистемы к системе. Кроме того, статья содержит пример, который наглядно демонстрируют такую связь.

The paper proposed developed a mathematical model of intellectual capital as a system of information links that represent the request super-system to the system. In addition, the article contains an example that demonstrates such a link.

Вступ. В процесі розвитку суспільства та науково-технічного прогресу змінюються погляди на цінності речей, що обумовлює формування нових більш складних форм втілення та передачі цінностей, сукупність яких прийнято вважати капіталом. Прикладом таких змін в наш час є усвідомлення значення інтелектуального капіталу (ІК) та його елементів в процесі розвитку комерційних структур та, навіть, держав. Крім того, саме інтелектуальні зусилля, спрямовані на розвиток новітніх технологій, і підтримують продуктивність та ефективність роботи підприємств в умовах конкуренції.

Актуальність. Сьогодні інтелектуальний капітал впроваджується в продукцію на всіх етапах її створення – від розробки до промислового випуску, а інтелектуальна праця є сутнісною основою процесу створення інтелектуального продукту [1].

Дослідження та розвиток інтелектуального капіталу – це задачі пріоритетного характеру, які є актуальними для всіх підприємств України. Відсутність цілісної концепції до вирішення проблеми розвитку інтелектуального капіталу стала суттєвою причиною надто низької результативності управлінських рішень і дій в Україні в умовах становлення ринкових відносин, а особливо в складний кризовий період.

Зазначені проблеми, що виникають у забезпеченні конкурентоспроможності вітчизняної економіки у світовій інтелектуальній спільноті в контексті постіндустріалізації і глобалізації, викликають необхідність здійснення подальших розробок у цьому напрямі.

Зокрема, цікавими і недостатньо розкритими є питання розкриття та формалізації механізму участі ІК у функціонуванні організації.

Звідси, **метою статті** є розробка математичної моделі інтелектуального капіталу як системи інформаційних зв'язків організації.

Виклад основної частини. Зрозуміло, що люба організація представляє собою соціальну, а отже відкриту, складну систему. Звідси доцільно розглядати організації та їх інтелектуальний капітал із застосуванням системного підходу, а саме системології як нової концепції системного підходу ноосферного характеру.

З погляду «ноосферного» системного підходу (або системології) ІК треба розглядати як функціональний об'єкт, функція якого обумовлена функцією об'єкта більш високого ярусу (надсистеми) [2]. При цьому любий об'єкт або явище може розглядатись як система, включена в деяку надсистему та утворена з деяких підсистем.

Функціонування ринку — це дуже складний механізм, де кожний суб'єкт ринкових відносин, з одного боку, підтримує існування ринку, а з іншого, прагне досягнення власної мети. Мета кожного суб'єкта відносин на сучасному розвитку економічних та організаційних систем, як правило, виражена місією.

Місія організації, з точки зору системології, є ніщо інше, як зовнішня детермінанта системи (запит надсистеми). При цьому, очевидно, якщо система відповідає запиту надсистеми (адаптована до нього), то вона знаходиться в стійкому стані, так як потрібна надсистемі та навпаки [3]. Це яскраво демонструє основний ринковий зв'язок «потреба-пропозиція». Для встановлення такого зв'язку, в першу чергу, організація має проявляти інформаційну та аналітичну

активність: від вивчення попиту та ринку в цілому до безпосереднього просування власної продукції (товарів, послуг). В свою чергу, інформаційна та аналітична активність організації, в першу чергу, є результатом інтелектуальної діяльності її співробітників.

Отже, цілком ґрунтовно можна вважати, що інтелектуальний капітал організацій – це множина властивостей, якими вона володіє та завдяки яким може встановлювати ті чи інші зовнішні зв'язки. Таким чином, ІК забезпечує здатність організації перетворювати певні входні зв'язки на визначені вихідні ресурси (матеріальні та/або інформаційні) [4]. Це означає, що формально кожній організації O можна співставити множину $In = \{X_1, \dots, X_M\}$ входних ресурсів, які вона здатна перетворити на множину $Out = \{Y_1, \dots, Y_N\}$ вихідних ресурсів за правилом $F: In \rightarrow Out$, див. рис. 1.

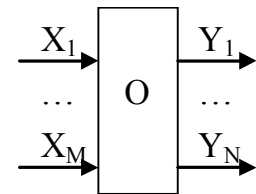


Рис. 1 Прояв інтелектуального капіталу організації в зв'язках

Функціональний запит ринку – це запит на організацію, яка могла б замкнути «повислі» зв'язки $X_1, \dots, X_M$, визначаємі, наприклад, іншими організаціями, клієнтами або партнерами – $S_1, \dots, S_M$, які зацікавлені в підтриманні зв'язків – $Y_1, \dots, Y_N$ з певними економічними суб'єктами (партнерами та/або клієнтами, тощо) – $T_1, \dots, T_N$, див. рис. 2.



Рис. 2 Функціональний запит ринку

Іншими словами – це функціональний запит на організацію з конкретними властивостями, тобто конкретним інтелектуальним капіталом.

Звідси можна сказати, що ІК організації O відповідає функціональному запиту ринку, якщо організація здатна замкнути «повислі» зв'язки, див. рис. 3.

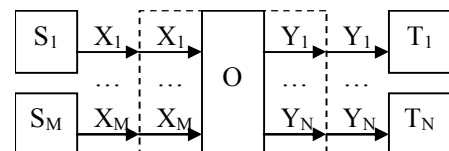


Рис. 3 Відповідність ІК функціональному запиту

В свою чергу, кожна організація спеціалізується на певному виді діяльності та має відповідно інтелектуальний капітал, який проявляється у вигляді певних знань та компетенцій щодо вирішення конкретних питань, наприклад, виготовлені продукції чи наданні послуг.

Мовою системології це означає, що негайне задоволення функціонального запита надсистеми забезпечується екстенційними (зовнішніми) властивостями системи, що проявляються в підтримці зв'язків, які зараз необхідні над системою [3].

Такий функціональний запит до організації визначає її внутрішні процеси, які впливають на формування структурно-ієрархічного устрою організації, її бюджету тощо. Наприклад, запити, що представлені входами X_1, X_2, X_3 та виходами Y_1, Y_2, Y_3 , зумовлюють внутрішні процеси P_1, P_2, P_3, P_4 та зв'язки між ними, див. рис. 4.

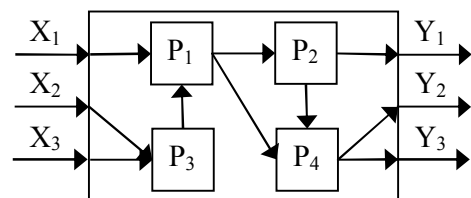


Рис. 4 Функціональний запит визначає внутрішні бізнес-процеси організації

Врешті, здатність до виконання внутрішніх процесів організацією залежить від її людського капіталу: якщо не існує людини (L_1), яка здатна здійснити процес (P_1), то він не відбудеться. Навіть коли процес виконується будь-якою технікою, її необхідно встановити, налагодити та підтримувати належне функціонування, що неможливо без фахівців з відповідною кваліфікацією. Отже, людський капітал, що необхідний організації, визначається її внутрішніми процесами.

Крім того, в ході дослідження було визначено, що поняття інтелектуальний капітал як рід (або надсистема) включає в себе корпоративний капітал, який є видом ІК (або підсистемою) [5]. До цього виду, в свою чергу, входить організаційний капітал, метою якого є встановлення стандартів, правил, політик та процедур функціонування організації – $R_1, \dots, R_N$, а отже й бізнес-процесів, які протікають в організації. Простіше кажучи, метою організаційного капіталу є забезпечення та створення умов самого процесу функціонування організації з постійним поліпшенням його якості, див. рис. 5.

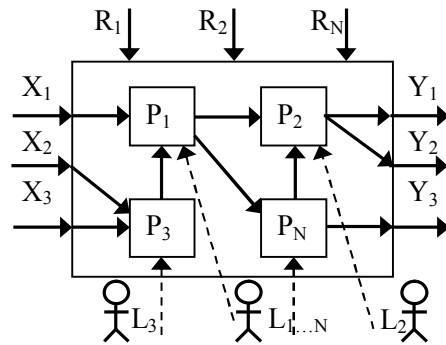


Рис. 5 Взаємодія елементів ІК компанії під час її функціонування

В свою чергу, подібним чином організація O потребує встановлення вже зв'язків $Z_1, \dots, Z_N$, наприклад, для проведення рекламної кампанії з метою покращення свого іміджу чи підвищенні кількості продаж своїх послуг. В цьому випадку організація O звернеться до PR-компанії K_1 і т.д.

Розглянемо простий приклад. Для прикладу розглянемо організації, які найбільше відповідають критеріям економіки знань та поняттю інтелектуальні, а саме організації, що надають послуги зі створення програмного забезпечення (ПЗ).

Для кращого розуміння треба також зазначити, що в прикладі використані результати дослідження автора, згідно яких ІК як рід (за системологією) має три види: людський, корпоративний та капітал відносин [5].

Отже припустимо, що на ринку банківських послуг (M_1), серед банків S_1, S_2, S_3 є попит X_1, X_2, X_3 на програмне забезпечення, що надає можливість в режимі он-лайн обслуговувати економічних суб'єктів – T_1, T_2, T_3 для підтримання з ними зв'язків – Y_1, Y_2, Y_3 , в яких, звісно, банки зацікавлені. Для вирішення цієї задачі банки S_1, S_2, S_3 , щоб замкнути «повислі» зв'язки власного попиту, звертаються до іншого ринку – ІТ-технологій (M_2), де існують організації – O_1, O_2, O_3 , які спеціалізуються на створенні подібного ПЗ.

Як зазначено на початку статті, ІК організацій – це множина властивостей, якими вона володіє та завдяки яким може встановлювати ті чи інші зовнішні зв'язки. Тобто, для того щоб бути «корисними» для надсистем (банків-замовників), організації O_1, O_2, O_3 мають задовольнити їх функціональний запит, а саме створити необхідне їм ПЗ. При цьому, створення ПЗ можливе за наявності безпосередніх виконавців, а саме програмістів, які володіють необхідними знаннями та досвідом в галузі програмування, що врешті визначає якість кінцевої

продукції. Крім того, в процесі розробки технічного завдання, дотриманні умов та строків договору, а також під час передачі та впровадження готового програмного забезпечення, організації O_1, O_2, O_3 мають створити найсприятливіші умови для протікання вищезазначених процесів, тобто надати якісний сервіс замовнику (від лат. *servio* – обтяжений обов'язками, тобто умовами договору).

З математичної точки зору, можна сказати, що існує множина організацій $O = \{O_1, O_2, O_3\}$, якій відповідає множина інтелектуального капіталу $I = \{I_1, I_2, I_3\}$. Формально ця відповідність визначається відображенням $F : O \rightarrow I$, де $F(O_t) = I_t$ ($t = 1, 2, 3$). В свою чергу, характеристику ІК визначає множина критеріїв $K = \{K_1, K_2, K_3\}$, які в свою чергу мають власні шкали.

Де, перший критерій K_1 – це знання співробітниками організацій ІТ-ринку мов програмування (людський капітал), який можна описати як $K_1 = \{K_{11}, K_{12}, K_{13}\}$. Де перше значення K_{11} – це саме те значення критерію K_1 , яке найбільш потрібне ринку, припустимо, це знання мови програмування C#. Друге значення K_{12} – Java, менш відповідне і т.д. до найбільш невідповідного K_{13} – PHP.

Критерій K_2 – це якість кінцевої продукції, тобто ПЗ (корпоративний капітал), який можна описати множиною $K_2 = \{K_{21}, K_{22}, K_{23}\}$. Де K_{21} – це найкраща якість продукції, K_{22} – середня та K_{23} – найгірша.

Критерій K_3 – це якість сервісу при наданні послуг зі створення ПЗ (капітал відносин), який можна описати множиною $K_3 = \{K_{31}, K_{32}, K_{33}\}$. Де K_{31} – це найкраща якість сервісу, K_{32} – середня та K_{33} – найгірша.

Тобто, в даному прикладі ІК організацій характеризується трьома критеріями, для кожного з яких існує по три значення. Звідси кількість всіх гіпотетично можливих альтернатив: $3 \times 3 \times 3 = 27$, де (K_{11}, K_{21}, K_{31}) – найкраща альтернатива, (K_{13}, K_{23}, K_{33}) – найгірша альтернатива. В графічному вигляді порядкову класифікацію для даних альтернатив можна зобразити наступним чином, див. рис. 6.

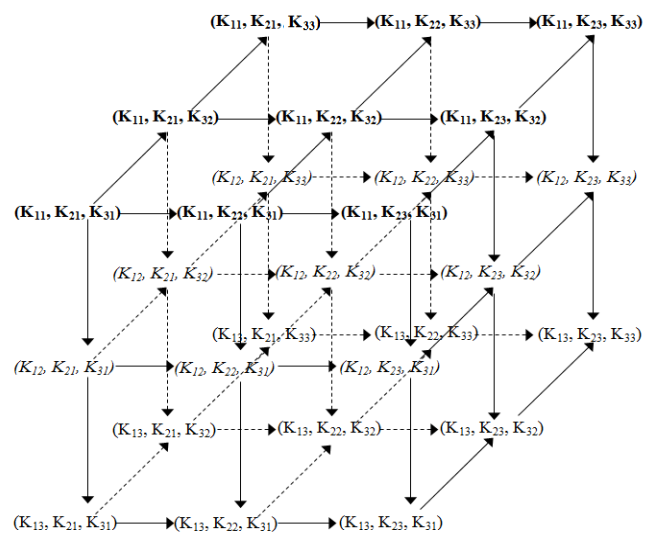


Рис. 6 Тримірний граф домінування альтернатив

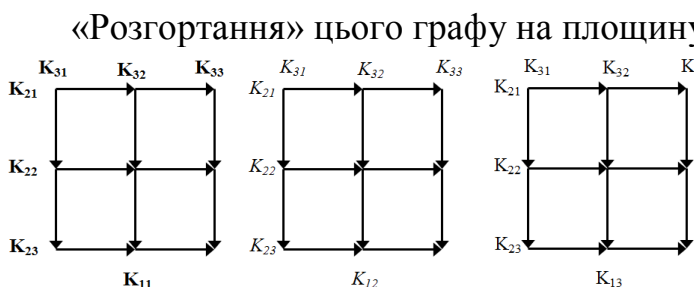


Рис. 7 «Розгортання» тримірного графу домінування

Врешті, припустимо, що організація O_1 створює ПЗ середньої якості на базі мов C# та має найгірший сервіс; O_2 – на базі мови Java з найгіршою якістю та найкращим сервісом; O_3 – на базі мови PHP з найкращою якістю та

середнім сервісом. Звідси маємо, що організація O_1 характеризується інтелектуальним капіталом $I_1 = (K_{11}, K_{22}, K_{33})$, $O_2 - I_2 = (K_{12}, K_{23}, K_{31})$ та $O_3 - I_3 = (K_{13}, K_{21}, K_{32})$. Далі банки-замовники обирають найбільш відповідного виконавця та замикають власні «повислі» зв'язки (для спрощення прикладу ціни на ПЗ та інші критерії до уваги не беруться).

Мовою системології [2, 6, 7] про дану ситуацію можна сказати, що підсистеми або функціональні об'єкти $\{O_1, O_2, O_3\}$ за рахунок власного ІК (підтримуючих властивостей) прагнуть відповідати функціональному запиту надсистем $\{S_1, S_2, S_3\}$, щоб зайняти їх вакантні вузли, що й проявляється як система інформаційних зв'язків між системами.

Врешті, математичну модель інтелектуального капіталу як систему інформаційних зв'язків на ІТ-ринку можна представити у формальному вигляді наступним чином, див. рис. 8.

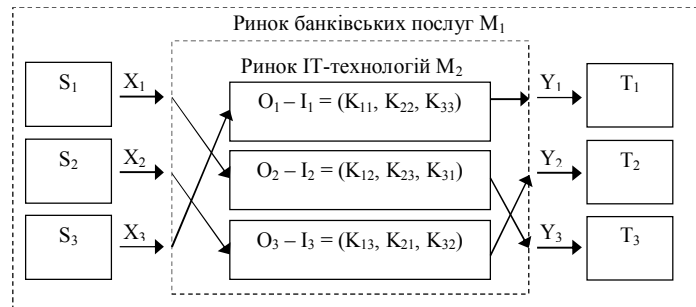


Рис. 8 Математична модель ІК як система інформаційних зв'язків

Таким чином, розроблена математична модель інтелектуального капіталу як система інформаційних зв'язків та наведений приклад дозволяють досить широко формалізувати уявлення та знання про ІК, а також його значення в роботі організації. Отримані результати проведеного дослідження вказують на можливість використання розробленої моделі інформаційних зв'язків та методу побудови таких моделей для опису роботи організації, планування її роботи, а також розробки методів вимірювання та оцінювання ІК організацій.

Список літератури: : 1. Інвестиційні пріоритети епохи глобалізації: вплив на національну економіку та окремий бізнес [Текст]: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 7-8 жовт. 2010 р. : В 3 т. – Д. : Біла К.О., 2010 – 104 с. 2. Мельников, Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики [Текст] / Г.П. Мельников – М.: Сов. радио, 1978. – 368с. 3. Маторин, С.И. Миссия возможна [Електронний ресурс] / Интернет портал для управлінців. – Режим доступу : \WWW/ URL : http://management.com.ua/stat/count_pdf.php3?art_id=str099.pdf — 15.09.2011р. – Заг. з екрана. 4. Єльчанінов Д. Б. Державне управління людським капіталом: системологічні основи / Д. Б. Єльчанінов // Актуальні проблеми державного управління. – 2010. – №. 2 (38). – С. 32–41. 5. Информационные технологии в управлении сложными системами [Текст]: Сборник докладов научной конференции (Днепропетровск, 24 июня 2011) Днепропетровск: изд-во «Свидлер А.Л.», 2011. – 404 с. 6. Бондаренко, М.Ф. Основы системологии [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Е.А.Соловьева, С.И. Маторин – Харьков: ХНУРЭ, 1998. - 118 с. 7. Старіш, О.Г. Системология [Текст] : Підручник / О.Г. Старіш . – К. : Центр навчальної літератури, 2005 . – 232 с.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

С. Е. ГАРДЕР, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ», Харьков;

Е. В. ГОЛОВАЧ, студ. НТУ «ХПИ», Харьков

МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ И ИНФЛЯЦИИ В УКРАИНЕ

Розглянута математична модель, яка досліджується методами, побудованими на основі теорії часових рядів. Проведено аналіз нестационарних часових рядів, побудована модель залежності між даними рядами, та перевірена адекватність моделі

Рассмотрена математическая модель, которая исследуется методами, построенными на основе теории временных рядов. Проведен анализ нестационарных временных рядов, построена модель зависимости между данными рядами, и проверена адекватность модели

The mathematical model that examines the methods, built on the basis of the theory of time series. The analysis of transient time series, the model of the relationship between the data series, and verified the adequacy of the model.

Введение. В течение последних 30 лет теория и практика экономики все в большей степени опирается на количественные методы математики, статистики и эконометрии. Это привело к более частому использованию анализа при изучении поведения финансовых рынков.

В статье представлен один из подходов к рассмотрению экономических явлений на основе анализа взаимосвязанных временных рядов.

Исходными данными этой работы является индексы инфляции и безработицы в Украине за период 2009–2010 годов [6]. Данные показатели являются временными рядами, которые носят нестационарный характер.

Целью работы является построение зависимости между инфляцией и безработицей на основе анализа данных, как временных рядов и дальнейшей оценки адекватности выбранной математической модели.

Постановка задачи. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ внутренней структуры ряда, оценить наличие детерминированных и стохастических составляющих данных рядов,

2. Проанализировать внутреннюю структуру данных, а именно определить тип нестационарности временных рядов: типа TS (trend stationary process) – стационарные относительно детерминированного полиномиального тренда или типа DS (differencing stationary process) – разностно стационарные. Принципиальная разница между двумя типами рядов выражается в том, что TS ряд можно привести к стационарному виду с помощью выделения тренда, тогда как выделения детерминированной составляющей из DS ряда оставляет его нестационарным. На практике TS и DS ряды исследуются различающимися методами. В соответствии с этим, необходимо проанализировать тип нестационарности рядов,

3. В зависимости от типа нестационарности рядов:

3.1 для TS построить ADL (autoregressive distributed lag models) – авторегрессионная модель с распределенным лагом;

3.2 для DS определить порядок интеграции, и построить надлежащую модель зависимости между исходными рядами.

4. Оценит адекватность построенной модели.

Результаты исследования. В качестве исходных данных для исследования были выбраны ряды индексов инфляции ($x(t)$) и безработицы ($y(t)$) в Украине за период 2009–2010 годов (рис. 1, 2).

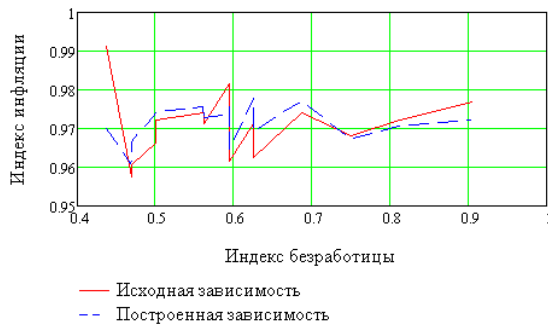


Рис. 1 Индекс инфляции в Украине

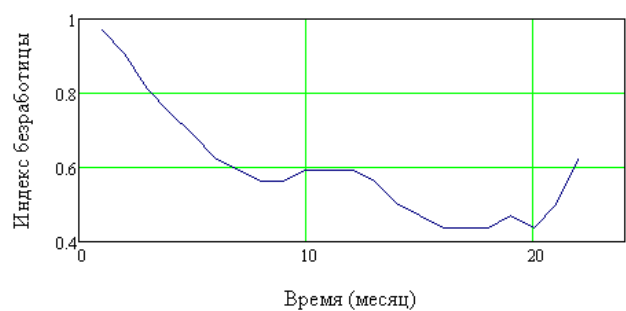


Рис. 2 Индекс безработицы в Украине

Каждое значение временного ряда интерпретируется как наблюдение случайной величины. В работе принята аддитивная модель данных, когда значения ряда в каждый момент времени представляются суммой детерминированной и стохастической составляющей. Для проверки наличия неслучайной составляющей динамического ряда использовался критерий серий, основанный на оценке медианы, как усредненной временного процесса [1]. С помощью данного критерия установлено присутствие трендовой составляющей в рядах. Это дает возможность в усредненном виде прогнозировать темпы инфляции и безработицы.

На этапе анализа нестационарных временных рядов, использован тест Дики–Фуллера [4,7]. Идея теста заключается в определении коэффициента p в авторегрессионном уравнении первого порядка

$$y(k) = p \cdot y(k-1) + \varepsilon(k), \quad (1)$$

где $y(k)$ – временной ряд;

ε – остатки.

Если $p = 1$, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд $y(k)$ не стационарен, а степень интегрированности процесса равна 1.

Если $0 < p < 1$, то ряд стационарный. Тест предназначен для того, чтобы различить временные ряды типа TS и DS. В данном случае ряд индекса инфляции и ряд индекса безработицы являются рядами типа TS. При этом имеется детерминированный тренд, как среднее математическое случайного процесса, после элиминирования которого, с рядом можно работать методами, используемыми для стационарных временных рядов.

По результатам N наблюдений в качестве исходных статистических данных рассматриваются два временных ряда

$$\begin{aligned} &x(1), x(2), \dots, x(N), \\ &y(1), y(2), \dots, y(N) \end{aligned} \quad (2)$$

где $x(t)$ – ряд инфляции;

$y(t)$ – ряд безработицы.

В силу трендовой нестационарности рядов, рассмотрение зависимости между переменными представлена в виде ADL модели (autoregressive distributed leg models) – авторегрессионная модель с распределенным лагом. Общий вид ADL модели

$$Y(t) = \theta + \sum_{k=0}^T \alpha_k Y(t-k) + \sum_{k=0}^T \beta_k X(t-k) + \varepsilon(t), t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

где k – длина лага;

ε_t – остатки.

Исходя из того, что оба нестационарных ряда являются рядами типа TS, в правую часть модели ADL добавляется дополнительная поясняющая функция – тренд. Тогда авторегрессионная модель с распределенным лагом получит вид

$$Y(t) = \theta_1 + \sum_{k=0}^T \alpha_k Y(t-k) + \sum_{k=0}^T \beta_k X(t-k) + \theta_2 \cdot t + \theta_3 \cdot t^2 + \varepsilon(t), \quad (4)$$

Для оценки коэффициентов модели используется метод наименьших квадратов в системе Mathcad 14 по экспериментальным данным (2). Найдены коэффициенты авторегрессионной модели с распределенным лагом для модели типа ADL(3,3) и ADL(3,4). Вычисление коэффициента детерминации и стандартной погрешности авторегрессии показала предпочтительность модели ADL(3,4) относительно ADL(3,3). На рис. 3 показан график зависимости инфляции от безработицы типа ADL(3,4).



Рис. 3. Модель ADL(3,4) инфляция от безработицы

Согласно тесту причинности Грэнджера [2], определена причинно-следственная связь между инфляцией и безработицей. Основной посылкой Грэнджера было то, что будущее не может быть причиной настоящего или прошлого. При анализе временных рядов необходимо знать, предшествует ряд $x(t)$ ряду $y(t)$, или $y(t)$ предшествует $x(t)$. Для этого построена модель авторегрессии (3), где $x(t)$ примет значения ряда безработицы, а $y(t)$ –

значения ряда инфляции. Было установлено, что значения индекса безработицы предшествует значению индекса инфляции. В соответствии, для последующего прогнозирования выбрана модель зависимости инфляции от безработицы.

На основе разработанной модели зависимости – ADL (3,4), сделан краткосрочный прогноз на октябрь–декабрь 2010 года (таблица), показавший удовлетворительную точность.

Таблица. Прогнозные значения на основе принятой модели

Период	Реальные значения	Прогноз	Точность
Октябрь 2010	0.968	0.963	99,4%
Ноябрь 2010	0.972	1.143	82.4%
Декабрь 2010	0.977	1.434	53.2%

Для долгосрочного прогноза необходимо большее количество экспериментальных данных и более детальный их анализ.

Выводы:

1. Проведен структурный анализ рядов индексов инфляции и безработицы в Украине за период 2009–2010 годов, показавший наличие взаимозависимости данных.
2. Оценено наличие детерминированной – в виде тренда второго порядка и стохастической составляющих рядов.
3. С помощью теста Дики–Фуллера определена принадлежность нестационарных временных рядов к TS типу.
4. Выбраны и реализованы ADL(3,3) и ADL(3,4) –модели для исходных рядов.
5. Сделан прогноз на период октябрь–декабрь 2010 года. Полученные результаты подтверждают адекватность построенной модели и могут быть использованы при анализе экономических явлений.

Список литературы: 1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – Москва: Издательское объединение “ЮНИТИ”, 1998. 2. Канторович Г.Г. Лекции: Анализ временных рядов. Экономический журнал ВШЭ. 2003. 3. Елисеева И.И. Эконометрика. – Москва: “Финансы и статистика”, 2003. 4. Алехин Е.И. Основы анализа временных рядов. – Орел. 1998. 5. Шанченко Н.И. Лекции по эконометрики. – Ульяновск. 2008. 6. <http://www.ukrstat.gov.ua/>, «Державний комітет статистики». 7. Носко В.П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов. – Москва: ИЭПП, 2002.

Поступила в редколлегию 11.11.2011

УДК 004.46

М.М МОТИН, асп., НТУУ «КП», Київ

Д.О. ПЕТРЕНКО, студ., НТУУ «КП», Київ

В.В. АВЕР'ЯНОВ, студ., НТУУ «КП», Київ

СУЧАСНІ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ОСВІТИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ НИХ

В статті сформульовані критерії для порівняння систем електронного та мобільного дистанційного навчання, виконано порівняльний аналіз по деяким із систем мобільної освіти. Розглянуто технічні засоби для систем мобільної освіти, висвітлено найбільш актуальні проблеми, що можуть виникнути при роботі з мобільними пристроями і запропоновано шляхи їх вирішення. Дана порівняльна характеристика комунікаційних технологій для систем мобільної освіти.

Ключові слова: мобільна освіта, електронна освіта, дистанційна освіта, технічні засоби для мобільного навчання, комунікаційні технології, портативні пристрої.

В статье сформулированы критерии для сравнения систем электронного и мобильного дистанционного обучения, проведен сравнительный анализ по некоторым системам мобильного образования. Рассмотрены технические средства для систем мобильного образования, освещены наиболее актуальные проблемы, которые могут возникнуть при работе с мобильными устройствами и предложены пути их устранения. Дана сравнительная

характеристика коммуникационных технологий, которые могут применяться в мобильном образовании.

Ключевые слова: мобильное образование, электронное образование, дистанционное образование, технические средства для мобильного обучения, коммуникационные технологии, портативные устройства.

In this article criteria for comparing systems of electronic and mobile distance education are formulated, also comparative analysis of some systems of mobile education is given. Technical devices for mobile educational systems are considered, the most urgent problems of using mobile devices and ways of their removing are described. Comparative characteristic of communication technologies for mobile educational systems is given.

Key words: mobile education, electronic education, distance education, technical devices for mobile learning, communication technologies, portable devices.

1 Вступ

Мобільна освіта є складовою електронної освіти, яка, в свою чергу, входить до складу дистанційної. Можна визначити мобільну освіту як сукупність дидактичних, технічних, інформаційних та організаційних підходів, які забезпечують принципи відкритого дистанційного доступу до знань за допомогою саме мобільних комунікаційних пристроїв [1]. Основними вимогами до мобільних пристроїв на даний момент є здатність з'єднуватися з комп'ютерними пристроями, відображувати освітню інформацію і мати можливість реалізовувати двосторонній інформаційний обмін між викладачем і студентом [2].

Потреба в створенні дистанційного доступу до знань виникла досить давно. Позитивні сторони такого навчання очевидні: не потрібно приходити на заняття в певне місце і в певний час, можна мати доступ до навчальної інформації в будь-який час і на досить великій території. Але тривалий час розвиток цього напрямку освіти стримувався відсутністю необхідних технічних засобів. На території СРСР ще у 30-х роках було впроваджено заочну форму навчання у вузах, що існує й донині у багатьох країнах, але вона не вирішувала усіх проблем віддаленого доступу до знань. Згодом було намагання впровадити дистанційне навчання за допомогою радіолекцій та радіокурсів (40-і роки), а також телевізійних уроків (60-і, початок 70-х років). Трохи згодом А. Кей запропонував ідею комп'ютера розміром з книгу для доступу до освітніх ресурсів, що являв собою перше автоматизоване робоче місце з доступом до мережевих ресурсів [1]. У 80-х роках, з появою перших персональних ЕОМ, відбувався перехід до електронної освіти в рамках локальних мереж університетів, а ще через десятиліття – і в Інтернеті. Навчання в таких системах зводилось до перегляду певних навчальних матеріалів на ЕОМ, а також проходження тестування чи здачі іспитів в електронній формі.

Але всі названі ідеї дистанційної та електронної освіти не могли забезпечити її інтерактивності та мобільності, оскільки технічні засоби не були портативними і гнучкими в розумінні налаштувань під конкретного користувача і умови навчального процесу. Тому перехід до мобільної освіти відбувся протягом останніх 5-7 років з появою відповідних апаратних та програмних засобів.

В рамках даної статті буде проаналізовано деякі з існуючих системи електронної та мобільної освіти, а потім розглянуто технічні засоби, за допомогою яких ці системи реалізуються.

2 Огляд та порівняння існуючих систем електронної (e-learning) та мобільної (m-learning) освіти

2.1 Критерії для порівняння систем електронної освіти

У літературних джерелах існує багато порівнянь електронних системи навчання. Деякі з них порівнюють дві існуючих платформи. Наприклад, порівнюються такі платформи електронного навчання як Moodle і Blackboard. Інші дають порівняння WebCT Vista і Blackboard, які є найбільш відомими і використовуваними платформами для он-лайн курсів. В деяких публікаціях здійснюється порівняння та представлення можливостей більш ніж двох платформ електронного навчання. Крім того, в Інтернеті існують сайти, які дають користувачеві можливість вибирати критерії та порівнювати багато платформ (Moodle, Blackboard, Angel, WebCT, і т.д.). Такий огляд та аналіз дозволяють користувачам вибрати найбільш оптимальну платформу, що відповідає їх потребам. Критерії порівняння можуть бути об'єднані в три основні групи в залежності від можливостей системи [3]

1. Наявність засобів підтримки:

- засоби адміністрування (ідентифікація, авторизація, реєстрація та ін.);
- засоби створення курсу (засоби розробки, обмін контентом/ повторне використання контенту та ін.);
- засоби доступу до інформації (управління курсом, засоби слідкування за студентами, автоматичне тестування, категоризація та ін.).

2. Доступні засоби для користувача:

- засоби комунікації між викладачами та студентами (форуми, електронна пошта, чат, відеозв'язок та ін.);
- засоби покращення продуктивності(допомога, пошук, он-лайн/офф-лайн режим роботи та ін.).

3. Технічні специфікації:

- програмні та апаратні засоби (сервер, операційна система, база даних, браузер клієнта та ін.);
- ціна/реєстрація.

Всі сучасні e-Learning системи мають можливості двох перших груп критеріїв. Відмінності між ними можна виявити при розгляді їхніх технічних специфікацій, методів доставки навчального контенту, а також по тому, наскільки легко користувачам працювати з системою.

На відміну від e-learning систем, де учні використовують персональні комп'ютери з приблизно рівними технічними засобами і ресурсами програмного забезпечення, для відображення навчального матеріалу, системи мобільної освіти, можуть представляти навчальний контент на різних мобільних пристроях з різним функціональними характеристиками. В той же час можуть використовуватися різні рішення для розробки m-Learning систем, що робить вибір відповідного критерію для їхнього порівняння більш складним.

2.2 Запропоновані критерії для порівняння мобільних навчальних систем

Сьогодні існує різноманітність мобільних рішень, які використовуються в різних сферах повсякденного життя - в бізнесі, в охороні здоров'я, в освіті, і т.п.

Багато з них можуть використовуватись для мобільної освіти, деякі є автономними додатками, які виконуються на мобільному пристрої користувача без з'єднання з системою мобільного навчання.

У найбільш загальній формі системи мобільного навчання можна класифікувати у відповідності з рисунком. Вона охоплює як технічні засоби, що можуть використовуватись для роботи m-learning систем, так і інші аспекти, які істотно відрізняють між собою мобільні навчальні системи: зв'язок «викладач-студент», взаємодія з e-learning системами, види інформації для відображення, місцезнаходження та доступ до системи [4]. На основі даної класифікації можна більш докладно визначити критерії для порівняння мобільних навчальних систем.

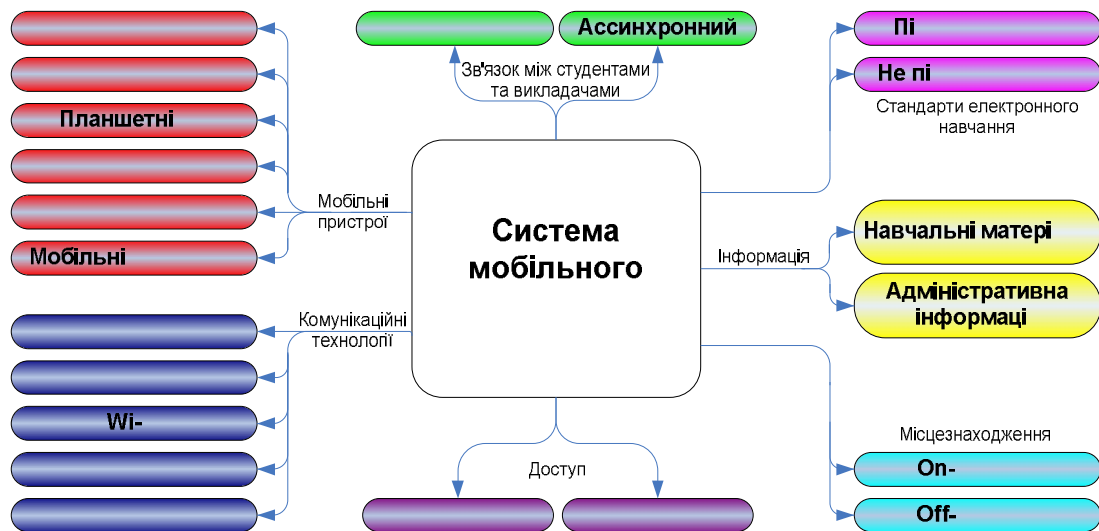


Рис. Класифікація систем мобільного навчання.

Під час процесу визначення цих критеріїв, необхідно взяти до уваги ті характеристики, які значно відрізняють m-Learning від e-learning [5]. Навчальний контент в m-Learning відображається на мобільних пристроях, які мають обмежену функціональність. Наступним критерієм є можливість використання системи в режимі он-лайн чи/або офф-лайн. Якщо навчання відбувається в режимі офф-лайн – додатки потрібно завантажити в пам'ять мобільного пристрою. Також важливо визначити який тип інформації підтримується системою - освітній (навчальний контент, тест, і т.п.) і/або адміністративний (новини, SMS, і т.п.). Під час порівняння систем необхідно взяти до уваги чи система є незалежною від e-Learning платформи, чи вона створена на її базі. Також необхідно пам'ятати, що система мобільної освіти має бути пристосована до мобільних пристроїв з різними розмірами екрану, на відміну від e-Learning.

Порівняльний аналіз було зроблено, використовуючи наступні критерії:

1. Пристрої, для яких призначена система;
2. Режими роботи: он-лайн чи офф-лайн;
3. Яка інформація використовується – навчальна та/або адміністративна;
4. LMS (Learning Management System), що підтримується;
5. Мова програмування, що була використана для розробки системи;
6. Технологія адаптації.

Існуючі системи мобільної освіти можна розділити на дві основні групи, в залежності від організації, що розробляла систему:

I. Системи створені в університетах (таблиця 1). Більша частина таких некомерційних систем використовується для вивчення конкретних аспектів цього нового типу навчання. Дуже часто базою для розробки таких систем є дослідницький проект. Цей тип систем використовується в межах деякої навчальної організації або їх груп і не широко розповсюджений.

II. Комерційні системи (таблиця 2). Ці системи створені компаніями з розробки програмного забезпечення, і мають більш широке спрямування ніж некомерційні, але за їх використання необхідно платити.

В рамках даного аналізу представлено 12 різних систем мобільного навчання: 6 із них розроблені в університетах в рамках наукових проектів, інші є комерційними. Результати порівняння наведено в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика некомерційних систем мобільного навчання

Система мобільної освіти	Тип мобільного пристрою	Тип m-learning		Тип інформації	LMS, яка підтримується	Підтримка стандартів e-Learning	Мова програмування	Технології адаптації контенту
		Online	Off-line					
Mobile ELDIT	КПК	веб	частк. (Proxy)	Навчальна інформація	ELDIT	Hi	N/a	XML+ XSLT Coccoon
WELCOME	КПК, мобільний телефон	веб	Hi	Навчальна інформація, SMS	VUR	Hi	N/a	XML+ XSLT
Pocket University	КПК	-	Так	Екзаменаційні тести	Hi	Hi	N/a	N/a
University Mobile Portal	КПК, мобільний телефон	веб	Hi	Новини, SMS	Hi	Hi	Java	XML+ XSLT Coccoon
MVClass	КПК, мобільний телефон	веб	Hi	Навчальна інформація	Hi	Hi	N/a	XML+ XSLT Coccoon
MobiLP	КПК	веб	Hi	Навчальна інформація, чат	Hi	Hi	Java	XML+ XSLT

Висновки:

- Всі некомерційні системи підтримують КПК. Половина із них підтримує мобільні телефони.
- П'ятеро з цих систем підтримує он-лайн навчання і двоє – офф-лайн.

- Більша частина цих систем дає користувачам доступ до навчального контенту. Деякі із них мають можливість надсилати SMS, підтримують чат або екзаменаційні тести.

- Чотири системи є незалежними, інші дві базуються на існуючих e-Learning системах.

- На даний час усі з проаналізованих некомерційних систем не підтримують стандарти e-Learning.

- Технологія адаптації контенту у 5 систем однакова – XML+ XSLT.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика комерційних систем.

Система мобільної освіти	Тип мобільного пристрою	Тип m-learning		Тип інформації	LMS, яка підтримується	Підтримка стандартів e-Learning	Мова програмування	Технологія адаптації контенту
		Online	Off-line					
ObjectJ Mobile Learning	КПК	Веб	Так	Навчальна інформація	Будь-яка SCORM сумісна LMS	SCORM, AICC	Java	N/a
Meridian Player	КПК	Ні	Так	Навчальна інформація, Екзаменаційні тести	Meridian KSI Knowledge Centre	SCORM	N/a	N/a
GoBinder 2006 (Blackboard Backpack)	Ультра-мобільні ПК, TabletPCs, Ноутбуки	Ні	Так	Навчальна інформація і інформація по курсу	Blackboard	No	C++ C#	XML
Mobile Customer Education System	КПК, Мобільний телефон	веб	Ні	Адміністративна інформація Екзаменаційні тести	Ні	SCORM	N/a	XML
iQpakk Mobile	КПК, Смартфон із Java2ME	Ні	Так	Навчальна інформація, Адміністративна інформація Екзаменаційні тести	Ні	SCORM	C++	XML
Exact Mobile	КПК, смартфон	веб	Ні	Навчальна інформація, Екзаменаційні тести, чат	Learn Exact	SCORM	N/a	XML

Висновки:

Комерційні мобільні системи мають наступні можливості:

- Ці системи здебільшого підтримуються на КПК. Одна із систем (GoBinder 2006) підтримує ноутбуки на базі Windows, Tablet PCs і Ultra Mobile PCs.
- Більшість з них підтримують офф-лайн навчання.
- Комерційні системи підтримують екзаменаційні тести. Деякі з них також підтримають можливість доступу до адміністративної інформації.
- Чотири системи базуються на e-Learning системах. Так як ці e-Learning системи підтримують e-Learning стандарти (SCORM, AICC, та ін.), то це означає що і відповідні m-Learning системи також їх підтримують.
- Здебільшого для розробки системи використовуються такі мови програмування: C++, Java, C# [1].

3 Класифікація та параметри технічних засобів систем мобільного навчання

3.1 Типи пристроїв, що використовуються в системах мобільного навчання

Реалізація мобільного навчання неможлива без використання мобільних пристроїв. Вони істотно відрізняються за своїми здібностями, розмірами і цінами. Загальні характеристики, що їх об'єднують – це мобільність і можливість підтримувати бездротовий зв'язок. Основними типами мобільних пристроїв, що використовуються в освітньому процесі є [1]:

- **Ноутбуки** (NoteBook computers). З одного боку, вони мають такі ж можливості, як персональний комп'ютер, з іншого боку, вони мають відносно невеликі розміри і підтримують бездротовий зв'язок. Їхні ціни все ще високі.

- **Планшетний ПК** (Tablet PC). Це один з новітніх мобільних пристроїв. Крім того, він має повний набір здібностей, як і персональні комп'ютери. Деякі з них не мають клавіатури, але програмне забезпечення розпізнає рукописний текст. Вони порівняно дорогі.

- **Кишеньковий персональний комп'ютер** (Personal Digital Assistant). Має невеликі розміри і значну потужність процесора. Нові моделі розпізнають рукописний текст і можуть відтворювати різні мультимедійні файли. Основні операційні системи, що використовуються – Palm і Microsoft Pocket PC.

- **Мобільні телефони** (Cellular phones). Низький клас пристроїв, в основному можуть бути використані для голосового зв'язку і відправки та отримання текстових повідомлень. Деякі з їхніх недоліків - малий обсяг пам'яті і низька швидкість передачі даних. Стільникові телефони більш високого класу можуть бути використані для доступу в Інтернет з використанням WAP або GPRS технологій. Вони також можуть бути використані для передачі і прийому мультимедійних повідомлень (MMS). Їхня ціна постійно знижується.

- **Смартфони** (Smart phones). Вони представляють собою гібридні пристрої, які поєднують можливості стільникових телефонів і КПК. Мають менші розміри, ніж КПК, проте більші, ніж у мобільних телефонів. Використовують операційні системи Symbian, Windows Mobile, Android OS та інші. Оскільки вони мають Інтернет-браузери, то потенційно можуть бути успішно використані в мобільній

освіті. Порівняння типових параметрів пристроїв, що використовуються в мобільному навчанні наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Порівняльна характеристика мобільних пристроїв

Параметр	Ноутбук	Планшетний ПК	КПК	Мобільний телефон	Смартфон
Ціна	Від 350\$	1000\$	320\$	100\$	250\$
Вага	2,5кг	0,7 кг	0,17 кг	0,08 кг	0,1 кг
Розмір екрану	15,6"+	9,7"	3,5"	2"	2,2"
Пам'ять	300 GB	64 GB	64 MB+	30 MB+	256 MB+
Ємність батареї	3 години	10 годин	7 годин	5 годин	5 годин
Комунікаційні технології	Wi-Fi, Bluetooth	Wi-Fi, Bluetooth	Wi-Fi, Bluetooth, IrDA	GPRS, Bluetooth, IrDA	GPRS, HSDPA, Wi-Fi, Bluetooth

3.2 Актуальні проблеми портативних пристроїв

Актуальні проблеми щодо використання портативних пристроїв для мобільного навчання наведені в таблиці 4. Також тут наведені потенційні технологічні рішення для усунення цих проблем.

Таблиця 4. Проблеми портативних пристроїв та шляхи їх вирішення

Проблеми	Можливі шляхи вирішення
Маленький розмір екранів КПК і мобільних телефонів обмежує можливості відображення інформації.	Існує два можливих шляхи вирішення цієї проблеми: використовувати проекційні технології для проектування інформації з екрану в повітря; використовувати бездротові технології передачі відеоданих на комп'ютер чи телевізійні монітори, що підтримують ці технології.
Маленька клавіатура КПК і мобільних телефонів робить введення даних складнішим.	Вирішення цієї проблеми є застосування технології, названої "віртуальною клавіатурою"; вона вже використовується в телефоні Siemens SX1.
Необхідно регулярно перезаряджати акумулятор мобільного пристрою.	Можливе вирішення - використання технології метанолових паливних елементів.
Зараз не можливо користуватися програмами розробленими для настільних ПК в мобільних пристроях.	Рішенням цієї проблеми є універсальна операційна система для мобільних пристроїв - Motion eXperience Interface(MXI), створена компанією RADIXS.

Сьогодні існує кілька комунікаційних технологій, які використовуються в мобільних пристроях. Їх можливості, так як і дальність передачі даних значно варіюються.

- **Global System for Mobile Communications(GSM)** є однією з провідних цифрових стільникових систем. Вона використовує вузьку смугу TDMA (Time Division Multiple Access). Спочатку європейський стандарт для цифрового мобільного зв'язку, GSM став найбільш широко використовуваною мобільною системою у більш ніж в 100 країнах світу. GSM мережі працюють на 900 МГц і 1800 МГц полосах частот в Європі, Азії та Австралії, і на 1900 МГц діапазоні частоти в Північній Америці і в деяких районах Латинської Америки і Африки. Вона забезпечує інтегровану голосову пошту, високошвидкісну передачу даних, факс, пейджинговий зв'язок і службу коротких повідомлень, а також гарантує безпечні комунікації. Вона пропонує найкращу якість звучання голосу серед будь-яких поточних цифрових стандартів бездротового зв'язку.

- **Wireless Application Protocol (WAP).** Це безкоштовний, неліцензійний протокол бездротового зв'язку. Він робить можливим доступ до Інтернет-сторінок з мобільного телефону. WAP є де-факто галузевий стандарт, який підтримується великою кількістю постачальників. WAP пристрої розуміють мову WML (додатки XML), яка пристосована для малих екранів і навігації без клавіатури. WAP також підтримує скриптову мову WMLScript.

- **General Packet Radio Service (GPRS).** Пакетно-залежна технологія, яка робить можливим високошвидкісний бездротовий доступ в Інтернет та інші засоби передачі даних. GPRS забезпечує приблизно в чотири рази більшу швидкість в порівнянні зі звичайними системами GSM. В даний час 288 операторів у всьому світі мають комерційні GPRS сервіси.

- **Bluetooth.** Ця бездротова технологія що використовує радіочастоти та діє на коротких відстанях. Bluetooth робить можливим передачу сигналів на короткі дистанції між телефонами, комп'ютерами та іншими пристроями, і тим самим спрощує зв'язок і синхронізацію між пристроями.

- **IEEE 802.11(Radio Ethernet)** – сімейство стандартів бездротової передачі даних, об'єднує декілька протоколів передачі даних (розробник - Institute of Electrical and Electronic Engineers, 1990-1997 – міжнародна організація, що займається розробкою стандартів у сфері електронних технологій). Найвідомішим і найпоширенішим на сьогодні є протокол IEEE 802.11g, що визначає функціонування бездротових Wi-Fi мереж.

- **Infrared Data Association (IrDA).** Визначає стандарти фізичних параметрів та протоколів інтерфейсу передачі даних із використанням інфрачервоного випромінювання (довжина хвилі від 850 до 900 нм) на малі відстані, наприклад, для застосування в персональних мережах передачі даних. IrDA є прикладом простого протоколу обміну даними в обмеженому просторі (стандартом визначається межа в 100 см). Шляхом обмеження дальності досягається безпека від прослуховування. Завдяки цьому, також, зменшується вартість пристроїв, однак, передача даних мусить відбуватись за умов прямої видимості між портами.

Порівняння параметрів існуючих бездротових технологій наведений у таблиці 5.

Таблиця 5. Порівняльна характеристика бездротових технологій зв'язку

Технологія	Швидкість (Мб/с)	Діапазон (м)	Діапазон частот
Bluetooth	1-2	100	2.4 GHz
IrDA	4	1-2	Частоти інфрачервоного діапазону випромінювання
IEEE 802.11a	54	20	5 GHz
IEEE 802.11b	11	100	2.4 GHz
IEEE 802.11g	54	50	2.4 GHz

З таблиці 5 робимо висновки, що ці технології можуть бути використані для забезпечення різної швидкості передачі даних з дальністю дії менше 100 метрів на території університету або поблизу так званих "гарячих точок". Такі технології можуть бути корисні, наприклад, тоді, коли студенти проходять тестування з певної дисципліни в рамках однієї-двох близько розташованих аудиторій. Але вони не забезпечують повної мобільності осіб, що навчаються, тому як перспективні технології для передачі навчальної інформації на великі відстані можемо відзначити GSM, а також WAP та GPRS.

4 Висновки

Як бачимо, з розвитком мобільних технологій передачі інформації мобільна освіта набуватиме все більшої популярності серед інших форм дистанційного освіти і, насамперед, електронної. Тому, можна назвати наступні переваги мобільного навчання в порівнянні з електронним:

- можливість використання будь-де і будь-коли;
- більшість мобільних пристроїв мають нижчі ціни, ніж настільні ПК;
- менші розміри і легша вага мобільних пристроїв, ніж у настільних ПК;
- гарантує більше залучених студентів, тому як мобільне навчання засноване на сучасних технологіях, які студенти все частіше і частіше використовують у повсякденному житті.
- можливість більш швидкої адаптації до змін у навчальному процесі.

У статті було запропоновано критерії для порівняння між собою систем електронної освіти та мобільної освіти; дана порівняльна характеристика 6 некомерційних та 6 комерційних систем мобільної освіти. Встановлено, що комерційні системи є більш гнучкими з боку підтримуваних пристроїв – це ноутбуки, КПК, смартфони. Всі вони підтримують екзаменаційні тести, більшість надає доступ до адміністративної інформації та є сумісними з системами електронного навчання. Мови програмування, що використовуються для розробки таких систем – це в основному C++, Java, C#.

Проведено огляд технічних засобів для систем мобільної освіти і дана їх порівняльна характеристика, висвітлено найбільш актуальні проблеми, що

можуть виникнути при роботі з мобільними пристроями і запропоновано шляхи їх вирішення. Також зроблено огляд комунікаційних технологій, на основі якого робимо висновок, що половина з них (Radio Ethernet, IrDA, Bluetooth) не забезпечують повної мобільності у навчанні, оскільки мають обмежений радіус досяжності. Тому перспективним для вирішення цієї проблеми є використання технологій GSM, WAP та GPRS для побудови систем мобільного навчання.

Список літератури: 1. Куклев В. А. Электронное обучение с помощью мобильных устройств в любое время и в любом месте. - Ульяновск: УлГТУ, 2009.- 356 с. 2. Глибовець А. М. Використання мобільних пристроїв в дистанційній освіті. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки, том 36, 2005. 3. Интернет-обучение: технологии педагогического дизайна / М.В. Мойсеева и др. М.: Камерон, 2004. – 216 с. 4. Мотін М.М. Класифікація систем мобільного навчання. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №1/2, 2011. 5. Georgieva, E., A. Smrikarov, T. Georgiev, A General Classification of Mobile Learning Systems, Proceedings of the ComSysTech'2004, June 16-17, 2004, Varna, Bulgaria, pp.IV.14-1-IV.14-6.

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК 681. 523 (075. 8) : 681. 513. 3

Г.И. КАНЮК, докт. техн. наук, проф., УИПА, Харьков

С.Ф. АРТЮХ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков

М.А. ПОПОВ, маг., УИПА, Харьков

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДОМЕННОЙ ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ВОЗДУХА

У статті представлений комплекс технічних рішень, сприяючих підвищенню точності і швидкодії САР продуктивності турбокомпресорного агрегату і як наслідок, – підвищення ефективності і якості технологічного процесу доменної виплавки чавуну. Також запропоновані запатентовані способи компенсації похибок систем регулювання і метрологічного забезпечення.

Ключові слова: доменне виробництво, турбокомпресорні агрегати, електрогідравлічна система регулювання, метрологічне забезпечення.

В статье представлен комплекс технических решений, способствующих повышению точности и быстродействия САР производительности турбокомпрессорного агрегата и как следствие – повышение эффективности и качества технологического процесса доменной выплавки чугуна. Также предложены запатентованные способы компенсации погрешностей систем регулирования и метрологического обеспечения.

Ключевые слова: доменное производство, турбокомпрессорные агрегаты, электрогидравлическая система регулирования, метрологическое обеспечение, точность, быстродействие.

In article the complex of the technical decisions promoting increase of accuracy and speed CAP of productivity турбокомпресорного of the unit and as consequence – increase of efficiency and

quality of technological process of domain melt of pig-iron is presented. Also the patented ways of indemnification of systems of regulation and metrological maintenance are offered.

Key words: domain manufacture, turbo-compressor units, electrohydraulic system of regulation, metrological maintenance, accuracy, speed.

Постановка задачи

Интенсивность и эффективность процесса доменной плавки и качество чугуна существенно зависят от стабильности количества воздуха, подаваемого турбокомпрессорными агрегатами на колошники доменных печей. Эта стабильность обеспечивается электрогидравлической системой автоматического регулирования (ЭГСР), которая поддерживает постоянный заданный расход воздуха при изменении давления на колошнике путем соответствующего изменения частоты вращения турбины. В существующих ЭГСР обычно используются традиционные промышленные ПИД – регуляторы. Такие регуляторы обладают высокой чувствительностью к изменению параметров системы и не обеспечивают соответствующей адаптивной самонастройки коэффициентов регулятора. Метрологическое обеспечение существующих ЭГСР не обеспечивает номенклатуры и точности измерения параметров, необходимых для поддержания точности подачи воздуха в требуемых пределах (2-3 % от номинального значения). Это приводит к снижению интенсивности и эффективности процесса плавки, увеличению расхода кокса, ухудшению качества чугуна. При этом экономические потери в масштабах Украины составляют до 1 млрд. грн. в год [1- 4].

С целью решения указанной проблемы специалистами Украинской инженерно-педагогической академии и Алчевского металлургического комбината выполнен цикл теоретических и экспериментальных исследований. Разработаны математические модели турбокомпрессорного агрегата, обеспечивающего подачу воздуха в домну и исполнительного механизма системы автоматического регулирования. Выполнена идентификация параметров математических моделей по результатам натурных экспериментов. Выполнен структурно-параметрический синтез прецизионного регулятора подачи воздуха на основе решения обратных задач динамики турбокомпрессора и элементов электрогидравлической системы регулирования, разработаны предложения по эффективному метрологическому обеспечению САР.

Основная часть

С целью повышения точности и быстродействия САР предлагаются :

- использование для перемещения клапанной траверсы электрогидравлического исполнительного механизма, состоящего из гидроцилиндра поступательного движения (сервомотора), шток которого непосредственно соединён с траверсой, и пропорционального сервоклапана типа УЭГ.С с электронным микропроцессорным управлением (управляющая ЭВМ);

- использование прецизионной системы измерения объемного расхода подаваемого воздуха, например, на базе роторных счетчиков, имеющих погрешность менее 1% [5] или дифференциальных датчиков типа «Сапфир» с тензoeлектрическими преобразователями;

– использование в структуре электронного регулятора эффективных алгоритмов управления, обеспечивающих компенсацию различных видов статических и динамических ошибок (алгоритмы модального управления, алгоритмы управления на основе решения обратных задач динамики, алгоритмы линеаризующей коррекции нелинейных статических характеристик), структурированные на основе принципа мультипликативного управления [6]). Принципиальная схема рациональной структуры САР приведена на рис.1, соответствующая функциональная схема – на рис.2.

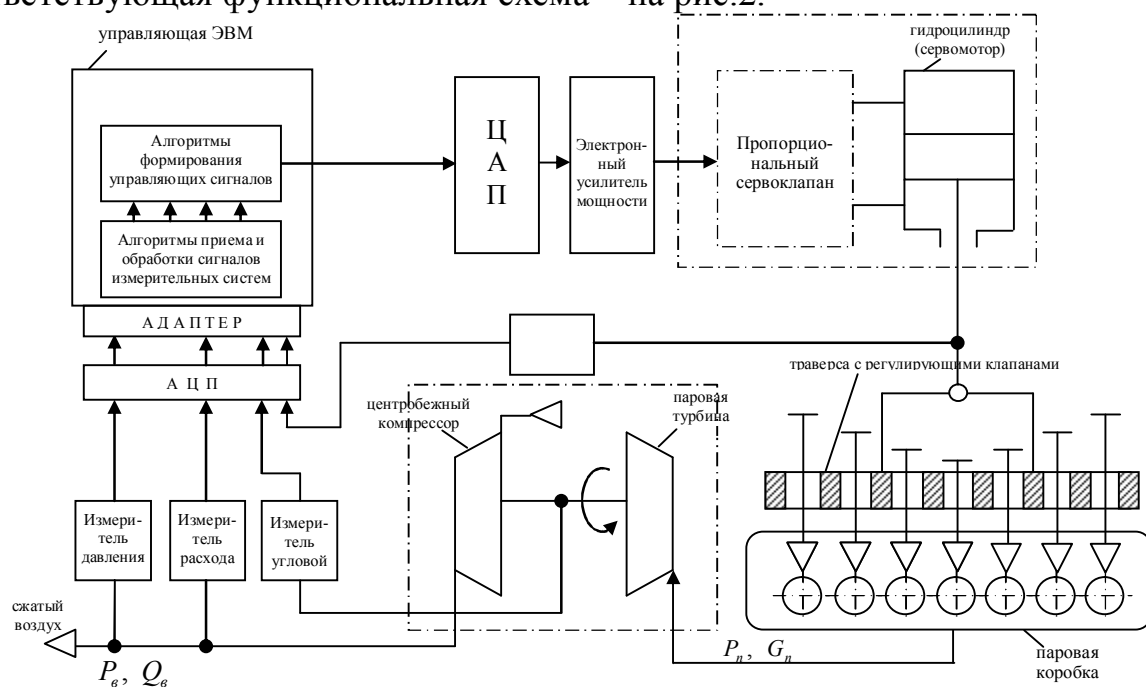


Рис. 1. Принципиальная схема прецизионной САР производительности турбокомпрессорного агрегата

Структурный синтез регулятора

Учитывая значительное количество в структуре исполнительного механизма САР автономных элементов с измеряемыми выходными параметрами (сервоклапан, гидродвигатель, турбина, компрессор) (см. рис.1, 2), целесообразно при структурном синтезе регулятора использовать принцип мультипликативного управления [6], основанный на построении автономных контуров управления отдельными элементами. Этот принцип дает возможность упрощения структуры, параметрического синтеза и настройки параметров регулятора. Структура мультипликативного регулятора приведена на рис. 3.

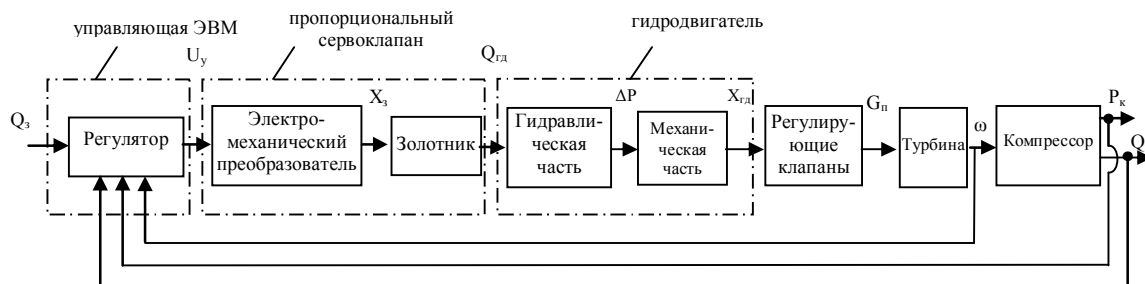


Рис. 2. Функциональная схема прецизионной САР производительности турбокомпрессорного агрегата

$$\frac{V}{\chi} \dot{P}_k + k_{ym} P_k = Q_\kappa + Q_\varepsilon; \quad (4)$$

или

$$T_p \dot{P}_k + P_k = K_{QP} (Q_\kappa + Q_\varepsilon); \quad (5)$$

Где

$$T_p = \frac{V}{\chi k_{ym}}; \quad K_{QP} = 1/k_{ym};$$

V – объем полости напорного воздухопровода;

χ – адиабатический модуль объемной упругости воздуха;

k_{ym} – коэффициент утечек.

Измерение положения, давления и частоты вращения может осуществляться с достаточно высокой точностью, а точное измерение расхода воздуха может представлять значительную техническую проблему не только из-за систематических погрешностей, но и вследствие шумов и случайных погрешностей, обусловленных изменениями режима движения, пульсациями давления и образования вихревых зон в потоке. С целью отделения этих погрешностей от спектра основного сигнала может использоваться в измерительной схеме фильтр Калмана – Бюси (наблюдатель состояния, основанный на использовании эталонной модели процесса).

В работе [6] на основе цикла теоретических и экспериментальных исследований показано, что наиболее эффективные алгоритмы управления и регуляторы прецизионными САР (в частности – электрогидравлическими следящими системами) могут быть синтезированы на основе решения обратных задач динамики управляемого объекта. Такие алгоритмы обеспечивают высокое быстродействие систем, надежную компенсацию ошибок, обусловленных астатизмом любого порядка, имеют унифицированную и простую в практической реализации структуру, являются робастными (т.е. малочувствительными к изменению параметров объекта в процессе эксплуатации), способны обеспечивать эффективное управление с использованием только одного измеряемого сигнала – выходного регулируемого параметра. Исходя из этого, представляется целесообразным синтезировать все автономные контуры общего мультипликативного регулятора (см. рис. 6.) на основе решения обратных задач динамики соответствующих элементов.

Обобщенная структура астатического регулятора, построенного на решении обратной задачи динамики объекта произвольного динамического порядка, приведена в [6].

В соответствии с принятой математической моделью (1) – (5) и структурной схемой объекта регулирования (см. рис.4), общая структура мультипликативного регулятора должна включать три контура управления объектами третьего динамического порядка (сервоклапан, турбина и компрессор) и один контур управления объектом третьего динамического порядка (гидродвигатель). Структурные схемы таких автономных регуляторов приведены на рис. 5.

Синтез фильтра Калмана (эталонной модели-наблюдателя) для оценки свободной от случайных возмущений составляющей измерительного сигнала расхода воздуха в воздухопроводе может быть выполнен следующим образом.

Математическая модель воздухопровода может быть представлена в виде:

$$T_p \dot{P}_k + P_k = K_{QP} (Q_k - Q_e); \quad (6)$$

где $T_p = V_{\text{воз}} / \lambda_{\text{воз}} K_{\text{ум}}^{\text{воз}}$; $K_{QP} = 1 / K_{\text{ум}}^{\text{воз}}$.

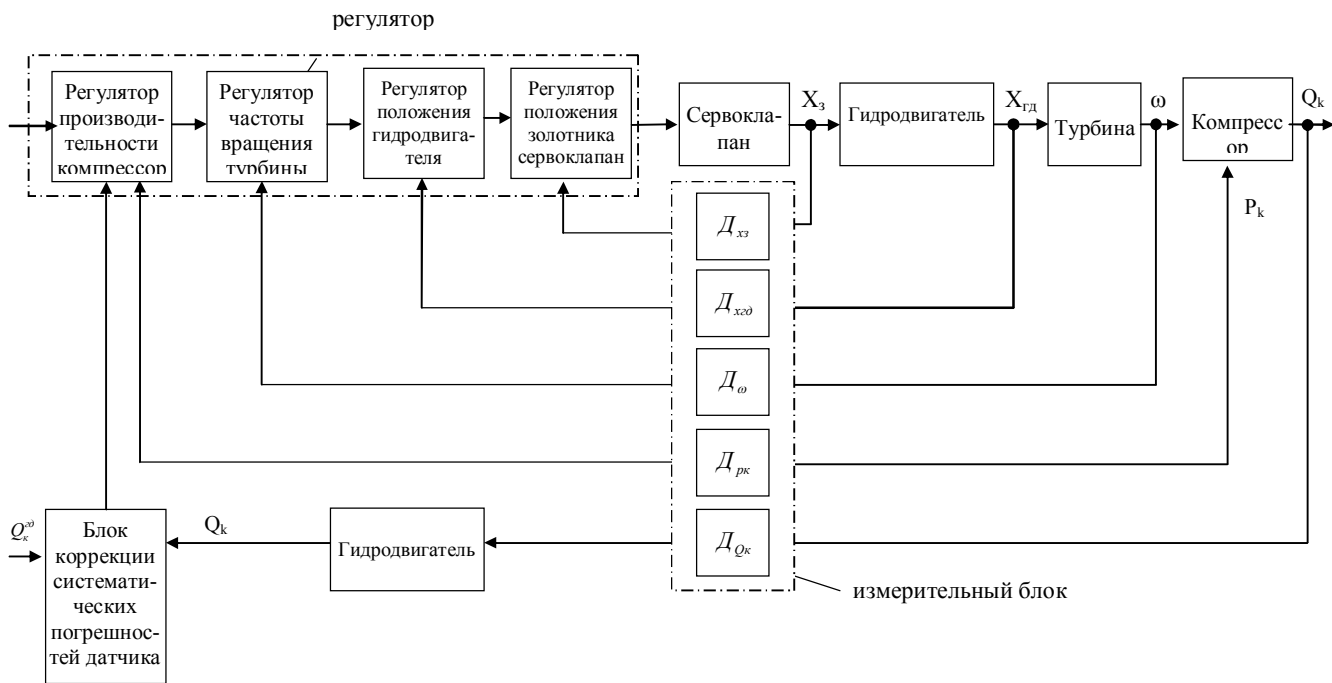


Рис. 4. Общая функциональная схема САР производительности турбокомпрессорного с прецизионным мультипликативным регулятором

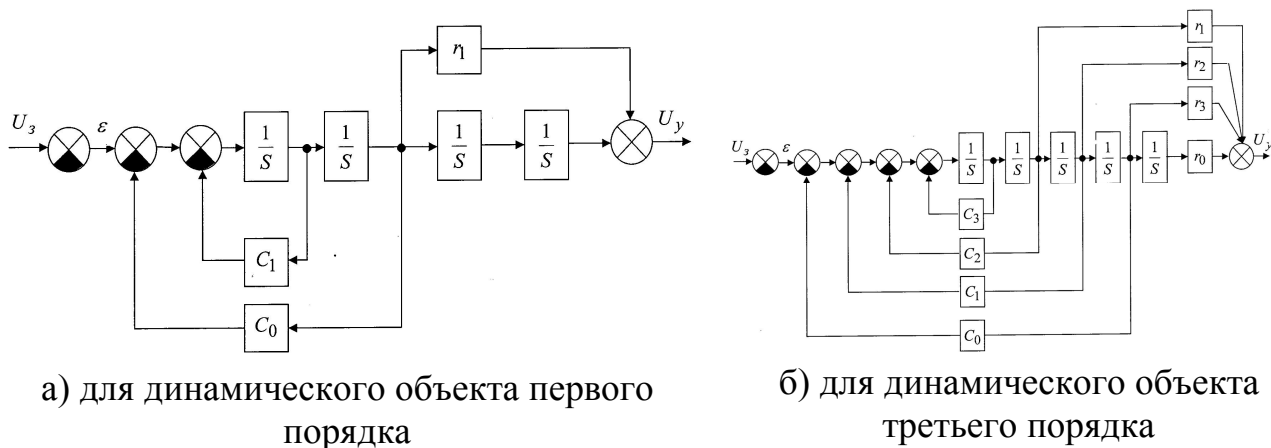


Рис. 5. Структурные схемы астатических регуляторов, построенных на решении обратных задач динамики

Значения давления (P_k) и расхода воздуха (Q_k) доступны непосредственному измерению при помощи датчика давления и измерителя расхода, установленного на выходе из компрессора.

В соответствии с общей методикой синтеза наблюдателей состояния, изложенной в [6], представим уравнение (6) в типовой дифференциально-матричной форме

$$\hat{\mathbf{P}}_k = (A - K)\hat{\mathbf{P}}_{k-1} + B(Q_k - \hat{Q}_k) + KP_k; \quad (7)$$

Или

$$\hat{\mathbf{P}}_k = A\hat{\mathbf{P}}_{k-1} + K(P_k - \hat{P}_k) + B(Q_k - \hat{Q}_k); \quad (8)$$

где

$A = -1/T_k$; $B = K_{QP}/T_k$ – скалярные элементы матриц объекта и управления.

K – скалярный элемент матрицы весовых коэффициентов наблюдателя состояния (фильтра Калмана).

Структурная схема фильтра, соответствующая уравнениям (18), (19) приведена на рис. 6. Такой фильтр на основе имеющихся реальных измерительных сигналов давления (P_k) и расхода (Q_k), развиваемых турбокомпрессором, обеспечивает аналитическое значение расхода воздуха в воздухопроводе ($\hat{Q}_k$), свободное от значения случайных возмущений и помех.

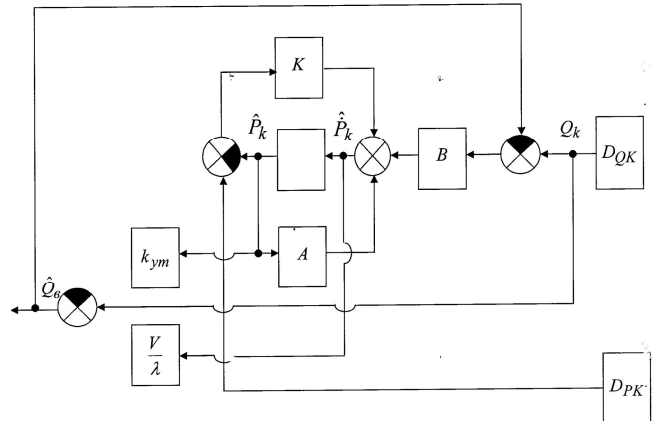


Рис. 6. Структурная схема фильтра Калмана (эталонной модели-наблюдателя) для воздухопровода

В общей структуре прецизионного регулятора для САР

производительности турбокомпрессора, включающего унифицированные автономные астатические контуры управления сервоклапаном, гидродвигателем, турбокомпрессором и воздухопроводом на основе решения соответствующих обратных задач динамики (см. рис. 5) для повышения точности основного измерительного сигнала (расхода воздуха) используются электронный блок компенсации систематических погрешностей расходомера, выполняющий сравнение фактического сигнала с эталонной градуировочной характеристикой и дающий соответствующую поправку в сигнал обратной связи (см. рис. 4), а также фильтр Калмана (эталонная модель - наблюдатель) (см. рис. 6), обеспечивающий свободное от случайных возмущений и помех значение расхода воздуха в воздухопроводе.

Для компенсации отрицательного влияния на точность работы электрогидравлического исполнительного механизма статических нелинейных характеристик (положительных перекрытий золотника, сухого трения, люфтов, нечувствительности) в регуляторе положения сервоклапана используется блок коррекции статических нелинейных характеристик [7], обеспечивающий высокие значения общего коэффициента усиления в области малых сигналов и «зону стабилизации» (работу с нулевым коэффициентом усиления) в области перехода к номинальным значениям коэффициента усиления с целью сохранения устойчивости системы.

Предложенная структура регулятора обеспечивает компенсацию всех основных видов погрешностей САР производительности турбокомпрессора, обусловленных астатизмом и статическими нелинейными характеристиками

элементов исполнительного механизма, систематическими и случайными погрешностями канала измерения регулируемой величины (расхода воздуха).

Выводы

1. Разработана принципиальная структурная схема быстродействующей прецизионной САР производительности турбокомпрессорного агрегата на основе электрогидравлического следящего привода с пропорциональным сервоклапаном и микропроцессорным управлением, прецизионной системы измерения объемного расхода воздуха и эффективных алгоритмов управления, обеспечивающих компенсацию различных видов статических и динамических ошибок.

2. С целью структурного синтеза эффективного регулятора разработана упрощенная линеаризованная математическая модель турбокомпрессорного агрегата, учитывающая основные функциональные связи и параметры, определены все численные значения параметров разработанной модели.

3. С целью упрощения структурного синтеза, практической реализации и настройки предложена структура четырехконтурного мультипликативного регулятора, включающего автономные контуры управления положением золотника сервоклапана, положением гидродвигателя, частотой вращения турбины и производительностью турбокомпрессора.

4. На основе решения обратной задачи динамики объекта управления предложены универсальные структурные схемы алгоритмов управления всеми выделенными автономными контурами.

5. Для оценки свободной от случайных возмущений составляющей измерительного сигнала расхода воздуха в воздухопроводе выполнен структурный синтез фильтра Калмана (эталонной модели-наблюдателя).

6. С целью повышения точности измерения расхода воздуха предложен запатентованный способ компенсации систематических погрешностей измерителя путем сравнения в электронном микропроцессорном блоке фактических значений расхода со значениями эталонной градуировочной характеристики.

7. Предложен запатентованный способ компенсации погрешностей САР, обусловленных статическими нелинейными характеристиками исполнительного механизма (нечувствительность, сухое трение, люфты) путем использование в контуре управления переменного коэффициента усиления с «горизонтальной зоной стабилизации».

8. Предложена общая структурная схема прецизионного регулятора для САР производительности турбокомпрессорного агрегата, обеспечивающая компенсацию всех основных видов статических и динамических погрешностей.

Список літератури: 1. Канюк Г.И., Попов М. А., Кириченко Н.К. Основные направления повышения показателей качества электрогидравлических систем автоматического регулирования производительности турбокомпрессорных агрегатов доменных печей. Вісник національного технічного університету „ХПІ”. Збірник наукових праць – Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ „ХПІ” – 2010. – №46. – с.70-74. 2. Канюк Г.И., Попов М. А. Проблемы повышения точности систем автоматического регулирования турбокомпрессорных агрегатов, используемых в доменном производстве. Матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., 16-17 вересня 2010 р. «Наука в інформаційному

просторі» Т.1: Наукові праці у галузях: біологія, медицина, геологія та географія, техніка. Дніпропетровськ.: Біла К.О., 2010. – С.71-76. 3. Канюк Г.И., Попов М. А. Проблемы повышения точности систем автоматического регулирования турбокомпрессорных агрегатов. Сборник тезисов II-международной научно-технической конференции «Качество технологий – качество жизни». Украина. Судак. 15-19 сентября 2010 г.- С.81-82. 4. Канюк Г.И., Попов М. А. Основные направления повышения показателей качества электрогидравлических систем автоматического регулирования производительности турбокомпрессорных агрегатов доменных печей. – Материалы XI научно-технической конференции молодых специалистов ПАО «АМК». – Алчевск. – 25 мая 2011. – с.57. 5. Измерения в промышленности. Справ. Изд. В 3-х кн. Кн.2 Способы измерения и аппаратура: Пер. с нем. / Под ред. Профоса П. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. – 384 с. 6. Канюк Г.И. Модели и методы структурного и параметрического синтеза прецизионных электрогидравлических следящих систем автоматизированных испытательных стендов / Рукопись/ Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.07 – автоматизация процессов управления / Г.И. Канюк // Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». – Харьков, 2009. 7. Канюк Г.И., Артюх С.Ф., Попов М.А., Близниченко О.М. Електрогідравлічний слідкуючий привід. Патент України, F15B 9/03 (2006.01), № 61431, Опубл. 25.07.2011 г. Бюл. № 14.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 656. 222:338.001

Є. В. ХОДАКІВСЬКА, асп., УкрДАЗТ, Харків

ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМИ ОБЕРТАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ СОСТАВІВ

В статті проведено техніко – економічне обґрунтування вибору схеми обертання пасажирських составів. В результаті техніко – економічного порівняння запропоновано використання кільцевих схем обігу пасажирських составів, що дозволить вивільнити до 12% робочого парку пасажирських вагонів.

Ключові слова: кільцева схема обігу, маятниковий рух поїздів, техніко – економічне порівняння.

В статье проведено технико-экономическое обоснование выбора схемы оборота пассажирских составов. В результате технико-экономического сравнения предложено использование кольцевых схем оборота пассажирских составов, что позволит высвободить до 12% рабочего парка пассажирских вагонов.

Ключевые слова: кольцевая схема оборота, маятниковое движение поездов, технико-экономическое сравнение.

The technical and economical feasibility study of passenger trains turn scheme was carried out in the article. As a result of technical and economical comparison the use of circular trains turn schemes were offered, that will allow to free up to 12% of fleet of passenger carriages.

Keywords: trains turn scheme, pendulum circulation of train's, technical and economical comparison.

Постановка наукового завдання

На сьогодні наша держава стає реальним хартлендом Євразії. Через неї проходить просторова вісь цього материка. Геостратегія України в ХХІ ст. – це реалізація заманливих перспектив завоювання ринків сусідніх країн, організація політичної й економічної взаємодії з пострадянськими країнами [1]. Однією із

складових цієї взаємодії є сфера надання транспортних послуг, особливо в частині залізничних пасажирських перевезень.

В основі здійснення пасажирських перевезень лежать незмінні протягом кількох десятиріч технології перевізного процесу, які обмежують здатність пасажирського комплексу гнучко реагувати на умови функціонування ринку пасажирських перевезень і на вимоги споживачів, які постійно змінюються [2]. Тому, актуальним завданням сьогодення є удосконалення системи управління пасажирськими перевезеннями. Одним із етапів такого удосконалення є розробка та впровадження гнучкої технології організації раціональних схем обертання пасажирських составів на мережі залізниць [3].

На сьогодні набула широкого використання маятникова схема обертання пасажирських поїздів. З метою скорочення потрібного парку пасажирських вагонів і необхідної кількості составів, в попередніх роботах [4, 5, 6] було розглянуто можливість організації кільцевого руху пасажирських поїздів. При прийнятті рішення стосовно вибору схеми обертання виникає необхідність співставлення існуючої схеми і перспективної з подальшим техніко - економічним обґрунтуванням вибору схеми обертання пасажирських составів.

Основний матеріал дослідження

Для проведення техніко – економічного обґрунтування вибору схеми обертання пасажирських составів необхідно дослідити фактори, які впливають на ефективність пасажирських перевезень. На рис. 1 наведено фактори які впливають на собівартість пасажирських перевезень. Серед них – кількість вагонів, кількість локомотивів і т. ін.

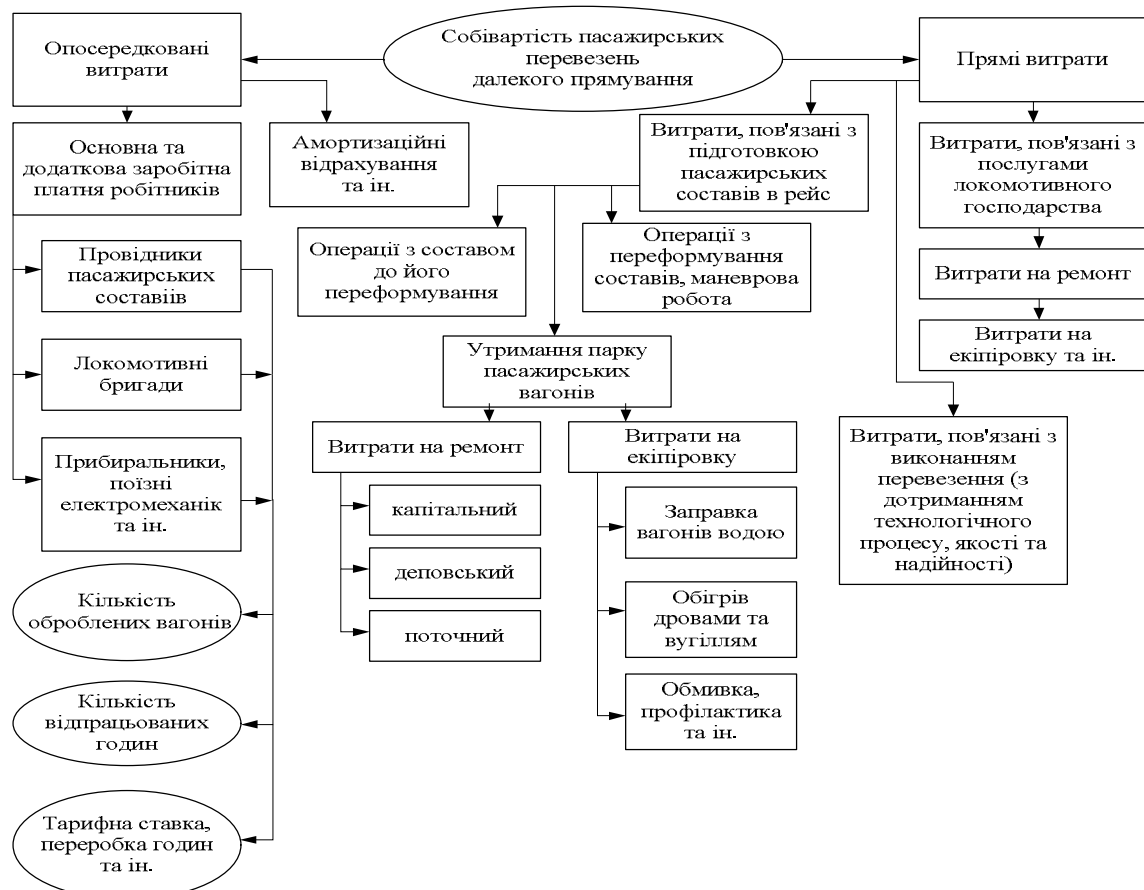


Рис. 1. Фактори, які впливають на собівартість пасажирських перевезень

Як бачимо з рис. 1 одним із основних резервів підвищення ефективності пасажирських перевезень є зменшення кількості пасажирських вагонів при незмінній кількості пасажирських маршрутів. Для вирішення цього завдання запропоновано використовувати замість маятникової схеми руху пасажирських поїздів кільцеву схему. Графічну інтерпретацію порівняння цих схем наведено на рис. 2.



Рис. 2. Схема порівняння маятничового та кільцевого обігу пасажирських составів

Кільцева схема обігу пасажирських составів надає можливість вирішити задачу дефіциту рухомого пасажирського складу та інші задачі, які пов'язані з підвищенням якості послуг у сфері пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Впровадження кільцевих схем обігу пасажирських составів дозволяє скоротити потрібний робочий парк пасажирських вагонів, а також витрати на їх утримання і ремонт (рис.3).

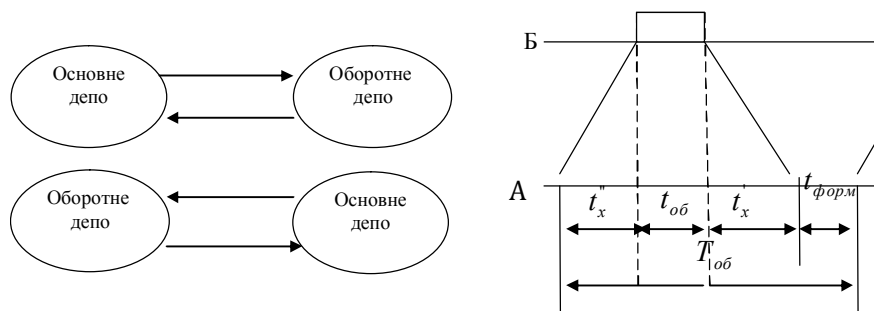


Рис. 3 Маятникова схема обігу пасажирських составів: t_x'' - час руху поїзда в парному напрямку; $t_{об}$ - час знаходження поїзда на станції обертів; t_x' - час руху поїзда в непарному напрямку; $t_{форм}$ - час знаходження поїзда на станції формування; $T_{об}$ - загальний час обігу пасажирського составу

Розглянемо обіг составів за маятниковою схемою по трьох напрямках за основними факторами (табл. 1).

Таблиця 1. Оборот составів за маятниковою схемою

Призначення поїзда	№ поїзда	t_x^{np}	t_x^{36}	$t_{об}^2$	$t_{форм}$	$T_{об}$	$P_c = \frac{T_{об}}{24}$, составів
Маріуполь-Київ	84/83	17,3	17	5	8,7	48	2
Харків-Київ	63/64	8,3	7,9	15,3	16,5	48	2
Харків-Маріуполь	621/622	11,4	11	17,8	7,8	48	2
Всього составів:							6

Отже, для обслуговування обраних маршрутів за маятниковою схемою обігу потрібно 6 пасажирських составів.

При кільцевій схемі, обслуговування пасажирських составів виконується на пасажирських технічних станціях не враховуючи місця приписки рухомого складу (рис. 4).

Розглянемо можливість впровадження кільцевої схеми обігу пасажирських составів за напрямками, що вказані в табл. 2.

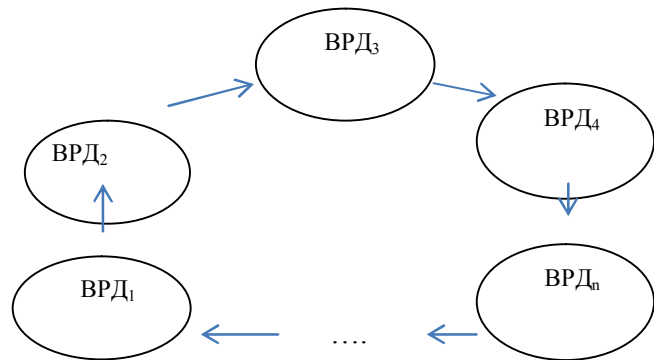


Рис. 4. Кільцева схема обігу пасажирського составу

Таблиця 2. Оборот составів за кільцевою схемою

Призначення поїзда	t_x^1	$t_{об}^1$	t_x^2	$t_{об}^2$	t_x^3	$t_{форм}$	$T_{об}$	$P_c = \frac{T_{об}}{24}$, составів
Маріуполь – Київ – Харків – Маріуполь	17,3	2,5	7,9	2,5	11,4	5,5	47,1	1,97
Маріуполь – Харків – Київ – Маріуполь	11	2,5	8,3	2,5	17	5,5	46,8	1,95
Всього составів:								4

Таким чином, потрібна кількість составів для обслуговування вказаних вище маршрутів за кільцевою схемою обігу пасажирських составів – 4. Тобто парк вагонів, необхідний для обслуговування даних напрямків скоротиться на 25-30%, що дає можливість проводити ремонт та модернізацію пасажирських вагонів, та значно скоротить витрати на утримання вагонів.

Техніко-економічне порівняння кільцевої та маяткової схем обертання пасажирських составів розрахуємо за формулою:

$$\begin{aligned}
\Delta E = & [C_{св} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С})] + \\
& + [K_{ваг}^{а.б} (C_{св} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С}))] + \\
& + [C_{св}^{ос.д} \cdot t_{св}^{ос.д} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп}^{ос.д} \cdot t_{кп}^{ос.д} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл}^{ос.д} \cdot t_{пл}^{ос.д} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг}^{ос.д} \cdot t_{заг}^{ос.д} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С})] + \\
& + [C_{св}^{об.д} \cdot t_{св}^{об.д} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп}^{об.д} \cdot t_{кп}^{об.д} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + \\
& + C_{пл}^{об.д} \cdot t_{пл}^{об.д} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг}^{об.д} \cdot t_{заг}^{об.д} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С})] + \\
& + [C_{шв} (\frac{\sum NL^{М.С}}{\sum NT^{М.С}} - \frac{\sum NL^{К.С}}{\sum NT^{К.С}})] + [C_{лок} (n_{лок}^{М.С} - n_{лок}^{К.С})] + \\
& + [K_{лок}^{а.б} (C_{лок} (n_{лок}^{М.С} - n_{лок}^{К.С}))] + [(C^{окл} \lambda (n_3^{М.С} - n_3^{К.С}) + O)], \tag{1}
\end{aligned}$$

де $[C_{св} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С})]$ - економія капітальних вкладень у вагони (одиниця вартості);

$C_{св}$, $C_{кп}$, $C_{пл}$, $C_{заг}$, - вартість одиниць рухомого складу відповідно до їх категорії (спальний, купе, плацкартний або загальний) (одиниця вартості);

$n_{св}^{М.С}$, $n_{кп}^{М.С}$, $n_{пл}^{М.С}$, $n_{заг}^{М.С}$ - кількість вагонів відповідної категорії при маятниковій схемі обігу составів (вагонів);

$n_{св}^{К.С}$, $n_{кп}^{К.С}$, $n_{пл}^{К.С}$, $n_{заг}^{К.С}$ - кількість вагонів відповідної категорії при кільцевій схемі обігу составів (вагонів);

$[K_{ваг}^{а.б} (C_{св} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С}))]$ - економія амортизаційних відрахувань на обслуговування вагонів (одиниця вартості);

$K_{ваг}^{а.б}$ - коефіцієнт амортизаційних відрахувань на обслуговування вагонів;

$[C_{св}^{ос.д} \cdot t_{св}^{ос.д} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп}^{ос.д} \cdot t_{кп}^{ос.д} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл}^{ос.д} \cdot t_{пл}^{ос.д} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг}^{ос.д} \cdot t_{заг}^{ос.д} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С})]$ - економія від зменшення простою пасажирського составу в основному депо (одиниця вартості);

$C_{св}^{ос.д}$, $C_{кп}^{ос.д}$, $C_{пл}^{ос.д}$, $C_{заг}^{ос.д}$ - вартість простою одного вагону в основному депо відповідної категорії (одиниця вартості);

$t_{св}^{ос.д}$, $t_{кп}^{ос.д}$, $t_{пл}^{ос.д}$, $t_{заг}^{ос.д}$ - час простою одного вагону в основному депо відповідної категорії (одиниця часу);

$[C_{св}^{об.д} \cdot t_{св}^{об.д} (n_{св}^{М.С} - n_{св}^{К.С}) + C_{кп}^{об.д} \cdot t_{кп}^{об.д} (n_{кп}^{М.С} - n_{кп}^{К.С}) + C_{пл}^{об.д} \cdot t_{пл}^{об.д} (n_{пл}^{К.С} - n_{кп}^{М.С}) + C_{заг}^{об.д} \cdot t_{заг}^{об.д} (n_{заг}^{К.С} - n_{заг}^{М.С})]$ - економія від зменшення простою пасажирського составу в оборотному депо (одиниця вартості);

$C_{св}^{об.д}$, $C_{кп}^{об.д}$, $C_{пл}^{об.д}$, $C_{заг}^{об.д}$ - вартість години простою одного вагону в оборотному депо відповідної категорії (одиниця вартості);

$t_{св}^{об.д}$, $t_{кп}^{об.д}$, $t_{пл}^{об.д}$, $t_{заг}^{об.д}$ - час простою одного вагону в оборотному депо відповідної категорії (одиниця часу);

$[C_{шв} (\frac{\sum NL^{М.С}}{\sum NT^{М.С}} - \frac{\sum NL^{К.С}}{\sum NT^{К.С}})]$ - економія від скорочення часу прямування пасажирського составу між пунктами оберту (одиниця вартості);

$C_{шв}$ - вартість години використання пасажирського составу у русі (одиниця вартості);

$\sum NL$ – сумарні поїзди - кілометри;

$\sum NT$ – сумарні поїзди - години;

$[C_{\text{лок}} (n_{\text{лок}}^{\text{м.с}} - n_{\text{лок}}^{\text{к.с}})]$ – економія капітальних вкладень у локомотиви, що обслуговують пасажирські маршрути обігу составів за схемами порівняння (одиниця вартості);

$C_{\text{лок}}$ - вартість локомотива (одиниця вартості);

$n_{\text{лок}}^{\text{м.с}}, n_{\text{лок}}^{\text{к.с}}$ - загальна кількість локомотивів, що обслуговують маятникову або кільцеву схеми (локомотиви);

$[K_{\text{лок}}^{\text{а.в}} (C_{\text{лок}} (n_{\text{лок}}^{\text{м.с}} - n_{\text{лок}}^{\text{к.с}}))]$ - економія амортизаційних відрахувань при обслуговуванні локомотивів (одиниця вартості);

$K_{\text{лок}}^{\text{а.в}}$ - коефіцієнт амортизаційних відрахувань при обслуговуванні локомотивів;

$[(C^{\text{окл}} \lambda (n_3^{\text{м.с}} - n_3^{\text{к.с}}) + O)]$ - економія фонду заробітної плати (одиниця вартості);

$n_3^{\text{м.с}}, n_3^{\text{к.с}}$ - загальна кількість працівників відповідно до схем обертів составів (працівники);

$C^{\text{окл}}$ – середній оклад працівників (одиниця вартості);

λ – коефіцієнт резерву працівників;

O – додаткові соціальні витрати (одиниця вартості).

Порівняння схем обігу составів за трьома маршрутами зведено у таблицю 3.

Таблиця 3. Порівняння маяткової та кільцевої схем обігу пасажирських составів

Схема обігу составів	Кількість составів	Середня кількість вагонів в составі			Загальна кількість вагонів	Час обігу составів, годин	Вагоно-години	Витрати на 1 вагоно-годину, грн.	Загальні витрати, грн.
		св	кп	пл					
Маятникова	6	2	5	8	90	144	12960	18,29	237038,4
Кільцева	4				60	93,9	5634		103045,9
Економія	2	-			30	50,1	7326	-	133992,5

Кільцева схема має перевагу перед маятковою схемою обігу пасажирських составів за рядом критеріїв, при цьому заощаджуються ресурси, які можливо направити на вирішення головного завдання пасажирських перевезень – поліпшення якості обслуговування пасажирів.

Висновки

Використання кільцевих схем обігу пасажирських составів є доцільним при великих об'ємах перевезення і курсуванні між великими транспортними вузлами, що дозволить вивільнити до 12% робочого парку пасажирських вагонів.

Список літератури: 1. Масляк П. О. Геополітика та геостратегія України: адекватна реакція на виклик часу <http://www.ualogos.kiev.ua>. 2. <http://www.mintrans.gov.ua> - сайт Міністерства інфраструктури України. 3. Чеклова Є.В. Формування гнучкої технології управління транспортними процесами в системі залізничних пасажирських перевезень / Є.В. Чеклова //

Збірник наукових праць УкрДАЗТ, Харків. – 2010. - Випуск №119. – С. 66-71. **4. Бутько Т. В.** Розробка раціональних маршрутів прямування пасажирських поїздів на основі системи мурашиних колоній / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Є.В. Чеклова // Восточно-европейский журнал передових технологій, Харків. – 2009. – №3/5 (39). – С.9-13. **5. Бутько Т. В.** Розробка моделі нечітких часових рядів з властивостями еволюційної самоорганізації для прогнозування пасажиропотоків / Т.В.Бутько, А.В.Прохорченко, Є.В.Чеклова // Збірник наукових праць ДонІЗТ, Донецьк. – 2008. – № 16. – С. 5-14. **6. Бутько Т. В.** Розробка адаптивної технології організації схем обертання пасажирських составів на основі процедур еволюційного моделювання / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Є.В. Чеклова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, Харків. – 2009. – № 1. – С. 27-31.

Поступила в редколлегию 11.11.2011

УДК 628.382.3**Н.Е. МОВМИГА**, ст. препод., НТУ «ХПИ», Харьков**И.Н. ЛЮБЧЕНКО**, ст. преп., НТУ «ХПИ», Харьков**И.А. МЕЗЕНЦЕВА**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», Харьков**ПРОФИЛАКТИКА ЗАВИСИМОГО ПОВЕДЕНИЯ – КАК ЭЛЕМЕНТ
УЧЕБНО - ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ В КУРСЕ БЖД**

У статті розглянуті питання, які пов'язані з пропагандою здорового образу життя. Відмічається важливість розглядання цієї теми у курсі "Безпека життєдіяльності". А також наведені результати анкетування, яке було проведено на деяких факультетах.

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с пропагандой здорового образа жизни. Отмечается важность изучения этой темы в курсе "Безопасность жизнедеятельности". Также показаны результаты анкетирования, проведенного на некоторых факультетах.

This article discusses questions related to the promotion of healthy lifestyles. The importance of studying this topic to course "Life safety" is notes. The results of survey conducted in some faculties are also shown.

Условием выживания общества и его перспективой являются позиция и деятельность молодежи в настоящем и недалеком будущем. В условиях социально-экономических преобразований, происходящих в стране, обостряется противоречие между растущей потребностью общества в активных, здоровых людях и проблемой алкоголизации и наркомании молодежи, что несет угрозу нравственного разложения молодого поколения. Поэтому пропаганда здорового образа жизни, формирование ценности здоровья среди молодежи весьма актуальна в настоящий момент.

Злоупотребление наркотиками и алкоголем по своей природе и последствиям представляет серьезный риск для здоровья и благополучия самих потребителей, их семей и общества в целом, а также подвергает серьезной опасности процесс развития молодых поколений и достижения ими самостоятельности.

В молодежной субкультуре постоянно возникают новые контексты злоупотребления наркотиками, особенно в связи с появлением новых синтетических препаратов, что указывает на недостаточное осознание молодыми людьми острых и хронических рисков для здоровья, возникающих в результате такого потребления. Важным является и то, что распространение этих паттернов поведения облегчается новыми средствами электронных коммуникаций.[1]

Все большее воздействие на восприятие, возможности выбора и поведение молодежи оказывает глобализация средств массовой информации и рынков. Многие молодые люди в настоящее время располагают достаточными информационными и материальными возможностями, но вместе с тем они стали более уязвимы к массированному воздействию крайне агрессивных методов продажи, сбыта и маркетинга потребительских продуктов и, в том числе, легальных психоактивных веществ – табака и алкоголя. Быстрые и резкие

социально-экономические перемены, гражданские конфликты, бедность, отсутствие ясных перспектив личностного и социального роста повысили вероятность того, что алкоголь и наркотики стали играть все большую и разрушительную роль в жизни многих молодых людей.[2]

Социологические исследования показывают, что более половины молодых людей называют «любопытство» и «средство ухода от проблем» в качестве мотивов, определяющих начало употребления наркотиков. Это свидетельствует о том, что многие молодые люди не понимают опасности даже «одной-единственной» пробы наркотиков. По-прежнему распространено мнение, согласно которому есть «безопасные» наркотики, не вызывающие зависимости. Неподготовленность к самостоятельной жизни, эмоциональный отрыв от родительского дома, непосильный груз полной ответственности, порождающие новые в жизни студента проблемы, от которых они стремятся «уходить», создают достаточно выраженный душевный дискомфорт и могут служить поводом для начала наркотизации или злоупотребления алкоголем.[3]

Молодежь воспринимает окружающий мир как данность, зачастую не задумываясь о причинно-следственных связях тех или иных явлений. Сегодняшнее молодое поколение приходит во взрослую жизнь, где уже есть наркомания как одно из «условий задачи». Поэтому должна существовать четкая система антинаркотической профилактики, когда у молодого человека будет возможность научиться «правильным правилам» решения житейских задач, а не оставаться один на один со своими проблемами или постигать окружающую действительность методом проб и ошибок.[4]

Действие наркотиков на психику человека, на его мироощущение, видимо, не звучит в профилактике наркомании достаточным образом. Молодые люди должны четко осознавать, что опасность наркотиков не столько в предполагаемом воздействии на здоровье вообще, сколько в переоценке жизненных ценностей, ориентиров и пристрастий, следующих немедленно за первым употреблением. Можно и не дожидаться каких-либо серьезных болезней, возникающих из-за наркотиков, а умереть намного раньше этого. К примеру, суицидальные действия наркозависимых людей напрямую связаны с изменениями внутреннего психологического равновесия.

Выявляя основные проблемы социализации и адаптации молодёжи в обществе, её экономические, возрастные, психологические и социальные особенности, её социальный статус и основные тенденции развития субкультуры в современных условиях, следует подчеркнуть крайнюю необходимость работы высшей школы в отношении этой группы населения. Учебно-воспитательный процесс должен представлять собой единое целое, ориентированное на формирование и развитие биологически, социально, духовно - нравственно - здоровой личности как базы материально, социально и духовно - нравственно здорового общества, формируемого на основе гуманистических общечеловеческих ценностей.

Высшее учебное заведение является одним из основных элементов формирования нравственных принципов и морального воспитания молодежи. В курсе изучения БЖД вопросы, связанные со здоровым образом жизни,

репродуктивным здоровьем, проблемой наркомании и алкоголизма и профилактикой формирования зависимого поведения от психотропных и наркотических веществ должны занимать одно из ведущих мест.

Учебная деятельность студента организована таким образом, чтобы он не пассивно воспринимал и поглощал текст учебного материала или слова преподавателя, а активно мыслил. Благодаря такой организации студент выступает не пассивным потребителем информации, а активным ее «добытчиком» и производителем.

В курсе «Безопасность жизнедеятельности» изучение темы «Здоровый образ жизни. Профилактика зависимого поведения» должно состоять из двух основных частей: теоретической и практической.

В теоретической части достаточно подробно рассматриваются такие вопросы, как: что такое здоровье; что значит быть здоровым и что способствует сохранению и укреплению здоровья; проблемы наркомании и алкоголизма в студенческой среде. Приведенные статистические данные по заболеваниям и смертности населения в Украине и дает возможность оценить масштабность негативной ситуации в Украине.

С целью изучения индивидуального отношения к проблеме зависимого поведения – толерантного или категоричного неприятия – необходимо письменное анкетирование на тему «Проблемы наркотизации и алкоголизации молодежи». Обработанный материал даст возможность увидеть общее и индивидуальное отношение студентов к данной проблеме.

Таким образом, практическая часть (семинарское занятие) может состоять из проведения анкетирования (целью которого является выяснение осведомленности молодежи по проблеме здорового образа жизни), просмотр результатов анкетирования и их обсуждения, разбора житейских ситуаций.

Преподавателями нашей кафедры было проведено анкетирование по проблеме наркомании и алкоголизма среди студенческой молодежи на некоторых факультетах. Целью проведенного анкетирования было выяснение осведомленности молодежи о понятии «здоровый образ жизни», информированности о проблемах алкоголизма и наркомании и последствиях их отрицательного влияния на организм человека, выяснение причин, толкающих студенческую молодежь к употреблению различного рода психотропных веществ.

По результатам проведенного анкетирования четко прослеживаются основные причины, которые побуждают студентов к употреблению наркотиков и алкоголя: подражание окружающим; проблемы в семье; поиск нового и неопознанного; неустойчивая жизненная позиция и незаинтересованность в обучении; желание выделиться.

В предложенной анкете студентам также была предоставлена возможность самостоятельно сформулировать и обосновать пути создания ответственного отношения к своему здоровью и мероприятия по профилактике употребления психотропных веществ.

Вышесказанное свидетельствует, что целью профилактической работы является сосредоточение внимания на формировании четкой жизненной позиции,

которая бы в целом исключала употребление психоактивных веществ и формировании привычки отказа от предложения попробовать наркотик. Одним из важных механизмов в создании антинаркотических взглядов у молодежи является формирование у молодого человека личной длительной жизненной программы. Важным элементом здесь может быть будущий профессиональный и карьерный ориентир: «Я не достигну успеха, если буду употреблять наркотики».[1]

Таким образом, в рамках изучения курса «Безопасность жизнедеятельности» по вышеназванной теме, важным является осознание обучающимися значимости основ здоровья и поддержка мотивации стремления к принципам здорового образа жизни как основного и важного элемента развития гармоничной и целостной личности.

Успех воспитания стойкости к формам зависимого поведения от наркотиков и других психоактивных веществ, заложен в способности внести продуктивные пути в сфере всестороннего воспитания личности. Перед молодежью лежит блестящее будущее. Оно станет реальностью, если молодежь научиться преодолевать трудности. Хотя запрет и усиление закона важны и необходимы в борьбе против наркомании, больше необходимо полагаться на воспитание личности. Молодежи необходимо дать четкие понятия про безусловные ценности, научить осознавать значимость нерушимых моральных принципов и дать четкую ориентацию на физическое, психологическое и нравственное здоровье.

Таким образом, проблемы становления ответственного осознания молодежью основ жизни, безопасности жизнедеятельности, состояние физиологического, психологического, нравственного и духовного здоровья, а также проблемы формирования основ здорового образа жизни, биокультурной адаптации и реабилитации человека в современных условиях, экологического образования на данном этапе актуальны и требуют ответственного и грамотного подхода в высшей школе.

В заключении хочется сказать, что ВУЗы являются важным элементом в воспитании будущих граждан Украины. Поэтому необходимость и актуальность курса «Безопасность жизнедеятельности» достаточно высока на современном этапе.

Список літератури: 1. Організація працівниками кримінальної міліції у справах дітей профілактики незаконних дій з наркотиками / МВС України - Харківський національний університет внутрішніх справ. Науково – практичний посібник / Марков В.,В.,Пазинич Т.А.,Чупандін В.П. та ін., Харків-2011. 2. Профілактика залежного і отклоняючого поведіння, як елемент виховальної роботи в ВУЗе./ Квасников А.В., к.т.н., доц., Председатель Совета по профилактике правонарушений и наркозависимости СПбГМУ., Семинары ЕСАД. Философия борьбы с наркоугрозой. 3. Наркомания как объект социологического анализа. / - В.А. Соболев, А.А. Сердюк. Вісник Харківського державного університету. Серія «Соціологічні дослідження сучасного суспільства: методологія, теорія, методи». - Харків, 2000. 4. Современная молодежь: проблемы и перспективы развития. - Материалы международной межвузовской студенческой научно-практической конференции, посвященной году молодежи. – М. : Институт международных социально-гуманитарных связей, 2009.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 530.18 (УДК 530.10(075.4))

С.Н. ЯЛОВЕНКО, асп., ХНУРЭ, Харьков

ЧЁРНЫЙ ПРЕДЕЛ. ЧАСТЬ 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД КАК КОНЕЦ РАСТЯНУТОЙ СИНУСОИДЫ НЕ СВЕРНУТОЙ ВОДОВОРОТОМ

Електричний заряд як кінець розтягнутої синусоїди не згорнутої вивором. Розглянуто заряд точки зору коловоротної та дискретної (криптонової) теорії.

Электрический заряд как конец растянутой синусоиды не свернутой водоворотом. Рассмотрен электрический заряд с точки зрения водоворотной и дискретной (криптоновой) теории.

An electric charge as the end of the stretched sinusoid not curtailed by whirlpool. The electric charge from the point of view водоворотной and discrete (the krypton) theories is considered.

В приведенных ранее главах заряд представлялся как растянутая водоворотом полуволна части синусоиды рис.2. не свёрнутая водоворотом рис.1 - крепкая волна, который образуется в результате упаковки в квадратурный плоский водоворот рис.3 и имеет форму спирали рис.1. Срез спирали для декартовых координат показана на рис.9.- это распределение заряда внутри водоворота для электрона и протона.

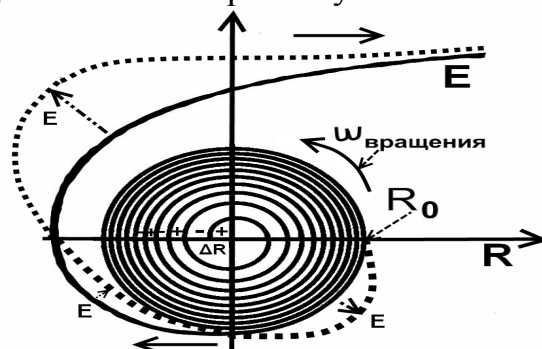


Рис.1. Заряд, имеющий форму спирали

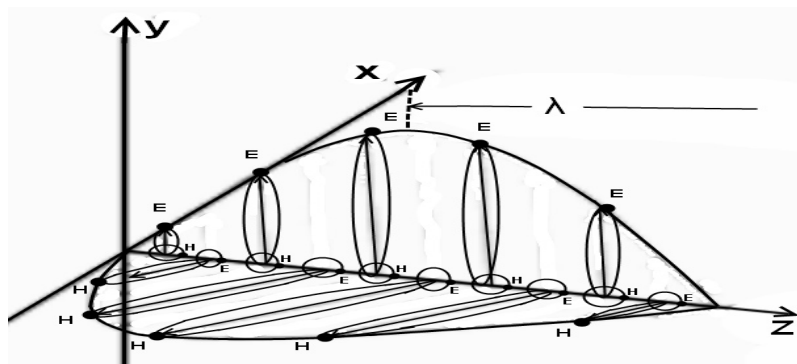


Рис.2. Заряд как растянутая водоворотом
полуволна части синусоиды

Если сделать срез посередине, то распределение заряда внутри водоворота от $(0, R_0)$ можно представить функцией

$$E(R) = \left(\frac{E_0(R)}{f(R)} \right) \sin(\omega_0 f(R) t(R))$$

$[0, R_0]$

Здесь $f(R) = \frac{C(\rho)}{C_{\text{света}}}$ - функция

пропорциональности крптона при $R \rightarrow 0, C(\rho) \rightarrow 0, f(R) \rightarrow 0$,

где $C_{\text{света}}$ - средняя величина, характеризующая плотность крептона (вакуума); ω_0 - частота кванта света, $E_0(R)$ - амплитуда цуга, $t(R)$ - функция изменяющегося времени из-за изменении плотности крептона при приближении к центру водоворота. Так, для водоворота вида $1/X^N$ при $N=2$ уравнение будет иметь вид

$$E(R) = \frac{E_0(R)}{R^2} \sin\left(\omega_0 \left(R_{0\text{времени}} + R_{\text{времени}}^2\right) R_{\text{плотности}}^2\right) \quad [0, R_0]$$

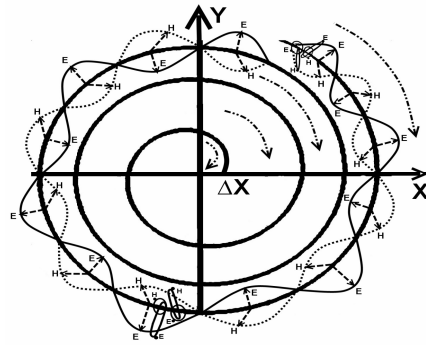


Рис.3. Квадратурный плоский водоворот

В водоворотной крептоновой теории, которая была представлена в шести предыдущих публикациях, все частицы а их (более тысячи) представлялись как **плоские** водовороты с изменяющейся квадратурной плотностью (ρ), крептоном в которой электромагнитная волна упаковывалась определенным образом (свернутой в плоскую спираль). Напряжённость электрического поля создаваемая каждой элементарной частицей (электроном, протоном, нейтрино) была, **плоской** и записывалась как:

$$E(x) = \frac{F(x)}{q} = \frac{\frac{qq}{r^2}}{q} = \frac{q}{r^2} \quad (1)$$

$$E(y) = \frac{F(y)}{q} = \frac{\frac{qq}{r^2}}{q} = \frac{q}{r^2} \quad (2)$$

$$E(z) = \frac{F(z)}{q} = 0 \quad (3)$$

$$P_{\text{горизонталь}}(\alpha) = \text{const} \quad (4)$$

$$P_{\text{вертикаль}}(\beta) = \text{const} \quad (5)$$

где E - напряженность электрического поля (векторная величина), характеризующая электрическое поле в данной точке. Ключевой момент водоворотной крептоновой теории заключается в том, **что мы состоим из плоскостей** создающих объем;

q – электрический заряд;

r - расстояние от исследуемой точки пространства до центра заряда;

$P_{\text{горизонталь}}(\alpha)$ - вероятностное расположение оси угла плоскости XY по горизонтали.

$P_{\text{вертикаль}}(\beta)$ - вероятностное расположение оси угла плоскости XY по вертикали

$P(\alpha, \beta)$ - функция вероятностного распределения.

Равновероятностное и одинаковое распределение оси угла плоскости XY по горизонтали и вертикали $P_{\text{горизонталь}}(\alpha) = P_{\text{вертикаль}}(\beta) = \text{const}$ создает сферу одинакового равновероятностного воздействия электрической силы и

напряженности электрического поля. Статистически по суммарному усреднению

$$\begin{aligned} E_x(\sum E(\rho)) &= E_y(\sum E(\rho)) = \\ &= E_z(\sum E(\rho)) = \sum_i^p E_i(r) = G \frac{M}{r^2} P(\alpha, \varphi) \\ E(r) &= G \frac{M}{r^2} P(\alpha, \varphi) \end{aligned} \quad (6)$$

Однако только при условии **равной** вероятности углов вращения по горизонтали и вертикали, что реализуется, когда плоскости объектов расположены далеко друг от друга и их влиянием можно пренебречь т.к. $P(\beta, \alpha) = 1$.

Поэтому напряженности

$$E_z = E_x = E_y = \frac{q}{r^2} \quad (7)$$

равны между собой, **вследствие статистически равного вероятностного суммарного воздействия**. По аналогии – вследствие равновероятностного воздействия давление на стенки сосуда с газом (или жидкостью) одинаково на всех стенках сосуда.

Поэтому напряжённость электрического поля представлена в виде суммы **плоскостей** напряженности электрического поля зарядов элементарных частиц и согласно уравнениям (1)-(5).

$$E = \sum_i^N E_{i-\text{плоскостей}}$$

Область заряда рис 1-3, растянута квадратурным водоворотом. Нарисуем и рассмотрим эту часть подробнее. На рис. 4 показана синусоида $\sin(x)$ на участке от $[0, R_0]$, которая свернута квадратурным водоворотом смотри рис. 1. На рис. 5. показана область синусоиды $[R_0, R_0 + \lambda/4]$ или $[R_0, R_0 + \pi/2]$, которую квадратурный водоворот растягивает в заряд рис. 6., то есть область $[R_0, R_0 + \lambda/4]$ или $[R_0, R_0 + \pi/2]$, переходит, или растягивается, водоворотом в область $[R_0, \infty]$ пропорционально $1/R$ (или $X \rightarrow 1/R$).

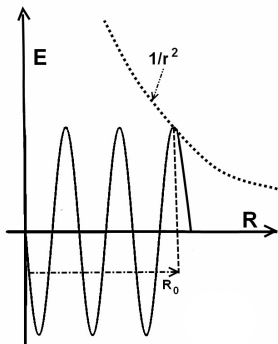


Рис.4. Синусоида $\sin(x)$ на участке от $[0, R_0]$

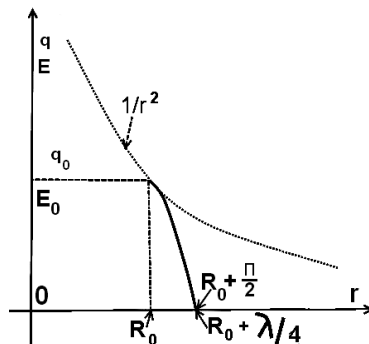


Рис.5. область синусоиды $[R_0, R_0 + \lambda/4]$

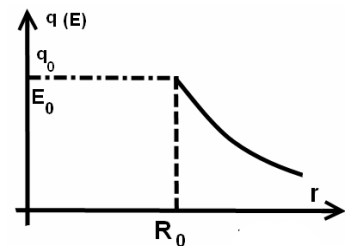


Рис.6. область синусоиды $[R_0, R_0 + \pi/2]$, которую квадратурный водоворот растягивает в заряд

Как видно из графиков рис 4 ,5 ,6 и из водоворотной крептоновой (эфирной) теории. Сила между двумя зарядами, которая записывалась как

$$F = \frac{qq}{r^2} \quad (8)$$

и напряжённость электрического поля

$$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{r^2} \quad (9)$$

векторные физические величины, характеризующие электрическое поле в данной точке и численно равные отношению силы F действующей на пробный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда q .

Эти физические величины **неточны**.

В формулах (8) и (9) правильно поставить знак приближения ($\approx$), и записать как

$$E \approx \frac{F}{q} \approx \frac{q}{r^2}$$

Правильная формула должна учитывать наложение синуса ($\text{SIN}(x)$) растянутой функции (рис.7). Так как часть функции ($\text{SIN}(x)$) скручивается в спираль а конец растягивается водоворотом – он то и отвечает за электрический заряд частицы.

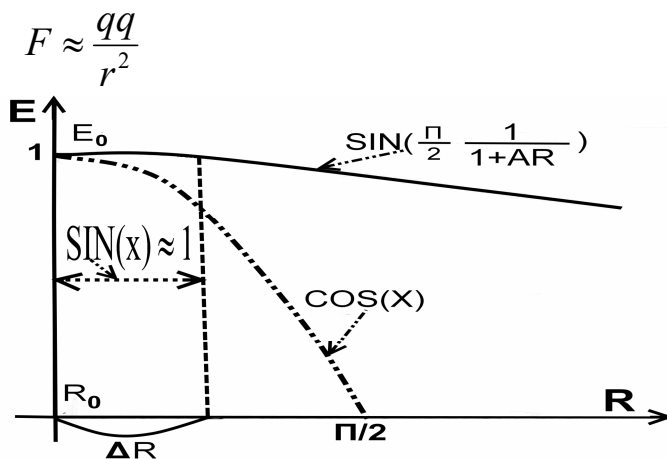


Рис.7 Растянутая функция

Формулы (8) и (9) верны приближенно, так как на участке $(0, \Delta R)$ рис.7. функция $\text{SIN}(x) \approx 1$.

Для нахождения растянутой функции используем метод замены переменной в определённом интервале. Где функции $f(x) = \cos(x)$ на промежутке $\left(R_0, R_0 + \frac{\pi}{2}\right)$ соответствующей концу водоворота преобразуется функцией $\varphi(r) = \frac{1}{Ar}$ на интервал (R_0, ∞) . Тогда получим:

$$\begin{aligned} E_0 \int_{R_0}^{R_0 + \frac{\pi}{2}} \cos(X) dX &= E_0 \int_0^{\infty} \cos\left(\frac{1}{Ar}\right) d\left(\frac{1}{Ar}\right) = \\ &= \frac{E_0}{A} \int_0^{\infty} \left(-\frac{1}{r^2}\right) \cos\left(\frac{1}{Ar}\right) dr \end{aligned}$$

Перенесём для упрощения ось ординат в R_0

$$\begin{aligned} E_0 \int_{R_0}^{R_0 + \frac{\pi}{2}} \cos(X) dX &= \frac{E_0}{A} \int_0^{\infty} \left(-\frac{1}{(R_0 + r)^2}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{R_0}{R_0 + Ar} - \frac{\pi}{2}\right) dr = \\ &= \frac{E_0}{A} \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{(R_0 + r)^2}\right) \text{SIN}\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \frac{Ar}{R_0}}\right) dr = q \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{(R_0 + r)^2}\right) \text{SIN}\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) dr \end{aligned} \quad (10)$$

Как видно из рис.7 формулы (8) и (9) (10) нужно учитывать изменение заряда от расстояния r . То есть заряд, есть функция от расстояния $q(r)$ и **выводится**, и записывается как

$$q(r) = q \times \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \quad (11)$$

Точная формула, как следует из теории должна записываться как

$$F = \frac{qq}{(R_0 + r)^2} \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \right]^2 \quad [R_0, \infty] \quad (12)$$

$$E = \frac{q}{(R_0 + r)^2} \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \quad [R_0, \infty] \quad (13)$$

$$E(R) = \frac{E_0(R)}{R^2} \sin\left(\omega_0 (R_{0\text{времени}} + R_{\text{времени}}^2) R_{\text{плотности}}^2\right) \quad [0, R_0] \quad (14)$$

где $\Theta = \frac{A}{R_0}$ - коэффициент растяжения, зависящий от скорости света среды $A(C_{\text{среды}})$.

Уравнение (14) можно приближённо записать как $f(R) \approx E(R) = \frac{\sin[\omega_0 R]^2}{(\Delta R + R)^2}$.

Из уравнений (12) и (13) можно видеть, что на небольших расстояниях (r) где $\Theta r \approx 0$ функция $\sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \approx 1$, а $R_0 \ll r$ и им можно пренебречь и уравнения (12),(13) переходят в уравнения (8) и (9)

$$F \cong \frac{qq}{r^2} \text{ и } E \cong \frac{F}{q} \cong \frac{q}{r^2}.$$

Но на больших расстояниях надо учитывать действие распределенного заряда уравнение (11) или функцию распределения заряда в пространстве;

$$\psi(r) = \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \quad (15)$$

На больших расстояниях функция $\sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) < 1$ и влияние её существенно, (а $R_0 \ll r$ и им можно пренебречь) тогда уравнения (12),(13) можно записать как

$$F \cong \frac{qq}{r^2} \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \right]^2 \quad (16)$$

$$E \cong \frac{q}{r^2} \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{1 + \Theta r}\right) \quad (17)$$

Или приближённо

$$E(R) \cong \frac{\sin[\omega_0 R]^2}{(\Delta R + R)^2} P(\alpha, \beta) \quad [0, R_0] \quad (18)$$

$$E(R) \cong \frac{F}{q} = \frac{q}{r^2} P(\alpha, \beta) \quad [R_0, R_0 \ll R] \quad (19)$$

$$E \cong \frac{q}{r^2} \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{1}{\Theta r}\right) P(\alpha, \beta) \quad [R, \infty] \quad (20)$$

Что существенно ограничивает действие заряда в пространстве по сравнению с гравитационной функцией. В данном случае формула заряда получается не экспериментальным путём, а выводится из теории.

Графики в трехмерном виде для области $[0, R_0]$ приведены на рис.8

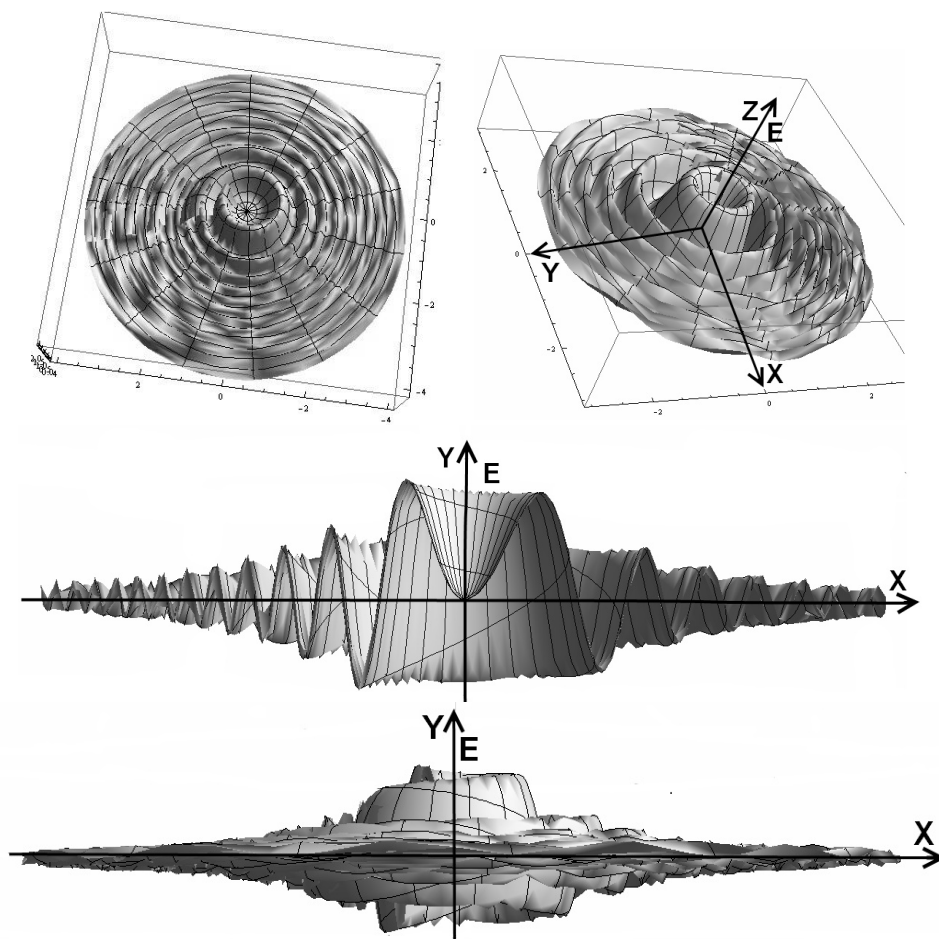


Рис.8. Графики в трехмерном виде для области $[0, R_0]$

На рис.9 изображены уравнения (18),(19),(20) в декартовых координатах представляющих срез рис.8. Из рис.9 видно, что классическая формула заряда распадается на три зоны – зону совпадения 2 с классическими формулами рис.9, и зону отличия 1 и 3 не совпадения с классическими формулами.

Аналогично будет сделано и для гравитации.

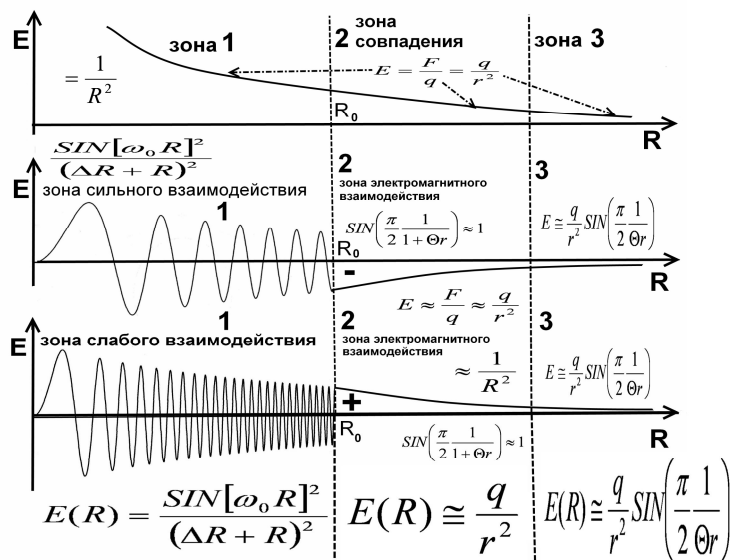


Рис.9. уравнения (18),(19),(20) в декартовых координатах

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (21)$$

Которая, (как будет показано дальше) тоже нуждается в уточнении. В водоворотной теории заряд рассматривается как дипольное смещение крепнтон (элемента эфира) (рис.10). На рис.11 крептон изображён без смещения (нейтральный).

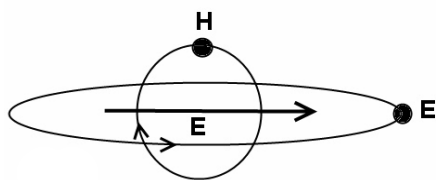


Рис.10. Заряд как дипольное смещение
крептона

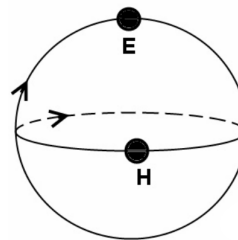


Рис.11. Крептон без смещения

На этих рисунках приведены также обозначения :

Н –крепонит, отвечающий за магнитную составляющую;

Е – крепонит, отвечающий за электрическую составляющую.

Сила взаимодействия между условными шариками крептонам **Н** и крептонам **Е** происходит по аналогии силы Лоренца, и направления их движения перпендикулярны друг другу, вследствие чего их орбиты также перпендикулярны друг другу $F_{\text{крептона}} = [E \perp H]$. Об устройстве крепонитов **Е** и **Н** и почему они обладают такими свойствами, будет описано в последующих главах. Все уравнения представлены в декартовой системе координат для наглядности и простоты, но в дальнейшем для точности будут записаны в полярных координатах.

Список литературы: 1. А. Эйнштейн. Теория относительности. 2000 Научно-издательский центр. Регулярная и хаотическая динамика 2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. - Фейнмановские лекции по физике. 3. Яловенко С.Н., Материалы Международной научно-практической конференции. «Актуальные проблемы современных наук-2009» №.21.издат. «Nauka I studia;2009».ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд., стр. 85 4. 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. 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. 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» ТОВ издательство «Форт» 2009г. ISBN 978-966-8599-51-4 8. Яловенко С.Н., Материалы 6 Международной научно-практической конференции. «Наука и инновации - 2010» №.13. Techniczne nauki Fizyka .издает. «Nauka I studia;2010».ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд. Часть 5. Мировоззрение, стр. 105 9. Яловенко С.Н., Материалы 6 Международной научно-практической конференции. «Наука : Теория и практика - 2010» №.7. издает. «Nauka I studia;2010».ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд, стр. 78 10. Yalovenko S.N., Научно-теоретический и практический журнал. «Современный научный вестник №21 (77) 2009» ISSN 1561-6886 ФИЗИКА. Black limit. Theory of relativity. New view. Стр.67. 11. Yalovenko S.N., Материалы 6 Международной научно-практической конференции. «Наука: Теория и практика» №.6. издает. «Nauka I studia;2009».ISBN 978-966-8736-05-6.раздел. Fizyka. Teoretyczna fizyka. Black limit. Theory of relativity. New view. Стр.17. 12. Yalovenko S.N., Материалы 6 Международной научно-практической конференции. «Научный прогресс на рубеже тысячелетий - 2010» от 27.05.2010 – 05.06.2010г. издает. Прага«Education and Science». ISBN 978-966-8736-05-6. Continuation of the theory of a relativity. стр. 10.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

И. Ф. ЧЕРВОНЫЙ, докт. техн. наук, проф, зав. каф., ЗГИА, Запорожье
Н. И. СТРОИТЕЛЕВА, канд.техн.наук, доц., ЗГИА, Запорожье
С. Г. ЕГОРОВ, канд.техн.наук, доц., ЗГИА, Запорожье
Р. М. ВОЛЯР, ст.викл., ЗГИА, Запорожье

МЕХАНИЗМ УВЕЛИЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕРАВНОВЕСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КРИСТАЛЛАХ КРЕМНИЯ

Розглянуто механізм підвищення часу життя нерівноважних носіїв заряду в монокристалах кремнію при використанні початкової сировини з підвищеним вмістом домішок.

Ключові слова: кристал, вирощування, метод Чохральського, домішка, час життя нерівноважних носіїв заряду.

Рассмотрен механизм повышения времени жизни неравновесных носителей заряды в монокристаллах кремния при использовании исходного сырья с повышенным содержанием примесей.

Ключевые слова: кристалл, выращивание, метод Чохральского, примесь, время жизни неравновесных носителей заряда.

The mechanism of increase of the non-equilibrium charge carrier lifetime in silicon monocrystals at use of initial raw materials with the increased content of impurity is considered.

Key words: crystal, growth, method Chohralsky, impurity, non-equilibrium charge carrier lifetime.

В настоящее время основное количество фотоэлектрических преобразователей изготавливается на основе монокристаллического кремния. Примерно 90 % себестоимости кремниевого фотоэлектрического преобразователя составляет стоимость кремниевой пластины [1]. Именно поэтому в мире ведутся интенсивные изыскания способов снижения себестоимости кремния, пригодного для изготовления солнечных элементов. Основным современным методом выращивания монокристаллов кремния для солнечной энергетики является метод Чохральского, а сырьем – поликристаллический кремний, полученный методом водородного восстановления трихлорсилана. Поликристаллический кремний для фотоэлектрических преобразователей получают различными методами из высокочистого рафинированного технического кремния. Обычно технический кремний после очистки по хлоридной или моносилановой технологии используется как сырьё для производства поликристаллического кремния, из которого затем выращивают монокристаллы кремния. Содержание кремния в таком техническом кремнии, произведенном восстановлением кремнезёма в электрических печах, не превышает 96...99 % [2].

В связи с дефицитом поликристаллического кремния на мировом рынке реализуются различные марки поликристаллического кремния, сильно отличающиеся по технологии изготовления, концентрации примесей, а также цене. Монокристаллы кремния для солнечной энергетики выращивают из наиболее дешёвого, зачастую менее чистого сырья, включая некондиционные части кристаллов различных марок, выращенных другими способами.

Для исследования влияния примесного состава исходного кремниевого сырья на величину времени жизни неравновесных носителей заряда выращивались монокристаллы кремния с кристаллографической ориентацией [100], р-типа электропроводности, легированные бором с удельным электрическим сопротивлением (0,5...1,7) Ом·см (концентрация бора от $7 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ до $3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$), диаметром 150 мм и длиной до 800 мм. Выращивание кристаллов производилось в промышленных условиях по методу Чохральского в установках типа «Редмет-30» в вакууме при протоке инертного газа аргона. Выращивание кристаллов осуществлялось при следующих технологических режимах: скорость выращивания составляла 1,8 мм/мин в начале процесса и 0,7 мм/мин в конце процесса выращивания, скорость вращения тигля - 5 об/мин, скорость вращения кристалла - 15 об/мин, расход инертного газа аргона составлял 30 л/мин, масса загруженного сырья - 40 кг, диаметр кварцевого тигля - 356 мм.

При выращивании кристаллов кремния солнечных марок, используемых для изготовления фотоэлектрических преобразователей, применяют исходное сырье с повышенным содержанием примесей (общая концентрация примесей около $5 \cdot 10^{17} \text{ ат/см}^3$). В процессе проведения исследований было установлено, что снижение скорости охлаждения монокристалла кремния от 10 до 0,5 град/мин обеспечивает увеличение времени жизни неравновесных носителей заряда.

В то же время из литературных данных [3] известно, что подобный эффект – увеличения времени жизни неравновесных носителей заряда - достигается при повышенных скоростях охлаждения кристаллов (20...30 град/мин). Однако данный эффект достигается для монокристаллов кремния с малым содержанием примеси (менее $1 \cdot 10^{17} \text{ ат/см}^3$).

Установленные в процессе исследований и по данным работы [3] закономерности представлены на рис. зависимостью времени жизни неравновесных носителей заряда от скорости охлаждения монокристалла. На приведенной зависимости можно выделить два участка. Первый участок (№1), являющийся результатом выполненных исследований и характеризуется увеличением времени жизни неравновесных носителей заряда при снижении скорости охлаждения, несмотря на повышенное содержание примеси в монокристаллах кремния.

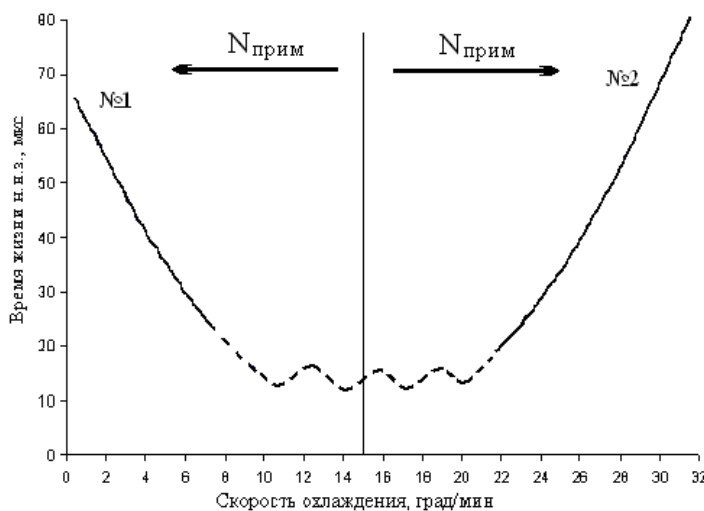


Рис. Зависимость времени жизни неравновесных носителей заряда (н.н.з.) от скорости охлаждения (пунктиром обозначена область, которая требует дополнительных исследований)

Второй участок (№2) является результатом исследований, представленных в работе [3] и показывает, что увеличение скорости охлаждения слитка кремния обеспечивает увеличение времени жизни неравновесных носителей заряда,

однако это достигается при более низкой общей концентрации примесей. При этом видно, что с увеличением общей концентрации примеси величина времени жизни неравновесных носителей заряда уменьшается, несмотря на снижение скорости охлаждения.

Известно также, что присутствие микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния обуславливает появление дополнительных энергетических уровней в запрещенной зоне полупроводника, влияя тем самым на его электрофизические свойства [4]. Однозначная интерпретация энергетических уровней, связанных с наличием структурных дефектов в кристалле, встречает серьезные затруднения, обусловленные тем, что, как правило, в выращенных и термообработанных кристаллах микродефекты присутствуют в виде различных комплексов с соответствующими примесями. Установлено [5], что такие комплексы являются эффективными центрами рассеяния и рекомбинации в монокристаллическом кремнии, существенно влияющими на подвижность и время жизни носителей заряда. Исследования электрической активности микродефектов в бездислокационном кремнии до и после термообработки [5] показали, что электрически активными являются только декорированные примесями микродефекты. Декорирование происходит как при росте кристалла, так и в процессе его отжига. Возрастание электрической активности микродефектов вследствие осаждения на них различных примесей наблюдается при возрастании температуры отжига, а также при увеличении уровня легирования монокристалла.

Величина времени жизни носителей заряда определяется эффективным сечением σ и концентрацией N_t центров рассеяния, а также скоростью движения носителей заряда v_0 [6]:

$$\tau = \frac{1}{\sigma N_t v_0}, \quad (1)$$

где σ – сечение захвата, м^2 ;

N_t – концентрация центров рассеивания, м^{-3} ;

v_0 – тепловая скорость движения носителей заряда, м/с .

Центром рассеяния в полупроводнике является любая неоднородность кристалла, искажающая периодичность поля решетки. Из-за малой энергии ионизации большая часть примесных атомов, присутствующих в выращенном кристалле кремния, находится в ионизированном состоянии даже при комнатных температурах. Каждый ион примеси создает вокруг себя электрическое поле и представляет собой центр рассеяния для движущихся носителей заряда. Время жизни носителей заряда при рассеянии на ионах примеси в полупроводниках описывается формулой Конвелл-Вайскопфа [7]:

$$\tau = \frac{\varepsilon^2 \sqrt{2m^*} (kT)^{3/2} E^{3/2}}{\pi e^4 N_t \lg \left(1 + \frac{\varepsilon E}{e^2 N_t^{1/3}} \right)}, \quad (2)$$

где ε – диэлектрическая постоянная ($8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м);

E – приведенная энергия носителей заряда, эВ;

m^* – эффективная масса, кг;

k – постоянная Больцмана ($8,65 \cdot 10^{-5}$ эВ/К);

e – заряд электрона, ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл);

T – температура, К.

Учитывая зависимость (1) и (2), увеличение времени жизни носителей заряда при уменьшении скорости охлаждения выращенного монокристалла с повышенным содержанием примеси (участок №1 на рис. 1) можно объяснить следующим образом. Низкая скорость охлаждения кристалла способствует ускоренному комплексообразованию примесных дефектов в кремнии. Такой процесс кластеризации приводит одновременно к снижению концентрации рассеивающих центров N_t и к росту величины эффективного сечения рассеяния σ . Очевидно, снижение концентрации рассеивающих центров вносит значительный вклад в увеличение величины времени жизни носителей заряда.

В работе [8] установлено, что длительная термообработка выращенного слитка кремния приводит к уменьшению концентрации образовавшихся вначале более глубоких уровней вплоть до полного их исчезновения, а также к одновременному возникновению более мелких уровней. Сечение захвата таких мелких центров на 6 порядков меньше, чем у глубоких центров [7]. Таким образом, медленное охлаждение выращенного кристалла так же, как и длительная термообработка, может способствовать возникновению мелких центров рассеяния в запрещенной зоне, имеющих крайне малые величины сечений захвата σ .

Известно также [3], что резкое охлаждение фиксирует некоторую часть избыточных вакансий в кристалле с небольшим количеством примеси. В этом случае рост величины времени жизни носителей заряда (участок № 2 на рис.1) можно объяснить малой величиной эффективного сечения захвата σ при невысокой концентрации рассеивающих центров (точечных дефектов).

Таким образом при выращивании монокристаллов кремния для солнечной энергетики при использовании исходного сырья с повышенным содержанием примесей, с целью повышения величины времени жизни неравновесных носителей заряда целесообразно во время процесса выращивания снижать скорость охлаждения кристалла кремния до 0,5...1,0 град/мин, в зависимости от качества исходного сырья.

Список литературы: 1.Червоний, І. Ф. Напівпровідниковий кремній: теорія і технологія виробництва [Текст] : монографія / І. Ф. Червоний, В. З. Куцова, В. І. Пожуєв, Є. Я. Швець, О. А. Носко, С. Г. Єгоров, Р. М. Воляр ; під. заг. ред. І. Ф. Червоного. – Вид. 2-е, допр. і перер. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2009. – 488 с. – Бібліогр. : 446-484. – 300 прим. – ISBN 978-966-8462-24-5. 2.Таран, Ю. Н. Полупроводниковый кремний: теория и технология производства [Текст] : монография / Ю. Н. Таран , В. З. Куцова, И. Ф. Червоний, Е. Я. Швець, Э. С. Фалькевич – Запорожье : ЗГИА, 2004. – 343 с. : рис., табл. – Библиогр.: с. 317-342. – 300 экз. – ISBN 966-7101-61-4. 3.Фалькевич, Э. С. Технология полупроводникового кремния [Текст] : монография / [Э. С. Фалькевич, Э. О. Пульнер, И. Ф. Червонный, Л. Я. Шварцман, В. Н. Яркин, И. В. Салли ; под ред. Э. С. Фалькевича. – М. : Металлургия, 1992. – 407 с. – Библиогр.: с. 399-407. – ISBN 5-229-00740-0. 4.Матаре, Г. Электроника дефектов в полупроводниках [Текст] / Г. Матаре ; пер. с англ. Г. М. Гуро ; под ред. проф. С. А. Медведева. – М. : Мир, 1974. – 463 с. : ил. ; 22 см. – Списки лит. в конце глав. – Доп. тит. л.: Defect electronics in semiconductors. Herbert F. Matare 5.Шейхет, Э. Г. Электрическая активность микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния [Текст] / Э. Г. Шейхет, В. Ф. Латышенко, В. Н.

Назаренко // УФЖ. – 1982. – Т. 27, №11. – С. 1679-1684. – Библиогр.: с. 1684. **6. Фистуль, В. И.** Введение в физику полупроводников [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. И. Фистуль – М. : Высшая школа, 1975. – 296 с. – Списки лит. в конце глав. – 19000 экз. **7. Бонч-Бруевич, В. Л.** Физика полупроводников [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. – М. : Наука, 1977. – 672 с. : ил. ; 22 см. – Библиогр.: с. 666-669. **8. Неймаш, В. Б.** Электрические свойства кремния, термообработанного при 530 °С и облученного электронами [Текст] / В. Б. Неймаш, В. М. Сирацкий, А. Н. Крайчинский, Е. А. Пузенко // ФТП, 1998, Т. 32, № 9 - С. 1049-1053. – Библиогр.: с. 1053.

Поступила в редколлегию 16.11.2011

УДК 577.43:539.163

Л.И. ЛУКИНА, асп. СНУЯдерной Энергии и Промышленности,

Севастополь

Н.П. ЧЕРНИКОВА, канд.техн.наук, доц., СНУЯдерной Энергии и

Промышленности, Севастополь

Ю.Ю. СТОЛЯРЧУК асп. СНУЯдерной Энергии и Промышленности,

Севастополь

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ИНГАЛЯЦИОННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ С РАСЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ПОСТУПЛЕНИЯ

На основе данных персонального мониторинга воздушной среды (МВС) проведена оценка возможного ингаляционного поступления с расчетом эффективной дозы внутреннего поступления радионуклидов в помещениях постоянного пребывания персонала на объекте «Укрытие» (ОУ) и при производстве радиационно-опасных работ на ОУ.

Ключевые слова: объект «Укрытие», радионуклиды, респиратора 3М, эффективная доза внутреннего облучения.

На основі даних персонального моніторингу повітряного середовища (МВС) проведена оцінка можливого інгаляційного надходження з розрахунком ефективної дози внутрішнього надходження радіонуклідів в приміщеннях постійного перебування персоналу на об'єкті «Укриття» (ОУ) і при виробництві радіаційно-небезпечних робіт на ОУ.

Ключові слова: об'єкт «Укриття», радіонукліди, респіратор 3М, ефективна доза внутрішнього опромінення.

On the basis of personal air monitoring (AIM) evaluated possible inhalation of the calculation of effective dose of internal radionuclides in the premises of the permanent staff on the object “Shelter” and during making radiation-hazardous work at the object “Shelter”.

Key words: object “Shelter”, radionuclides, 3M respirator, the effective dose of internal radiation.

Введение

Персонал ОУ работает в условиях повышенной опасности, обусловленной высоким фоном радиоактивности пыли, мелкодисперсных веществ и оборудования, находящего внутри ОУ в виде топливо-содержащих материалов (ТСМ). Однако индивидуальный дозиметрический контроль не учитывает наличия в рабочей зоны трансурановых элементов (ТУЭ) - альфа-излучателей, которые являются наиболее опасными при внутреннем облучении. Поэтому

разработка методики замера возможного количественного ингаляционного поступления радионуклидов в организм работающего персонала ОУ с целью более точного расчета эффективной дозы внутреннего облучения является актуальной задачей.

Решение поставленной задачи

При загрязнении воздушной среды рабочих помещений радиоактивными веществами необходимо решать следующие задачи:

1. Выявлять источники поступления радиоактивных веществ в рабочие помещения, количественно определять концентрации радиоактивных аэрозолей в воздухе помещений и оценивать эффективность санитарно-технических средств защиты воздушной среды.

2. Ориентировочно оценивать индивидуальное поступление радиоактивных веществ (РАВ) в организм персонала, планировать контроль за поступлением и содержанием РАВ в критические органы.

3. Решать вопрос о необходимости использования средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

При оценке доз внутреннего облучения в стандартных моделях обычно используются параметры метаболизма, характерные для «стандартного человека» (reference man) [2]. В данной работе, в соответствии с публикацией МКРЗ 66 [3], модель скорректирована.

В расчетах были использованы следующие исходные данные и методическая литература:

1. Для сменного персонала - степень физической нагрузки, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 была выбрана 1-я категория (легкие физические работы).

2. При производстве радиационно-опасных работ, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 была выбрана 2-я категория (физические работы средней тяжести).

3. Характеристика аэрозолей, принятых в качестве «типичных» для условий объекта «Укрытие» с типом системного поступления F, S (в соответствии с О.Н.01-2001 «Числовые значения допустимых уровней для условий объекта «Укрытие»»).

4. Данные мониторинга лаборатории радиоэкологического мониторинга цеха радиационной безопасности ЛРЭМ ЦРБ по аэрозольной активности в помещениях постоянного пребывания персонала на объекте «Укрытие».

5. Данные мониторинга ЛРЭМ ЦРБ по аэрозольной активности в местах производства радиационно-опасных работ на объекте «Укрытие».

6. Отчет ЦРБ от 27.09.2005 «О выполнении работ по испытанию СИЗОД».

7. Референтное относительное содержание радионуклидов в составе радионуклидного загрязнения для условий объекта «Укрытие».

8. Значения эффективного коэффициента защиты СИЗОД.

9. «Порядок расчета доз текущего и потенциального облучения персонала при планировании и проектировании работ на ОУ»».

10. «Индивидуальный дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала, привлекаемого к работам на объекте «Укрытие», Инструктивно-методические указания.

11. НРБУ-97.

Средние значения концентрации радиоактивных аэрозолей в помещениях постоянного пребывания персонала (НСБ ОУ, НС ЦЭОУ (НБК), СВР ЦРБ), полученные на основании регламентированных замеров, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Средние значения концентрации радиоактивных аэрозолей

Место работ	Σ активность, Бк/м ³	$\Sigma\beta$ - активность, Бк/м ³
Помещения постоянного пребывания персонала	2,41E-3	3,45E-2

С целью определения концентрации радиоактивных аэрозолей при производстве радиационно-опасных работ сделаны замеры суммарной α - и β -активностей в помещениях ОУ (№ 207/5, № Г-347, Г-557, № Г-308, Г-102/3, № Г-639/2) и в локальной зоне. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Замеры суммарной α - и β - активностей при производстве радиационно-опасных работ

№ п/п	Место работ	Характер работ	$\Sigma\alpha$ - активность, Бк/м ³	$\Sigma\beta$ - активность, Бк/м ³
1	Пом. 207/5	Обсадку скважины	2,3E+1	5,2E+2
2	Локальная зона	ЦПТРО: удаление ВАО ЦООЯТ	1,1E-1	9,9E+0
3	Пом. № Г-347, Г-557	Демонтаж кабельных линий	2,0E-1	1,9E+1
4	Пом.207/5	Замена БД в скважине	5,4E-1	2,6E+1
5	Пом. Г-308, Г-102/3	Пылеподавление	2,5E-2	5,6E 0
6	Пом. Г-639/2	Демонтаж воздуховодов	5,0E+1	6,75E+2

Полученные данные суммарной α - и β - активностей использованы при расчете ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения. Расчет произведен по формуле:

$$E_{i,j}^{inhal} = G_{\beta,E,j} \cdot C_{\beta,j} \cdot t_j / K_3,$$

Где $E_{i,j}^{inhal}$ - эффективная доза внутреннего облучения i-го работника во время j-го рабочего эпизода (РЭ) при ингаляционном поступлении, мЗв;

$G_{\beta,E,j}$ - коэффициент мощности эффективной дозы на единицу суммарной концентрации бета- излучающих радионуклидов в воздухе, мЗв·ч⁻¹·Бк⁻¹·мЗ (значения $G_{\beta,E,j}$ приведены в таблице 3);

$C_{\beta,j}$ - усредненное значение суммарной концентрации бета- излучающих радионуклидов в воздухе во время j-го РЭ, Бк·м³;

t_j - время необходимое для выполнения j-го РЭ, часы;

K_3 - коэффициент защиты СИЗОД.

Выполнен расчет коэффициентов средней нагрузки в зависимости от характеристик образования аэрозоля (таблица 3).

Таблица 3. Коэффициент мощности эффективной дозы на единицу суммарной концентрации бета- излучающих радионуклидов в воздухе

№ Категории работ	Характеристика образования аэрозоля	$G_{\beta,E,j}$ при средней нагрузке
1	«Типичные» для ОУ характеристики аэрозоля (таблица 4)	1,4E -03
2	Работы с воздействием ТСМ или при наличии ТУЭ (таблица 4)	5,8E -03

Типичный радионуклидный состав альфа-, бета- излучающих аэрозолей приведен в таблице 4.

Таблица 4. Числовые значения допустимых уровней для условий ОУ

Нуклид	Относительное содержание, %	Тип системного поступления
^{90}Sr	29,3 -29,6	S
^{137}Cs (конд)	29,8-30,3	F
^{137}Cs (топл)	29,8-30,3	S
$^{239+240}\text{Pu}$	37,4-40,2	S
^{238}Pu	17,1-18,7	S
^{241}Pu	9,9-11,1	S
^{241}Am	41,2-45,5	S

Для категории работ № 1 последовательность действий при проведении расчета эффективной дозы внутреннего поступления следующая: расчет выполняется для помещений постоянного пребывания при работах без СИЗОД и с применением «Лепестка – 200» (ШБ-1) в течение 1487,2 час. рабочего времени (календарный год). Для расчета использовалось среднее значение концентрации радиоактивного аэрозоля. Для СИЗОД «Лепесток – 200» значение коэффициента защиты $K_3 = 20$. В расчете также использованы следующие референтные параметры: скорость дыхания - $V = 1,5$ м³/ч, тип дыхания – «нормальный», пол - мужской. Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты расчета эффективной дозы внутреннего облучения для категории работ №1

Условия выполнения работ	Суммарное поступление, Бк	Эффективная доза внутреннего облучения, мЗв
Без СИЗОД	82.34	0,072
Лепесток-200	4,12	0,0036

Для категории работ № 2 расчет выполнен для персонала ГСП ЧАЭС и Укр.Буд.Монтаж (УБМ), непосредственно задействованного на выполнении радиационно-опасных работ без СИЗОД и с применением респиратора 3М (полная маска серии 6000S в комплекте с противоаэрозольными фильтрами серии 6035 P3 и 2138 P3) в течение 1 часа производства работ. Для СИЗОД 3М (полная маска серии 6000S) значение коэффициента защиты $K_z = 31$. При расчете также использованы следующие референтные параметры: скорость дыхания - $V = 3,0$ м³/ч, тип дыхания – «нормальный», пол – мужской. Результаты расчета представлены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты расчета эффективной дозы внутреннего облучения для категории работ №2

Место работ	Характер работ	Условия выполнения работ	Суммарное поступление, Бк	Эффективная доза внутр. облучения, мЗв
Пом. 207/5	Обсадка скважины	без СИЗОД	1656	3,02
		Респиратора 3М	53,42	0,10
Локальная зона	ЦПТРО: удаление ВАО ЦООЯТ	без СИЗОД	30,03	0,057
		Респиратора 3М	0,97	0,0019
Пом. № Г-347, Г-557	Демонтаж кабельных линий	без СИЗОД	57,6	0,11
		Респиратора 3М	1,86	0,0036
Пом.207/5	Замена БД в скважине	без СИЗОД	79,62	0,15
		Респиратора 3М	2,57	0,005
Пом. Г-308, Г-102/3	Пылеподавление	без СИЗОД	16,88	0,032
		Респиратора 3М	0,54	0,001
Г-639/2	Демонтаж воздуховодов	без СИЗОД	2175	3,91
		Респиратора 3М	70,16	0,13

Из приведенных данных следует, что эффективная доза внутреннего облучения персонала зависит от характера работ и применения СИЗОД. Так, наибольшее суммарное поступление радионуклидов наблюдается при демонтаже воздуховодов в помещении Г-639/2 и обсадке скважин в помещении 207/5. Причем, при выполнении данных работ без респиратора эффективная доза внутреннего облучения составляет 3,91 и 3,02 мЗв соответственно, а с применением респиратора 3М – 0,13 и 0,10 мЗв соответственно. При выполнении работ в других помещениях ОУ применение респираторов также способствует значительному уменьшению поступления радионуклидов в организм.

Вывод

1. На основе данных персонального мониторинга воздушной среды, полученных в лаборатории радиоэкологического мониторинга цеха радиационной безопасности, проведена оценка возможного ингаляционного поступления с расчетом эффективной дозы внутреннего поступления в

помещениях постоянного пребывания персонала и при производстве радиационно-опасных работ на ОУ. В то же время данный метод по целому ряду причин не позволяет количественно оценить уровни поступления радионуклидов в организм работающего персонала (концентрации аэрозолей в зоне работ подвержены значительным вариациям).

2. Усовершенствована формула для расчета суммарной альфа- и бета-активности с помощью корректировки коэффициентов мощности эффективной дозы в зависимости от характеристики работ.

3. Показано что эффективная доза внутреннего облучения персонала зависит от характеристики работ и применения СИЗОД.

Список литературы: 1.Монография, «Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие», Огородников Б.И., Пазухин Э.М., Ключников А.А., НАН Украины, Чернобыль 2008.2.Индивидуальная дозиметрия при радиационных авариях: Монография / О.Н. Перевозников, А.А. Ключников, В.А. Канченко; Под ред. О.Н. Перевозникова.- Чернобыль: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2007.- 200 с.3.Отчет НИР «Подготовка материалов по исследованиям ядерного топлива, радиационной и ядерной безопасности объекта “Укрытие” для “анализа текущей безопасности объекта “Укрытие”, Москва 2001.4.Индивидуальная дозиметрия при радиационных авариях: Монография / О.Н. Перевозников, А.А. Ключников, В.А. Канченко; Под ред. О.Н. Перевозникова.- Чернобыль: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2007.- 200 с.5.Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. (Методическое руководство); Под общей ред. В.И. Гришмановского. Т.1. Организация и методы контроля.- М.: Атомиздат, 1980.- 272 с.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 632.985.4

М.С.СОРОКИН, канд.техн.наук, доц., ХНТУСХ им. П. Василенко, Харьков
А.В.АРХИПОВ, канд.техн.наук, снс, Институт радиофизики и
электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков
Н.Г.КОСУЛИНА докт. техн. наук, проф., зав.каф., ХНТУСХ
им. П. Василенко, Харьков

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДИОДА НА ЕГО РАБОТУ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

В статье обосновывается воздействие комплексного сопротивления ЛПД на его работу в импульсном режиме.

Ключевые слова: ЛПД, комплексное сопротивление, импульсный генератор.

В статті обґрунтовується вплив комплексного опору ЛПД на його роботу в імпульсному режимі.

Ключові слова: ЛПД, комплексний опір, імпульсний генератор.

In the article is substantiated the impact of integrated support LPD for his work in pulsed mode.

Key words: IMATT, complex resistance, the pulse generator.

Введение

Многочисленные исследования по воздействию импульсного, информационного, электромагнитного поля на микробиологические объекты

животноводства [1,2] требуют разработки новых генераторов крайневых высокочастотного (КВЧ) диапазона. Из-за неоднородности полупроводникового материала, выпускаемые и разрабатываемые ЛПД имеют большой разброс основных параметров, а следовательно, и комплексного сопротивления. В связи с этим расчет комплексного сопротивления ЛПД приобретает необходимое значение для разработки импульсных генераторов.

Анализ предшествующих исследований

Уровень энергетических параметров, требуемых во многих применениях диапазона миллиметровых волн, составляющих десятки Вт, фактически определяют выбор между полупроводниковыми и электровакуумными приборами. Для исследования воздействия импульсных колебаний на микрообъекты животноводства требуются малогабаритные с малым потреблением энергии импульсные источники электрической энергии. Такие источники могут быть созданы на основе лавинно-пролетного диода (ЛПД).

Формирование целей статьи

Расчет комплексного сопротивления ЛПД для разработки импульсных генераторов.

Основная часть

ЛПД представляет собой многослойную полупроводниковую структуру со сложным профилем легирования. В зависимости от профиля легирования различают несколько типов ЛПД. Наиболее распространенная модель ЛПД с 4-слойной дрейфовой структурой $+ - p - n - n +$ типа.

Эквивалентная схема для такой полупроводниковой структуры ЛПД представляется последовательным соединением двух участков: слоя умножения и области дрейфа носителей, которые представлены соответственно параллельным

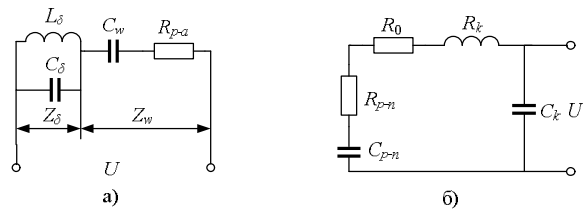


Рис. 1. Эквивалентная схема диодного промежутка (а) и диода в корпусе (б)

колебательным контуром $L_\delta C_\delta$ и последовательным соединением отрицательного сопротивления R_{p-n} и эквивалентной емкости C_w . Собственная резонансная частота параллельного контура (слоя умножения) называется лавинной частотой.

$$\Omega_\lambda = (L_\delta C_\delta)^{-1/2} \quad (1)$$

Упрощенная эквивалентная схема ЛПД с учетом параметров корпуса показана на рис. 1. (б), где $(C_{p-n})^{-1} = (C_\delta)^{-1} + (C_w)^{-1}$; так как для многослойных структур $\delta/L \approx 0,1$, то $C_w = C_{p-n}$; R_s – сопротивление потерь в базе и контурах диода.

Для приведенной модели полное сопротивление $p-n$ перехода ЛПД в режиме слабого сигнала $U_0 = U_{np}$ определяется как:

$$R_{p-n} = -\frac{1}{\omega C_{p-n}} \cdot \frac{\beta^2}{1 - \beta^2} \cdot \frac{1 - \cos \Theta}{\Theta}, \quad (2)$$

$$X_{p-n} = \frac{1}{\omega C_{p-n}} \left(\frac{\beta^2}{1 - \beta^2} \cdot \frac{\Theta - \sin \Theta}{\Theta} \cdot \frac{1}{1 - \beta^2} \right), \quad (3)$$

где $\beta = \left(\frac{\Omega_\lambda}{\omega} \right)^2$;

Θ – угол пролета носителей;

$C = C_{p-n} = \varepsilon S / L$; S – площадь p – n перехода.

Активное сопротивление ЛПД отрицательно при $\beta^2 < 1$. Поэтому условие $\beta^2 < 1$ определяет область режимов ЛПД по частоте $\omega > \Omega_2$ или при заданной частоте колебаний $\omega = const$ по рабочему току $J < J_x$; J_x – характеристический ток, соответствующий резонансу на частоте $\omega = \Omega_\lambda$. Ток J_x определяется для $\beta^2 = 1$ соотношением [4].

$$J_x = 0,5nCU_{np}(f/f_{np})^2/S, \quad (4)$$

где n – коэффициент, зависящий от степени неоднородности p – n перехода;

$q = \frac{T}{\tau_u}$ – скважность импульса.

Как показано в [5], доминирующее влияние на нелинейные характеристики оказывает нелинейность по току. Данная нелинейность проявляется значительно раньше, чем нелинейность по напряжению. Выражения для определения сопротивления p – n перехода с учетом нелинейности по току отличается от (2) и (3) заменой коэффициента β_λ^2 на величину $\beta_\lambda^2 \Phi(x)$, где:

$$\Phi(x) = \frac{2I_1(x)}{xI_0(x)}; \quad (5)$$

где $I_0(x)$ и $I_1(x)$ – модифицированные функции Бесселя нулевой и первого порядков;

$x = \frac{I_1}{I_x}$ – нормативная амплитуда первой гармоники.

Для упрощения последующих расчетов построим семейство нормированных характеристик для различных значений β_λ^2 .

$$F(x) = \frac{\frac{\beta_\lambda^2 \Phi(x)}{1 - \beta_\lambda^2 \Phi(x)}}{\frac{\beta_\lambda^2 \Phi(x)}{1 - \beta_\lambda^2 \Phi(x)}} = \frac{\beta_\lambda^2 \Phi(x)(1 - \beta_\lambda^2)}{(1 - \beta_\lambda^2 \Phi(x)) \beta_\lambda^2} \cdot \beta_\lambda^2, \quad (6)$$

тогда $R_d(\omega, x)$ и $X_d(\omega, x)$ определяется как:

$$R_d(\omega, x) = F(x)R_d(\omega); \quad X_d(\omega, x) = F(x)X_d(\omega).$$

Результаты вычислений $F(x)$ приведены на рис. 2. Видим, что функция $F(x)$ для значений $\beta_\lambda^2 = 0,24 \dots 0,59$ изменяется незначительно. Для упрощения расчетов $R_d(\omega, x)$ и $X_d(\omega, x)$ воспользуемся средней характеристикой $F(x)_{cp} / \beta_\lambda^2 = 0,5$ (сплошная линия на рис. 2).

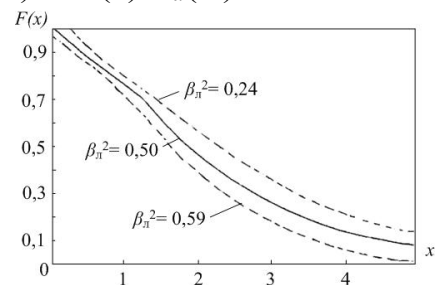


Рис. 2. Зависимость функции $F(x)$ от нормативной амплитуды внешнего сигнала

При воздействии на диод высокочастотного электромагнитного поля элементы корпуса диода создают дополнительные реактивные сопротивления, поэтому полное сопротивление определяется на основании эквивалентной схемы диода в корпусе (рис. 1 (б)).

Для определенной эквивалентной схемы полное сопротивление диода запишем в виде:

$$R_d = \frac{R_{p-n} X_{ck}}{R_{p-n}^2 + (X_{p-n} + X_{lk} - X_{ck})}, \quad (7)$$

$$X_d = \omega L_k - \frac{X_{ck} [R_{p-n}^2 + (X_{p-n} + X_{lk}) \cdot (X_{p-n} + X_{lk} - X_{ck})]}{R_{p-n}^2 + (X_{p-n} + X_{lk} - X_{ck})}, \quad (8)$$

где $X_{CK} = (\omega C_k) \cdot I$, $X_{lk} = \omega L_k$.

Таким образом, полное сопротивление диода значительно отличается от сопротивления полупроводниковой структуры за счет влияния параметров корпуса диода. Паразитные параметры C_k и L_k оказывают существенное влияние на энергетические и частотные характеристики диодного генератора.

Список литературы: 1.Зубец М.В. Современные аспекты криоконсервации спермы быков / М.В. Зубец, В.П. Буркат, А.А. Бегма, Л.А. Бегма // Вестник Полтавского государственного сельскохозяйственного института. – Полтава: ПГСИ, 2000. № 1. С. 123. 2.Сорокин М. С. Анализ возможности применения электромагнитного поля для увеличения выхода криоконсервированных спермиев / М. С. Сорокин, А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ. – 2009. – Вип. 86. – С. 70 – 72. 3. Коцержинский Б.А. Импульсные генераторы миллиметрового диапазона волн на лавинно-пролетных диодах / Б.А. Коцержинский, В.П. Тараненко, В.А. Трапезон // Известия вузов СССР, 1982. – Т. XX, №10. – С.56-64. 4. Касаткин Л.В. Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн / Касаткин Л.В., Чайка В.Е., под ред. Тараненко В.П. – Севастополь: Вебер, 2006. – 319 с. 5. Тагер А. С. Лавинно-проводниковые диоды и их применение в технике СВЧ / А. С. Тагер, М. В. Вальд-Перлов, – М.: Сов. Радио, 1968 – 480 с.

Поступила в редколлегию 03.11.2011

УДК 537.868.51

Л.Н. МИХАЙЛОВА, ст. преп., Подольский государственный аграрно-технический университет, Каменец-Подольский

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Приведены результаты лечения воспалений молочной железы свиней электромагнитным излучением в производственных условиях.

Ключевые слова: воспаление молочной железы; лечение электромагнитным излучением.

Приведено результати лікування запалення молочної залози свиней електромагнітним випромінюванням у промислових умовах.

Ключові слова: запалення молочної залози; лікування електромагнітним випромінюванням.

Certain results of mammary gland inflammation treatment of pigs with electromagnetic radiation in production are given.

Key words: inflammation of mammary gland; electromagnetic radiational treatment.

1. Введение

Повышение продуктивности животных и увеличение их поголовья, в том числе и свиней, в значительной мере зависит от своевременного и эффективного лечения. В современных условиях большой экономический ущерб свиноводству наносит болезнь молочной железы у свиней. Основной болезнью молочной железы у свиней, чаще всего, встречается метрит-мастит-агалактия [1].

Как показывает анализ, при воспалении вымени свиноматок поражается до 60%, а в отдельных случаях до 70..80% функциональных долей молочной железы. Болезнь вымени свиноматок приводит к гибели до 80% поросят в первые дни опороса, так как поросята не получают необходимого количества молока.

2. Анализ предшествующих исследований

В современных условиях для лечения вымени свиноматок используют антибиотики, гормоны и другие химические препараты [1, 2]. Медикаменты, попадая в организм человека через мясо свиней, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям и раннему старению. Поэтому немедикаментозное лечение мастита у свиноматок является актуальной задачей. Литературный анализ показывает, что лечение мастита у свиней возможно на основе применения информационного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона [2].

3. Цель статьи

Показать эффективность лечения воспалений молочной железы свиноматок низкоэнергетическим электромагнитным излучением.

4. Изложение основного материала

Для лечения мастита свиноматок был изготовлен опытный образец источника КВЧ диапазона с параметрами:

1. Выходная частота генератора $142,4 \pm 0,1$ ГГц;
2. Выходная мощность генератора 250...280 мВт;
3. Диапазон перестройки частоты генератора – 2%;
4. Подавление побочных гармоник выходного сигнала не меньше 45 дБ;
5. Долговременная нестабильность частоты генератора: $5 \cdot 10^{-8}$ за 1с;
6. Плотность потока мощности на вымени свиноматки: 3...5 мВт/см².

В лабораторных условиях было установлено, что для лечения мастита свиноматок существуют оптимальные биотропные параметры электромагнитного излучения: частота 142,4 ГГц; плотность потока мощности на поверхности вымени 4,5 мВт/см²; время облучения одной доли вымени 1,5 мин.

Для лечения было использовано 16 свиноматок. В качестве контроля служили свиноматки без мастита.

У свиноматок с маститом после воздействия электромагнитного излучения были проведены биохимические исследования крови. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние воздействия КВЧ излучения на биохимические показатели крови свиноматок больных маститом

Показатели	Изменение показателей после КВЧ излучения			Контроль
	До лечения	Через 1 час	Через 24 часа	
Гемоглобин, г/л	112,5±1,35	112,5±1,5	125,5±1,2	118,1±2,7
Эритроциты, 10 ¹² /л	6,66±0,12	6,92±0,13	7,61±0,1	6,71±0,08
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	16,0±0,22	13,6±0,24	8,6±0,1	8,6±0,3
Лимфоциты, %	62,3±1,8	65,0±1,2	67,0±1,2	67,5±1,7
Сегментоядерные нейтрофилы, %	16,4±1,6	14,3±0,1	13,1±0,2	12,1±1,0

Как показали результаты исследований, изменение гемоглобина с 112,5 г/л до 125,5 г/л у свиноматок больных маститом, после облучения их электромагнитным излучением связано с активизацией процессов синтеза гемоглобина и окислительно-восстановительными реакциями в организме животных.

Уменьшение количества лейкоцитов у больных свиноматок по сравнению с их количеством до облучения свиноматок электромагнитным излучением на 46,2% следует расценивать как свидетельство затухания воспалительного процесса в вымени животных. Через сутки количество лейкоцитов свиноматок после облучения приблизилось к норме здоровых.

Через 24 часа показатели лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов также приблизилось к норме здоровых животных, что следует расценивать как положительное влияние электромагнитного излучения на воспалительный процесс вымени свиноматок.

Через 5 дней больные свиноматки были полностью здоровы.

В 2009 г. – 2010 г. в животноводческих хозяйствах Каменец-Подольского района было проведено лечение свиноматок больных маститом с поражением функционирующих долей молочной железы до 40...50%. В контрольной группе проводили медикаментозное лечение с применением антибиотиков, сульфаниламидов, окситоцина, мамофазина и др.

В производственных условиях было использовано 228 свиноматок и 1854 поросёнка, из которых 114 и 922 соответственно были обработаны электромагнитным излучением на протяжении четырёх дней, по одному сеансу в день.

Рупорный излучатель электромагнитного излучения бесконтактно перемещался по всей поверхности вымени свиноматок. Облучение поросят обычно проводили во время кормления их молоком матери.

Из полученных результатов следует, что лечение свиноматок электромагнитным излучением было эффективнее медикаментозного почти на 60%. После первых двух процедур облучения вымени свиноматок, цвета поражённых долей молочных желез изменялись из багрово-синего на розовый, а после четырёх процедур происходило полное выздоровление. Воздействие электромагнитного излучения на поросят привело к тому, что их отход в опыте составил 5,3%, а в контроле 15,1%. В опыте поросята лучше росли и развивались и к отъему в 20 дневном возрасте их вес составил 8,7 кг, а в контроле 8,2 кг.

Таблица 2. Результаты электромагнитной терапии мастита свиноматок и её поросят

Наименование	Группа	Кол-во животных шт.	Кол-во процедур, шт.	Длительность лечения, дней	Эффективность лечения	
					Вылечено голов	%
Лечение мастита	контроль	114		10...12	68	59,6
	опыт	114	4	4	114	100
Заболело поросят	контроль	279				30
	опыт	276				29
Отход поросят	контроль	141				15,1
	опыт	49	4	4		53,3

5. Выводы

В результате проведенной работы по воздействию электромагнитных колебаний на свиноматок больных маститом и поросят было установлено, что электромагнитное поле с оптимальными биотропными параметрами стимулирует иммунную систему организма животных, оказывает антиоксидантное действие на больные ткани, усиливает окислительно-восстановительный обмен в организме животных.

Список литературы: 1. Рощин П. Е. Повышение сохранности и скорости роста в условиях промышленного комплекса / Рощин П. Е. // Тез. докл. всесоюзной научной техн. конф. «Профилактика и лечение молодняка с.-х. животных». – М.: 1991. – С. 139 – 140. 2. Михайлова Л. Н. Физиологические особенности мастита свиней и методы его лечения / Михайлова Л. Н. // Вісник національного технічного університету «ХПІ» «Нові рішення в сучасних технологіях». – 2011. – № 33 – С. 31 – 35.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

УДК 62.003.2

В.О. СКАЧКОВ, канд. техн. наук, доц., ЗДІА, Запоріжжя
В.І. ІВАНОВ, ст. викл., ЗДІА, Запоріжжя
В.І. ДОНЕНКО, канд. техн. наук, доц., ЗДІА, Запоріжжя
Ю.В. МОСЕЙКО, ст. викл., ЗДІА, Запоріжжя

ДЕЯКІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ВУГЛЕПЛАСТИКОВИХ ЗАГОТОВОК ПІД ЧАС АВТОКЛАВНОГО ЗАТВЕРДІННЯ

Запропоновано математичну модель нагрівання вуглепластикових заготовок під час їх автоклавного затвердіння, яка враховує передісторію змінювання температури у автоклаві, тиск захисного середовища у його робочому об'ємі та дозволяє використовувати механізм адаптивного управління температурним режимом для забезпечення необхідних технологічних допусків за швидкостями нагрівання.

Ключові слова: вуглепластикові заготовки, автоклавне затвердіння, процес нагрівання, математичне моделювання.

Предложена математическая модель нагрева углепластиковых заготовок при их автоклавном отверждении, которая учитывает предысторию изменения температуры в автоклаве, давление

защитной среды в его рабочем объеме и позволяет использовать механизм адаптивного управления температурным режимом для обеспечения необходимых технологических допусков по скоростям нагрева.

Ключевые слова: углепластиковая заготовка, автоклавное отверждение, процесс нагрева, математическое моделирование.

This is offered the mathematical model for heating of carboplastic storages at autoclave hardening, which takes prehistory of temperature charge in autoclave, pressure of protective environment in its working volume and it permits to use mechanism of adaptive operation by tumperature regime with securing of thechnological tolerances in velocites of heating.

Keywords: carboplastic storage, autoclave hardening, process of heating, mathematical modeling.

1. Вступ

Конструкційні композити на основі вуглецевих волокон і полімерних матриць, що карбонізуються, є найперспективнішими для галузей машинобудування, пов'язаних з термохімічними та високотемпературними процесами. Під час виробництва таких композитів однією з найважливіших технологічних операцій є процес автоклавного затвердіння вуглепластикових заготовок, який характеризується наявністю складної комбінації теплових і силових чинників, таких як швидкість нагрівання, зовнішній тиск, а також глибина та тривалість вакуумування зони затверджуючого зв'язувача. Найбільш відповідальним етапом зазначеного процесу є період підйому температури в робочому обсязі автоклава.

2. Постановка завдання

У зв'язку з вищевикладеним завданням досліджень є розробка математичної моделі процесу нагрівання вуглепластикових заготовок під час їх автоклавного затвердіння.

3. Розробка моделі

Попередніми експериментами [1] встановлено, що на температуру вуглепластикової заготовки під час її затвердіння суттєво впливають температура та тиск в робочому обсязі автоклава, а також процес перенесення теплоти в системі «оснастка-заготовка-оправка», що має значну теплову інерційність нагрівання заготовки.

Для опису процесу нагрівання заготовок у автоклаві запропоновано модель у вигляді співвідношення

$$T_{\text{в.з.}}(\tau) = A(P) \cdot T_a(\tau) + \int_0^{\tau_0} k(\tau - \tau_0) \frac{\partial T_a(\tau)}{\partial \tau_0} d\tau_0, \quad (1)$$

де $T_{\text{в.з.}}(\tau)$, $T_a(\tau)$ – температура вуглепластикової заготовки та у робочому обсязі автоклава на момент часу τ , відповідно; P – тиск у робочому обсязі автоклава; $A(P)$ – регресійний коефіцієнт, що залежить від тиску P ; $k(\tau - \tau_0)$ – функція, що враховує вплив передісторії нагрівання автоклава на температуру заготовки.

Функція $k(\tau - \tau_0)$ є такою, що монотонно убыває та за значенням аргументу τ , спрямованого у нескінченність, прямує до нуля. Зазначені властивості має співвідношення типу

$$k(\tau - \tau_0) = D \cdot \exp[-K \cdot (\tau - \tau_0)], \quad (2)$$

де D, K – емпіричні константи.

Найбільш простим і зручним способом подання кривих розподілу температури у автоклаві є лінійна апроксимація на локальних інтервалах часу

$$T_a(\tau_n) = \sum_{i=1}^n (a_i + b_i \cdot \tau_i), \quad (3)$$

де a_i, b_i – параметри апроксимації; n – кількість інтервалів часу, на які поділяють процес нагрівання заготовки; τ_n – загальний час нагрівання.

Після підставлення співвідношень (2) і (3) до рівняння (1) та необхідних перетворень можна записати

$$T_{\text{г.з}}(\tau_n) = A(P) \cdot \sum_{i=1}^n (a_i + b_i \cdot \tau_i) - \frac{B(P)}{K} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot \exp[-K \cdot (\tau_n - \tau_i)]. \quad (4)$$

Значення параметрів $A(P)$, $B(P)$ і K обчислюють з використанням регресійних методів [2].

Для співвідношення (4) можна записати

$$A(P) = \frac{A_0}{T_a(\tau_3)}; \quad K = -\frac{\ln(A_4/A_2)}{\tau_3 - \tau_2}; \quad B(P) = A_2 \cdot K. \quad (5)$$

Отже, маючи експериментальні дані про процес затвердіння заготовок за різних значень тиску P у автоклаві та визначаючи коефіцієнти моделі за формулами (5), одержують співвідношення для емпіричних залежностей $A(P)$ і $B(P)$.

Енергетичне забезпечення процесу автоклавного затвердіння заготовок визначається як значенням сили електричного струму, так і напруги, що підводять до роторного нагрівача автоклава. Визначення необхідного рівня потужності $W_a(\tau)$, що забезпечує у робочому обсязі автоклава задану температуру $T_a(\tau)$, здійснюють з використанням співвідношення, аналогічного рівнянню (1):

$$W_a(\tau) = V \cdot T_a(\tau) + \int_0^{\tau_0} R(\tau - \tau_0) \frac{\partial T_a(\tau)}{\partial \tau_0} d\tau_0, \quad (6)$$

де $R(\tau - \tau_0) = R \cdot \exp[-\omega \cdot (\tau - \tau_0)]$; V, R, ω – дослідні константи.

Обчислення параметрів V, R і ω рівняння (6) здійснюють за методикою, подібною до визначення коефіцієнтів $A(P)$, $B(P)$ і K рівняння (1).

За сталості параметрів, що обумовлюють баланс теплоти у автоклаві, розрахункова температура заготовки $T_{\text{г.з}}^p(\tau_n)$ відповідає її заданому значенню $T_{\text{г.з}}(\tau_n)$. Під час порушень умов балансу теплоти у автоклаві спостерігається відхилення розрахункової температури від заданого рівня:

$$\Delta T(\tau_n) = T_{\text{г.з}}^p(\tau_n) - T_{\text{г.з}}(\tau_n). \quad (7)$$

Поява відхилення $\Delta T(\tau_n)$ пов'язана з недостатньою точністю визначення значень коефіцієнтів моделі (3) за умов затвердіння. Якщо величина відхилення перевищує припустиме значення, то її компенсують. Для цього розроблено алгоритм адаптивного управління, що передбачає уточнення значень коефіцієнта моделі $A(P)$. Під час адаптивного управління значення коефіцієнта $A(P)$ обчислюють за формулою

$$A(P)|_{\tau_{n+1}} = A(P)|_{\tau_n} + \frac{\Delta T(\tau_n)}{T_a(\tau_n)} . \quad (8)$$

Сутність адаптивного управління полягає у тому, що до пам'яті ПЕОМ вводять графік змінювання температури затвердіння заготовки та величину припустимого відхилення її вимірної температури від заданого значення $\Delta T_{зад}(\tau_n)$ й обчислюють величину температури в автоклаві для k -того агрегату. Потім розраховують необхідну потужність $W_a(\tau)$, що забезпечує температуру $T_a(\tau)$ в автоклаві. Далі визначають фактичну величину відхилення $\Delta T_{в.з}(\tau_i)$. Якщо його значення не перевищує припустиму величину, то обчислюють температуру в автоклаві, а також необхідну потужність для наступного інтервалу часу процесу затвердіння. Таким чином, здійснюючи зазначену процедуру для всіх інтервалів часу, одержують повний процес управління автоклавним затвердінням.

Висновок

Розроблено математичну модель процесу нагрівання вуглепластикових заготовок під час їх автоклавного затвердіння, а також запропоновано алгоритм адаптивного управління зазначеним процесом.

Список літератури: 1. Скачков В. А. Разработка автоматизированных средств управления процессами автоклавного отверждения изделий из композитов [Текст] / В. А. Скачков, В. И. Иванов, А. Б. Комаров // Материалы второго всесоюзного совещания «Применение ЭВМ в научных исследованиях и разработках». - Днепропетровск: ИЧМ УССР, 1989. – С. 89-90. 2. Румшинский Л. 3. Математическая обработка результатов экспериментов [Текст] / Л. 3. Румшинский. - М.: Наука, 1971. - 192 с.

Поступила в редколлегию 11.11.2011

УДК 621.315.592

Н.И. СЛИПЧЕНКО, проф., докт. техн. наук, , ХНУРЭ, Харьков
В.А. ПИСЬМЕНЕЦКИЙ, проф., канд.техн.наук, ХНУРЭ, Харьков
А.В. ФРОЛОВ, канд.техн.наук, Директор центра заочной формы обучения, , ХНУРЭ, Харьков
В.Л. ЛУКЬЯНЕНКО, асп., ХНУРЭ, Харьков
М.Ю. ГУРТОВОЙ, инж., ХНУРЭ, Харьков

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРА СОСТАВА x ПО ВЫХОДНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СТРУКТУРОЙ $Al_xGa_{1-x}As-In_xGa_{1-x}As-GaAs$

Запропоновані апроксимаційні моделі основних електрофізичних параметрів потрійних сполук $Al_xGa_{1-x}As$ і $In_xGa_{1-x}As$ при варіації параметра складу x . Досліджений вплив на вихідні характеристики параметра складу x , визначені його оптимальні значення і максимальний КПД тандемної гетероструктури.

Ключові слова: тандемні гетероструктури, фотоперетворювачі, оптимальний струм.

Предложены аппроксимационные модели основных электрофизических параметров тройных соединений $Al_xGa_{1-x}As$ и $In_xGa_{1-x}As$ при вариации параметра состава x . Исследовано влияние на выходные характеристики параметра состава x , определены его оптимальные значения и соответственно максимальный КПД тандемной гетероструктуры.

Ключевые слова: тандемные гетероструктуры, фотопреобразователи, , оптимальный ток.

The approximating models of basic electrophysical parameters of triple compounds $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ and $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ at a composition parameter x variation are proposed. The influence of composition parameter x on output characteristics has been investigated, its optimum values and accordingly the maximum efficiency of tandem heterostructure are defined.

Key words: tandem heterostructure, photoconverters, optimum current.

1. Введение

В настоящее время наиболее эффективными фотопреобразователями (ФП) являются гетероструктуры на основе тройных соединений GaAs, а именно $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ для широкозонного p-n перехода, практически полностью прозрачного для солнечного излучения, и $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ - для узкозонного p-n-перехода [1]. Дальнейшее увеличение КПД обеспечивают каскадные [2] или тандемные солнечные элементы, изготовленные на основе многослойных гетероструктур с двумя и более p-n-переходами в материалах с различной шириной запрещенной зоны [3,4] и другими электрофизическими параметрами.

2. Постановка задачи

Для тройных полупроводниковых соединений типа $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ изменение основных электрофизических характеристик (в том числе параметра E_g) реализуется при изменении параметра состава x [5], что открывает потенциальную перспективу получения варизонных полупроводниковых материалов.

В то же время аналитические зависимости электрофизических характеристик для тройных соединений вида $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ от параметра состава x практически отсутствуют. Поэтому возникает задача анализа и моделирования электрофизических параметров тройных полупроводниковых соединений указанного типа.

3. Основные результаты

На первом этапе исследований в результате обработки авторами экспериментальных данных [5], накопленных рядом зарубежных ученых, построены аппроксимационные модели, представляющие аналитические зависимости основных электрофизических параметров (диэлектрической проницаемости, собственной концентрации носителей, дрейфовой подвижности, ширины запрещенной зоны с учетом энергетических уровней зоны проводимости и валентной зон, плотности состояний в зонах, коэффициента поглощения) ранее указанных тройных соединений от параметра состава x . Для дальнейших расчетов наиболее важными из них являются ширина запрещенной зоны E_g и спектральные характеристики в виде зависимости коэффициента поглощения от энергии фотона.

Зависимости ширины запрещенной зоны E_g от параметра состава x для фронтального и тыльного p-n-переходов описываются следующими формулами

$$E_{g1} = 4 \times 10^{-3} + 0,36 + 0,63x + 0,43x^2; \quad (1)$$

$$E_{g2} = ((4,07 + 1,424) - (-0,46x) - E_C(x)), \quad (2)$$

где $E_C(x)$ - зависимость дна зоны проводимости от параметра состава x .

Графики ранее указанных зависимостей, полученные с помощью соотношения (1), для фронтального перехода $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и соотношения (2) для тыльного перехода $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ представлены на рис.1,а и рис.1,б соответственно.

Пунктирной горизонтальной линией на рис.1,б показан энергетический уровень дна зоны проводимости.

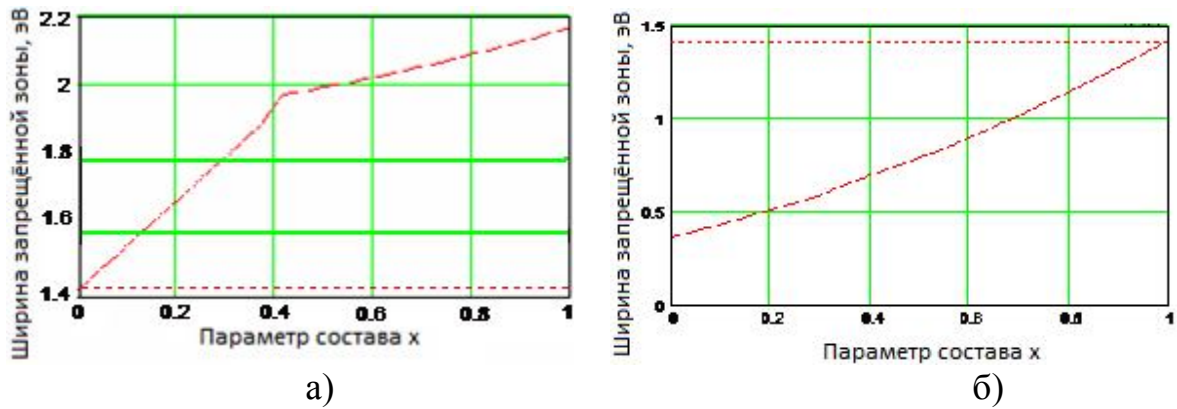


Рис.1. Зависимости ширины запрещенной зоны от параметра состава x : а) для фронтального перехода $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$; б) для тыльного перехода $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$.

Аналогично были получены зависимости коэффициента поглощения для фронтального перехода на основе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и тыльного перехода $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ от параметра состава x . Графики этих зависимостей приведены на рис.2 в логарифмическом масштабе.

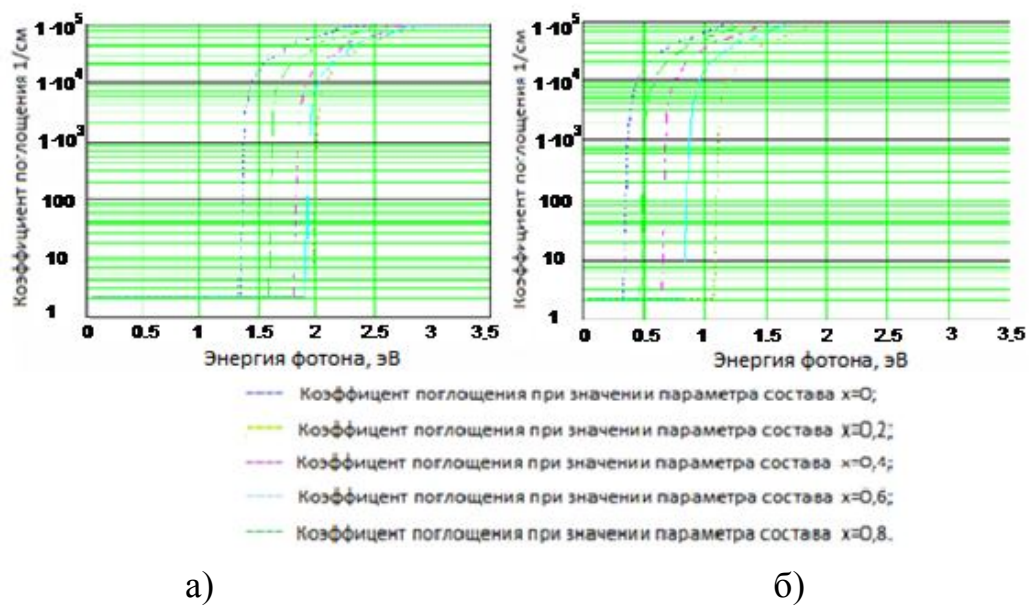


Рис.2. Зависимости коэффициента поглощения для фронтального перехода на основе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (а) и тыльного перехода $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (б) от параметра состава x

Из графиков, приведенных на рис.2,а, следует, что при увеличении параметра состава x от нуля до 0,8 увеличивается ширина запрещённой зоны E_g фронтального p-n-перехода на основе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$. В результате ширина спектра светового потока для тыльного перехода растёт.

На рис 2,б показано увеличение ширины запрещенной зоны E_g для тыльного р-п-перехода с ростом параметра x при фиксированном значении E_g фронтального р-п-перехода. В результате разность значений E_g уменьшается.

Таким образом показано, что изменение параметра состава x от 0 до 0,8 увеличивает ширину запрещённой зоны E_g фронтального р-п-перехода на $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ от 1,4 до 2 эВ, а тыльного перехода на $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ – от 0,4 до 1,1 эВ. Следовательно, принципиально возможно реализовать базовую ячейку многопереходной тандемной структуры с заданной шириной спектра поглощения.

Для исследования применялась спектральная методика на основе известного соотношения для удельного спектрального $S(\varepsilon)$ и энергетического потока $S_{y\partial}(\varepsilon)$ фотонов [2].

$$S(\varepsilon) = \frac{K_{osc}\zeta}{\varepsilon} \frac{2\pi \times \varepsilon^3}{h^3 \times v^2 c} \frac{1}{\exp\left(\frac{\varepsilon}{k \times T_c}\right) - 1}; S_{y\partial}(\varepsilon) = \varepsilon \times S(\varepsilon), \quad (3)$$

где ε - текущее значение энергии фотонов, эВ.

Для вычисления плотности тока генерации р-п-перехода интегрируем спектральное распределение $S_{y\partial}(\varepsilon)$, а для перехода к фототокам вводим коэффициент собирания k_{so} , учитывающий различные виды потерь фотогенерированных носителей заряда. В результате получим

$$j_{\Gamma} = \int_{\varepsilon}^{\infty} S_{y\partial}(\varepsilon) d\varepsilon; j_{\phi 1} = k_{so} e \int_{\varepsilon 1}^{\infty} S_{y\partial}(\varepsilon) d\varepsilon; j_{\phi 2} = k_{so} e \int_{\varepsilon 2}^{\varepsilon 1} S_{y\partial}(\varepsilon) d\varepsilon, \quad (4)$$

где $j_{\phi 1}$ и $j_{\phi 2}$ — плотности фототоков широко- и узкозонного р-п-переходов соответственно.

Для определения напряжения холостого хода используем известное соотношение при условии $J_{кз} \approx J_{\phi}$

$$U_{xx} = U_t \ln \left(\frac{J_{\phi}}{J_s} + 1 \right), \quad (5)$$

где U_t - температурный потенциал, $U_t = 26$ мВ при температуре 300 К.

Далее определяются выходное напряжение $U_{вых}$, выходной ток $I_{вых}$, выходная мощность $P_{вых}$ и КПД.

Используя изложенную методику расчета тандемного ФП получены зависимости $J_{кз}$, U_{xx} , I_{ϕ} , I_s , $U_{опт}$, $J_{опт}$, КПД тандемного ФП от параметра состава x фронтального $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и тыльного $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ переходов.

На рис.3 представлены зависимости плотности токов $J_{опт}$ от параметров состава фронтальной и тыльной областей.

Как было показано ранее, с ростом параметра x фронтального перехода на $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ растёт ширина запрещённой зоны E_g . Поскольку огибающая светового спектра убывает с ростом энергии фотонов с энергией, равной или большей E_g ,

плотности токов $J_{кз}$ и $J_{опт}$ уменьшаются.

С ростом параметра x возрастает параметр E_g тыльного перехода. На интервале x (0;0.6), токи практически неизменны так как, удельный вес энергии оптического спектра соответствующий $x=0,6$ является относительно малым и не влияет на общий ток. При $x>0.6$ энергия светового потока падает более резко, что приводит к уменьшению токов.

На рис. 4 представлены зависимости U_{xx} и $U_{опт}$ от параметра x . С ростом ширины запрещённой зоны тыльного перехода, как известно, возрастает фото ЭДС или напряжение U_{xx} , что показано на рис.4.

С уменьшением плотности токов $J_{опт}$ и $J_{кз}$ уменьшаются потери на внутренних последовательных сопротивлениях и поэтому напряжения U_{xx} и $U_{опт}$ растут.

Зависимость КПД tandemного ФП от параметра x фронтального перехода представлена на рис.5 и однозначно определяется аналогичными зависимостями для $J_{опт}$ и $U_{опт}$.

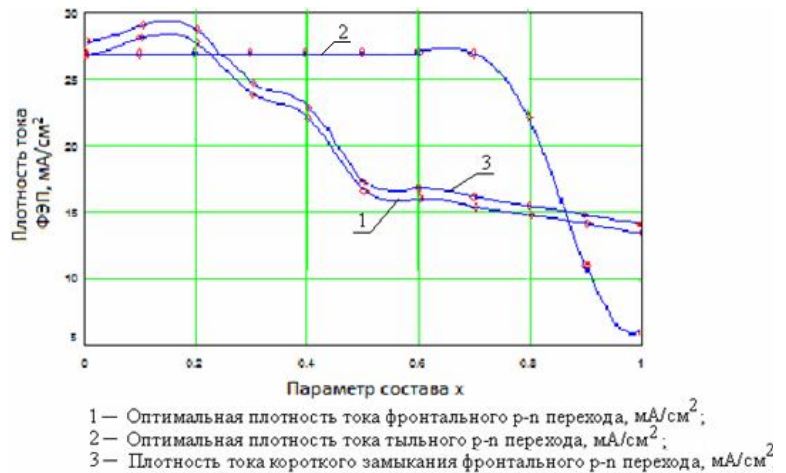


Рис.3. Зависимости плотности токов $J_{опт}$ от параметров состава фронтальной и тыльной областей

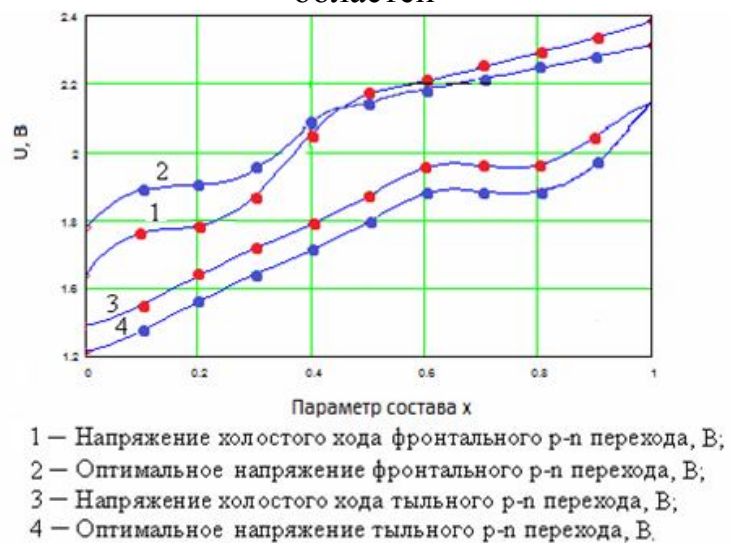


Рис.4. Зависимости U_{xx} и $U_{опт}$ от параметра x

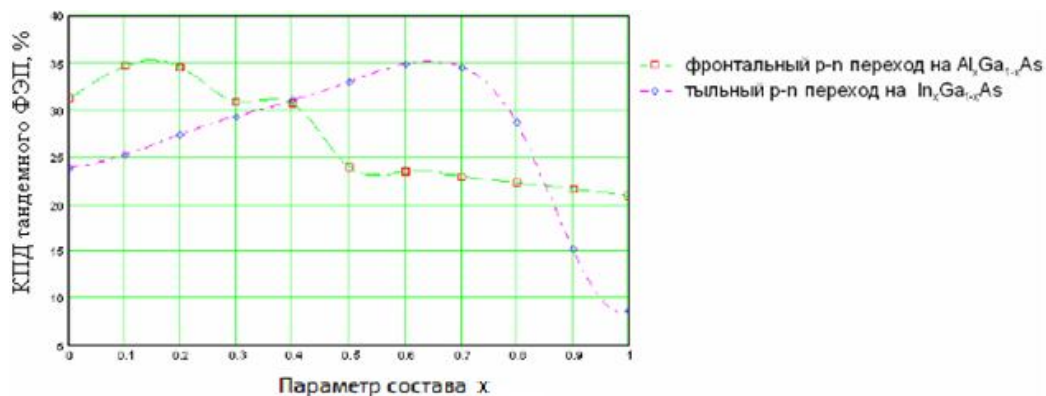


Рис.5. Зависимость КПД tandemного ФП от параметра x фронтального перехода.

На участке x (0;0.2) $J_{опт}$ слабо изменяется, а $U_{опт}$ возрастает. В результате при $x=0,15$ достигается максимальное значение КПД, при дальнейшем увеличении

$x > 0,2$ спад тока $J_{\text{опт}}$ происходит быстрее, чем рост напряжения $U_{\text{опт}}$, поэтому КПД в целом будет уменьшаться.

Зависимость КПД тандемной гетероструктуры от параметра состава x , тыльного перехода объясняется поведением $J_{\text{опт}} = f(x)$ и $U_{\text{опт}} = f(x)$. На интервале $x (0; 0,6)$ ток $J_{\text{опт}}$ практически постоянный, а $U_{\text{опт}}$ медленно возрастает, в результате КПД так же возрастает.

На интервале $x (0,6; 0,8)$ напряжение $U_{\text{опт}}$ мало изменяется, а ток $J_{\text{опт}}$ достигает максимума и резко уменьшается, что определяет дальнейшее поведение $\text{КПД} = f(x)$.

Как видно из графиков на рис.5, оптимальное значение параметра состава для фронтального p-n-перехода равняется 0,15, а для тыльного p-n-перехода — 0,65.

Ранее [3] было показано, что достижение максимальной выходной мощности тандемных ФП требует сопряжения по току широко- и узкозонного p-n-

переходов или при фиксированной ширине запрещенной зоны E_{g1} одного из них обеспечивается выбором материала второго полупроводника с необходимым значением параметра E_{g2} .

Алгоритм сопряжения p-n-переходов тандемной структуры показан на рис.6.

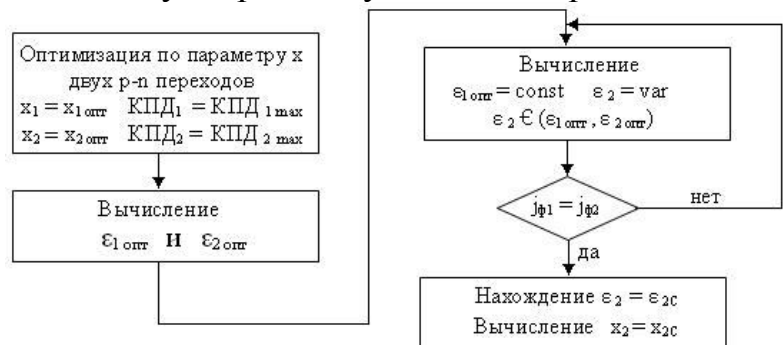


Рис.6. Алгоритм сопряжения p-n-переходов тандемной структуры

С помощью алгоритма, представленного на рис.6 и соотношений (2) и (3) при заданном значении параметра ΔE_g для широкозонного «окна» была определена ширина запрещенной зоны узкозонного p-n-перехода, которая составила 0,93 эВ. Далее с учетом оптимальных значений параметра x двух p-n-переходов для значения коэффициента собирания генерированных носителей заряда $k_{so} = 0,5$ и последовательного сопротивления $R_n = 1,2 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$, типичного для полупроводниковых ФП, была вычислена световая нагрузочная ВАХ и на ее основе зависимость КПД тандемного ФП от напряжения на нагрузке, представленная на рис.7. Как видим из графиков на рис.7, при общем токе для двух p-n-переходов (сплошная линия), широкозонный однопереходный ФП (пунктирная линия) обеспечивает больший вклад в

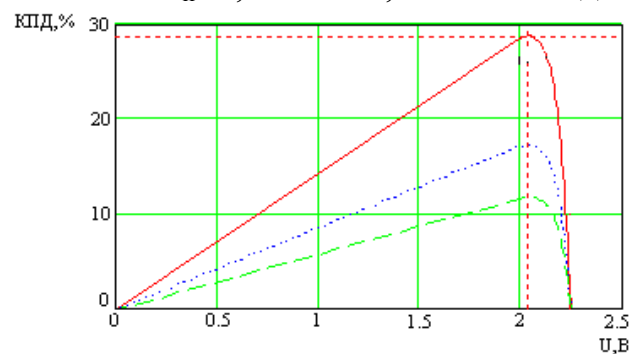


Рис.7. Зависимость КПД тандемного ФП от напряжения на нагрузке

результатирующий КПД, чем узкозонный ФП (штрихпунктирная линия). Далее по изложенной методике были выполнены расчеты выходных характеристик тандемного ФП при коэффициентах собирания k_{so} , равных 0,5, 0,6, 0,7 и 0,8.

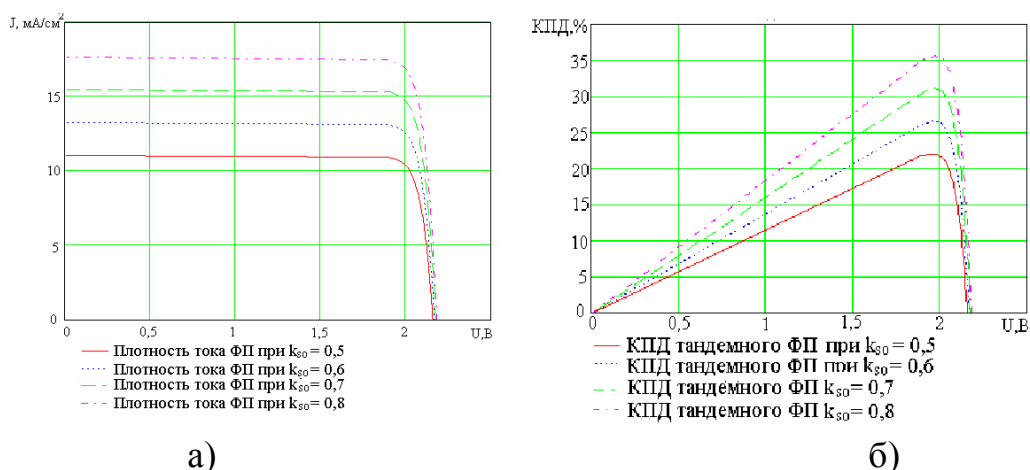


Рис. 8. Световые нагрузочные ВАХ (а) и зависимость КПД от напряжения на нагрузке (б) при параметре k_{so} равному 0,5, 0,6, 0,7 и 0,8

На рис.8,а представлены световые нагрузочные ВАХ для значений параметра k_{so} равных 0,5, 0,6, 0,7 и 0,8. Как видно из графиков, ток короткого замыкания при увеличении коэффициента собирания возрастает сильнее, чем напряжение U_{xx} , поскольку оно увеличивается по логарифмическому закону с ростом тока. Из семейства зависимостей КПД от напряжения на нагрузке при тех же значениях параметра k_{so} (рис.9) видно, что оптимальное значение U_n увеличивается с ростом k_{so} .

Основные результаты расчетов плотности тока $J_{кз}$, напряжения холостого хода U_{xx} и КПД для значений коэффициента собирания k_{so} , равных 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 представлены в табл.1.

Таблица 1. Основные результаты расчетов по всем четырем значениям коэффициента собирания генерированных носителей заряда ($K_{so}=0,5, 0,6, 0,7, 0,8$)

Коэффициент собирания, k_{so}	Основные параметры tandemного ФП		
	Плотность тока $J_{кз}, \text{mA}/\text{cm}^2$	Напряжение $U_{xx}, \text{В}$	КПД, %
0,5	11,5	2,247	22,3
0,6	13,4	2,25	26,8
0,7	15,8	2,264	31,6
0,8	17,6	2,27	36,1

Из таблицы можно сделать вывод, что с ростом коэффициента собирания носителей заряда плотность тока $J_{кз}$ возрастает сильнее, чем напряжение U_{xx} . Для приближения КПД tandemных ФП к теоретическому пределу необходимо технологически уменьшить плотность дефектов в активных слоях гетероструктуры, а также дефектов на границах раздела p-n-переходов. Как отмечалось в [3], именно эти факторы улучшают процесс собирания фотостимулированных носителей заряда и ослабляют рекомбинационные процессы.

Корректность полученных результатов исследований подтверждаются характеристиками солнечных элементов на основе тандемных гетероструктур $\text{GaAs-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, изготовленных в научно-производственном предприятии «Карат», г. Львов [3].

Сказанное иллюстрируется с помощью табл.2, в которой приведены результаты исследований для значений параметра k_{so} , равных 0,6 и 0,8 и параметры тандемных ФП, изготовленных в НПП «Карат», г. Львов.

Таблица 2. Сравнение результатов исследования и параметров ФП, изготовленных в НПП «Карат», г. Львов

Источник информации	Параметры тандемных ФП		
	Плотность тока $J_{кз}$, мА/см ²	Напряжение U_{xx} , В	КПД, %
НПП «Карат»	15,1	2,35 – 2,43	30,1
Результаты исследований	13,4	2,25	26,8
	17,6	2,27	36,1

Как видно из таблицы, значения параметров тандемных фотопреобразователей производства НПП «Карат» (г. Львов) занимают промежуточное положение по отношению к граничным значениям аналогичных расчетных параметров.

Исследование влияния последовательного сопротивления на КПД тандемного ФП показывает, что при изменении этого параметра от 0,4 до 1,2 Ом·см² КПД изменяется не более, чем на 0,1 %.

4. Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы: достижение максимальной выходной мощности тандемных ФП требует сопряжения по току широко- и узкозонного p-n-переходов, что при фиксированной ширине запрещенной зоны ΔE_g одного из них обеспечивается выбором материала второго полупроводника с необходимым значением параметра ΔE_g .

1) тандемные ФП на основе GaAs менее критичны к изменению последовательного сопротивления R_n , чем при использовании монокристаллического кремния, поскольку обеспечивают относительно большее выходное напряжение (более 2 В) и более, чем вдвое меньшие плотности токов (15 – 17 мА).

2) Существуют оптимальные значения параметра состава x фронтального и тыльного переходов по критерию максимума КПД равные 0,15 и 0,65 соответственно, что согласуется с результатами, представленными в работе [2].

3) Представляется возможным реализовать базовую ячейку многопереходной тандемной структуры с оптимальной шириной спектра поглощения на основе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, используя полученные зависимости электрофизических характеристик указанных тройных полупроводниковых соединений от параметра состава x .

Список литературы: 1. Алферов, Ж.И. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики. [Текст] / Ж.И. Алферов, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев // ФТП. — 2004. — Т. 38. В. 8. — С. 937-941. 2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: Кн.2. Пер. с англ. — перераб. и доп. изд. — М.: Мир, 1984. — 456 с. 3. Слипченко, Н.И., Письменецкий, В.А., Фролов, А.В., Лукьяненко, В.Л., Савченко, Л.В. Исследование выходных характеристик тандемных фотопреобразователей на структурах GaAs-InGaAs-AlGaAs. [Текст] : сб. науч. тр. III Международной научной конференции «Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники». - Харьков-Кацивели: ХНУРЭ, 2010. - С.230-233. 4. Круковский, С. И. Солнечные элементы на основе тандемных гетероструктур GaAs-InGaAs-AlGaAs [Текст] / С. И. Круковский, Ю. Е. Николаенко // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2003. — №6. — С.39-40. 5. Anderson, R.L. Experiments on Ge-GaAs heterojunctions [Текст] / R.L. Anderson. Solid State Electron. - 1962. - V.5, I.5. - P.341.

Поступила в редколлегию 06.11.2011

СОДЕРЖАНИЕ

В. В. Падалка, С.В. Ляшенко Технологія глибокого обробітку ґрунту присадибних ділянок	3
А. І. Бондаренко Аналіз релейних способів модуляції тиску в антиблокувальних системах	7
И.А. Дудников Классификация процессов изнашивания	13
Р. Маамри, Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, М.С. Липинский, И. Дубе, Л. Тюбаль, А. Коджо Выбор и обоснование регулировочных параметров газового двигателя с наддувом, конвертированного из дизеля	18
О.В. Фомін, В.В. Фомін, К.О. Рябко Впровадження нових рішень при проектуванні сучасних залізничних напіввагонів	26
О.В.Чернишенко, Т.Б. Краснокутская, Г.І.Фесенко Ударные нагрузки при движении мостового крана по рельсовому пути	30
А.И.Павлов, С.В.Андриенко О приведенном радиусе кривизны в зубчатом зацеплении	40
Л.І. Шевчук, І.С. Афтаназів, О.І. Строган Віброкавітатор для знезараження та аерації води відкритих водойм	44
Н.В. Пригульська, Л. І. Сєногонова Дослідження якості цукерок для спортсменів	52
Л.Л. Товажнянский, В.В. Березуцкий Электрокоагулятор фракционированного коагулирования	57
Н. В. Внукова Методика ексергетичного аналізу технологічних процесів забезпечення автоперевезень при використанні різних видів палива	60

Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Л.О. Пархоменко, І.В.Копаниця	67
Формування моделі розвитку залізничної системи швидкісних перевезень на основі принципів самоорганізації	
Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, О.Е. Шандер	70
Розробка плану формування пасажирських поїздів на основі методу роя часток	
Е.Е. Поморцева	77
Использование специализированных курсов для выравнивания знаний абитуриентов	
О.О. Андрейчиков	81
Розробка математичної моделі інтелектуального капіталу як системи інформаційних зв'язків організації	
С. Е. Гардер, Е. В. Головач	87
Модель взаимосвязанных временных рядов для анализа и прогнозирования уровня безработицы и инфляции в Украине	
М.М Мотін, Д.О. Петренко, В.В. Авер'янов	90
Сучасні системи мобільної освіти та технічні засоби для них	
Г.И. Канюк, С.Ф. Артюх, М.А. Попов	100
Повышение технико-экономических показателей технологического процесса доменной выплавки чугуна путем усовершенствования системы автоматического регулирования и метрологического обеспечения процесса подачи воздуха	
Є. В. Ходаківська	108
Техніко – економічне обґрунтування вибору схеми обертання пасажирських составів	
Н.Е. Мовмига, И.Н. Любченко, И.А. Мезенцева	115
Профилактика зависимого поведения – как элемент учебно - воспитательной работы в курсе БЖД	
С.Н. Яловенко	119
Чёрный предел. Часть 6. Электрический заряд как конец растянутой синусоиды не свернутой водоворотом	

И. Ф. Червоный, Н. И. Строителева, С. Г. Егоров, Р. М. Воляр Механизм увеличения времени жизни неравновесных носителей заряда в кристаллах кремния	126
Л.И. Лукина, Н.П. Черникова, Ю.Ю. Столярчук Оценка возможного ингаляционного поступления с расчетом эффективной дозы внутреннего поступления	130
М.С.Сорокин, А.В.Архипов, Н.Г.Косулина Влияние параметров комплексного сопротивления диода на его работу в импульсном режиме	135
Л.Н. Михайлова Применение электромагнитного поля крайневысокой частоты для лечения животных	138
В.О. Скачков, В.І. Іванов, В.І. Доненко, Ю.В. Мосейко Деякі аспекти математичного моделювання процесу нагрівання вуглепластикових заготовок під час автоклавного затвердіння	141
Н.И. Слипченко, В.А. Письменецкий, А.В. Фролов, В.Л. Лукьяненко, М.Ю. Гуртовой Оптимизация параметра состава x по выходным характеристикам фотопреобразователей структурой $Al_xGa_{1-x}As-$ $In_xGa_{1-x}As-GaAs$	144

Наукове видання

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

Збірник наукових праць

Тематичний випуск

"Нові рішення в сучасних технологіях"

Випуск №54

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. №180-11

Підписано до друку 05.12.2011. 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. № 54. 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